



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



EL CULTIVO DEL NOPAL TUNERO (OPUNTIA AMYCLAEA) EN
LA REGION DE ZUMPANGO MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
JUAN GUSTAVO TORRES LUNA

DIRECTOR DE TESIS: ING GUILLERMO BASANTE BUTRON

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
1.	INTRODUCCION	4
2.	ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA	5
3.	ANTECEDENTES HISTORICOS	12
4.	IMPORTANCIA ECONOMICA	15
5.	CLASIFICACION Y DESCRIPCION TAXONOMICA	20
6.	REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS	29
7.	USOS Y SUBPRODUCTOS DEL NOPAL Y LA TUNA	39
8.	PROPAGACION	64
9.	ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO	69
10.	MANTENIMIENTO O MANEJO DEL CULTIVO	77
11.	PLAGAS DEL NOPAL Y SU CONTROL	89
12.	ENFERMEDADES DEL NOPAL Y SU CONTROL	117
13.	COSECHA, EMPAQUE Y SELECCION	122
14.	ALMACENAMIENTO	134
15.	RENTABILIDAD DEL CULTIVO DEL NOPAL TUNERO (<i>Opuntia amyclaea</i>) PARA UNA HECTAREA EN EL MUNICIPIO DE ZUMPANGO, ESTADO DE MEXICO PARA EL MES DE ABRIL DE 1993.	142
16.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
17.	BIBLIOGRAFIA	155

1. INTRODUCCION

Actualmente la mayoría de las huertas de nopal en la región de Zumpango, son resultado de un método descuidado y desordenado y presenta problemas fitosanitarios obteniendo con ello bajos rendimientos o frutos de mala calidad y por consiguiente pocos o nulos ingresos económicos.

La agricultura de temporal en esta zona, debido a las condiciones climáticas adversas, baja precipitación menor a 600 mm. anuales y su mala distribución en el año, y a los suelos, de mala calidad pobres y delgados, permite pocos cultivos susceptibles de explotación y sus rendimientos son tan pobres que producen bajos ingresos a los agricultores. Lo que hace poco atractiva esta actividad, obligando a los habitantes de estos lugares a buscar otras alternativas de subsistencia viajando para esto hacia la ciudad de México.

Todo lo anterior, se podría mejorar con el uso de técnicas modernas implementando programas de adecuado manejo a las huertas de nopal tunero ya existentes. Y el establecimiento de nuevas huertas donde es factible su cultivo, sustituyendo los cultivos tradicionales.

*En este trabajo se estudian algunos aspectos generales del nopal tunero (*Opuntia amyelaea*), como son origen, antecedentes históricos, descripción taxonómica, condiciones ecológicas, propagación. Así como algunas alternativas de utilización e industrialización de los productos y subproductos del mismo; también se establecen las técnicas más adecuadas para su cultivo; descripción y control de plagas, enfermedades y malezas, así como el proceso de cosecha y algunos estudios e investigaciones para su almacenamiento.*

*Por otro lado, se realiza un detallado estudio de la rentabilidad económica del *Opuntia amyelaea* en la zona de Zumpango.*

2. ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

2.1 Origen

Las cactáceas son originarias de zonas áridas y semáridas, aunque son plantas que se encuentran en diferentes tipos de climas y diversidad de suelos. Su origen se ubica en el Sur de los Estados Unidos, México, Ecuador y Perú (Tiscornia 1976). Para el nopal se atribuye como centro de origen a México por poseer más de 100 especies del género Opuntia. (Bravo, 1978). En América del Norte se localizan 92 géneros de la familia de las cactáceas y en América del Sur 51, de los géneros de América del Norte 61 géneros existen en México y 31 en Estados Unidos.

El centro primitivo de diferenciación de las cactáceas fue la América tropical, entre el Golfo de México y el Caribe y adquirieron sus características xerófilas afines de la era geológica terciaria, pues el clima en esta área fue cambiando del tropical al árido. (Britton y Rose, mencionados por Cisneros 1991). Asimismo si se toman como base las similitudes morfológicas, se piensa que la familia de las cactáceas derivó de las portulacaceas. (Piña, reportado por Granados 1991).

Existen dos centros de diversificación, uno situado en el Norte y otro en el Sur del Continente Americano, y ambas zonas están separadas por el Istmo de Panamá, cuyo clima impide la distribución de los géneros de un lugar a otro. (Piña, reportado por Granados 1991).

2.2 Distribución geográfica

2.2.1 Distribución Mundial

El Nopal Opuntia se encuentra distribuido en casi todo el mundo, exceptuando las regiones cercanas a los Polos y algunos desiertos y en América desde Alberta Canadá hasta la Patagonia en Argentina. (Bron, reportado por Cisneros 1991).

Algunas especies fueron llevadas de América a Europa. En España se le dio el nombre de "chumbo" y a sus frutos "higo de las indias". De ahí pasó a Portugal, Italia, Norte de África y Australia. Se adaptó bien en estos lugares de tal manera que en Australia, escapó a su cultivo, convirtiéndose en una maleza muy difícil de erradicar. (Rojas y Villarreal, citados por Borrego 1986).

Los portugueses la introdujeron en Brasil, Angola e India, y en el Norte de África se encuentra en Argelia y Tunes. (Barrientos, 1965).

Actualmente se están haciendo importantes estudios para un mejor aprovechamiento de este recurso y para utilizarlo como forraje en Madagascar, Argelia, Tunes, España, Italia, India, Guatemala, Argentina y Brasil. (Borrego, 1986) Asimismo también se ha sometido a estudio en Grecia, Portugal y Japón y en el Sureste de Asia (India e Indonesia), la región del Pacífico (Hawai e Islas Fidji) e Islas Galapagos, se están llevando a cabo estudios para combatirla como maleza.

*El nopal se utiliza como hospedero del insecto cochinitilla *Dactilopius opuntiae* en Ayacucho, Perú. (Granados, 1991).*

*Asimismo *Opuntia bisetosa* existe en los climas semiáridos de Venezuela. (Ponce M. y Trujillo B., 1991).*

En la República de Chile, entre Santiago y Viña del Mar, se encuentran posiblemente las plantaciones más grandes del nopal en América. (Ramírez, citado por Borrego 1986).

2.2.2 Distribución en México

El género *Opuntia* se localiza prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas de la República Mexicana donde constituyen comunidades con características específicas conformando el tipo de vegetación denominado *Crausicaule*, ocupando una superficie de 30 millones de hectáreas, con una densidad promedio de 200 plantas de nopal silvestre por hectárea. (Bravo, 1978).

Las *nopales silvestres* de mayor densidad se localizan en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango y están compuestos o aislados, conjuntamente con una cardona (*Opuntia streptacantha*) y nopal duraznillo (*Opuntia leucontricha*). Estas *nopales* llegan a alcanzar hasta una densidad de 600 plantas por hectárea. (Borja, citado por Borrego 1986).

Los *Platyopuntia* existen en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes y se extienden hacia el sur, especialmente a través de los estados de Querétaro e Hidalgo a excepción del nopal "cuijo", (*O. discata*), cuya zona de distribución se extiende hacia la frontera norte de la República Mexicana en Sonora y Chihuahua de palo Chino al Sur de Ciudad Juárez, centro de San Luis Potosí y Guanajuato. (Granados, 1991).

Además es posible encontrar nopales en el trayecto de la carretera que va de Veracruz a San Andrés Tuxtla, de la misma manera tiene cierta distribución muy poco mencionada en el Valle de Tlucolula y la Mixteca principalmente, debido a la explotación de la grana cochinitilla (*Dactylopius* sp).

En el cuadro 1, se anota la estimación de la áreas ocupadas en el país para las diferentes clases de nopal, que alcanza un 16% de superficie y en el cuadro 2 la distribución del subgénero *Platyopuntia*.

Cuadro No. 1 Area de nopal existente en México

ESPECIE	AREA OCUPADA KM 2
Nopales forrajeros	232 984
Nopal duraznillo (tunero)	52 750
Nopal cardón (tunero)	38 335

TOTAL	324 069

Fuente: Marroquín y colaboradores, 1964.

CUADRO No. 2 DISTRIBUCION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DEL SUBGENERO
PLATYOPUNTIA EN MEXICO

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCION
<i>O. pumila</i> (Rose) <i>O. pubescana</i> (Venland) <i>O. hoffmanni</i> (H. Bravo) <i>O. decumbens</i> (Salm-Dick) <i>O. depressa</i> (Rose) <i>O. lubricata</i> (Griffith) <i>O. basilaris</i> (Engelmann)	Cardo, nopal cardoso	Oaxaca y Morelos Todo el país Puebla Puebla, Guerrero, Oaxaca, Sinaloa Puebla y sur del país Sonora, Baja California Norte de Sonora y Baja California
<i>O. microdasys</i> (Lehm)	Nopal cegador	Hidalgo, Durango, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, -- Aguascalientes Coahuila Durango, Chihuahua, Coahuila Baja California Baja California San Luis Potosí Chihuahua Chihuahua Chihuahua Chihuahua Chihuahua
<i>O. macresyx</i> (Griffith) <i>O. rufida</i> (Engelmann) <i>O. pyonacantha</i> (Engelmann) <i>O. comoduensia</i> (B. y R.) <i>O. megarhiza</i> (Rose) <i>O. pottsi</i> (Salm-Dick) <i>O. setiaspina</i> (Engelmann) <i>O. tenuispina</i> (Engelmann) <i>O. macrocentra</i> (Engelmann) <i>O. gosseliniana</i> (Weber) <i>O. azurea</i> (Rose)	Nopal coyotillo	Baja California, Sonora Durango, Zacatecas, San Luis Potosí Chihuahua Sonora, Durango, Chihuahua San Luis Potosí, Zacatecas, -- Aguascalientes
<i>O. phacacanthae</i> (Engelmann) <i>O. engelmanni</i> (Salm-Dick) <i>O. discata</i> (Griffith)	Cuija, nopal rastrero	Jalisco, Michoacán (Chupicuaro)
<i>O. fulginosa</i> (Griffith)		

CONTINUACION... CUADRO No. 2

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCION	
<i>O. rastrera</i> (Weber)	Nopal rastrero	San Luis Potosí, sur de Nuevo León	
<i>O. chlorotica</i> (Engelmann)	Tuna tapona	Sonora, Baja California	
<i>O. dileni</i> (Gawler) Hawerth		Veracruz	
<i>O. tapona</i> (Engelmann)		San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes	
<i>O. lindheimeri</i> (Engelmann)	Cuija	Durango, Zacatecas, -- Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas	
<i>O. cantabrigiensis</i> (Lynch)		San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro	
<i>O. pyriformis</i> (Rose)		Zacatecas, (ex-hacienda de Cedros)	
<i>O. duranguensi</i> (Britton)	Nopal tapón (Dgo)	Morelos, Durango, centro del -- país	
<i>O. atropes</i> (Rose)	Nopal de San Gabriel	Morelos, centro del país	
<i>O. affinia</i> (Griffith)		Oaxaca	
<i>O. maudougaliana</i> (Rose)		Puebla, Oaxaca	
<i>O. velutiana</i> (Weber)		México, Guerrero	
<i>O. wilcoxii</i> (Britton)		Sonora, Sinaloa	
<i>O. tomentosa</i> (Salm-Dick)		Oaxaca, Puebla, Valle de México, Mesa Central	
<i>O. apranguey</i> (Ortega)		Costa de Sinaloa	
<i>O. rileyi</i> (Griffith)		Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí	
<i>O. leucotricha</i>		Duraznillo blanco y colorado	Centro del país, Morelos, Durango
<i>O. orbiculata</i> (Salm-Dick)		Nopal crinado	Norte del país
<i>O. xachaer</i> (Weber)	Guerrero		
<i>O. pilifera</i> (Weber)	Puebla, Oaxaca		

CONTINUACION... CUADRO No. 2

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCION
O. pailana (Wingart) O. ficus-indica	Nopal de castilla, tuna mansa	Chihuahua Casi todo el país
O. undulata (Griffith)		Mesa Central, Aguascalientes, - Zacatecas, San Luis Potosí
O. spinulifera (Salm-Dick)		Casi todo el país
O. lasiacantha (Pfeiffer)		Mesa Central, San Luis Potosí,-
O. hiptiacantha (Weber)	Chaveña, cacillo carcarón	Zacatecas, Aguascalientes México, San Luis Potosí, Zacate- cas, Aguascalientes, Puebla, -- Oaxaca
O. streptacantha (Lemaire)	Cardona	Aguascalientes, San Luis Potosí,
O. amyclaea (Tenore)	Tuna de alfajayucan	Zacatecas, Querétaro, Durango
O. stenopetala (Engelmann)	Nopal lasarón	Hidalgo, México, San Luis Poto- sí, Zacatecas y Aguascalientes
O. megacantha (Salm-Dick)	Nopal de castilla	San Luis Potosí, Aguascalientes, Tamaulipas y Coahuila
O. robusta (Wendiand)	Camuesa	Mesa Central
		Centro del país, Zacatecas, --
		Aguascalientes y San Luis - -
		Potosí
O. guerrana (Griffith)	Tapón	Hidalgo, Zacatecas, Aguascalien- tes y San Luis Potosí
O. Chaffeyi (Britton)	Sacasil	Zacatecas

Fuente: Borrego, 1986.

3. ANTECEDENTES HISTORICOS

Por su aspecto peculiar las cactáceas han sido motivo de atención en nuestro país desde tiempos remotos. La historia y el folklore de los pueblos permite conocer la importancia que adquirieron dichas plantas en las tribus prehispánicas, según se observa en sus códices, monumentos, pinturas, cerámicas y por numerosas voces que se designaron y que aún persisten en nuestros días. Los más antiguos vestigios encontrados de esta planta como son semillas, frutos y pencas de nopal, fueron localizados junto a restos de humanos, desde hace 7000 años A. C. en el Valle de Tehuacán, Pue., y se cree que, junto con el maíz, formaba parte de la alimentación básica de los habitantes de la zona. (Grajeda, citado por Borrego 1986).

Algunos autores opinan que debido a su gran importancia como complemento alimenticio el nopal, el maguey, el maíz y el frijol fueron las plantas que más se cultivaron en aquellas zonas pobladas de la Mesa Central y zonas áridas y semiáridas del país. (Barrientos, 1965).

Antes del descubrimiento de América las distintas tribus que habitaban el antiguo Anáhuac, especialmente los nahuas, daban a las cactáceas un lugar preferente en su vida económica, social y religiosa. Justo es recordar las profecías de los mexicas, éstos debían establecerse donde encontraran un nopal, el cual tendría que ser tan grande, que en él habitara una águila, lo que se plasmaría en el actual escudo nacional.

Asimismo, la importancia de dicha cactácea se refleja en la iconografía mexicana, como la tenochtili o tuna de piedra, la que se constituyó en el escudo de la gran Tenochtitlán, siendo esta ciudad la más importante de esa época.

La palabra nopal con que designamos a la planta cuyos tallos carnosos y tiernos (nopalitos) y los frutos frescos (tuna) que sirvieron de alimento a los primeros pobladores viene del vocablo nahuatl "nopalli" y Nochtli, respectivamente. De aquí algunos pueblos toman sus

nombres derivados de aquellos como por ejemplo Nopaltepec, Nochistan, Nopala, etc. (Diguët, reportado por Granados 1991).

Asimismo, algunos términos prehispánicos, además de los anteriores, se utilizaban para nombrar algunas variedades, como por ejemplo: Atlanochutli término que se deriva de atl (agua), de azoat (hormiga), Iztacxocochochtlí Iztac (Blanco) y xocotl (fruta ácida), nombre que en parte se conserva.

El nopalli (nopal) también era cultivado por los aztecas y mixtecas para la obtención de la grana o cochinitilla (*Dactilopius* sp) "nochinitl" en nahuatl, la cual la utilizaban para teñir telas y es por eso que era muy apreciada. (Bravo 1978). Este cultivo lo realizaban sobre el nopal *S. Gabriel* o Tlaconopal (*Opuntia tomentosa*) y *O. ficus-indica*. Felipe II en 1620 afirmó que uno de los más preciosos frutos que se criaban en las Indias Occidentales lo constituía la grana o cochinitilla mercadería valorada al igual que el oro y la plata. (Piña, mencionado por SARH-INIF-CONAZA 1983).

Los murales de la Iglesia Parroquial de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, realizados alrededor del año 1550, muestran también la importancia que tuvieron dichas cactáceas en aquella zona. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

En la época de la colonia los frutos derivados del nopal también eran usados por sus propiedades curativas para detener el "flujo del vientre", "templar el calor de los riñones", "atacar fiebres biliosas y malignas", etc. (Bravo, 1978).

Con el transcurso del tiempo fueron plantados en los grandes ranchos, tanto en el casco de las haciendas, como alrededor de las habitaciones de los peones. (Borrego, 1986).

En la actualidad el nopal en la Zona Norte del País se explota como forraje, teniéndolo como un recurso de primer orden, en las zonas áridas y semiáridas por su gran contenido de agua, siendo las especies más importantes para ello *Opuntia streptacantha* (nopal canón) *O. leucotricha* (*N. duraznillo*) y *O. ficus-indica* (*N. de castilla*).

En la zona centro del País, en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y en menor grado Guanajuato, destaca el aprovechamiento de nopaleras silvestres y en menor cantidad las cultivadas para la obtención de tuna para procesarla como jugo de tuna, miel de tuna, melcocha, queso de tuna, etc.

*En algunos lugares del Estado de Hidalgo y México, resalta la obtención de frutos de calidad en particular la tuna blanca de alfajayucan (*O. amyclaea*).*

*En Milpa Alta se impulsa la producción de nopal para verdura a partir de *O. ficus-indicus*. (Granados y Castañeda, 1991).*

4. IMPORTANCIA ECONOMICA

Como cacto arbustivo originario de América, el nopal ha sido una planta cuya existencia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas ha representando una fuente de ingresos porque, a pesar de su gran rusticidad y pocas exigencias en su cultivo, se extraen productos y subproductos útiles.

Según la Dirección de Economía Rural de la SAG, la distribución de la nopalera y la producción de tuna en México en el año de 1927, es la siguiente: (Borrego, 1986).

Zona	No. Plantas miles	Producción de tuna por planta (kg.)	Producción de tuna en toneladas
Norte	5 011.0	20	100 220.0
Golfo			
Pacífico	83.6	29	2 424.4
Norte	990.0	16	15 840.0
Centro	2 615.0	22	57 530.0
Totales	8 699.6	$\bar{X}=21.75$	176 014.4

No se menciona la superficie productora de tuna, ni los lugares precisos o Estados del país donde se produce, sin embargo, se observa un promedio alto en producción por planta.

Actualmente en nuestro país se encuentran diversas especies de este género, silvestres y cultivadas, en una superficie de 3 millones de hectáreas, de las cuales depende un gran número de campesinos que consumen y comercializan su fruta en fresco, elaborando subproductos del mismo, aprovechando los brotes pequeños como vendura y utilizando la planta como forraje en época de sequía, entre otros usos. (Borrego, 1986).

En algunos estados del País, la superficie dedicada al cultivo se ha extendido notoriamente, desplazando a los cultivos básicos como el maíz y el frijol, porque se obtienen mayores ingresos para el campesino, como sucede actualmente en los municipios del Noreste del Estado de México (San Martín de las Pirámides, Otumba, Axapusco, Nopaltepec y San Juan Teotihuacán).

En los cuadros 3A y 3B se puede observar cómo se ha incrementado la superficie del nopal tunero, en los últimos 12 años.

Cuadro No. 3A Principales Estados productores de nopal tunero, superficie y rendimientos en 1979.

Estado	Superficie plantada Ha.	Superficie cosechada Ha.	Rendimiento Ton/Ha	Producción Tonelada
Guanajuato	1 103	1 103	12	13 236
Hidalgo	3 323	3 232	5.0	16 160
Jalisco	45	45	1.44	65
Oaxaca	367	152	10.0	1 520
San Luis				
Potosí	2 078	2 078	21.54	44 760
Sinaloa	268	3	4	12
Zacatecas	3 500	3 500	10.0	35 000
TOTALES	10 593	10 113	$\bar{X}=9.14$	110 753

Fuente: Dirección General de Estadística SARH, 1979.

CUADRO No. 3B PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL TUNERO SUPERFICIE Y RENDIMIENTOS EN 1990

ESTADO	SUPERFICIE PLANTADA (Ha.)			SUPERFICIE COSECHADA (Ha.)			RENDIMIENTO (Ton./Ha.)			PRODUCCION (Ton.)		
	IRIEGO	TEMP.	TOTAL	IRIEGO	TEMP.	TOTAL	IRIEGO	TEMP.	TOTAL	IRIEGO	TEMP.	TOTAL
COAHUILA	0	20	20	0	20	20	0.000	1.250	1.250	0	25	25
GUANAJUATO	468	27	495	121	27	148	8.446	6.111	8.020	1,022	165	1,187
MEXICO	0	8,784	8,784	0	8,784	8,784	0.000	10.423	10.423	0	91,554	91,554
NAYARIT	0	15	15	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0
SAN LUIS POTOSI	0	915	915	0	25	25	0.000	8.000	8.000	0	200	200
TLAXCALA	1	8	9	0	4	4	0.000	17.500	17.500	0	70	70
ZACATECAS	26	14,542	14,568	8	9,519	9,527	8.125	6.322	6.324	65	60,181	60,246
TOTAL NACIONAL	495	24,311	24,806	129	18,379	18,508	8.426	8.281	8.282	1,087	152,195	153,282

Fuente: Dirección General de Estadística, SARH, 1990.

Como se puede observar en el cuadro No.3B la superficie cultivada aumentó en más del 100%, además de que existe una novedad en los sistemas de cultivo por riego en el Estado de Guanajuato. Sin embargo, el rendimiento en general es bajo. Asimismo cabe mencionar que la Dirección General de Estadística de la SARH no registra el Estado de Hidalgo, siendo éste uno de los principales productores de tuna.

Es necesario comentar con respecto al rendimiento por hectárea de producción de tuna que comparando las estadísticas hasta aquí presentadas, dicho rendimiento va disminuyendo conforme pasa el tiempo, todo lo cual se puede deber a la falta de recursos para invertir en algunas zonas, al empobrecimiento de la tierra y por la falta de tecnología.

En cuanto a su comercialización se exporta tuna a Estados Unidos, Canadá y Japón de la región tunera zacatecana, esta tuna desde luego procede de cultivos tecnificados y se somete a un sencillo proceso de industrialización que consiste en la selección por tamaño, eliminación de espinas y aplicación de una cubierta cerosa que mejora notablemente su presentación y durabilidad. (Bravo y Piña, 1979).

Existe a nivel nacional un mercado potencial para consumo de tuna, así como de productos de la transformación de la misma, los cuales pueden servir para obtener materias primas para la industria licorera, de la repostería, de los refrescos y de otros alimentos. Dicho mercado son las ciudades de Guadalajara, León, Aguascalientes, Saltillo, Monterrey, Ciudad Victoria, Ciudad Juárez, Durango, Tijuana y Mexicali, pero destaca la región sur del país donde escasean estos productos. (Salgado, 1984).

En los mercados internacionales existe disponibilidad para adquirirlos en grandes cantidades, en países como Estados Unidos, Canadá, Japón y los países europeos, como se puede apreciar en los datos del cuadro 4 referentes a las exportaciones de tuna realizadas en el año de 1990.

Cuadro No. 4. Exportación de tuna.

País	Kilogramos	Valor en millones de pesos
Canadá	325	1
Estados Unidos	999 756	1 044
Japón	550	5
TOTALES	1000 631	1 050

Fuente: Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos de 1990, Exportación Tomo I, 1992.

5. CLASIFICACION Y DESCRIPCION TAXONOMICA

5.1 Clasificación Taxonómica

Existen diversas variedades de tuna con grandes diferencias: color, tamaño, grosor, flores y frutas, presencia y posición de espinas en los cladodios, etc., por lo que no resulta fácil identificarlos como alguna especie determinada, esto se debe a que las diferentes especies y variedades constantemente se cruzan dando como resultado individuos de diferentes tipos y formas. No obstante, el nopal se encuentra clasificado taxonómicamente como sigue: (Britton y Rose, mencionados por Borrego 1986).

Reino: Vegetal

Subreino: Embryophyta

División: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Dialipétalas

Orden: Opuntiales

Familia: Cactáceae

Subfamilia: Opuntioideae

Tribu: Opuntiae

Género: Opuntia

Subgénero: Plantyopuntia

Especie: Amyclaca

Familia Cactáceae

Son plantas perennes, suculentas con distintos hábitos; generalmente espinosas, caracterizadas por órganos especiales llamados aréolas, limbo de las hojas ausente o reducido a escamas pequeñas o primordios anatómicos, solo bien desarrollados en algunos géneros.

Subfamilia Opuntioideae

Son cactáceas arborescentes arbustivas y hasta rastreras tallos cilíndricos, claviformes, casi globosos o en cladodios más o menos ramificado (tallos o ramificaciones de éstos substituyen a las hojas en sus funciones, ya que presentan abundante parénquima clorofílico). Hojas con limbos pequeños y caducos, sólo en un género es laminar, aunque carnosos, tubérculo más o menos prominentes, aréolas circulares hasta elípticas, con pelos, gloquidas y espinas. Representado en México por dos tribus, *Phyllopenticeae* y *Opuntieae*.

Tribu Opuntiae

Plantas con ramas cilíndricas, claviformes o laminares, (cladodios) verdes, hojas muy reducidas, cilíndricas, subuladas, caducas, flores diurnas. En nuestro país se representa con los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, de los cuales el que nos interesa es el primero.

Género Opuntia

Son individuos arborescentes, arbustivos, rastreros, simples o cespitosos. Tronco bien definido o con ramas desde la base, erectas, extendidas o postradas. Artículos globosos claviformes, cilíndricos y aplanados (cladodios), muy carnosos y leñosos.

Limbo de las hojas pequeño, cilíndrico, carnosos, muy pronto caduco. Aréolas axilares con espinas, pelos, gloquidas y a veces glándulas; generalmente las de la parte superior de los artículos son productoras de flores; espinas solitarias o en grupos, desnudas o en vainas papiráceas. Flores generalmente hermafroditas, ovario ínfero con una cavidad y muchos óvulos. Estambres numerosos, más cortos que los pétalos. Fruto en baya, seco o jugoso, espinoso o desnudo, globoso, ovoide hasta elíptico.

Subgénero Platyopuntia

Esta categoría agrupa a las especies del género *Opuntia* que representan tallos aplanados (penca, cladodios). Dentro del subgénero se reconocen 28 especies. De éstas, la especie motivo de nuestro interés se ubica en *Streptacantha*, las cuales son plantas arborecentes, ramosas, artículos globosos verdes, espinas blancas o ligeramente amarillentas. Flores amarillas grandes, hasta anaranjadas, fruto carnoso, comestible y muy agradable. Estas plantas han dado origen a híbridos naturales, y muy numerosas variedades y formas hortícolas que han sido distinguidas principalmente por la forma, color, tamaño y sabor de sus frutos y a las que se les aplican diferentes nombres vulgares. Entre las especies que se cultivan para producir fruto están: *O. amyclaea* (tuna blanca) *O. megacantha* (amarilla); *O. streptacantha* (cardona); *O. ficus-indica* (de castilla); *O. robusta* (taponá). (Britton y Rose, citados por Bravo 1978).

De estas especies el motivo de nuestro interés, se ubica en el gran complejo de *O. megacantha*, ya que existe la teoría de que *O. amyclaea* es un híbrido de éste, y sólo se diferencian por la mayor o menor cantidad de espinas y frutos de diferentes colores. Se consideran como sinónimos *O. máxima* y *O. alfajayucan*. (Borrego, 1986).

Especie: *Opuntia amyclaea*
Opuntia ficus-indica amyclaea

Especie arbustiva, de artículos oblongos hasta elípticos de 30-40 cms. de largo, hojas de 4 mm. de largo, agudas, rojas. Aréolas pequeñas con 1 ó 2 cerdas cortas en su parte inferior, espinas 1 a 4 rígidas casi perpendiculares, divergentes, generalmente de menos de 3 cms. de largo, blancas de color hueso, las más gruesas anguladas, gloquidas café, caducas, flores amarillentas, fruto no muy jugoso.

5.2 Descripción Botánica

Son plantas xerófilas perfectamente adaptadas al medio cálido seco. La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas.

Esta puede considerarse como un sello distintivo de su parte aérea (flores, tallos y frutos) y resulta de la proliferación celular masiva de tejidos parenquimatosos, asociada a un aumento en el tamaño de las vacuolas y a una disminución de los espacios intercelulares. Este fenómeno permite acumular en los órganos grandes cantidades de agua en forma muy rápida, durante los breves períodos de humedad, por otra parte, las formas esféricas o succulentas representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración.

5.2.1 Raíz

En una investigación realizada en tres lugares diferentes encontró en cuanto a la distribución vertical que del 96 al 98% de las raíces se distribuyen de 0 - 40 cms. En cuanto a su distribución horizontal las raíces de un tamaño de 2 mm. (son las que absorben el agua y los nutrientes) están en una distancia de 15 a 115 cms. en más de un 50%. (Hernández, 1985).

Características principales:

- Por su origen se derivan de la radícula, aunque también emergen de los tallos (pencas).

- Por su forma, son raíces típicas o pivotantes con ejes primarios que sirven para fijar a la planta.

- Generalmente son gruesas de tamaño, y ancho variable, el tamaño es directamente proporcional al de la parte aérea.

- Por su duración el sistema radicular de los nopales es perenne o permanente.

- Las raíces del nopal se desarrollan superficialmente ya que son las responsables del intercambio gaseoso de la planta para suplir este trabajo de la parte aérea, pues ésta la realiza deficientemente.

5.2.2 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, que crecen hasta adquirir la forma y tamaño de la penca madre. Se forma entre ambas una articulación o coyuntura.

Con el tiempo las pencas inferiores adquieren aspecto leñoso, engrosan y acaban por formar un tronco cilíndrico a los 10 ó 15 años de edad.

Las pencas de nopal además de servir de vías para la savia ascendente y descendente, ejercen la función de la fotosíntesis a través de las células de las pencas.

Los diámetros y espesores de las pencas varían según la humedad de que disponga la planta, con la sequía adquieren un color amarillento se tuercen y pueden desprenderse. El frío imparte un color rojizo, sobre todo en las partes expuestas de estas plantas, cuando es muy intenso y persistente, llega a producir la congelación y hasta la muerte del nopal.

Los estomas en estas plantas sólo se abren durante la noche para permitir el intercambio gaseoso y disminuir al máximo, la transpiración en estas plantas es mayor durante la noche que en el día.

Además el tallo o pencas tiene las siguientes características para adaptarse a suelos secos:

- Epidermis gruesa
- Excrecencias cerosas
- Menor cantidad de estomas
- Forma succulenta y globosa

El tallo es craso y erecto, en algunas especies ramificado y multianiculado está compuesto de un tronco cilíndrico con ramas aplanadas, discoides, cutícula gruesa y está adaptado para acumular agua en sus tejidos. Su aspecto da la apariencia de una raqueta y botánicamente recibe el nombre de cladodio y son de color verde.

5.2.3 Hojas

Las hojas se modifican y se transforman en espinas, la base se transforma en un tubérculo poco prominente, el peciolo desaparece y el limbo se reduce; adquiere formas cónicas

o cilíndricas y es generalmente caduco, aunque puede persistir transformado en espina cuando los tejidos se esclerifican.

Las espinas representan hojas o ramas modificadas, se clasifican en centrales y marginales o radiales, según su colocación en la aréola. La primeras están en el centro de ésta en número reducido, más gruesas y largas, rectas o curvadas, situadas en distintos ángulos con respecto a la superficie de la penca, las radiales son más numerosas, menos largas y gruesas y se pegan más a la superficie de la penca.

Su función es proteger a la planta de la acción directa de los rayos solares y atenuar los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, además de servir como barrera mecánica contra la depredación de animales superiores.

5.2.4 Flor

Las yemas florales nacen de las aréolas del borde superior de las pencas, comienzan por ser unas carnosidades rudimentarias con ahuates y espinillas en sus propias aréolas, cada aréola de la penca produce solamente una yema floral, por lo que las flores son solitarias.

Las flores son sésiles o sentadas, su cáliz está integrado por numerosos sépalos y la corola de varios pétalos ovoides soldados en la base, hay poca diferencia entre el cáliz y la corola.

La apertura de la flor tarda en promedio 55 días después de la aparición de las yemas florales, permanece abierta durante 24 horas y cae de 10 a 20 días.

El ovario es ínfero con una sola cavidad formada por varios carpelos, estilo cilíndrico y estigma tripartido multipartido y posee numerosos óvulos.

Las flores carecen de olor pero, su color es muy llamativo, comunmente amarillo, dorado o rosado por lo que atrae a insectos diversos los cuales realizan la polinización. Este hecho determina que en forma natural se efectúen numerosos cruzamientos en el campo, con la consiguiente formación de híbridos.

5.2.5 Fruto

Es una baya unilocular de forma ovoide o esférica, sus dimensiones y coloraciones pueden variar según la especie, desde 4 a 12 cms. o más de longitud.

La tuna se clasifica como no climatérica ya que los cambios respiratorios y bioquímicos después de la cosecha son poco significativos.

5.2.6 Semilla

Es ovoide arriñonada, la envoltura es amarillenta, café o negra, casi siempre, muy dura, brillante o mate; el embrión ocupa casi la totalidad del grano, es plano, encorvado y a veces dispuesto en espiral, su longitud varía de 0.55 a 2.5 mm. con un peso aproximado de 7.1 a 11.2 mgs. y su número dentro del fruto va de 77 a 410 semillas según la especie.

La distribución de la semilla es generalmente por las aves y algunos mamíferos, los cuales consumen el fruto y las dispersan en el campo con sus deyecciones.

5.3 Variedades

Para el Estado de México se recomiendan las siguientes variedades: (Salgado Molina, 1984).

- Blanca de alfajayucan. En sus dos tipos redonda y alargada de mucha aceptación en el mercado, sabor agradable, cáscara delgada, soporta transportes largos, dura de 5 a 8 días sin descomponerse, de poca semilla, de buenos precios en el mercado y se cosecha de julio a septiembre.

- Apastillada Miquihuana de Tamaulipas. Color amarillo pastillado, cáscara gruesa, que no se despega fácilmente, espinas burdas y no se caen con facilidad, en sabor y dulzura compiten con la blanca de alfajayucan; tuna de forma alargada, soporta bien el transporte, dura de 5 a 8 días sin descomponerse se cosecha durante los meses de septiembre a octubre.

- Verde limón de Zacatecas. Se adapta fácilmente, tuna tamaño chico, color blanco, cáscara gruesa, espinas toscas que se caen con facilidad, semillas gruesas y numerosas, buen sabor. Soporta rigurosas sequías por proceder de regiones muy áridas, poca aceptación en el mercado.

- Naranja de Zacatecas. Fruto de buen tamaño, cáscara delgada, buen sabor, poca semilla, se adapta bien, soporta el transporte lejano, la desventaja es que cuando llueve mucho, la tuna tiende a abrirse, en el futuro podrá competir ventajosamente con la Blanca de Alfajayucan.

- Blanca de Castilla de Hidalgo. De alta producción de tuna, frutos de buen tamaño con la desventaja que a los 3 ó 4 días de cortada pierde consistencia, sabor muy especial por el contenido de sustancias coloidales, madura más tarde que la alfajayucan, pues lo hace de octubre a noviembre lo que le da ventaja para entrar en el mercado cuando adquiere buen precio.

- Roja mansa de San Luis Potosí. Pocas espinas en tunas y pencas, buen tamaño, color rojo, sabor muy apreciado, poca semilla, pequeña, soporta transportes lejanos. Apreciado en la rama textil porque en este nopal se desarrolla la grana o cochinilla.

Existen otras variedades con limitantes en su adaptación a las condiciones ecológicas del Estado de México, tales como:

- La charola de ocampo, Guanajuato
- La apastillada de Matehuala, San Luis Potosí
- La blanca de Ojuelos, Jalisco
- La cardona de San Luis Potosí

El INIA de Tecamachalco, Pue., recomienda las variedades COPENA T No. 2, COPENA T No. 3 y COPENA T No. 5, para esta región, su rendimiento medio es de 20

toneladas de fruta por hectárea, sus frutos tienen pesos medios de 123, 118 y 116 gr. respectivamente, y su período de cosecha está comprendido entre la 2a. quincena de junio y la última de agosto. Las 3 variedades tienen buena aceptación en el mercado, se adaptan bien a la región, son espinosas, inician su producción a los 3 años de plantadas producen tunas de pulpa blanca. (Cruz, 1982).

6. REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS

Los factores climáticos y edáficos, que se presentan en la diversas zonas del país, posibilitan o no el establecimiento de un cultivo, así como la expresión de su potencial productivo, es por ello que se hace necesario conocer cómo los factores del ambiente afectan al cultivo del nopal, siendo los siguientes los más importantes.

6.1 Latitud y Longitud

La zona caciológica de nuestro país está ubicada entre los paralelos 22 y 40° Latitud Norte y los meridianos 100 y 102°30' Longitud Oeste. (Bravo, 1978). En el caso de los nopales tuneros no deben exceder de 40° Latitud Norte.

6.2 Altitud

Las mejores alturas para establecer huertos comerciales en México es la de 1000 a 2500 m.s.n.m. El nopal prospera en cualquier tipo de topografía, sin embargo para establecerlo en forma comercial se prefieren terrenos planos.

La latitud unida a la altitud, determinan variabilidad en la temperatura y en que las estaciones del año sean más o menos definidas, hechos que favorecen o impiden el desarrollo normal de las plantas.

6.3 Precipitación, humedad y granizo

6.3.1 Precipitación. *Esta afecta al crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo, así como su productividad. Cuando la lluvia es escasa las pencas pierden turgencia y la producción de nopales y fruta disminuye. Estamos hablando de precipitación menores a 267 mm. anuales. Cuando la lluvia excede a 1800 mm. anuales la planta de nopal se ve afectada*

en el sentido de que la alta humedad relativa y la alta humedad del suelo le ocasionan incidencia de patógenos (hongos y bacterias), que originan pudriciones, clorosis y deficiente desarrollo vegetativo. En el Estado de México existen 140 000 Has. propicias para el cultivo del nopal tunero, con precipitación anuales de 370 a 550 mm. De la misma manera en otras zonas del país existen zonas favorables para dicho cultivo como en la Mesa Norte con precipitaciones de 280 a 560 mm. anuales y en Oaxaca y Puebla en la región semidesértica, con 340 a 680 mm. anuales. (Salgado Molina, 1984).

6.3.2 Humedad. El exceso de agua en el suelo afecta al cultivo del nopal disminuyendo su crecimiento y con síntomas de clorosis siendo muy sensible al ataque de plagas. La abundancia de humedad por riegos o lluvias, determinan un mayor desarrollo vegetativo en detrimento de la producción de frutos.

La humedad relativa también es un factor importante que afecta al nopal, en la medida que aumenta, la planta encuentra condiciones menos propicias para su desarrollo y fructificación, además de que está más propensa para el ataque de plagas y enfermedades y cuando es demasiado baja influye desfavorablemente al deshidratar los tejidos de las plantas.

6.3.3 Granizo. Su modo de acción en el cultivo del nopal es mecánico, al precipitarse éste adquiere grandes velocidades, que al hacer impacto con los órganos vegetativos ocasionan rupturas, quemaduras o desprendimientos de éstos. En la región nopalera de San Martín de las Pirámides, Estado de México los productores observan nubes que posiblemente contengan granizo. Las "ahuyentan" con "cuetes" (juegos pirotécnicos dirigidos hacia ellos). Esto lo hacen principalmente cuando la fructificación está en pleno apogeo.

6.4 Temperatura

Se recomienda que para establecer un huerto de nopal (*Opuntia*) se debe considerar la temperatura media anual, máxima y mínima extremas con la finalidad de tener un patrón de fluctuaciones y delimitar las zonas o área de mayor influencia de éstas.

La temperatura tiene influencia en la fertilización, pero se carece de datos de temperatura que inhiban el desarrollo, crecimiento y floración; sin embargo el rango de temperatura óptima para el desarrollo del nopal frutícola, está entre los 10 y 35°C (Narro, reportado por Borrego 1986), sin descartar que soporta temperaturas, por abajo de 10°C (Gregory Rick A., 1988), sin embargo, la temperatura de 6°C afecta el desarrollo si se presenta con mayor frecuencia y en periodos de retorno muy cortos, ocasionando quemaduras en los brotes tiernos e inhibiendo el desarrollo. Debido a que este cultivo tiene un alto contenido de agua, las bajas temperaturas ocasionan que ésta se congele, provocando ruptura de tejidos y daños a nivel celular; también ocasionan retraso en el período vegetativo. Las temperaturas del suelo también influyen en el crecimiento y desarrollo del nopal, las temperaturas bajas limitan el crecimiento de la raíz, en otras ocasiones cuando la temperatura es muy elevada, también se presenta dicho fenómeno.

O. amyklaea se puede desarrollar de 267 a 685 mm. de precipitación distribuidos con 58 mm. al mes o lapsos de 4 a 6 meses de 100 mm. al año en altitudes de 1 609 a 2 575 metros sobre el nivel del mar, donde la limitante sería la baja temperatura. (Barrientos, mencionado por Granados 1991).

Las heladas ocasionan quemaduras en los brotes tiernos y malformaciones. Si se presenta una helada tardía puede también afectar la fructificación, ocasionando disminución hasta en un 20% cuadro 5.

CUADRO No. 5 CARACTERISTICAS CLIMATICAS PARA EL CULTIVO DEL NOPAL DE TUNA

CONDICIONES	UNIDADES DE MEDICION	OBSERVACIONES
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	15 - 16 °C	El óptimo se encuentra dentro de estos límites para el buen desarrollo y fructificación de la planta, aunque puede prosperar en los extremos.
TEMPERATURA MAXIMA	36 °C	Por arriba de ésta se desarrolla, pero no se tienen datos relacionados con la producción, y/o floración.
TEMPERATURA MINIMA	6 °C	Las bajas temperaturas, para no afectar al cultivo deben tener un amplio periodo de retorno.
(PRECIPITACION) MEDIA ANUAL	116 - 1800 mm.	El nopal puede prosperar arriba de 1800 mm., pero se presentan problemas de enfermedades, principalmente (fungosas) y pudriciones bacterianas.

Fuente: De la Rosa, técnico de CONAZA, 1990.

Cabe mencionar que los Opuntia toleran el fuego cuando los campos se incendian. (Thomas y Godson, 1992).

6.5 El suelo

El suelo es el material que nutre y sostiene a la planta en desarrollo, pero esta definición es más general, ya que incluye no solamente el suelo en el sentido común, sino también a las rocas, el agua, la materia orgánica y formas vivientes y aún el aire, materiales y sustancias que intervienen directamente en el vegetal. El suelo es el material mineral no consolidado sobre la superficie de la tierra que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente; material madre, clima, humedad, temperatura, macro y micro organismos y topografía.

6.5.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes consideradas para el establecimiento del nopal para tuna son: textura, estructura, densidad aparente, densidad real, profundidad, etc.

Textura

Es la relación de arena-limo y arcilla del suelo, la importancia que tiene es la cantidad de agua que puede almacenar, el movimiento del agua en el mismo, la capacidad de abastecer nutrientes, agua y aire, que son de gran importancia para la vida de las plantas.

Los opuntias se desarrollan en suelos de diferente origen, (Velázquez, mencionado por Granados 1991), pero prevalecen en suelos de origen calcáreo ígneo de textura franca, franco-arenosa, franco-arcillo arenoso y en algunos casos, arenas francas; por lo general estos son suelos someros con buen drenaje y rápida permeabilidad. (Legaspi, 1987), reporta que existe un mayor crecimiento de ratas en suelos con tepetate y arenosos.

Los suelos de textura arcillosa son desfavorables, pero no limitativos para el cultivo del nopal para tuna, a pesar de ser un factor no controlable pero modificable por el manejo de este cultivo. Se ha observado que en los suelos arcillosos esta planta no desarrolla, la penetración de las raíces es escasa y se presenta el problema del fenómeno de contracción y expansión, ocasionado por el mojado y secado en áreas donde no existe un adecuado manejo del cultivo.

En cuanto a la estructura, densidad aparente, densidad real, porosidad, no se conocen estudios concretos que nos aporten conocimientos. Con respecto a la profundidad del suelo el nopal tunero prospero en suelos someros de 10 cms. en adelante o profundos. (De la Rosa, 1990).

6.5.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas del suelo son importantes dentro de los factores edafológicos para el establecimiento del cultivo del nopal. La interacción, suelo-iones hidrógeno se debe tener presente para el establecimiento del huerto.

Las plantas toman de los suelos los componentes minerales, por lo que las deficiencias en desarrollo vegetativo están relacionadas con la forma en que éstos estén presentes, ya que puede estar en altas concentraciones, pero no disponibles para la planta, debido a mecanismos físicos o químicos del suelo.

*De manera general, todo suelo tiene un rango óptimo de concentración de iones hidrógeno (pH) que se establecen desde 6.0 a 8.0 unidades, que corresponden a pH ligeramente ácido y pH ligeramente alcalino. En el caso de *Opuntia amycaea*, de acuerdo a muestreos realizados en el norte del Estado de México se ha encontrado que ésta desarrolla a pH de 6.0 a 8.5. (De la Rosa, 1990). Este es el rango óptimo de pH, pero no es un factor limitativo, ya que con un buen manejo es posible establecer el cultivo a pH ligeramente arriba o abajo de los extremos señalados. Cuadro 6.*

CUADRO No. 6 CARACTERÍSTICAS EDAFICAS REQUERIDAS PARA EL CULTIVO DEL NOPAL DE TUNA

(*O. amyclaea*)

CONDICIONES		OBSERVACIONES
SUELOS	Preferentemente de origen calcáreo o igneo.	Es más recomendable, aunque pueden desarrollar y fructificar suelos de otro origen.
TEXTURA	Franco, Franco-Arenoso franco-arcillo-arenoso arena franca.	Ya que las texturas pesadas o arcillosas no son adecuadas, debido al fenómeno de contracción y expansión que sufren las arcillas. Los fenómenos de expansión y contracción, se refieren a la capacidad que tienen estos suelos para retener humedad excesiva y de compactarse demasiado cuando pierden humedad.
PROFUNDIDAD	10 - 25 cm o profundos	Con estrato calcáreo, buen drenaje y rápida permeabilidad.
DRENAJE PERMEABILIDAD	Bueno Rápida	Esto es en caso de suelos profundos y de textura franco arenosa.
pH	6.0-8.5	Este es el rango óptimo para el buen crecimiento y desarrollo del nopal tunero.
PENDIENTE	3-15 ‰	Esto en el caso de huerto, al que se le requiere dar un buen manejo; pero si la plantación es con la finalidad de conservación, la pendiente puede ser mayor a 15 ‰.
ALTITUD	80-(2300) msnm	Es lo óptimo, aunque puede desarrollarse en las cercanías de los extremos, se ha encontrado que este factor no tiene mayor influencia.

6.6 Vientos

En virtud de la debilidad del sistema radicular de la planta, lo afectan mucho los vientos intensos y fuertes, que pueden llegar a tirarla porque la estructura, disposición y rigidez de las pencas, la obligan a recibir directamente la fuerza del viento sin que pueda, por falta de elasticidad, colocar sus órganos de manera que presenten el menor frente a las corrientes aéreas, a lo que se agrega el peso de estos órganos.

Las corrientes de viento cálido afectan al nopal deshidratándolo ya que le roban humedad al suelo en que vive la planta; en nuestro medio esas corrientes no son tan cálidas para que sean de temerse; en cambio los vientos fríos si son de grave peligro tanto como los vientos salinosos que proceden del mar.

Para contrarrestar este fenómeno se recomienda el establecimiento de cortinas rompevientos.

6.7 Clima

La integración de la temperatura con la precipitación principalmente define el clima de la región. En México la mayor parte del nopal silvestre crece en los climas Bsw (semiseco, estepario con lluvias de verano), o Bsy (semiseco, estepario con lluvias escasas en todas las estaciones del año). Sin embargo, en los climas templados secos (Cw) también prosperan bien. (Clasificación de Koopen modificados por Enriqueta García) como el del noreste del Estado de México.

6.8 Tipo de Vegetación

El nopal Opuntia forma parte del tipo de vegetación que (Rzedowski, 1981) que lo agrupa dentro del tipo de matorral xerófilo (plantas adaptadas a vivir en los medios secos) el cual ocupa el 40% de superficie del territorio nacional.

Dentro del matorral xerófilo existe una división denominada crausicaule, los cuales agrupan a todas aquellas comunidades arbustivas de clima árido y semárido, de éstas la

mayoría corresponde a plantas conspicuas de tallo suculento o sea de cactáceas grandes. En el país su distribución es la siguiente:

Norte de Sonora, algunas porciones de Baja California asociado con *Lophocereus shottii* (garambullo), *Machaerocereus gummosus* (pitahaya ugría) y otros componentes como los géneros *Lycium*, *Prosopis*, *Bursera*, *Fouquieria* (palo de Adón) *Larrea* (gobernadora), *Lysiloma*, *Acacia*, *Ambrusia*, etc.

La parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí. Presentan como cubierta principal al género *Opuntia* a las especies *O. sptreptacantha* (Nopal cardón) y *O. leucotricha* (Nopal duraznillo). Esta comunidad se desarrolla preferentemente sobre suelos someros, de laderas de cerros de naturaleza volcánica aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm. y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual.

En algunas zonas de San Luis Potosí y Guanajuato se le asocia con *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo) y *Lemaireocereus* (cardón).

6.9 Resistencia a la sequía

A continuación se mencionan las características morfofisiológicas más importantes que han desarrollado los opuntias para sobrevivir a ambientes semiáridos y áridos.

- Suculencia
- Engrosamiento de la cutícula
- Disminución y disposición hundida de los estomas, manteniendo una especie de microclima húmedo cerca de ellos
- Transformación de las hojas en escamas, espinas y gloquidios
- Presencia de espinas para proteger a la planta de los rayos del sol por medio de la sombra que proyectan sobre el tallo y condensar el agua atmosférica, la cual puede penetrar en la planta.

- *Savía viscosa que cierra rápidamente las heridas*
- *Gran capacidad de los cladodios de almacenar agua*

- *Disminución de la transpiración por medio de un mecanismo exclusivo de las plantas C4 (López y Mejía, 1988) denominado metabolismo ácido crasuláceo (Vázquez 1989, Goldstein y Nobel 1991). que consiste en cerrar los estomas durante el día (período de mayor transpiración) y abrirlas en la noche fijando el CO₂ en ácidos orgánicos y liberándolo durante el día. Lo cual ayuda a elevar la productividad del nopal, (Nobel y García, 1992).*

- *Alta capacidad osmótica a partir de ácidos orgánicos libres que existen en el jugo celular del nopal.*

Con respecto al crecimiento radicular, es de acuerdo a las características, físicas y químicas del suelo y también a la presencia de humedad del suelo. Las raíces de los opuntias presentan un crecimiento extremadamente rápido cuando existe humedad en el suelo. (Bravo, 1978).

7. USOS Y SUBPRODUCTOS DEL NOPAL Y LA TUNA

El nopal y la tuna brindan diferentes productos y subproductos, que para su descripción se dividirán en alimenticio, medicinal, industrial y ecológico.

7.1 Alimenticio

7.1.1 Nopal como verdura

Es el aprovechamiento de los renuevos tiernos que se consumen como verdura, en diferentes preparaciones culinarias, o se industrializan envasándose con vinagre y especias o en salmuera. A pesar de tener grandes cantidades de calcio y fósforo tienen un sabor ligeramente ácido. Aunque el grado de acidez depende de la hora del día que se corte, si se cosecha en la mañana es menor que si se corta a altas temperaturas, es decir a las 14:00 ó 15:00 horas. Los contenidos nutricionales del nopal para verdura se describen en el cuadro 7.

Cuadro No. 7 Valor alimenticio del nopal para verdura por cada 100 grs. de alimento crudo.

CONTENIDO	CANTIDAD
Porción comestible	78 g
Energía	27 K cal
Proteínas	1.45 gr.
Grasas	0.3 gr.
Carbohidratos	5.6 gr.
Calcio	130.0 mg.
Hierro	1.6 mg.
Tiamina	0.03 mg.
Riboflavina	0.06 mg.
Niacina	0.3 mg.
Acido ascórbico	8.0 mg.
Fósforo	21.0 mg.

Fuente: Hernández Mercedes, citado por Bock 1984.

La siguiente composición de nopalitas para verdura cosechados de una longitud de 20 cms. por cada 100 gr. de peso. (Rodríguez F. y Cantruell M., 1988).

CONTENIDO	CANTIDAD gr.
Agua	91.7
Proteína	1.1
Lípidos	0.2
Cenizas	1.3
Fibra cruda	1.1
Complejo, carbohidratos	4.6
Azúcar simple	0.82
Acido ascórbico	12.7
Caroteno	28.9

*El contenido es muy similar para las especies de *Opuntia amyoclaea*, *O. ficus-indica* y *O. stricta*.*

Los principales componentes minerales son el calcio, potasio, magnesio, silicio, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso. (Bravo Hollins 1978 y Fernando Landero 1949, citados por INIF-SARH-CONAZA 1983).

Investigación de enlatado de comidas típicas.

El estudio para industrializar el nopal mediante la elaboración de comidas típicas. El procedimiento es el siguiente: (Becerra 1969, mencionado por CODAGEM 1981).

- a) *Lavado y selección*
- b) *Escaldado para eliminar las espinas adheridas, con una solución de hidróxido de sodio al 6% y calentada a 70°C. durante 4 a 5 minutos*
- c) *Picado del nopal en cuadros de aproximadamente un centímetro por lado*

d) *Cocimiento en una solución acuosa de cloruro de calcio (10 p.p.m.) para eliminar la viscosidad y dar consistencia al nopal*

e) *Lavado para eliminar las pectinas que se adhieren*

f) *Llenado de las latas con el nopal y los condimentos necesarios*

g) *Agotamiento de las latas para reemplazar los gases de lata por vapor de agua y favorecer la creación de vacío*

h) *Engargolado de latas*

i) *Esterilización a 121°C. por 35.5 minutos*

j) *Enfriamiento*

k) *Etiquetado*

CODAGEM en 1981, da un listado de las diferentes formas de enlatado:

a) *Enlatado de nopalitos con frijoles*

b) *Enlatado de nopalitos con carne de puerco*

c) *Enlatado de nopalitos con camarón entero*

d) *Enlatado de nopalitos con camarón molido*

e) *Nopalitos en vinagre*

f) *Nopal deshidratado y molido para sopa*

*La especie *Opuntia ficus-indica* (nopal de castilla), es la que comúnmente se usa para la producción de verdura, aunque también las especies *tuneras* se pueden utilizar con el mismo propósito. Otras variedades que se utilizan para verdura son *Jarilla*, *Cardón* e *italiana*, esta última se cultiva en *Milpa Alta*, D. F. (Barrientos, reportado por CODAGEM 1981).*

7.1.2 Nopal como forraje

Según análisis realizados por la SARH, el nopal tiene un 90% de agua, es por ello que el ganadero se vale de esta planta en época de secas, cuando escasea el forraje. A este respecto el nopal puede emplearse no sólo como alimento sino como parte integrante de la alimentación habitual del ganado a los que produce efectos benéficos e inmediatos.

En Nuevo León y Tamaulipas se acostumbra suministrar en las dietas a los ovinos, aumentando con ello la lanolina, grasa natural que tiene gran demanda en el mercado, (Ríos, citado por Borrego 1986).

Además este vegetal al suplementársele al ganado lechero corrige la coloración que se presenta en la mantecquilla, haciéndola más uniforme.

El contenido de Hierro, Cromo, Zinc, Calcio, Bario y Magnesio del nopal influyen en el ganado para aumentar la producción láctea. (Bazan, citado por Borrego 1986).

A pesar de que el nopal es pobre en proteínas, reduce considerablemente el costo de la alimentación del ganado.

El aporte de nutrientes a la dieta de los animales proveniente del consumo del nopal, consiste principalmente de Calcio, Fósforo, Sodio, Vitamina C y Fibra. Como se puede apreciar en el cuadro 8.

Cuadro No. 8 Contenido de nutrientes de nopal forrajero.

CONCEPTO	PORCENTAJE
Agua	90.0
Carbohidratos	4.5
Proteínas	0.66
Celulosa	1.15
Cenizas	1.58
Grasas	0.11

Fuente: SARH-INIFI-CONAZA, 1983.

Las tunas son efectivas para engorda de cerdos que la aprovechan muy bien, pues son los pocos animales que mastican las semillas. Asimismo, las gallinas y guajolotes, se alimentan también con las semillas de tunas.

En conclusión, se sugiere utilizar el nopal sólo como suplemento en la alimentación de los animales de preferencia con concentrados ricos en proteínas.

Las técnicas más utilizadas para eliminar las espinas son:

- Corte de las espinas del borde de la penca
- Uso de quemadores
- Picado
- Reblandamiento por vapor

Las especies más utilizadas como forraje se enumeran de la siguiente manera:

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
Opuntia megacantha	Nopal de castilla
Opuntia rastrera	Nopal rastrera
Opuntia streptacantha	Nopal cardón
Opuntia robusta	Nopal camueso
Opuntia máxima	Nopal pelón
Opuntia azurea	Nopal coyotillo

La variedad mejorada más recomendable para forraje se ha designado COPENA F-1. (Barrientos, 1969).

DIGESTIBILIDAD DEL NOPAL FORRAJERO

Este concepto se refiere a la cantidad o porcentaje alimento que aprovecha un animal. El contenido de digestibilidad de un producto es importante, porque no es proporcional al contenido de nutrientes, a este respecto se proporcionan algunos resultados sobre las investigaciones realizadas hasta el momento.

Niveles de consumo del nopal para el ganado. La determinación de las cantidades a nivel de consumo es muy importante porque el ganado prospera debido a la cantidad de nutrientes que consume por unidad de tiempo y no sólo por la calidad o contenido en los forrajes.

El consumo diario del nopal oscila en el orden de los 60 kgs. en ganado bovino, cuando no se suministra otro forraje. (Blanco M. G., citado por SARH-INIF-CONAZA 1983).

Con respecto al ganado menor bovino y caprino, el consumo es de 7-10 kgs. diarios, mejorando su dieta con un suplemento de 250-300 gr. de alfalfa henicificada.

Para facilitar la digestión conviene utilizar pencas de 2-3 años de edad suplementado con rastrojos, alfalfa, harinolina, etc.

7.1.3 Nopal Tunero

- Tuna fresca. La tuna puede consumirse fresca o industrializada y es posible obtener jugo para preparar melcocha, jarabe, queso, jalea, mermelada, etc.

El fruto esta compuesto de cáscara, pulpa y semilla, la cáscara representa del 40 al 50 % del fruto, pulpa 40-50% y las semillas del 5 al 10% del fruto total de la tuna.

Los resultados del análisis bromatológico de la tuna cardona, se presentan en los cuadros 9 y 10.

Cuadro No. 9 Componentes en 100 grs. de peso fresco de tuna.

SUBSTANCIA	CANTIDAD	
Agua	88.1	gramos
Fibra cruda	2.85	"
Cenizas	0.3	"
Extracto nitrogenado	8.15	"
Calcio	49.0	miligramos
Fósforo	31.0	"
Hierro	2.64	"
Caroteno	0.06	"
Tiamina	0.06	"
Riboflavina	0.02	"
Niacina	0.20	"
Acido ascórbico	22.4	"

Fuente: Rzedowski 1964, reportado por Borrego 1986.

Cuadro No. 10

COMPONENTE	CASCARA		PULPA		SEMILLA	
	%BH	*%BS	%BH	%BS	%BH	%BS
Agua	87.0	--	8.50	--	5.0	---
Prot. cruda	0.51	4.11	0.51	3.74	19.63	11.79
Grasa cruda	9.39	3.26	0.53	3.53	11.79	12.41
Cenizas	1.91	15.01	0.20	1.33	1.63	1.72
Fibra cruda	1.29	10.61	0.27	1.80	57.66	60.70
*E.L.N.	8.9	67.32	13.49	89.6	13.28	13.98
Azúcares	4.99	46.95	10.4	68.3		

*Extracto libre de nitrógeno
 **Base húmeda
 ***Base seca

Fuente: Cigala, citado por Borrego 1986.

- El jugo se obtiene por el prensado de la pulpa y purificado en dos pasos sucesivos; en tela de franela y un paso final por papel filtro especial para materias mucilaginosas lo cual

proporciona un jugo transparente y de buen sabor. Sometido a semipasteurización a 74 C. durante 20 minutos es envasado como jugo de tuna. Este mismo jugo adicionado de 50% de agua de sacarina y saturado de hidróxido de carbono constituye una bebida gaseosa (refresco) con sabor a tuna.

El jugo de tuna es uno de los frutos más completos en cuanto a contenido de sustancias nutritivas, así como en cantidad, según se demuestra en los cuadros 11A y 11B.

CUADRO No. 11A COMPARACION DEL JUGO DE TUNA Y EL JUGO DE OTRAS FRUTAS

FRUTA	SOLIDOS TOTALES	FIBRA CRUDA	% N	CENI- ZAS	1 CA	2 P	3 Fe	CARO- TENO	VIT C mg/100gr	TIAMI- NA	RIBOFLA- VINA
TUNA	19.0	3.7	0.101	1.08	24.8	25.1	0.38	0.009	42.0	0.003	0.014
PERA	19.7	1.8	0.059	0.34	9.0	19.9	0.56	0.021	13.1	0.020	0.016
PLATANO	31.0	1.5	0.217	0.75	8.3	35.2	0.94	0.662	31.0	0.037	0.021
NARANJO	11.0	0.1	0.074	0.38	9.6	18.2	0.57	0.047	51.0	0.056	0.012
DURAZNO	21.7	0.6	0.094	0.53	8.6	28.6	0.74	0.929	33.8	0.030	0.023
MANGO	20.1	0.2	0.061	0.44	11.8	16.8	0.48	1.023	7.8	0.033	0.036

Como se puede observar el jugo de tuna supera a otras frutas en lo que se refiere a proteínas, fibra, calcio, además contiene grandes cantidades de fósforo y vitamina C.

(1) CA = Calcio

(2) P = Fósforo

(3) Fe = Hierro

Fuente: SARH-INIF-CONAZA, 1983.

La composición de los azúcares del jugo de tuna, se observan en el cuadro 11B.

Cuadro No. 11B

AZUCAR	G/100 ml.
Fructuosa	5.68
Glucosa	6.03
Maltosa	0.11
Sacarona	0.14
TOTAL:	11.96

Fuente: SARH-INIF-CONAZA, 1983.

El jugo de tuna se produjo durante un tiempo, un producto denominado "magteyin" exportado a Estados Unidos se procesaba en Santa Marta Tecajate, Hidalgo en donde existía una planta extractora de jugo. El proceso de obtención es el siguiente: (CODAGEM, 1981).

a) La tuna se recibe en huacales, a partir de los cuales se evalúa el rendimiento. El desahogado de la tuna se realiza por escaldado y lavado de la fruta.

b) La pulpa se extrae manualmente, separándola de la cáscara. Una vez obtenida la pulpa se alimenta una despulpadora de cepillos que separa la semilla y se obtiene la pulpa en forma de jugo de tuna.

c) El jugo se centrifuga y el sobrenadante cristalino se esteriliza a una temperatura de 120°C. durante 20 minutos. Para su utilización final se repite la centrifugación y se agrega a la concentración adecuada para elaborar el curado de tuna.

Se han realizado otros estudios para elaboración, conservación y enlatado de jugo de tuna. El jugo de tuna se ajusta a pH de 4.5 con ácido cítrico y después se conserva en base a dos métodos: (Villanueva, citado por SARH-INIF-CONAZA 1983).

a) Congelamiento a 15°C en atmósfera de nitrógeno, en el cual se conservó hasta por un período de siete meses.

b) Calentamiento durante 30 minutos a vapor, engargolado a 71°C y posteriormente esterilización a 100°C durante 110-120 minutos.

Con estos procedimientos se reportan rendimientos de 49.2% de jugo utilizando tuna blanca de alfajucan.

Para el engargolado o envasado del jugo de tuna: Adición de ácido cítrico para bajar su pH a 4.3, calentamiento a 60°C durante 5 minutos y benzoato de sodio como conservador. Las condiciones son inodoro, insaboro, inyección de vapor un minuto a 90°C, temperatura de engargolado 80°C y vacío a 381 mm. de mercurio. (Paredes, citado por Bock 1984).

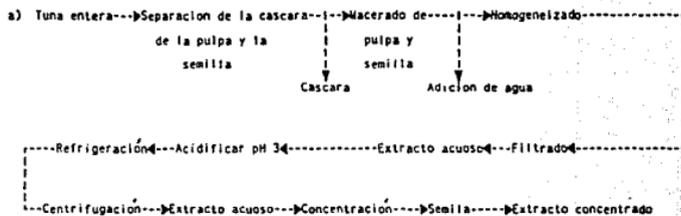
- Pigmentos del jugo de tuna. Manifiesta que la tuna cardona y otras de color rojo, se utilizan para la fabricación de colorantes que, por ser inocuos, son aptos para numerosas industrias, principalmente alimentarias y cosmetológicas. (Bravo y Piña, citados por SARH-INIF-CONAZA 1983). Las restricciones impuestas al uso de colorantes rojos de origen sintético como aditivos para alimentos, plantea la posibilidad de utilizar fuentes naturales; una opción la constituye el uso de la tuna roja como materia prima para la obtención de colorantes, aunque por tener ésta una gran cantidad de azúcar hace difícil la obtención del colorante en polvo, sin embargo, han encontrado que pueden eliminarse por fermentación sin afectar al colorante. La fermentación del jugo se efectuó con la bacteria *Saccharomyces* bajo las siguientes condiciones; pH 5, temperatura 30°C agitación 40 rpm, aeración 4 lt/mín. hasta llegar a una cantidad residual del 2% de azúcares presentes. El jugo centrifugado y concentrado a presión reducida, se secó en un secador con aspersion y se obtuvo un polvo con características adecuadas, para ser utilizada como aditivo en algunos alimentos. (Pérez, reportado por Borrego 1986).

Por estudios realizados en CONAFRUT en el año de 1979, se ha demostrado que la preparación de los extractos acuosos de los pigmentos identificados en la tuna, pueden tener aplicación en los diversos sistemas alimenticios con resultados muy aceptables, actualmente cuentan con distintos tipos de polvos que presentan buenas características y en cuyo proceso de obtención se ha seguido diferente metodología. (Mendez y Valdez, citados por Borrego 1986).

*Los principales pigmentos presentes en la tuna cardona *Opuntia streptacantha* por técnicas cromatográficas y/o electroforesis en papel. Se encontraron betanina e indicaxantina como componentes mayoritarios; el tamaño del fruto no tuvo influencia significativa sobre la concentración de los pigmentos y la cáscara presentó mayor pigmentación que el resto del fruto. (Valadez et, citado por CODAGEM 1981).*

*En la figura A se presentan dos formas de obtener colorantes a partir de tuna cardona *Opuntia streptacantha*.*

FIGURA "A"



- a) Obtención del extracto para obtener colorantes de la tuna cardona
 b) Obtención del extracto concentrado para obtener colorantes de la tuna cardona

- Miel de tuna. La manera de elaborar la miel de tuna es la siguiente: La pulpa sin desmenuzar se coloca en cazos de barro o cobre, se pone a fuego lento, más o menos por 40 minutos y se mueve la pulpa lentamente con una paleta de madera, después de este tiempo se reduce el fuego, con mucho cuidado se pasa la miel a un recipiente provisional y se dejan la camaza y la semilla en el fondo del cazo; se sacan y se vuelve a poner la miel en el mismo recipiente donde continúa evaporándose. (Valadez, citado por COD:AGEM 1981).

Constantemente se sigue agregando más tuna y se aparta la pulpa y la semilla de las que se adicionan. El proceso continúa hasta que las tunas y el jugo del cazo se agotan. Cuando la miel alcanza cierto grado de evaporación se retira del fuego, se vierte en recipientes especiales y se agita lentamente mientras se enfría. El punto que debe alcanzar es de 32 a 35 grados Baumé.

- Melcocha de tuna. Una vez que la tuna ha alcanzado su completa madurez, se exprime y se separa de la semilla, la pulpa obtenida se pone en un cazo de cobre, se coloca a fuego lento para concentrarlo y se agitan constantemente con palas de madera para evitar que se pegue el recipiente, cuando se aproxima al punto de melcocha, debe disminuirse el fuego. El punto deseado se detecta cuando al mover la pala se logra ver el fondo del recipiente, es entonces cuando se retira del fuego y se deja enfriar de 12 a 15 horas; al enfriarse, se envasa. (Lozano, citado por Borrego 1986).

- Queso de tuna. Una vez fría la melcocha, es tomada por 2 ó 3 operarios que, por turno, levantan la masa hasta arriba de la cabeza y la arrojan con fuerza sobre una piedra grande, lisa y humedecida con agua. Esta operación se repite de 150 a 200 veces, hasta que al levantar la pasta no quede nada adherido en la piedra. Mientras más se golpee, el queso sale más duro y más claro, luego se coloca en moldes rectangulares de madera, previamente humedecidos, donde permanece de una a dos horas, para después empacarlos con papel especial; se elaboran quesos desde 1/2 hasta 12 kg. de peso. (Lozano, citado por Borrego 1986).

A continuación se indican las cualidades bromatológicas del queso de tuna.

COMPONENTE	BASE HUMEDA (%)
Agua	11.29
Grasa	0.23
Glucosa	73.53
Albuminoides	5.25
Celulosa y otros materiales	5.68
Cenizas	1.53
Gomas	2.49

- Jarabe de tuna. Para la elaboración de jarabe de tuna cardona, se utiliza el jugo de tuna, el que se concentra por evaporación en baño maría a una temperatura menor de 70°C con objeto de evitar la decoloración del producto por la descomposición de las betacianinas a temperaturas mayores; el jugo de tuna, con 13 de reductores totales, se concentró a un quinto de su volumen original para obtener el jarabe con 63 Brjx y 58% de reductores totales. (Escamilla, citado por CODAGEM 1981).

- Jalea de tuna. Para hacer jalea se emplea tuna cardona bien madura, se bate la pulpa en suficiente cantidad de agua tibia. Las tunas deben desmenuzarse por completo y frotar con energía la semilla para que se desprenda de ella la sustancia pectínosa que contienen. Se cuele en cedazo de mallas finas, se le agrega azúcar y se pone a hervir a fuego mediano, cuidando de desespumar constantemente, pues de esta operación depende la transparencia del producto, al alcanzar el punto adecuado, se retira del fuego y se envasa caliente. (Lozano, citado por Borrego 1986).

- Mermeladas. El método para la elaboración de mermelada de *Opuntia imbricata* es el siguiente: (Escamilla, citado por CODAGEM 1981).

- Lavado y cepillado para eliminar la tierra y los aluates.

- Eliminación de la película exterior de la cáscara con un pelapapas para tener el fruto limpio.
- Para el despulpado de la tuna, se corta ésta en mitades y se separa la pulpa de la cáscara y semilla.
- Para homogeneizar la pulpa, se muele en una licuadora casera durante un minuto y se obtiene una masa con textura uniforme de color verde y sabor ácido.
- Formulación; después de realizar diversos ensayos de concentraciones de pulpa de pectina, de azúcar y saborizante, así como de temperatura de cocción, del orden de mezclado y del tiempo de cocimiento, se concluyó la fórmula del cuadro 12, el análisis bromatológico se muestra en la tabla 1.

Cuadro No. 12 Composición de la mermelada de *Opuntia imbricata*.

ANÁLISIS	CANTIDAD g/100 g.
Pulpa	62.20
Azúcar	37.00
Pectina	0.60
Saborizante (sabor fr esa)	0.03

TABLA 1 Análisis bromatológico de la mermelada de *Opuntia imbricata**.

	BASE HUMEDA (%)
Humedad	48.96
Cenizas	0.27
Reductores totales o Brix	46.20
pH	3.7

* Escamilla, citado por CODAGEM 1981.

Para elaborar mermelada, se parte de la corteza, privada de la cutícula, se cocer en poca agua hasta que adquiere suavidad, se muele finamente y se pone al fuego directo, alicionada de su peso en azúcar y pequeñas cantidades de ácido tartárico y ácido málico y se menea la masa constantemente. Al alcanzar el punto de mermelada, se retira del fuego y se envasa caliente en tarros conserveros para evitar gastos de esterilización. (Lozano, reportado por Borrego 1986).

El mismo autor describe la forma de elaborar otros productos tales como colonche, pulque curado de tuna, pasas de tuna, tuna cristalizada y sulsas.

- Colonche. *La pulpa de tuna cardona, se coloca en ollas de barro previamente asoleadas, se llenan hasta 4/5 partes, se batan enérgicamente con paletas de madera y se hierve a fuego manso por 2 ó 3 horas, se retira del fuego, se cuele y se elimina la carmaza y semillas, a veces se irasiega el jugo empleando un acocote semejante al que se usa para extraer aguamiel, se deja enfriar el jugo y luego se le agrega un poco de colonche viejo dejándolo fermentar. El colonche recién hecho posee bajo contenido alcohólico, es una bebida agradable y de aspecto atractivo; con el tiempo aumenta notablemente su contenido alcohólico.*

- Pulque curado de tuna. *Las tunas descortezadas, se ponen a hervir con poca agua, se les agrega 2 ó 3 clavos de especias, 3 pimientas de castilla y unas rajus de canela todo esto bien molido. Una vez que la mezcla ha hervido bien se aparta del fuego en frío se le incorpora el pulque adicionando azúcar, luego se menea y se cuele.*

- Tunas cristalizadas. *Se emplea tuna chavena, que es semipálida y de corteza gruesa, o también con la tuna de xoconozile, (O imbricata) a la cual se le elimina en crudo la cutícula o pericarpio y se deshuesa por medio de un sacabocados; se sumergen las tunas en agua pero sin dejar hervir para que el agua no extraiga todo el sabor de las tunas; antes de la ebullición se retiran las tunas del fuego y se vierten en otro recipiente con agua fría, en el que se dejan de 2 a 3 días con el fin de que se desflemen; se debe cambiar el agua cada 24 horas y luego se cocen diariamente en almíbar hasta conseguir la cristalización, lo cual demora de 8 a 12 días.*

- Tunas pasas. Se emplean exclusivamente tunas mansas, a las que se quita la cutícula y se deja la cicatriz floral. Con un sacahocados se extraen las semillas, luego se hierven las tunas en miel de tuna para enriquecer las pasas; una vez enriquecidas se ponen al sol en un enrejado de madera y se voltean las tunas 2 veces al día para que las pasas obtenidas sean uniformes. (Bock, 1984).

- Salsas. Se prepara con tuna xoconoztle (*O. imbricata*), la cual conserva su mesocarpio duro, aún en completa madurez y es resistente a la descomposición. Cuadro No. 13.

Cuadro No. 13 Fórmula para la elaboración de salsa de tuna*.

COMPONENTES	CANTIDAD grs.
Xoconoztles pelones y sin semillas	500
Chile piquín	250
Cebolla	25
Ajo	15
Cilantro	25
Orégano	10
Aceite de ajonjolí	12
Cominos	5
Canela	5
Yerbabuena	3
Sal al gusto	----
olor artificial verde o rojo	----

*Fuente: Lozano, citado por Bock 1984.

Se muelen todos los ingredientes finamente y se pone al fuego en cazos de barro; al hervir se retira.

- Encurtidos de Xoconoztle (*O. Imbricata*). La manera de elaborar encurtido a base de la tuna de xoconoztle es: (Escamilla, citado por CODAGEM 1981).

- El xoconoztle se lava con cepillo, se pela y se despulpa, la cáscara limpia se corta en rajadas de tamaño uniforme.

- La forma de elaboración es por calentamiento del aceite a 200°C. Primero se añaden las zanahorias en rodajas de 3mm. de espesor, se sancochan durante 5 minutos y se le agregan dientes de ajo, se deja 5 minutos y se le agregan las rodajas de cebolla de 5 mm. de espesor, luego se sancochan durante 6 minutos más y finalmente se agregan las rajadas de xoconoztle, el tiempo final de sancochado es de 26 minutos.

- Se agrega el vinagre y se añade el resto de los ingredientes.

- Se pone en ebullición durante 2 minutos, se envasa se esteriliza a 90°C durante 5 minutos y se enfría rápidamente en agua.

Cuadro No.14 Componentes del encurnido del Xoconoztle*.

COMPONENTES	CANTIDAD
Vinagre	5.72 g.
Agua	84.48 ml.
Sal	35.00 g.
Especias molidas	0.312 g.
Pimienta, clavo, orégano y semilla de mostaza	0.78 g. c/u

Fuente: Escamilla, citado por CODAGEM 1981.

7.2 MEDICINAL

Importantes aportaciones ha legado en este aspecto la planta de nopal en la cura de enfermedades a partir de su consumo, hecho que se ha venido suscitando desde nuestros antepasados. Los tullos o pencas de nopal (*Opuntia spp*) se han utilizado desde el México Prehispánico como un remedio popular contra la diabetes. A partir de la década de los setentas investigadores de diversos países han realizado y publicado interesantes resultados tanto en animales de laboratorio como en individuos sanos, diabéticos y con hiperlipidemias, los estudios publicados a nivel mundial demuestran la efectividad de su ingestión previa a los alimentos, pues produce significativas disminuciones en glicemia, colesterol, triglicéridos y peso corporal (Morales, citado por Cisneros 1991, Fraty, 1990 y Meckes 1989).

El jugo de la penca de nopal podría utilizarse para la preparación de un fármaco que cure la diabetes. Se preparó un extracto acuoso y, se le administró a un lote de ratones con diabetes inducida. El extracto produjo una disminución leve, en los niveles de glucosa de la sangre. También se ha obtenido un polisacárido muy parecido a la pectina cítrica, por lo que se estudia la posibilidad de emplearlo para la producción de medicamentos, que en la actualidad requieren de esta sustancia como agente dispersante. (Pérez, citado por Bock 1984).

*En el Estado de San Luis Potosí en el transcurso del trabajo de campo, ha encontrado información del conocimiento tradicional entre los pobladores de estas regiones sobre el aprovechamiento del *Opuntia incoconoxtle* (joconoxtle); *O. streptacantha* (cardón); *O. (lubricantha)* (cardonche) o de *O. nopalillo* en la práctica medicinal rural con especial atención en usos indicados como antipiréticos, antiinflamatorios, analgésicos, antiespasmódicos de aplicación tópica y cataplásmica, tanto en personas como en animales, como por ejemplo la utilización de pencas calientes para disminuir la hinchazón de los músculos. (Hernández, citado por Cisneros 1991).*

Todo esto lleva a pensar por qué a pesar de todas estas cualidades, no se le ha dado el lugar que debiera, sino que únicamente se le cultiva en su mayoría como una planta sin un propósito bien establecido como podría ser su comercialización a nivel intensivo.

7.3 INDUSTRIAL

- 7.3.1 Grana o cochínilla. *La utilidad de esta planta se da desde la forma más rústica hasta la más compleja, la aplicación rústica se ve reflejada en el uso por parte de nuestros ancestros, quienes empezaron a obtener los colorantes a partir de la cochínilla *Dactylopius coccus*. El cultivo de la grana-cochínilla fue la principal actividad del pueblo de México en la época prehispánica, llegando a ocupar el tercer lugar dentro de las explotaciones después del oro y la plata, en la época de la Colonia.*

Actualmente el insecto aún se cultiva en algunas regiones del Estado de Oaxaca (Valles Centrales, Mixteca y Sierra Juárez) en las cuales se están desarrollando programas gubernamentales tendientes a impulsar el cultivo y aprovechamiento del insecto del cual se obtiene el ácido cármico, un producto de gran demanda en el mercado internacional, puesto que es el sustituto de las anilinas rojas de las que se ha comprobado su acción cancerígena en alimentos, cosméticos, medicamentos y textiles. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

7.3.2 Elaboración de constituras. (Higadera et., citado por Cisneros 1991), en sus investigaciones sobre aislamiento, purificación y caracterización fisicoquímica de la pectina del nopal *Opuntia ficus-indica*, establecen que "es un gelificante ampliamente utilizado en la industria alimentaria para la elaboración de constituras", y proponen que "en épocas de sobreproducción este vegetal podría ser utilizado para la extracción de pectinas".

7.3.3 Purificador de agua. (Rezedowski, citado por CODAGEM 1981), manifiesta que el agua frecuentemente sucia y turbia de los estanques y represas de las partes desérticas se clarifican notablemente al agregar un volumen determinado del líquido mucilaginoso presente en las pencas del nopal. Probablemente se trate de una reacción físico-química pues, según indicaciones de los campesinos, no se obtienen resultados algunos cuando la cantidad del jugo de nopal es insuficiente o excesiva.

7.3.4 Reductor de la transpiración. (Rolim y Fernández, reportado por Bock 1984), realizaron un trabajo bajo condiciones de invernadero, que permitió estudiar el efecto de varios productos de origen vegetal como reductores de la transpiración en plantas de frijol; los productos usados fueron obtenidos de varias especies silvestres; Mezquite (*Prosopis juliflora*), Pirul (*Schinus molle* L.) y Nopal (*Opuntia ficus-indica*), aplicado a 4 concentraciones y 3 intervalos de aplicación. Con nopal se obtuvo una disminución del porcentaje de transpiración del 10.6% pero el mejor resultado se obtuvo con mezquite y se comprobó que en ninguno de los casos se afectó el rendimiento.

7.3.5 Anticorrosivo. Una firma de Detroit Mich. "The Cactizone Co.", fabrica un anticorrosivo a base de la materia viscosa del nopal, que ha llegado a utilizarse en los pozos petroleros el Houston, Texas, U.S.A. (Lozano, citado por Bock 1984).

7.3.6 Caucho sintético. *Técnicos españoles han realizado estudios y han probado que la explotación de una hectárea de nopal en los desiertos de Almería, España podrían proporcionar, con la conveniente industrialización, unos 266 kgs. anuales de caucho sintético. (Lozano, reportado por Borrego 1986).*

7.3.7 Vinos. *En un estudio sobre industrialización integral del fruto de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia robusta* en 2 periodos de madurez, describe la obtención de vinos como sigue: (Flores, citado por Borrego 1986).*

Se fermentó el jugo en 2 etapas:

- *Se utilizó el jugo en su concentración normal durante el mes de octubre.*
- *Se utilizó el jugo concentrado a 20° Brix y se trató sólo la especie *O. streptacantha* durante el mes de noviembre.*

*La fermentación es un proceso discontinuo y se inicia al agregarle levadura del grupo *Saccharomyces cerevisiae*. En la primera etapa se obtiene una excelente pureza, de fermentación sobre todo en la especie *Opuntia robusta*: la especie *Opuntia streptacantha* se caracteriza por un ligero aumento en la acidez volátil que se corrige al quitar la camaza. En la segunda etapa se obtuvo una fermentación correcta y estable; en este periodo el jugo, en condiciones normales, presenta mayor número de grados Brix; se prefirió el jugo de la tuna más madura por la mayor concentración de azúcar.*

La calidad de esta bebida es indiscutible ya que el sabor y el buqué característicos de la tuna; originan un vino de añejamiento rápido el cual se prefirió tomarlo frío. En el cuadro 15 se puede observar el rendimiento de vino por plantas por hectáreas y otras características del producto.

7.3.8 Aguardiente. Una vez fermentado el vino se procedió a destilar en base a las 2 etapas anteriores; además se utilizaron 2 tipos de aparatos para destilar, columna de vidrio y alambique de cobre; el aparato de vidrio origina un aguardiente de condición muy mala por lo que no se recomendaba para este proceso; el cobre, en cambio, resultó un material adecuado que originó un aguardiente muy fino de sabor afrutado y buqué propio de la tuna.

El rendimiento de *Opuntia streptacantha* fue de 14 kg. de tuna para obtener un litro de aguardiente de 51 G. L. Para la especie *Opuntia robusta* se requirieron 17.51 kg. para un litro de esta bebida a 72 G. L. Para la segunda etapa se necesitaron 11.110 kg. de tuna cardona para obtener un litro de aguardiente de 56.2 G. L. de calidad superior.

(Escamilla, mencionado por CODAGEM 1981), utilizó el microorganismo *Saccharomyces cereviceae* var. champagne, con una técnica que describe minuciosamente; que empleó para obtener aguardiente de tuna Alfajayucan *Opuntia amyclaea*, inoculado con *Saccharomyces cerevicease* var. ellipsoideus, en jugo simple y jugo sulfitado, cuadro 16.

Cuadro No. 15 Rendimiento del vino por especie y por hectárea de las especies *Opuntia Streptacantha* y *Opuntia Robusta* en su concentración normal de azúcar con fecha de maduración del 26 de agosto de 1980. (Borrego, 1986).

Rubro	O. Streptacantha	O. Robusta
Tuna entera utilizada (kg)	23.82	22.22
Jugo con carnaza (kg)	6.67	4.03
Jugo filtrado (kg)	6.09	3.81
Litros de vino obtenido	5.80	3.70
Densidad del vino (g/cm)	1.05	1.03
Litros de vino por planta	0.186	0.077
Litros de vino por hectárea	374.50	119.80
Grados Brix	14.00	12.00
Grado alcohólico	6.23	6.18

Cuadro No. 16 Análisis químico del fermentado de tuna elaborado con jugo natural y sulfitado.

Características	Jugo natural	Jugo sulfitado (100 ppm de SO ₄)
Gay lussac	7.2	6.0
Acidez total	8.0	---
Acidez volátil	0.69	0.21
Acidez volátil corregida	0.0	0.06
Volumen (1a. destilación)	2 l.	2.0 l.
Gay lussac	27.6	27.9
Volumen (2a. destilación)	700.00 ml.	710.0 ml.
Gay lussac	60.9	59.0
Volumen	1070.0 ml.	1047.0 ml.
Gay lussac	40.9	3.4
% de rendimiento	3.6	3.4

Fuente: Arizmendi, citado por Borrego 1986.

7.3.9 Producción de Ethanol (Retamal, 1987), menciona que se puede obtener ethanol a partir de la fermentación de los frutos y cladodios del nopal.

7.4 ECOLOGICO

Este recurso dentro del aspecto ecológico es de gran utilidad, ya que en su sistema radicular tiene la capacidad de retener el suelo, lo cual disminuye el grado de erosión. Proporciona a otras plantas un ambiente adecuado para su desarrollo debido a la humedad que guardan en el suelo; y sirve como cortinas rompevientos; mejora la permeabilidad y se piensa que es un vegetal que tiene gran capacidad para asimilar el bióxido de carbono, por lo que colabora con el mejoramiento ambiental.

7.5 OTROS

7.5.1 Como impermeabilizante de techos y paredes cortando las pencas y pedazos extrayéndoles el jugo, para aplicarlo a techos y paredes. (SEP, 1980).

7.5.2 Como adherente, cortar las pencas adultas en pedacitos y agregarlas a la lechada de cal. Asimismo también se puede mezclar el líquido extraído de la penca con agroquímicos como insecticidas y fungicidas.

7.5.3 Para fijar el pelo. Haciendo un corte en las pencas adultas, sale un jugo que sirve como pegamento, mezclado con agua puede utilizarse igual que los fijadores de pelo. (SEP, 1980).

7.5.4 En algunas zonas de Baja California lo utilizan, los pobladores, para la extracción de agua para su consumo.

8. PROPAGACION

*La propagación en el nopal (*Opuntia spp*) puede ser sexual y asexual. En la actualidad la forma asexual es la más adecuada, ya que su crecimiento y desarrollo, es más rápido y da una descendencia más uniforme en la composición de sus características hereditarias. Sin embargo la reproducción sexual es de mucha importancia para la investigación en la obtención de nuevas variedades en lo que se refiere a individuos más vigorosos con tendencia a producir más frutos y de mejor calidad, así como resistencia a plagas, enfermedades o condiciones del medio ambiente, etc.*

8.1 Multiplicación

8.1.1 Por medio de pencas o cladodios enteros. Es la reproducción más eficaz para obtener plantas vigorosas y frutos al tercer año. Las pencas se obtienen de la planta de nopal, las cuales deben ser sanas y de 6 a 24 meses de edad, antes de plantarlas es conveniente dejarlas bajo sombra durante 10 días.

Se plantan enterrándolas a la mitad y a los 15 ó 20 días empiezan a brotar raíces.

8.1.2 Por medio de fracciones. Cuando el material vegetativo es escaso y muy costosa la transporación, es posible el empleo de fracciones de pencas. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

Después del corte de la penca de la planta se deja bajo sombra durante 10 días, pasado este tiempo se fraccionarán las pencas de acuerdo al tamaño de la misma. (Figura 2).

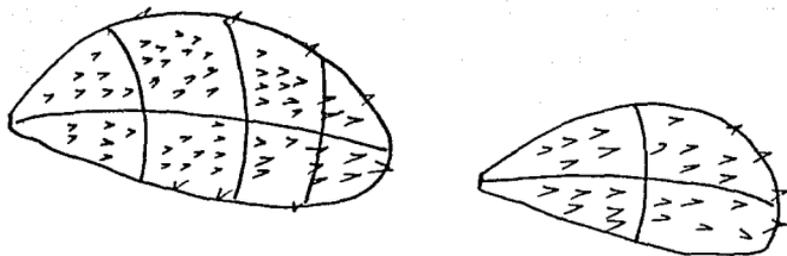


Figura 2. En pencas grandes se fraccionan más que en pencas chicas, como la que aparece en el lado derecho.

Estos cortes se tratan con un fungicida para prevenir pudriciones, como la pasta bordelesa, la cual se prepara 0.5 kg. de sulfato de cobre + 1 kg. de cal en 10 litros de agua y se dejan orear bajo sombra otros 10 días.

Previamente se construirá un almácigo con un ancho de 1.20 m. y un largo que puede variar de 10 a 100 m. según la cantidad de planta que se desea propagar. La mezcla del suelo para el almácigo comprende: arena, tierra y materia orgánica en una proporción de 1:1:1.

Transcurriendo el tiempo de sombreado son colocados los trozos de las pencas cubriéndolas parcialmente con la mezcla del suelo. Si es posible regarlos, se les aplican riegos ligeros, y cuando los nuevos brotes alcancen 10 - 12 cms. de altura se cubren totalmente los troncos para que terminen de enraizar. Siguiendo este proceso se pueden obtener plantas ya enraizadas a los 7 meses de edad, las que estarán así listas para ser transplantadas a su lugar definitivo. Cabe señalar que durante todo el proceso el almácigo deberá estar libre de malezas.

8.1.3 Propagación por medio de cultivo de tejidos. Esta forma de propagar consiste en que a partir de una porción mínima de la penca, de una dimensión de 1 - 2 cm. tratada con sustancias promotoras de enraizamiento y colocada en un medio que contenga todas las sustancias requeridas para la nutrición, se obtengan nuevos individuos.

Las plantas se pueden transplantar al suelo a los 30 días o bien se pueden conservar in vitro durante 120 días expuestas a la luz y a 27°C, este método ya ha dado buenos resultados en *Opuntia basilaris* y en las variedades COPENA V-I. El medio de cultivo puede contener Agar sacarosa, auxina, citoquinina, etc. (Escobar y otros, 1987).

8.1.4 Propagación por medio de injertos. Esta forma de propagación, consiste en la unión de dos plantas para formar y funcionar como una sola. La planta que recibe el injerto constituye la parte de la raíz, y una porción del tallo se denomina patrón o porta injerto y la otra planta que se adiciona al patrón se llama injerto. Esta forma de propagación tiene dos grandes ventajas: acelera la fructificación y mejora la calidad del producto. Se han hecho trabajos en la especie de nopal *Opuntia rastrera*, en la cual pueden injertarse especies más productivas tanto de forraje como de fruta, recomendado el injerto de cuña o púa, realizado en primavera en yemas de 1 y 2 orden. También se pueden realizar injertos con especies de diferente género refiriéndose casi como la única familia que tiene esta particularidad.

8.2 Reproducción sexual. La reproducción por semilla, es poco usada en cultivos comerciales de nopal, debido a esto existe poca información sobre este método. Trabajos realizados por Rangel en 1981, (citado por Borrego 1986), indican que la reproducción sexual, es más lenta en su desarrollo. Es muy notable la diferencia entre dos plantas cuando una es obtenida por semilla y la otra por raqueta (propagación asexual). Al llegar a la madurez se desarrolla en proporción de 5 a 2. Asimismo Palomo 1982 (citado por Borrego 1986), determinó que el promedio de semillas por fruto es variable y va de 77.1 en *Opuntia lucens* a 410.1 en *Opuntia engelmani*. Para acelerar el proceso de germinación de las semillas se sugiere llevar a cabo el siguiente tratamiento: Sumergir las semillas en ácido sulfúrico (H_2SO_4) a una temperatura de 25°C y por un tiempo de 60 minutos.

Los pasos para la obtención de plantas a partir de semillas son los siguientes, (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

8.2.1 Germinación de semillas

- *La temperatura óptima para la germinación o brotación es de 22 - 29°C.*
- *El almácigo se hace con una mezcla de arena, tierra de monte y tierra de hoja en proporción de 1:1:1. Esta mezcla se esteriliza con un fungicida e insecticida para el suelo.*
- *La densidad de siembra es de 10,000 semillas por metro cuadrado previamente desinfectado con un fungicida como captan a una dosis 1 kg. de producto por 100 kgs. de semilla.*
- *Después de esparcir la semilla, ésta se presiona levemente con una tabla plana contra el suelo.*
- *Se cubren las semillas con arena de río lavada de 1 mm. de diámetro, formando una fina capa de 1 a 1.5 mm. de espesor.*
- *Se humedece el suelo tratando de mantener constante la humedad durante todo el tiempo que dura la etapa de germinación sin que se inunde.*
- *La germinación se lleva a cabo en un periodo que varía entre 5 y 15 días.*

8.2.2 Establecimiento de plántulas

- Se aplicarán fungicidas cada 15 días (Captán a una dosis de 1 gr. por litro de agua) para evitar la infestación de hongos que ocasionen la pudrición de las plantas.

- Cada 10 días se da un riego con fertilizante bajo la fórmula 10-20-30 con microelementos, a una dosis de 2 gr. por litro de agua.

- Cuando las plántulas crezcan aproximadamente 5 cms. deberán transplantarse a macetas de unos 14 cms. de diámetro, también con humedad constante y con fertilizaciones quincenales al suelo.

- Se deben evitar temperaturas menores a 8°C, en un período de 8 a 14 meses, según las especies se podrán obtener plantas de 20 a 40 cms. de altura y estarán listas para llevarse al campo de cultivo.

9. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Para el establecimiento del cultivo se hace necesario realizar algunas prácticas culturales, que permitirán un mejor crecimiento y desarrollo del mismo, utilizando las técnicas apropiadas, según las condiciones del terreno.

9.1 Preparación del suelo

9.1.1 Época. *La preparación del suelo deberá realizarse en los meses de diciembre a febrero anticipadamente a la plantación, con el objeto de que el suelo se intemperice, se mueran ciertas plagas y enfermedades al exponerlas a las inclemencias del tiempo y en su caso incorporar los residuos de la cosecha anterior para su descomposición y posterior aprovechamiento por parte de las plantas.*

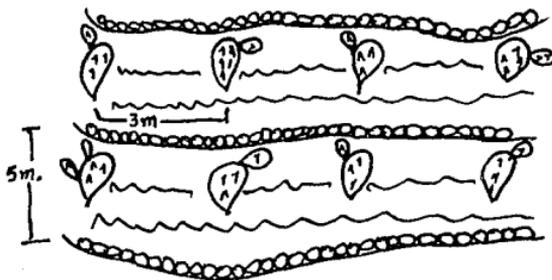
9.1.2 Selección del terreno. *No es indispensable una selección cuidadosa del lugar a trabajar, pero deben desecharse aquellos que tengan mucha humedad o se inunden (Villalobos, 1990), ya que este tipo de terrenos puede provocar enfermedades al cultivo e impedir su crecimiento y desarrollo sano. Asimismo es conveniente elegir un lugar que tenga vías de acceso para vehículos de carga, o en su defecto que se facilite la construcción de los mismos, es importante para agilizar el transporte de insumos y de la cosecha, y de esta manera reducir los costos de producción y los tiempos.*

9.1.3 Trazo de caminos. *El establecer los caminos en la huerta es indispensable para hacer más accesible la entrada y salida de insumos y de cosecha. Para esto se recomienda ubicar los caminos principales y secundarios, y que éstos tengan las dimensiones necesarias, para que puedan circular libremente los vehículos de carga y el personal de campo.*

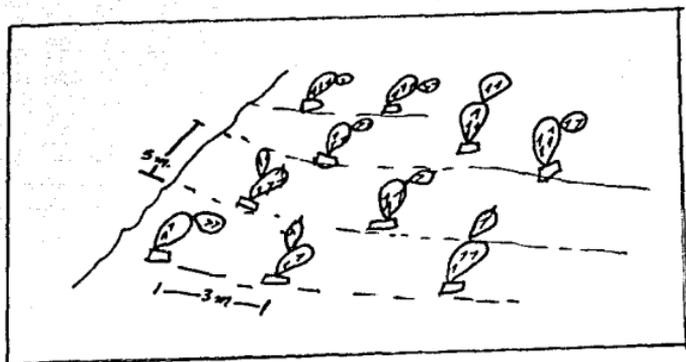
9.1.4 Acondicionamiento del terreno. *Un suelo bien removido favorece el crecimiento y la fructificación de las plantas, mientras que los suelos compactos provocan un crecimiento lento y la fructificación es escasa. Para el acondicionamiento del terreno se tomará como base la pendiente del mismo, ya que no es igual la preparación de un terreno plano que la de un inclinado, para lo cual se pueden definir tres sistemas diferentes, los que a continuación se describen:*

- **Terrenos planos.** *Con pendiente del 0 al 5%, en este sistema debe barbecharse, rastrearse y hacer un rayado a 5 metros de distancia entre raya y raya.*

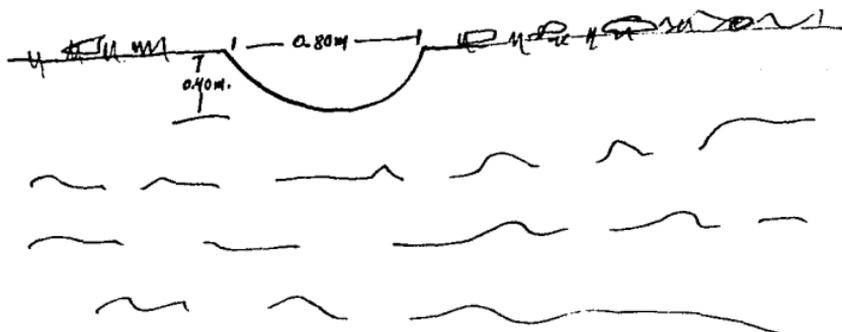
- Terrenos con pendiente ligera del 6 al 15%, en estas condiciones lo más importantes es hacer bordos a nivel o terracedo, si se trata de terrenos abiertos al cultivo, la situación es sencilla, los bordos se hacen con el reversible tractor o una bordeadora. Si se trata de terrenos que no se hayan trabajado y muy duros, sin que sean rocosos y se cuenta con una maquinaria pesada como Caterpillar D-7 ó D-8 primero se hace un desmonte y rippeo a una profundidad mínima de 60 cms.; después de esto se levantan los bordos a nivel con la cuchilla de la máquina, los cuales deben equidistar entre sí a 5 mts. de centro a centro y deben tener una altura de 0.50 mts., una base de 1.20 a 1.50 mts. y una corona de 0.30 mts.



- Terrenos con pendiente fuerte, más del 16%, aquí la maquinaria no puede entrar a trabajar, por ello las hileras se deberán trazar en sentido contrario al escurrimiento de las aguas, pero siguiendo una cota a nivel, para que las líneas queden en un sólo plano con relación a la pendiente, la equidistancia será, entre hileras de 5 mts. y entre plantas de 3 mts. y a tresbolillo.



Ya realizado el trazo en el terreno se procede a abrir las cepas, que pueden ser de diferentes dimensiones, recomendando las de media luna llamadas también microcuencas, que tienen como función principal captar y almacenar la mayor cantidad de agua posible. Las dimensiones son de 0.80 a 1.0 mts. de largo, 0.40 mts. de ancho en su parte central y 0.40 mts. de profundidad. Ver figura.



El suelo procedente de la excavación se coloca en sentido contrario de la pendiente.

9.2 Plantación

9.2.1 Epoca. La mejor época de plantación comprende desde la segunda quincena de marzo y los meses de abril y mayo, es decir la temporada libre de heladas y lluvias, para evitar, en el caso de la temporada de lluvias, pudriciones de las plantas, sobre todo si no existe un buen manejo del material vegetativo, no conviene realizarla en otoño-invierno, la planta sufrirá de un periodo prolongado de sequía, y los nuevos brotes serán afectados por las heladas que se presentan en dicha época.

Algunos otros autores recomiendan realizar la plantación, cuando en la temporada de lluvias se presenta un pequeño periodo de sequía, lo cual promueve un crecimiento de raíces y poca o nula brotación de nopalitos en ese año.

9.2.2 Selección del material vegetativo. Para propagar el nopal, se requiere la obtención de material vegetativo de huertas sanas y cercanas, de preferencia en sitios con condiciones climáticas muy parecidas al lugar donde se va a plantar. Las pencas deberán tener las siguientes características:

- Tener buen vigor, grosor y succulencia
- Libre de plagas y enfermedades
- Que no presente malformaciones (acorazonadas, daños por herramienta de campo o plagas)
- Edad de 6 meses a 1.5 años de edad
- Dimensiones: 40 cms. de longitud y 25 cms. de ancho como mínimo

No es aconsejable utilizar material de tres o más raquetas, porque el desarrollo radicular corresponderá al número de pencas utilizadas, ya que las necesidades de nutrición aumentarán en razón a la cantidad de raquetas no enterradas. La variedad recomendada para estos lugares de Zumpango, México es la tuna blanca de alfajayucan (*Opuntia amyelaea*), y plantando el xoconoztle (*O. xoconoztle*) como alternativa en el perimetro y en algunas hileras intermedias.

9.2.3 Tratamiento del material vegetativo. Para obtener un mayor porcentaje de plantas vivas cuando se realice la plantación y prevenir plagas y enfermedades, es necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

- El corte se sugiere realizarlo exactamente en el punto de unión, tratando de hacerlo del menor diámetro posible, con el objeto de acelerar la cicatrización. Cuando se corten pencas dobles, la penca superior tendrá que estar colocada en la corona de la raqueta inferior y de preferencia con la misma orientación, y de esta manera asegurar mayor estabilidad a la futura planta. Todo esto tendrá que efectuarse como mínimo 20 días antes de la plantación.

- Prevención de enfermedades. Después del corte es conveniente aplicarles un baño de caldo bordelés al 1%, para prevención y/o transporte de microorganismos patógenos, (López y Mejía, 1988).

- Prevención de plagas. Posterior al baño de caldo bordelés a los cinco días aplicarles un baño con solidol a una dosis de 2 ml. por litro de agua, para terminar con las posibles plagas.

- Transporte y almacenamiento. Cuando se van a transportar de un lugar a otro, las plantas, se deben acomodar de canto para disminuir las heridas causadas por las espinas, y evitar golpearlas.

El material vegetativo se deja orear bajo media sombra o sombra completa con buena circulación de aire para la cicatrización de la herida.

- *Distribución en el lugar de plantación.* Se insiste en no golpear las pencas al transportarlas y distribuir las en el terreno, se colocan aquí con dos días de anticipación como máximo, con el objeto de que cicatricen las caras cada día, de tal manera que las raquetas no permanezcan en el lugar de plantación más de tres días sin ser plantadas, pues sufren malformaciones por efectos del sol.

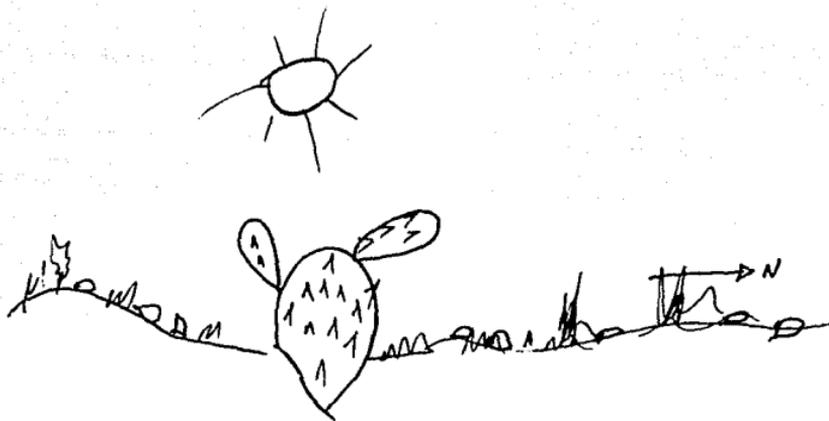
9.2.4 Plantación

- *Distancia,* es de cinco mts. entre hileras y tres metros entre plantas dispuestos en marco real para los terrenos planos y de pendiente ligera, y a tresbolillo para los terrenos con pendiente fuerte.

Con estas distancias se facilita el manejo de la huerta, principalmente las labores culturales, tales como poda, combate de plagas y enfermedades, deshierbes, cosecha, etc., pues queda espacio suficiente para la estructura aérea de la planta, además habrá espacio para la producción de cultivos intercalados durante los primeros años y libre circulación de maquinaria agrícola. Con esta separaciones entre plantas e hileras nos resulta una densidad de plantación de 660 plantas por hectárea. Cabe mencionar que anteriormente se utilizaba una distancia de 4 x 4 mts. teniendo como desventaja, la dificultad del paso de maquinaria y personal de campo.

- *Orientación.* La plantación se hará enterrando la mitad de la penca, (Cruz, 1982), colocándola de norte a sur, de tal manera que las caras queden hacia donde sale el sol, y hacia donde se mete, aunque algunos autores recomiendan hacerlo en forma contraria en lugares en los que las temperaturas son muy altas, ya que la incidencia directa de los rayos del sol le causa quemaduras, esto sucede en lugares como el norte del país, donde se alcanzan temperaturas arriba de los 40°C. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

La mayor captación de luz solar directa por los cladodios orientados norte a sur, respecto a los orientados este a oeste, favorecen una mayor producción de carbohidratos y auxinas, los cuales a su vez promueven que los cladodios orientados de norte a sur produzcan más frutos, más brotes y con mayor cantidad de materia seca y además emite mayor cantidad de raíces, que los orientados este a oeste. (Becerra, mencionado por Borrego 1986).



En las regiones con heladas frecuentes se tomará en cuenta la orientación con que se planten las raquetas, así como vientos los fuertes para disminuir los posibles efectos de estos fenómenos como son quemaduras y derribo de las plantas (Granados, 1991). En estos casos se procurará colocar las plantas de canto orientado hacia los vientos fuertes, es decir de norte a sur (caso Estado de México, incluyendo Zumpango).

Las pencas se pueden plantar abriendo un surco de aproximadamente 20 cms. para depositar allí las pencas y cerrar con otro paso de arado. (Rojas, reportado por Borrego 1986).

9.3 Protección de la plantación

Es recomendable establecer una cortina rompevientos para proteger una plantación agrícola o frutícola como en el caso del nopal, y es tanto más indispensable esta cortina cuanto más riguroso sea el clima de una región, pues se ha comprobado que al frenar el viento se contrarrestan los efectos adversos del clima. La cortina evita que los cultivos sean derribados por el viento o que reciban daños físicos; impiden que el suelo sea arrastrado por la fuerza del viento, contribuyen a reducir la evaporación de la humedad del suelo y la transpiración en

exceso de las plantas, ayudan a regular las temperaturas, nivelando sus oscilaciones extremas, y en el caso de frutales y algunos cultivos agrícolas, evitan el desprendimiento de las flores por la acción del viento. Y por último disminuye el ataque de plagas a los cultivos al haber mayor diversidad de especies en el terreno. Generalmente, las cortinas protectoras funcionan en forma positiva al aproximarse las masas de aire extremadamente frío o extremadamente cálido. Es común encontrar mayores rendimientos en las zonas protegida, sobre todo, en los años de sequía.

Para producir efectos óptimos, de las cortinas rompevientos, debe estar compuesta con especies apropiadas y adaptadas a la zona, los requisitos que debe cumplir son: (Salgado, 1984).

- *Que se puedan adaptar a suelos diferentes*
- *Deben tener un sistema radicular vigoroso y profundo, pues las raíces superficiales y horizontales compiten con los cultivos que se debiera proteger*
- *Deben ser resistentes a plagas y enfermedades, así como al viento, calor y frío extremos*
- *De crecimiento rápido y morfológicamente uniformes*
- *No usar plantas que se reproducen fácilmente por chupones*
- *Las plantas deben ser de hábito subcaducifolio*

La protección en relación a la altura es igual a 12 veces la altura de la barrera, y la distancia entre cortinas depende de la velocidad del viento y de la altura de la cortina. Por ejemplo, si los vientos son mayores de 100 Km. por hora y se trata de proteger huertos frutícolas, la distancia entre las barreras será de 100 metros de distancia.

Una cortina puede constar de una a tres hileras, la distancia entre los árboles será de 2 metros dispuestos a tresbolillo.

10. MANTENIMIENTO O MANEJO DEL CULTIVO

El nopal es una planta rústica que prospera sin necesidad de realizar un gran número de labores culturales, pero si se requiere llegar a tener éxito económico en las plantaciones comerciales, es necesario seguir una secuencia de trabajos que permitan llegar a obtener un mayor rendimiento económico por unidad de superficie. Dentro de las labores adecuadas para un mejor desarrollo y producción del nopai tunero, se tienen las siguientes:

10.1 Replantación. La huerta apenas establecida se revisa un mes después, para localizar las posibles muertas de las plantas y sustituirlas inmediatamente por plantas sanas y fuertes, y de esta manera lograr un crecimiento uniforme de la huerta

10.2 Combate de malezas

10.2.1 Definición de malezas. "Planta que no se desea tener en un lugar y por un tiempo determinado". (Rojas, citado por Arias y Mora 1989).

10.2.2 Daños que ocasiona: (Quezada y Agundis, reportados por Arias y Mora 1989).

- Disminuye los rendimientos de cultivos, ello se debe a su efecto de competencia por espacio, luz, agua y nutrientes
- Aumento de costos de producción, debido a los gastos que implican las escardas, deshierbes y aspersiones
- Hospederas de plagas y enfermedades
- Reducción de la eficiencia humana en sus actividades agrícolas
- Posible envenenamiento de personas y animales por plantas tóxicas

10.2.3 Métodos de combate. Por todo lo anterior, se hace necesario eliminarlas, para lo cual existen diferentes métodos que a continuación se mencionan:

- Deshierbe manual. Este se lleva a cabo principalmente con azadón eliminando las malas hierbas que crecen entre las plantas de nopal, quedando sin malezas abarcando un perímetro de un metro alrededor de la planta.

- Deshierbe mecánico. Este se realiza por medio del tractor agrícola con la rastra para limpiar calles, la cual no debe penetrar a más de 10 cms. de profundidad del suelo, con el objeto de no dañar las raíces del cultivo, (Salgado, 1984). A donde no puede penetrar el tractor es necesario utilizar también el azadón para eliminar uniformemente a la maleza.

Esta labor es de las más costosas en este cultivo y se recomienda realizarlo como mínimo dos veces al año, cuando se presenta la mayor incidencia de malas hierbas y esto corresponde normalmente a la época de lluvias.

Cabe mencionar que el deshierbe mecánico sólo se puede realizar hasta el 4to. año, ya que el crecimiento mismo de la planta, no permite trabajar con maquinaria agrícola

- Control químico. Para abatir costos en esta labor, queda como alternativa el control químico, el cual resultaría más barato y rápido en su accionar. Sin embargo, existen pocos estudios al respecto entre los que destaca el de (Arias y Mora, 1989), que obtuvieron los siguientes resultados:

- El nopal es tolerante a los herbicidas empleados tales, como: Gesatop 50, Gesapax 50, Faena y Gesaprin 50.

- Se utilizan las dosis recomendadas por el fabricante.

- El control químico de la maleza fue más efectivo y económico con el herbicida Gesaprin 50.

- Utilizar herbicidas que contengan como ingrediente activo la "atrazina", variando las dosis para obtener una cantidad óptima de producto por hectárea.

En el caso del deshierbe manual es recomendable colocar la maleza cortada en el mismo lugar donde se realiza con el objeto de que el terreno guarde humedad y disminuir el calentamiento del suelo.

También es importante apuntar que cuando se realiza el deshierbe manual y mecánico se aprovecha para aflojar el suelo con el objeto de asegurar una buena aereación, aprovechar eficientemente el agua de lluvias y promover un mejor desarrollo radicular. Con esto también se logra que el intercambio gaseoso de la planta sea mejor, pues el sistema radicular de la planta de nopal es el principal encargado de realizarlo, en contraparte con la poca capacidad que tiene la parte aérea.

10.3 Abonado y/o fertilización

Para obtener mayores rendimientos por unidad de superficie, es bastante importante suministrar a la planta de nopal los nutrientes que requiere para un mejor desarrollo y producción.

Para esto es necesario realizar un análisis de suelo para abonar y fertilizarlo en una dosis correcta o aproximada o corregir hasta donde sea posible pH ácido o excesivamente alcalino.

Los nutrientes más importantes para el nopal según (PROMAN, reportado por Villalobos 1990), son el nitrógeno, fósforo y potasio, sus funciones de cada uno y los síntomas de deficiencias se muestran en el cuadro 17.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Cuadro No. 17.

NUTRIENTES	FUNCIONES	DEFICIENCIAS
NITROGENO (N)	<ul style="list-style-type: none"> - Acelera el crecimiento - Aumenta la producción de brotes - Da un color verde intenso al nopal 	<ul style="list-style-type: none"> - Color verde amarillento en las raquetas - Raquetas delgadas
FOSFORO (P)	<ul style="list-style-type: none"> - Estimula la formación de raíces y su crecimiento - Acelera la maduración de los frutos 	<ul style="list-style-type: none"> - Clorosis pencas de color verde azulado con matices púrpuras, la parte inferior de un color bronce claro - Madurez y desarrollo de frutos lentos
POTASIO (K)	<ul style="list-style-type: none"> - Da vigor y resistencia contra enfermedades - Mejora la calidad de los frutos - Disminuye la pérdida de agua en forma de vapor 	<ul style="list-style-type: none"> - Clorosis, las pencas muestran sus bordos pardos chamuscados y algunas manchas

10.3.1 Aplicación de abono orgánico

- *Importancia.* Respecto a la aplicación de abonos orgánicos a las nopaleras, las plantas reaccionan favorablemente, ya que además de proporcionarle materia orgánica a las plantas, se obtienen las siguientes ventajas. (Ortiz, 1980).

- *Retención de humedad.*
- *Reduce la erosión por lluvia y por el viento.*
- *Disminuye la temperatura del suelo en el verano y lo conserva más caliente durante el invierno.*
- *Mejora la estructura del suelo.*
- *Ayuda a la descomposición de la materia orgánica en sustancias accesibles para las plantas.*
- *Epoca. Una vez que la planta haya enraizado después de dos meses, hay que aplicar el abono, posteriormente cada año se debe agregar dos o tres meses antes de cada temporada de lluvias.*
- *La cantidad de estiércol por aplicar, según su origen es la siguiente:*

ORIGEN (ANIMAL)	CANTIDAD KGS. POR PLANTA	AUMENTO POR CADA AÑO EN KGS.
Bovino	10	0.1
Cerdo	6	0.75
Ovino y caprino	6	0.75
Aves (gallinaza)	3	0.50

Según la edad de la planta aumentar cada año el suministro de estiércol hasta que se estabilice a los cinco años, como se muestra en el cuadro anterior y después cada 2 años.

- **Condiciones del estiércol.** Aplicar bien oreado y semiseco para evitar quemaduras a la planta por efectos de su fermentación y por otro lado evitar al máximo la proliferación de plagas del suelo, como gallinas ciegas o gusanos de alambre.

- **Lugar.** Agregarlo en la zona de goteo, (figura 3) e incorporarlo al suelo aflojándolo y mezclándolo para evitar pérdidas de elementos nutritivos, procurando que no quede en contacto directo con el tallo principal.

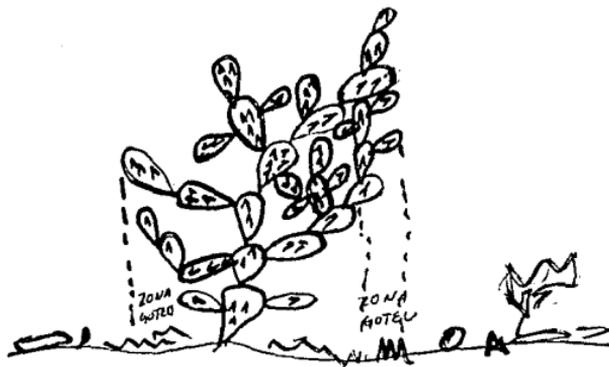


Figura 3, colocación del abono.

10.3.2 Fertilización. Otra forma de suministrar nutrientes a las plantas, es por medio de los fertilizantes químicos los cuales actúan con mayor rapidez y son más fáciles de manejar. Previo análisis del suelo.

- **Epoca.** La época de aplicación de los fertilizantes es en el período de lluvias, pues sólo de esta manera la planta lo puede aprovechar al disolverse el agroquímico con la humedad del suelo, y en el segundo año después de haber sido plantada. Para la producción de tuna se recomienda un fertilizante que contenga los tres elementos esenciales nitrógeno, fósforo y potasio.

- *Lugar de aplicación.* El fertilizante se debe agregar en la zona de goteo de la planta e incorporarlo al suelo, cuidando que no quede en contacto con la planta.

- *Cantidad.* A continuación se sugieren las dosis recomendadas, según la edad de la planta, del fertilizante triple 17.

Edad años	*Cantidad sin abonar en gramos por planta	Cantidad con abonado en gramos por planta
2	300	50
3	400	100
4	550	150
5 en adelante	750	200

* Es decir sin aplicación de estiércol

Cabe hacer notar que recientemente se han realizado algunos trabajos de investigación que dan ciertos parámetros, tales como el de Ramírez y Villalobos, 1990, quienes reportan que el nopal de verdura *Opuntia ficus indica* registró mayor grado de respuesta a los elementos de nitrógeno y potasio y menor al fósforo, los cuales se aplicaron como fertilizantes al suelo, además que del abonado con estiércol se obtiene una mayor respuesta que con los fertilizantes químicos.

López y Mejía, 1988, obtuvieron respuesta al abonado con estiércol en nopal de cardona con respecto al testigo sin abonar. Asimismo Vázquez, 1989 llega a la conclusión de que con el nopal de verdura *Opuntia ficus-indica*, el incremento en la producción se debe principalmente a la aplicación de materia orgánica y en menor grado a la fertilización química.

10.4 Poda

En fruticultura es común realizar esta actividad en los árboles en producción.

La poda consiste en eliminar mediante corte las pencas o raquetas que obstruyan el buen desarrollo de la planta en lo que se refiere a su productividad y calidad del producto los beneficios que es posible obtener con el manejo de la poda, son los siguientes:

- Regulación de la producción*
- Reducción de la alternancia*
- Recuperación de plantas improductivas*
- Mejorar la captación de luminosidad*
- Facilidad de la cosecha y el manejo en general*
- Aumentar la emisión de brotes*
- Disminución de ataques de plagas y enfermedades*

La época propicia para realizar esta práctica, es poco antes de que inicie la brotación, en diciembre, enero y febrero; sin embargo para aquellas condiciones ambientales con inviernos húmedos y sin presencia de heladas, es posible podar después de la cosecha (septiembre-octubre), la poda propicia la brotación de las plantas, es por eso que se debe evitar la brotación en la época de heladas. El corte se efectuará exactamente en el punto de unión y de esta manera permitir la cicatrización rápida de las pencas.

Para efectuar la poda se puede usar una pequeña cuchilla, ancha y poco curvada sostenida por un mango largo de madera de aproximadamente 1.30 metros o también un manchete o cuchillo bien afilado.

Existen diferentes tipos de podas

10.4.1 Poda para la formación. La poda de formación es para eliminar las pencas que se encuentran muy juntas, escogiendo las que por su colocación, vigor, orientación solar (de preferencia norte-sur) y sanidad vayan conformando la estructura de la planta con una altura de 1.80 metros lo cual facilita la cosecha. Para lograr esto se recomienda darle las siguientes formas:

- Orejas de conejo
 - Raqueta coronada
- Figuras 4 y 5.

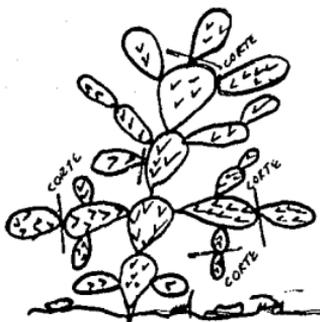


Figura 4. Orejas de Conejo

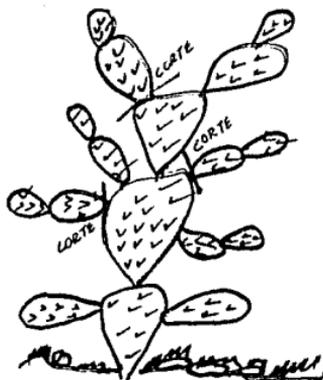


Figura 5. Raqueta coronada

- Poda de producción. Al iniciarse el proceso de producción, deberá cambiarse la poda de formación con la de producción para finalmente solo manejar esta última, para realizarla se debe partir de las siguientes bases:

La producción del fruto se presenta en más del 90% en pencas de un año de edad, por lo tanto para favorecerla se deben eliminar los cladodios que tuvieron producción de tuna en la cosecha pasada y de éstas, sólo se dejan las que por su colocación interesen obtener nuevos brotes para el siguiente año. Tampoco es recomendable dejar todas las pencas de un año de edad, ya que la planta tendría una sobreproducción y consecuentemente bajaría la calidad de la fruta; por esta razón se deben dejar pencas de acuerdo al vigor de la planta, buscando que queden orientadas de norte a sur, para aprovechar la energía solar durante la mañana y por la tarde. Las pencas de un año que se recomienda eliminar son las que tienen malformaciones. Ver figura 6.

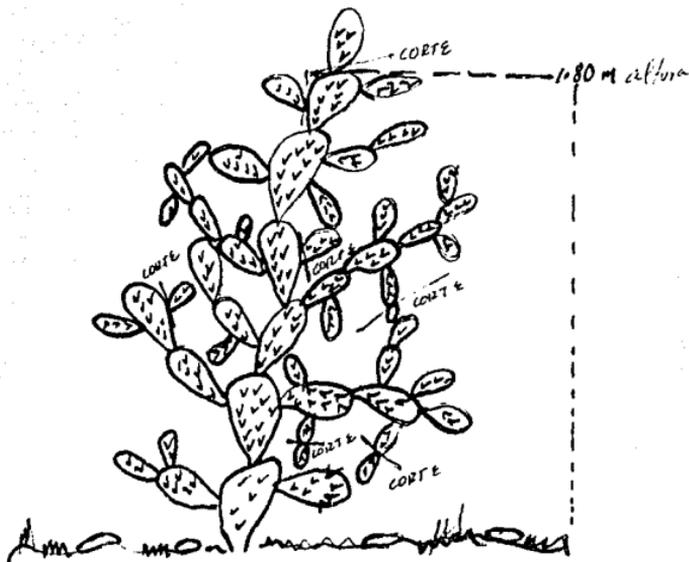


Figura 6. Poda de producción.

10.4.3 Poda de sanidad. Cuando se presenten brotes de enfermedad tales como antracnosis o la mancha del oro sobre las pencas y éstas no se puedan recuperarse es necesario eliminarlas, podándolas y destruyéndolas (enterrándolas o quemándolas).

De la misma manera cuando se encuentren pencas de nopal bastante dañadas por plagas como el picudo barrenador o gusano cebra se podarán y destruirán.

Manejo del material de poda. Cuando todo o parte del material que se obtuvo de la poda se va a utilizar para nuevas plantaciones y si las cantidades son considerables se sugiere estibarlos de canto y colocarlo a media sombra, o bien construir unas estructuras de madera con tela de alambre para gallinero de 1 a 1.5 pulgadas, lo que facilita su manejo y almacenamiento en grandes cantidades.

Cuando el material podado no se vaya a utilizar para nuevas plantaciones o bien no reúna las características deseadas para tal fin, se aconseja utilizarlo para la obtención de abono orgánico; basta hacer un hoyo con dimensiones que dependan de la cantidad de material que se tenga y echarlo en él, para esto hay que hacer pedazos las pencas y cubrir las con estiércol o tierra los que queden en la parte superior para evitar que queden expuestos al sol y broten. Cabe señalar que el material podado también se puede emplear como forraje chamuscándole las espigas. Ha dado buen resultado como fuente de agua en los lugares donde escasea, para ovinos y bovinos principalmente. (Flores, 1990).

Traslado de material. Es importante prever el mal manejo que pueda tener la planta durante su traslado, pues de ello depende el éxito o fracaso del establecimiento del plantío, sobre todo en aquellas variedades de pencas espinosas. Para evitar este problema se puede usar las estructuras de madera y tela antes citados para almacenamiento, o bien utilizar paja durante su traslado de tal manera que las pencas se lastimen lo menos posible.

Otros estudios. Existen diversos estudios para aumentar la producción o producir frutos de calidad con menor contenido de semillas o sin ellas, ya que la presencia de éstas en los frutos representa una característica indeseable para los consumidores de otros países y del nuestro. Todo esto se puede propiciar partiendo de que el primer estadio en el desarrollo del fruto y de la semilla es una rápida división celular sin mucho alargamiento. El factor principal parece ser un regulador de crecimiento denominado citocinina que puede ser producido por el endospermo triploide que en este estadio se encuentra en crecimiento. Después de la división celular viene una fase de crecimiento principalmente por alargamiento celular, que por evidencias experimentales es causada por otro tipo de reguladores de crecimiento como son las auxinas y giberelinas o la mezcla de las dos hormonas. (Bidwell, reportado por Ortiz 1988).

Si se quitan las semillas de un fruto en desarrollo, éste se detiene, pero puede reiniciarse, si se efectúan aplicaciones de dichas hormonas. En trabajos realizados por (Ortiz 1988 y Aguilár 1987) se llega a las siguientes conclusiones:

- El ácido giberelico es una hormona que aumenta el peso del fruto de tuna, porque este tratamiento superó al testigo en un 35% así como el crecimiento longitudinal en los frutos, ya que promovió que éstos crecieran en promedio 2.5 cms. más en comparación con el testigo, y formulan el desarrollo del fruto sin semilla.

- Dosis mayores de auxinas y ácido giberelico aplicadas sobre flores intactas, incrementan el tamaño y peso de las semillas, el peso del fruto, el contenido de pulpa y reduce el contenido de grados Brix.

- La mezcla del regulador de crecimiento con la urea facilita su penetración en la planta.

11. PLAGAS DEL NOPAL Y SU CONTROL

Todas las plantas cultivadas enfrentan problemas de tipo fitosanitario causados por diferentes organismos: insectos, ácaros, nemátodos, roedores, hongos, bacterias, aves, virus, etc. El cultivo del nopal también es susceptible al ataque de diversos fitoparásitos.

Los insecticidas son la primera línea de defensa en el control de plagas de insectos, pero se debe considerar que no están exentos de limitaciones, tales como la contaminación y en la resistencia de los insectos a los pesticidas.

La contaminación de los alimentos, así como el daño ecológico a las zonas de cultivo es un problema grave ya que generalmente los insecticidas atacan no solamente a los insectos dañinos, sino también a los insectos benéficos, lo cual causa una ruptura en la cadena de alimentación y con esto se consigue hacer más susceptible al cultivo sin la competencia de enemigos naturales.

*El término "resistencia" se aplica a especies de insectos que anteriormente fueron susceptibles, cuyas poblaciones ya no se pueden controlar mediante un insecticida dado a la dosis que por lo general se recomienda. En Estados Unidos de América, el primer ejemplo de resistencia se notó en 1908, cuando la escama de San José (*Aspidiotus perniciosus*) resistió los roctos de cal-azufre en el Estado de Washington.*

A continuación se enumeran y describen sus principales plagas y métodos de control.

*11.1 Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradiatus*, Champs).*

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Descripción morfológica:

- Larva. Tiene la forma característica de las larvas pertenecientes a la familia *Curculionidae*, es decir carece de patas torácicas y abdominales, ligeramente fusiforme y curvada, con setas distribuidas en la superficie del cuerpo, la cabeza de color amarillo y el cuerpo blanco amarillento. El aparato bucal cuenta con mandíbulas quitinizadas y fuertes para destruir los tejidos de la planta, completamente desarrollada mide de 6 a 7 mm. de longitud. (Coronado 1939 y García 1965).

- Pupa. Es de tipo "libre", sus apéndices se encuentran expuestos exteriormente y plegados, se pueden separar con una aguja de disección. Se encuentra provista de poca quitina, es blanca y de consistencia suave. Se pueden observar todos los órganos presentes en el estado adulto, mide 6 mm. de longitud. La pupación se lleva a cabo dentro de pequeñas células en el interior de la herida. (Coronado 1939 y García 1965).

- Adulto. En estado de adulto es un pequeño "picudo" parecido a la mosca casera de forma oblongo-elíptica, aplanado dorsalmente, muy convexo, de tórax amarillento con una mancha oscura en el centro, los lados del cuerpo son blanquecinos, lo mismo que la parte ventral; los élitros son de color oscuro con una franja longitudinal blanco-amarillenta que recorre sus márgenes interiores. Esta franja es atravesada por dos rayas blancas que le dan la apariencia de cruz en el dorso que mide de 4 a 4.5 mm. La coloración del adulto se debe a la presencia de numerosas escamas pequeñas, redondas u ovaladas que cubren el cuerpo, excepto la parte basal y distal del pico, los ojos y una franja longitudinal del vértex.

Biología y hábitos:

Los adultos viven varios meses sobre las pencas, perforando su superficie. Durante los meses de mayo a junio se les observa efectuando la cópula, las hembras depositan huevecillos en la base de las espigas. Los huevecillos eclosionan en junio y julio, durante esta época la población de adultos se mantiene elevada y empieza a disminuir en los meses de agosto y septiembre. Las larvas continúan su ataque hasta noviembre para construir su celdilla cerca de la superficie de la zona afectada y convertirse en pupa; en esta forma se convierten en adulto y salen de la planta.

Daño:

Es muy importante ya que se han encontrado hasta 75 heridas por penca. El nombre de esta plaga deriva precisamente de la parte de la planta en que causó el daño, siendo la base de las espigas el lugar donde se introduce la larva para alimentarse de los tejidos, produciendo una gomosis cereza a manera de cintas blancas, que con el paso del tiempo se torna a café amarillento y finalmente negro, cayendo posteriormente. La zona afectada toma una coloración café claro y se endurece formando una costra. Estas larvas no hacen galerías, sólo afectan el tejido basal de las espigas formando una celdilla de 0.5 a 1 cm. de diámetro por 4 a 8 mm. de profundidad aproximadamente. Los adultos se alimentan de pencas tiernas haciendo pequeñas perforaciones de 1 a 1.5 mm. de diámetro por 1.5 mm. de profundidad, que se pueden encontrar sobre toda la superficie. (Coronado 1939 y Granados 1991).

El ataque muy severo de este insecto afecta el desarrollo de frutos y brotes vegetativos.

Control:

- **Químico.** Se recomienda la aplicación de paratión metílico, cuadro 18, durante los meses de abril a mayo, para el combate de adultos.
- **Mecánico.** Las pencas infestadas deben ser eliminadas en forma mecánica para así destruir las larvas y pupas.

11.2 Picudo barrenador (*Cactophagus spinolae*)

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Descripción morfológica:

- **Huevecillo.** Es de color marfil, brillante, sin escultura superficial.
- **Larva.** Es un gusano de color blanco, de cuerpo blando, ligeramente fusiforme, mide 2.5 a 3.1 cm. de longitud y 9 mm. en la parte más ancha del cuerpo; es muy característica la

dilatación del quinto y sexto segmento abdominal. La cabeza tiene color rojo oscuro, casi negro en el aparato bucal, especialmente en las mandíbulas que son quitinizadas, fuertes y aptas para destrozarse los tejidos vegetales. Estas larvas carecen de patas torácicas y abdominales; en el lugar de las primeras existen 6 pares de tubérculos con setas visibles, es decir, hay un par de tubérculos por cada pata torácica. (Coronado 1939 y García 1965).

- Pupa. La pupación tiene lugar en capullos o cocones de color café y forma elíptica, de 3.5 a 4 cm. de longitud por 1.5 a 2 cm. de ancho. La pupa o crisálida es "libre", con todas las características del adulto; la única diferencia consiste en que los órganos de ésta, se encuentran plegados y provistos de muy poca quitina, lo cual le da consistencia blanda y color blanco, que se torna a color oscuro a medida que se aproxima la transformación en adulto.

- Adulto. Es un insecto conocido como "picudo" o "gorgojo", de color negro, con dos manchas rojas o anaranjadas en la parte anterior del tórax, miden de 23 a 26 mm. de longitud. Los élitros tienen dos franjas rojas o anaranjadas en posición transversal cada uno. Las hembras poseen el pico muy desarrollado, el tórax mide 6.5 mm. en su parte más ancha, los élitros tienen 1.1 cm. de longitud por 6 mm. de ancho, las patas no son muy robustas y las antenas son acodadas con 6 mm. de longitud. El dimorfismo sexual está acentuado, puesto que el macho es más robusto y posee patas más largas y fuertes. Su pico es notablemente más grande y grueso, siendo ésta la parte del cuerpo donde la diferencia es más acentuada.

Biología y hábitos:

La emergencia de los adultos inicia después de terminar el invierno. En el Distrito Federal la mayor población se encuentra en los meses de abril a junio; en el Estado de México de agosto a septiembre; en Jalisco, Guanajuato, Durango, Michoacán, Morelos, Veracruz, Chihuahua, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Tamaulipas la emergencia ocurre de mayo a septiembre; en Tlaxcala y Puebla los adultos abundan en los meses de mayo a agosto. La cópula empieza un día después de la emergencia y continúa a intervalos durante 3 meses y medio, pudiendo un sólo macho copular con varias hembras o efectuar varias veces la cópula con una sola.

Las hembras fecundadas ovipositan sobre las pencas de nopal, haciendo un agujero con su aparato bucal y depositando después los huevecillos. Posteriormente nacen pequeñas larvitas que empiezan a alimentarse de las partes carnosas de las pencas, haciendo galerías en distintas direcciones. Dichas galerías penetran profundamente o bien son superficiales. Cuando las larvas han terminado su desarrollo fabrican un cocón usando una celda interior en la que quedan encerradas. Estos cocones generalmente son hechos en la superficie de la galería, casi en contacto con la epidermis de la penca. El adulto emerge y se alimenta del borde de las pencas tiernas durante las horas calientes del día; durante la noche y horas frías de la mañana permanecen en las partes más protegidas de la planta. (Coronado 1939 y García 1965).

Daño:

El daño significativo lo causa la larva al alimentarse y penetrar en los tejidos internos de la planta, devorando los tejidos internos de las pencas más adultas y leñosas, y construyendo una serie de galerías que quedan selladas con la secreción gomosa de color amarillento o café amarillento que con el paso del tiempo va adquiriendo una coloración negra por la cual se identifica la presencia de esta plaga. A medida que las galerías se extienden por el tronco de la planta, ésta va perdiendo resistencia y capacidad de producción, hasta que finalmente cae.

Los adultos causan un daño menor, pues únicamente se alimentan del borde de las pencas tiernas.

Control:

- Mecánico. En estado adulto, dados sus hábitos, es capturarlos y destruirlos de manera mecánica, ya que son poco activos y caminan sobre las pencas, las larvas pueden extraerse de sus galerías como un cuchillo y las pupas son fáciles de localizar en el borde de las galerías, o en la base de las plantas.

- Químico. El control de los adultos puede realizarse mediante la aplicación de los productos indicados en el cuadro 18, durante los meses de mayo a junio.

11.3 Gusano blanco del nopal (*Lanifera cyclades*)

Orden: *Lepidóptera*

Familia: *Pyralidae*

Descripción morfológica:

- Huevecillos. Tiene forma oval y aplanada, su tamaño varía pero generalmente mide 2 mm. de diámetro y más 1.5 mm. de diámetro transversal. Su color es verde gris y generalmente se encuentran en grupos de 30 a 50 huevecillos, protegidos por una tela que secreta la hembra.

- Larva. Es de tipo enciforme, de color blanco, ligeramente rosado en los primeros estadios, con 6 patas torácicas, 4 pares de falsas patas abdominales y 1 par anal que caracterizan a las larvas de ciertas familias de lepidópteros. Presenta un par de espiráculos en el protórax y uno de cada segmento abdominal del primero al octavo. la cabeza es de color oscuro, completamente desarrollado mide de 4.5 a 5.5 cm. de longitud y de 5 a 6 mm. de ancho en su parte media. (Coronado, 1939).

- Pupa. Mide aproximadamente 2 cm. de longitud por 5 a 6 mm. de ancho, su color es café o rojo oscuro y está envuelta en un capullo de seda blanca. Es de forma ligeramente cilíndrica en la parte formada por la cabeza, tórax, primero, segundo y tercer segmento abdominal, y de forma cónica a partir del cuarto segmento, angostándose más en la región anal.

- Adulto. Es una mariposa con las alas superiores de color amarillo y las inferiores de color blanco con el ángulo apical café y rayas transversales oscuras. El cuerpo mide 2 cm. de longitud y tiene 4 cm. de extensión alar, el tórax mide 6 mm. con la parte dorsal oscura y la ventral de color blanco. Las antenas son filiformes de más de 1 cm. de longitud, y se encuentra durante los meses de julio a octubre.

Biología y hábitos:

Los huevecillos son puestos sobre las pencas y tienen un periodo de incubación de 10 a 20 días. Las larvas recién nacidas se alimentan de la parte exterior de la planta, formando una especie de telaraña en la que se pueden observar los excrementos. En pocos días alcanza la parte carnosa, siendo ésta su alimento predilecto. El ataque comienza en las partes más tiernas y continúa hacia las más viejas, perforando las pencas en su interior, son de hábitos gregarios y todas comen en una misma dirección haciendo una galería común; las galerías se encuentran limpias porque a través de agujeros que hacen sacan su extremidad anal y arrojan el excremento hacia el exterior formando montones de tamaño regular en el suelo, abajo de las pencas afectadas. Generalmente estas acumulaciones de excremento, por su forma son conocidas como "montoncitos de arroz" y son la evidencia de la presencia de esta plaga. Cuando las larvas llegan a su completa madurez, tejen un capullo de seda blanca en la cual pupan, esto sucede durante los meses de marzo a agosto. El adulto emerge dentro de las galerías y allí permanece un día para después abandonar la planta.

Daño:

Son de gran importancia ya que las larvas pueden llegar a construir galerías amplias en la mayoría de las pencas basales e incluso llegando al eje principal, debilitándola en su base y en algunos brazos que se caen con facilidad. Se han llegado a encontrar hasta 120 larvas por planta. Se observa un fuerte decaimiento en la producción de las plantas infestadas. (Granados, 1991).

Control:

- Químico. El combate químico de esta plaga se efectúa en su estado adulto con la aplicación de los insecticidas indicados en el cuadro 18.
- Mecánico. Debido a sus hábitos sociales se localizan las colonias de larvas jóvenes sobre las pencas, bajo una malla de seda, las cuales deben destruirse de la misma manera se puede hacer con los huevecillos y con las mariposas. Las larvas o gusanos son utilizados en algunos lugares del estado de Hidalgo y México, para el consumo humano.

11.4 Gusano cebra (*Olycella nephelepsa*)

Orden: *Lepidoptera*

Familia: *Phucitidae*

Descripción morfológica:

- Huevecillo. Es de color blanco azulado, brillante de forma ovoide, mide 1.2 mm. de longitud.

- Larva. En el primer estadio es de color claro uniforme a partir del segundo estadio toma un coloración oscura y al alcanzar su máximo desarrollo cambia a negro brillante con 12 franjas blancas, angostas y bien definidas dorsalmente; en la parte ventral se extiende hacia atrás ocupando la región posterior de cada segmento con excepción del segmento anal que es blanco. La cápsula cefálica es negra brillante, más angosta que el protórax. Es una larva de tipo eruciforme y mide de 4.5 a 6.9 cm. de longitud en su último estadio. (Garcta 1965 y Coronado 1939).

- Pupa. Se encuentra dentro de un cocón de seda, ligeramente cilíndrico de color blanco, que mide de 4.0 a 5.3 cm. de largo, por 2.0 cm. de ancho aproximadamente.

- Adulto. El macho es una mariposa con las alas anteriores de color café grisáceo y las posteriores de color pardo cafésoso, su expansión alar es de 4.2 cm. La hembra tiene las alas posteriores opacas, los palpos labiales más largos, las antenas mucho más largas y una expansión alar de 4.5 a 5.2 cm.

Biología y hábitos:

Los adultos aparecen durante octubre, noviembre y diciembre, vuelan poco, ovipositan y viven 2 ó 3 semanas. Los huevecillos son colocados en grupos de 30 a 50, pegados en las espinas. En la primera mitad del mes de enero se observan grandes grupos de larvitas que

empiezan a alimentarse de las pencas, construyendo una tela muy tenue sobre el área afectada. Después se separan o se destruyen entre sí, quedando una larva por penca, la cual penetra y se alimenta del tejido interno de la penca, donde permanece hasta alcanzar su máximo desarrollo. La pupación se realiza en el suelo, cerca de la planta y 3 ó 4 semanas después emergen los adultos, existen dos generaciones al año ya que en el mes de junio se encuentran colonias de larvas del primer estadio. La primera generación es la más dañina, ya que sus enemigos naturales se encuentran inactivos. (García, 1965).

Daño:

Las larvas del primer estadio se alimentan formando galerías poco profundas cerca de las espinas, destruyendo porciones hasta de 6 cm. de diámetro, dejando solamente la epidermis que al secarse toma un color blanquecino, con orificios por donde expulsan el excremento. Al alcanzar el segundo estadio sólo se establece una larva en el interior de la penca, aunque en algunas ocasiones llegan a encontrarse dos. Al alimentarse destruyen el interior de la penca produciendo un abultamiento en la zona donde se encuentra el insecto. Las plantas dañadas generalmente no producen brotes ni frutos y si llegan a hacerlo éstos son raquíticos y de mala calidad. (Granados, 1991).

Control:

- Mecánico. Los adultos, huevecillos y larvas del primer estadio pueden destruirse mecánicamente, ya que se encuentran fuera de la penca. De la misma manera puede hacerse con las larvas del segundo estadio, pues el ataque es localizado y fácil de detectar (una especie de tumor o abultamiento) se sugiere realizar un corte en la penca afectada, localizar y destruir a la larva, la cual es fácilmente reconocible por sus doce franjas blancas transversales.

- Químico. Esta plaga puede combatirse con la aplicación de los insecticidas indicados en el cuadro 18 en los meses de enero, febrero, mayo y junio.

- **Biológico.** En el Valle de México existen dos enemigos naturales del gusano cebra que parasitan y atacan sus larvas ellos son el ídquinido *Phorocera texana*, que ataca a sus larvas maduras, pero que les permite construir su "cocón" antes de morir. Y una avispa de la familia *Braconidae*, *Apanteles mimoristae*, que generalmente ataca a las larvas jóvenes, encontrándose numerosas pupas cerca del cadáver del gusano cebra. (Borrego, 1986).

11.5 Chinche gris (*Chelinea tabulata*)

Orden: Hemiptera

Familia: Coreidae

Descripción morfológica:

- **Huevecillo.** Es de forma elíptica, de color café oscuro moteado, con exhudación blanquecina y la superficie finamente punteada. Su tamaño es de 1.5 mm. de longitud por 1 mm. de ancho, con el opérculo subdorsal ligeramente elíptico.

- **Ninfa.** Al nacer es de color rojo con el abdomen amarillo pálido; pronto cambia a un color negro excepto el abdomen que es verde amarillento, de forma muy convexa dorsalmente, con callosidad y márgenes claros. Todos los apéndices son negros y están provistos de espinas. Las ninfas a través de su desarrollo, pasan por cinco etapas, cuyas variaciones principales se manifiestan en coloración, forma, tamaño, estadio y en el tamaño de las espinas antenales.

Las ninfas del primer estadio son negras y más robustas, especialmente las patas posteriores. Las del quinto estadio presentan alas reducidas y plegadas sobre los dos primeros segmentos abdominales sus patas son de color café claro y café amarillento, el tórax es más ensanchado y las antenas son de 4 artejos, de sección triangular excepto el último. (García, 1965).

- Adulto. El color de los adultos varía de amarillo a café rojizo, verde olivo, oscuro o casi negro, con partes de la cabeza, protórax, patas y membranas de las alas de coloración café más oscuro o negruzca. Es un insecto robusto de 12 a 15 mm. de longitud, con el dorso aplanado, la cabeza cilíndrica, antenas de 4 segmentos pedicelados y ojos sobresalientes de color rojo o café. (Essig 1986 y García 1965).

Biología y hábitos:

Los adultos copulan durante el mes de marzo y las hembras ovipositan principalmente en la base de las pencas y rara vez sobre las espinas; cada hembra pone un promedio de 20 huevecillos. La oviposición se realiza durante los meses de abril a septiembre. Después de 7 ó 24 días de incubación eclosionan. Las ninfas que empiezan a alimentarse de las pencas tiernas, registran su mayor actividad durante el día, para refugiarse entre la unión de los cladodios y en la base de la planta, cuando empieza a disminuir la temperatura presentan hábitos gregarios, en ocasiones realizan vuelos cortos y esporádicos, existen de 4 a 5 generaciones al año y las más altas poblaciones se observan en los meses de junio a agosto, en invierno los adultos se agrupan y se esconden en lugares protegidos.

Daño:

Los adultos o ninfas se alimentan de los jugos de las pencas ocasionando manchas cloróticas de 8 a 10 mm. de diámetro parecidas a las causadas por granizo; pero se diferencian de éstas porque en el centro tienen un punto verde oscuro causado por el aparato bucal de la chinche. Muestran preferencia por alimentarse de cladodios tiernos, sin embargo pueden hacerlo de pencas de mayor edad y de los frutos. Su acción debilita a las plantas causando amarillamiento general y mala calidad de brotes y frutos cuando el ataque es muy severo. (Guevara 1977 y García 1965).

Control:

- Biológico. Reportan que en una especie del género *Chelinedae* en California se encontraron enemigos naturales como las arañas *Paucetia viridens* y *Lactrodictus mactans* devorando ninfas y adultos respectivamente y *Doencyrtus gohnseni*, en parasitación de huevos. (Borrego, 1986).

- Químico. Se recomienda la aplicación de los insecticidas señalados en el cuadro 18, durante los meses de julio y agosto.

11.6 Chinche roja (*Hesperolabops gelastops*)

Orden: Hemiptera

Familia: Miridae

Descripción morfológica:

- Ninfa. Todo el cuerpo incluyendo la cabeza y las patas son de color rojo, los hemélitros son de coloración gris ligeramente obscuro; gradualmente las extremidades van tornándose negras a medida que avanza la edad. Las patas son delgadas y relativamente largas, adaptadas para correr. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

- Adulto. Su longitud varía de 6.5 a 8 mm, desde la cabeza hasta la punta de las alas. La cabeza es más angosta que el protórax, los ojos prominentes, las antenas delgadas y negras; el rostrum rebasa la base del tercer par de patas. El pronotum es convexo, liso, de forma trapezoidal y de color amarillento-naranja, mide 2 mm. de ancho por 1 mm. de longitud. Los hemélitros son opacos, casi transparentes, color humo. Las alas y venas son opacas, más transparentes que los hemélitros y de igual longitud. Sus patas posteriores son notablemente más largas que las medias y las anteriores, siendo todas de color negro. (Brom 1970 y SARH-INIF-CONAZA 1983).

Inveman en forma de huevecillos entre la cutícula y la pulpa del nopal; los últimos adultos se observan hasta la primera mitad de diciembre. Los huevecillos eclosionan en distintas fechas, pero en general a fines de la primavera y principios del verano; tan pronto como nacen las ninfas empiezan a alimentarse succionando la savia de las pencas, por el lado protegido de los vientos y preferentemente en donde reciben más sol.

Tan pronto empiezan las bajas temperaturas del otoño se reducen las poblaciones y disminuye su potencial reproductivo, muriendo los adultos e hibernando los huevecillos.

Daño:

Las ninfas y adultos succionan la savia de las plantas, produciendo pequeñas píustulas que toman una coloración clorótica, para posteriormente agrandarse y convertirse en una costra levantada de color café claro. Cuando el daño es severo estas costras se unen dándole al cladodio un aspecto áspero, que ocasionan la formación de grietas y propicia el desgajamiento de pencas debido al debilitamiento de las mismas. La pencas muy dañadas no realizan la fotosíntesis y no hay producción de brotes y frutos. (Granados 1991 y García 1965).

Control:

Para el combate de esta plaga se recomienda la aplicación de los insecticidas del cuadro 18.

11.7 Cochinilla o grana (*Dactylopius indicus*)

Orden: Homóptera

Familia: Dactylopiidae

Descripción morfológica:

- Huevecillo. Es oval, pigmentado de color rojo intenso con un corión grueso y transparente.

- Ninfa. Al nacer es pequeña, de forma elíptica y de color rojo.

El primer estadio ninfal es muy similar al de adultos; las ninfas machos después de varias semanas hilan un cocón blanco y en tiempo caluroso emergen los adultos. Las ninfas hembras son semejantes a los adultos, sólo que éstas últimas son sésiles.

- Adulto. La hembra es áptera, de forma oval plano convexa, con surcos transversales que segmentan su cuerpo; la región ventral es plana y carece de patas desarrolladas. Tiene el cuerpo cubierto por una sustancia cerosa y blanca que le da apariencia algodonosa, completamente desarrollada mide de 3.3 a 6 mm. de longitud por 2 - 3 mm. de ancho. El macho es alado, carece de órganos bucales y mide 2 mm. de longitud; la cabeza, tórax y abdomen están bien diferenciados.

Biología y hábitos:

La oviposición inicia 4 semanas después de la fecundación y dura de 10 a 12 días poniendo como término promedio 106 huevecillos cada una. La oviposición es más abundante durante la tarde.

El huevecillo dura 1 hora, y tarda 45 minutos para transformarse a ninfa con las características del adulto. Las ninfas machos y las hembras permanecen agrupadas cerca de su progenitor uno o dos días, después se dispersan en busca de grietas o aréolas para iniciar sus actividades. Los machos jóvenes después de varias semanas hilan pequeños cocones blancos y ovales, que generalmente se encuentran entre grupos de hembras adultas. En 15 días se transforman en adultos. Las ninfas hembras continúan su desarrollo sin cambiar la forma de su cuerpo, las patas pierden su fuerza de locomoción; insertan su proboscis y empiezan a alimentarse sin moverse por el resto de su vida. Las hembras tienden a fijarse en las partes periféricas de las pencas para atacar los brotes y frutos, provocando su caída antes de la maduración. (Borrego, 1986).

Daño:

Las ninfas y adultos hembras succionan la savia de la planta, produciendo áreas cloróticas, ligeramente hundidas en las pencas y frutos. Se han observado casos de ataque severo en donde esta plaga llega a cubrir totalmente las pencas, matándolas en poco tiempo. Estos daños se localizan en la parte basal de las espinas. (SARH-INIF-CONAZA 1983 y Granados 1991).

Las partes afectadas parecen estar cubiertas por masas de algodón que al ser presionadas expelen un líquido de color rojo carmín.

Control:

- **Biológico.** Cabe destacar que existen enemigos naturales de la cochinilla o grana, que son *Chilocorus cacti* que en su estado larvario, se alimenta de las hembras de *Dactylopius indicus*, y *Lactilia coccidivora*. Graethed 1972, reporta también, que en Sudáfrica se encontró al insecto *Criptolaemus onstruozier*, parasitando a *Dactylopius indicus*. Annecke 1969, informa sobre la existencia en Sudáfrica de otro predador de *Dactylopius* spp. *Exochomus flaviventris*. (Borrego, 1986).

- **Mecánico.** Es recomendable la destrucción mecánica del insecto mediante el barrido de las pencas afectadas y la destrucción de las que presenten fuertes infestaciones.

- **Químico.** El combate de esta plaga, se puede hacer mediante la aplicación de los insecticidas señalados en el cuadro 18.

La cochinilla o grana también se considera como insecto benéfico ya que se obtiene un tinte carmín, que es utilizado en la industria del vestido, fabricación de cosméticos, pinturas, coloración de alimentos y medicamentos. Su aprovechamiento se remonta a los periodos toltecas o sea alrededor del Siglo X de nuestra Era y se empleaba para colorear textiles, esculturas, edificios, murales y códices.

En el período 1784 a 1789, Xamiltepec (Mixteca de la Costa de Oaxaca), produjo 15 852 libras de grana. (SARH-INIF-CONAZA, 1983).

Las plantas hospederas para el cultivo de la cochinilla son los géneros *Opuntia* y *Nopalea*.

Cultivo de Grana:

Para el cultivo de la grana se han utilizado nopales de 2 a 3 años, debido a que con plantas de esta edad, ya se contaba con suficiente superficie de cultivo. El material para reproducción (hembras) se localiza en otoño y éste es trasladado al interior de locales a fin de

proporcionar condiciones adecuadas de calor y lograr protegerlas de las bajas temperaturas presentes durante el invierno, para ello es conveniente hacer su colecta, unidas a las pencas que parasitan para lograr mantenerlas durante el tiempo que duran en el almacén.

Llegada la primavera, en el periodo inmediato de oviposición el cual se presenta durante los meses de febrero y marzo, se transportan las hembras próximas a multiplicarse (asemillar) en pequeños nidos de paja o tule amarrados a las pencas y después son colocadas en sus respectivos depósitos (tenates) en los brazos (ramas) de la planta, con el objeto de que cuando emerjan las ninfas se distribuyan adecuadamente. Al nacer los hijos, se aferran con la trompa y se alimentan con el jugo del nopal. Se desprende a las madres ya muertas con pinceles suaves y después se hace lo mismo con los hijos. En el término de 3 meses los insectos de la cochinilla están completamente desarrollados y listos para rendir cosecha. (Borrego, 1986).

Cosecha. Las pencas del nopal son cortadas, los insectos cepillados de ellas hacia el interior de bolsas y muertos por medio de agua caliente, vapor, calor seco o por secamiento al sol. (Borrego, 1986).

11.8 Gallina ciega (*Phyllophaga* spp)

Orden: Coleoptero

Familia: Scarabeidae

Descripción morfológica:

- Larva. Es de tipo escarabiforme, de color blanco con la cabeza café, patas torácicas largas, falsas patas ausentes y cuerpo curvo, aparato bucal masticador de piezas bien desarrolladas. En su último estadio llegan a medir 3 cm. de longitud. (SARH-INIF-CONAZA 1983 y Coronado 1939).

En las patas, tienen dos hileras de pelos en la parte interior del último segmento, que distinguen a las verdaderas gallinas ciegas de las larvas de aspecto semejante.

- *Adulto.* Los adultos se caracterizan por ser de cuerpo robusto, de color café, con las alas anteriores coriáceas y las posteriores apergaminaadas. Miden 4 cm. de longitud aproximadamente.

Biología y hábitos:

Pasa el invierno en el suelo tanto en estado adulto como de larva, en la primavera los adultos se vuelven activos volando durante la noche y alimentándose del follaje de los árboles de algunas plantas, se aparea y al amanecer bajan al suelo en donde las hembras ovipositan. Los huevecillos se incuban debajo de la superficie del suelo durante 2 ó 3 semanas; las larvas eclosionan y empiezan a alimentarse de las raíces y partes subterráneas de la planta, hasta el principio del otoño. La dispersión de esta plaga se realiza por medio del abono orgánico contaminado.

Daño:

Las larvas causan el daño al alimentarse del sistema radicular de la planta, provocando la deshidratación y marchitez del nopal. Cuando el ataque es severo llegan a causar la muerte de la planta. Incluso se ha detectado ataque a la parte subterránea de la penca, debido a la suculencia que presenta este daño permite la entrada de patógenos que ocasionan pudrición provocando la caída de la planta. (Granados, 1991).

Combate:

- *Químico.* Pueden aplicarse insecticidas referidos en el cuadro 18.
- *Cultural.* Esta plaga también se puede combatir realizando un barbecho profundo, con lo cual las gallinas ciegas se exponen a la intemperie, y con esto se logra que los ataques sus enemigos naturales (aves dañadas) y por los efectos de la luz y la temperatura, obteniendo con esto un control efectivo en contra de esta plaga.

11.9 Gusano de alambre (Melanotus spp)

Orden: Coleóptero

Familia: Elateridae

Descripción morfológica:

- Larva. *Son alargadas y estrechas de forma cilíndrica de 3 a 4 cms. de longitud. La piel está fuertemente quitinizada y endurecida, enchufando unos anillos en otros, a modo de tubo de telescopio. Son de color amarillo pardusco y anaranjado brillante. Tienen tres patas torácicas cortas.*

- Adulto. *Son escarabajos de color oscuro, con las alas posteriores coriáceas y las inferiores apergamadas. Son alargadas generalmente, estrechas por detrás, la cabeza se oculta bajo el pronoto hasta los ojos. La antenas tienen once divisiones y durante el reposo se abaten por debajo. La hembra generalmente es más clara y algo mayor que el macho. (Borrego, 1986).*

Biología y hábitos:

Las hembras ovipositan cientos de huevecillos sobre los residuos vegetales y la tierra, el período de incubación es aproximadamente de un mes de donde salen las larvas, que al principio sólo se alimentan de humus. El período de vida larvaria, dura cerca de 3 años.

En la época más calurosa del año la larva profundiza en el suelo, se fabrica una pequeña celda y pupa durante aproximadamente tres semanas. El adulto no sale inmediatamente hasta que se presentan temperaturas suaves. La vida de los adultos es corta, un mes poco más o menos.

En estado adulto no causan daños y su régimen alimenticio, es semicarnívoro, ya que comen lombrices o restos de larvas, la carne cruda los atrae. Los adultos pueden volar, las altas temperaturas y la sequía los afecta demasiado.

Daño:

En estado larvario devoran bajo la tierra las partes más tiernas y suculentas de la planta, e inclusive pueden abrir galerías, ocasionando inclusive la muerte de las plantas. (Borrego, 1986).

Control:

- *Cultural. Realizar un barbecho profundo, ya que la exposición directa a la interperie los daña gravemente.*
- *Químico. Se pueden utilizar los mismos insecticidas con los que se combate la gallina ciega, cuadro 18.*

11.10 Trips del Nopal (*Sericothrips opuntia*)

Orden: Tysanoptera

Familia: Thripidae

Descripción morfológica:

- *Huevecillos.* *Es de tipo reniforme.*
- *Ninfa.* *Generalmente de color blanco o amarillento, con manchas o franjas opacas, no poseen alas en el primero y segundo estadio; en el tercero ya presenta alas y antenas semejantes a los adultos.*
- *Adulto.* *Son insectos pequeños que miden alrededor de 1 mm. de longitud, el color, tamaño y forma del cuerpo son similares en ambos sexos, variando generalmente en tamaño.*

Tienen 3 pares de patas adaptadas para correr, dos pares de alas con fleco y antena de 8 segmentos. (SARH-INIF-CONAZA 1983 y Garcta 1965).

Biología y hábitos:

Inviernan en forma de huevecillos y raras veces como adultos entre las aréolas o en las grietas superficiales de la planta. Al iniciarse los primeros brotes, nacen las ninfas que inmediatamente se alimentan de éstos. Al llegar al último estadio ninfal disminuye su actividad para pasar a un estado de reposo, por un período de seis días hasta convertirse en adulto.

El ciclo se realiza aproximadamente en 4 semanas, generalmente el máximo nivel poblacional se alcanza en la época seca y calurosa. En invierno cesa la reproducción y sólo se encuentran algunos adultos escondidos en las grietas o en la base de las brácteas. La migración se realiza en hileras; razón por la cual forman fajas plateadas sobre las pencas debido a las raspaduras que provocan al alimentarse. (SARH-INIF-CONAZA 1983 y García 1965).

Daño:

En la primavera, cuando inicia la brotación aparecen ninfas y adultos que emigran hacia los brotes tiernos, para alimentarse raspando y succionando la savia que fluye de ellos, por medio de movimientos retráctiles de la hipofaringe. Los órganos de la planta que son atacados se cubren de manchas de color amarillo o gris blanquecino, adquiriendo aspecto jaspeado; más tarde aparece la marchitez o coloración parda, así como la costroso y desecación de la parte afectada. Cuando la población es muy numerosa, causan el marchitamiento de brotes vegetativos y frutas, y pueden ser vectores de enfermedades virales. (Granados 1991 y SARH-INIF-CONAZA 1983).

Control:

Pueden realizarse aplicaciones de los productos señalados en el cuadro 18.

*11.11 Araña roja (*Tetranychus telarius*)*

Orden: Acaros

Descripción morfológica:

- Huevo. Los huevos que deposita la hembra son diminutos, esféricos e incoloros, transparentes al principio, después toman un tinte amarillento al acercarse a la época de avivar (emerger).

- Ninfa. Tienen tres pares de patas de color casi transparente.

- Adulto. Los adultos alcanzan una dimensión máxima inferior a 0.5 mm. y un poco más en las hembras, lo que hace muy difícil percibirlos sin ayuda de una lupa; con grandes aumentos se observa su forma en masa, con la cabeza y el tórax unidos formando un cefalotórax soldado a la vez al abdomen, sin línea de separación aparente. Su color varía mucho de amarillo verdoso, a rojizo de ahí su nombre común. En este estado posee ocho patas robustas. (CODAGEM, 1981).

Biología y hábitos:

El calor seco favorece su desarrollo, la humedad y el frío lo inhibe.

*El **Tetranychus telarius** inverna en el estado adulto en lugares protegidos del frío, puede ser sobre los árboles o en la corteza de los mismos o en diversas plantas silvestres de donde se traslada a las nupleras.*

Allí mismo oviposita, sosteniéndose los huevecillos en la red de sedas que tejen los adultos, después emergen las ninfas y posteriormente los adultos, alcanzando la madurez sexual, los machos en primer lugar. Todo esto puede suceder en un plazo de 15 días, multiplicándose prodigiosamente al repetirse las generaciones, apareciendo acam por millares, viviendo en colonias numerosas.

Daño:

El daño lo ocasiona chupando la savia de las plantas, y se caracterizan por la formación de manchas con apariencia de quemaduras; si el ataque es leve, pero intenso, la raqueta se torna de color leñoso o café, si no se controla a tiempo, esta plaga puede acabar con la nopalera.

Control:

- **Químico.** Aplicación de azufrados, dos aplicaciones en polvo o aplicación de Akar 338 en dosis de 0.5 a 1.0 kgs. por hectárea cuando comience la primavera.

Ver insecticidas recomendados en el cuadro 18.

11.12 Mosca del nopal (*Dasiops bennetti*)

Orden: *Diptera*

Familia: *Lonchaeidae*

Descripción morfológica:

- **Huevecillo.** Es de forma oval, color blanco y de 1 mm. de longitud por 0.2 mm. de ancho aproximadamente.

- **Larva.** Es blanca de 6.7 mm. de longitud y 1.1 mm. de ancho, vermiforme, alargada, con el extremo anterior en planta y el extremo posterior engrosado. Del cuarto al octavo segmento se observan varias hileras transversales de microespinas, la región cefálica tiene un par de antenas pequeñas, abajo, el órgano sensorial ventral bien definido. En el primer segmento torácico tiene un espiráculo.

- Pupa. Tiene forma oval, mide 4.7 mm. de largo por 1.7 mm. de ancho, de color rojizo, se va oscureciendo conforme se transforma en adulto. La segmentación está bien definida, por una construcción característica bien determinada en el tercio anterior.

- Adulto. La hembra mide 5.8 mm. desde la cabeza hasta el extremo de las alas, mientras que el macho tiene 6 mm. respectivamente, por lo que es más pequeño que la mosca, doméstica. El cuerpo es azul brillante, los ojos rojizos y las patas negras con los tarsos amarillos. El extremo del abdomen es redondo en los machos y termina en una punta aguda en las hembras, que es el extremo del ovíscapto; este mide 2 mm. de longitud, tiene la parte basal dividida en 2 lóbulos redondos y con los bordes de color oscuro, terminado en la reducción brusca y puntiaguda con los bordes lisos y de color negro. (Cornado, 1968).

Biología y hábitos:

Las hembras introducen su ovíscapto en el tejido de la planta, para depositar los huevecillos dentro de la penca, las larvas se alimentan devorando la parte carnosa provocando como daño secundario la pudrición de la zona afectada, completan su desarrollo y pupan dentro de la planta.

Daño:

Las larvas producen tumores ovales en el borde de los cladodios de tal tamaño que sobresalen por ambos lados de 2.5 cm. de alto y 1.7 cm. de ancho; al principio estas formaciones son del mismo color de la planta, después el tejido empieza a decolorarse por uno o ambos lados, hasta que adquiere un tono café oscuro y negro y se hunde la superficie del tejido interno. Los tejidos frescos infestados pierden su humedad natural cuando en ellos se hospedan larvas próximas a transformarse en pupas. (Coronado, 1968).

Control:

- Mecánico. Se recomienda eliminar mecánicamente las plantas infestadas.

La escasa información sobre su biología no hace posible la recomendación de productos químicos para su combate.

11.13 Cerambicido del nopal (Moneilema variolaris)

Orden: Coleóptera

Familia: Cerambycidae

Descripción morfológica:

- Larva. *Es de forma cilíndrica color blanco excepto el aparato bucal que es café rojizo. Los segmentos del cuerpo forman reborde en toda su longitud. Mide 0.5 cm. en su primer estadio hasta 5 cm. de longitud en los últimos estadios.*

- Adulto. *Es robusto, de color negro forma oval y ligeramente encorvado. La hembra es de color brillante y generalmente del mismo tamaño que el macho. Las antenas son largas pero nunca son mayores a la longitud del cuerpo, las patas son fuertes y largas. (Coronado 1939 y García 1965).*

Daño:

Las larvas se alimentan de los tejidos leñosos en las partes más viejas de los ejes principales, llegando más allá del nivel del suelo, la planta presenta decaimiento general. El adulto se alimenta de la parte superficial de los cladodios y de los brotes tiernos. Las mayores poblaciones se observan de mayo a junio, pero su nivel es bajo no presentando grandes riesgos, ya que generalmente ataca nopales silvestres. (Coronado 1939 y García 1965).

Control:

- Químico. *Ver insecticidas recomendados para picudo barrenador, cuadro 18 en los meses de mayo y junio.*

- Mecánico. *Destrucción de larvas y adultos.*

11.14 Minador del nopal

Se cree que existen dos especies

Orden: Lepidóptera

Familia: Gelechiidae

Hasta la fecha se desconoce su ciclo biológico y los aspectos morfológicos de cada uno de sus estados de desarrollo.

Daño:

Causa daño en estado larvario, ya que se alimenta del tejido superficial del nopal, haciendo galerías por debajo de la epidermis. Los daños no son cuantiosos y hasta la fecha no representa pérdidas visibles. (Coronado, 1939).

Control:

- *Mecánico. Es recomendable destruirlos mecánicamente.*

11.15 Escama de los cactus (*Opuntia philococcus*)

Descripción morfológica:

- *Adulto.* *La hembra es de forma ligeramente espaludada de color gris, lisa, con un borde central de 3 mm. de longitud. La escama macho es similar pero más delgada. El cuerpo está visiblemente dividido en dos, por un estrechamiento en la parte media.*

Daño:

Se alimenta de los jugos vegetales; una manifestación severa se caracteriza porque las pencas se encuentran completamente cubiertas por numerosas escamas, semejantes a "pepitas". (Garcta, 1965).

Otras Plagas:

- Escama del nopal:

Es un coquidio 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. es de cuerpo alargado y con la parte superior café. Las épocas de mayor proliferación son de agosto a septiembre. (Lozano, reportado por Borrego 1986).

Se puede controlar en forma mecánica, cuando se concentra en algunas pencas, o mediante la aplicación de Paratión al 2%, espolvoreado en todos los focos de infección debido a que este producto es muy tóxico, el trabajador debe protegerse adecuadamente.

- Caracoles (Helix aspersa):

Son los más perjudiciales en las regiones tuneras del Valle de México, ya que se alimentan de la parte superficial de las pencas, a las que ocasiona raspaduras que da un aspecto roñoso y blanquecino, obstruye la fotosíntesis y por lo mismo se reduce la producción de nuevos brotes en las pencas afectadas, estos caracoles se pueden controlar mediante el uso de cebos tóxicos. (Granados, 1991).

Existen otras plagas que atacan al nopal en forma eventual, como son los pájaros que atacan los brotes tiernos buscando un poco de agua en el estiaje. Asimismo en la época de cosecha también atacan el fruto consumiéndolo.

También algunos roedores como la tuza que daña las ratces o la ardilla que consume los brotes tiernos.

**CUADRO No. 18 PRODUCTOS RECOMENDADOS PARA EL COMBATE DE LAS PRINCIPALES PLAGAS
DEL NOPAL**

P L A G A	PRODUCTO	D O S I S	INTERVALOS DE SEGURIDAD (DIAS)*		PERIODO DE ** PRESENCIA
1. PICUDO BARRENADOR <i>Cactophagus spinolae</i>	AZINFOS METILICO C.E. 25% ENDOSULFAN C.E. 35% MALATION C.E. 84% FOLIDOL C.E. 50%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	7	MAY-SEP	
		1.0-2.0LTS/200LTS DE AGUA	3		
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1		
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	15		
2. PICUDO DE LAS ESPINAS <i>Cylin drocepturus biradiatus</i>	FOLIDOL C.E. 50%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	15	ABR-MAY	
3. GUSANO BLANCO DEL NOPAL <i>Lanifera cyclades</i>	AZINFOS METILICO C.E. 25% MALATION C.E. 84% FOLIDOL C.E. 50% SUPRACID 40%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	7	MAY-JUN	
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1		
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	15		
		500 A 750 ML/200L DE AGUA	20		
4. GUSANO CEBRA <i>Olycella nephelapsa</i>	CARBARIL C.E. 80% ENDRIN C.E. 19.5% MALATION C.E. 84%	200-400 ML/200LTS DE AGUA	7	ENE-MAY	
		250-300 ML/200LTS DE AGUA	45		
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1		
5. COCHINILLA O GRANA <i>Dactylopius indicus</i>	FOLIDOL C.E. 50% MALATION C.E. 84%	1 LT/200 LTS DE AGUA	5	CUANTO ESTE PRESENTE	
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1		
6. CHINCHE GRIS <i>Chelinidea tabulata</i>	FOLIDOL C.E. 50% MALATION C.E. 84%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	15	JUL-AGO	
		1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1		

P L A G A	PRODUCTO	D O S I S	INTERVALOS	PERIODO
			DE SEGURIDAD (DIAS) *	DE ** PRESENCIA
7. CHINCHE ROJA <i>Hesperola</i> -- <i>bops gelas-</i> <i>tops.</i>	MALATION C.E. 84%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	1	JUL-AGO
	FOLIDOL C.E. 50%	1.0-1.5LTS/200LTS DE AGUA	15	
	PARATION ETILICO C.E. 50%	300-500 ML/200LTS DE AGUA	14	
8. GALLINA CIEGA <i>Pylophaga</i> <i>spp</i> Y	CARBOFURAN GRANULADO	20-25 GR/CEPA	-	AL MOMEN- TO DE ABO- NAR O AN- TES DE LA PLANTACION
	DIAZINON GRANULADO	15-20 GR/CEPA	-	
9. GUSANO DE ALAMBRE <i>Melanotus</i> <i>spp</i>	DIAFONATE GRANULADO	30 GR/CEPA	-	
	HEPTACLOROPOLVO	50-60 GR/CEPA	-	
	TRICLORFON POLVO	60-70 GR/CEPA	-	
10. TRIPS DEL NOPAL <i>Sericothrips</i> <i>opuntiae,</i> <i>Hood</i>	PARATION ETILICO E.C. 50%	300-500 ML/200LTS. DE AGUA	14	FEB-JUN
	MALATION C.E. 84% SUPRACID 40 E.	400-600 ML/200LTS. DE AGUA	1	
		300 ML/200LTS. DE AGUA	20	

Fuente: Este cuadro fue elaborado en base a recopilación bibliográfica y experiencia de campo del Departamento de Asistencia Técnica de PROMAN (De la Rosa, 1990).

(*) Plazo que debe medir entre la última aplicación y la cosecha.

(**) Presencia de la plaga, se considera el daño a la planta y la cantidad de individuos plaga por planta, así como el número de plantas atacadas.

12. ENFERMEDADES DEL NOPAL Y SU CONTROL

Las plantas se mantienen sanas cuando llevan a cabo sus funciones fisiológicas hasta donde se les permite su potencial genético, comprendiendo la división y diferenciación celular, la absorción de agua, la fotosíntesis, la reproducción, etc. Los vegetales se encuentran enfermos cuando una o varias de estas funciones son alteradas por patógenos, condiciones del medio o bien por la combinación de ambas. A continuación se hace una descripción de enfermedades del nopal causadas por patógenos y su combate.

12.1 Mancha bacteriana o pudrición suave, causada por *Erwinia carnegivana*

Esta enfermedad infecta a la planta a través de aberturas naturales, heridas u horadaciones de insectos, probablemente también de una planta a otra por contacto directo entre las raíces. (Granados, 1991).

Síntomas. Las plantas atacadas por esta bacteria presentan manchas que inicialmente son de color amarillento, agrandándose y cambiando a color café y tonalidades amarillo-rojizas. Los tejidos internos y las pencas pueden semejar bolsas de agua, para después desplomarse o hundirse por completo.

La bacteria puede permanecer restringida en el área afectada, posterior a la destrucción del cladodio. Comúnmente afecta las pencas basales y con esto destruye plantas completas de 2 ó 3 años de edad al derrunarse por no tener sostén. (Osorio 1989, Granados 1991 y García 1985).

Combate:

- Químico. Se recomienda aplicar Zineb a dosis de 300 a 600 gr. por 100 l. de agua. Captan de 1 a 1.5 kg. en 400-500 l. de agua o Caldo Bordelés al 1% con intervalo de 15 a 20 días entre aplicación y aplicación.

- Mecánico. Las plantas muy dañadas pueden desecharse y destruirse con fuego, cuadro 19.

12.2 Mancha o secamiento de la penca, causada por *Alternaria* sp. (Cisneros, 1991).

Síntomas. En las partes de la planta infectada con el hongo, se observan manchas cloróticas con el centro y márgenes más oscuros, cuando éstas son numerosas se forma una mancha de mayor tamaño y las pencas empiezan a secarse.

Combate. Realizar aplicaciones de Captan a dosis de 1.0 a 1.5 kg. por 400-500 litros de agua, o Caldo Bordelés al 2%, con intervalos de 15 a 20 días entre cada aplicación. Como medida adicional deben destruirse las plantas con daño severo, que ya no puedan recuperarse. Cuadro 19 (García A. M., 1985).

12.3 Antracnosis. La provoca *Colletotrichum* sp.

Síntomas. Las pencas o plantas afectadas presentan manchas de color café con tonalidades rojizas, que generalmente inician en el borde de las pencas y van invadiéndolas hacia la base. En ocasiones estas manchas se presentan en los frutos. (García A. M., 1985).

Combate. Aplicación a intervalos de 15 a 20 días de los fungicidas recomendados para el combate de la mancha o secamiento de la penca y destrucción de las plantas con bastante daño. Cuadro 19.

12.4 Pudrición de la epidermis. Causado por *Phyllosticta* cóncava.

Síntomas. Las lesiones que causa el hongo son circulares, color café claro y se producen hundimientos de los tejidos cubiertos por puntos negros diminutos, los daños pueden aparecer simultáneamente en ambos lados del cladodio, el área afectada puede aumentar o no su diámetro hasta una pulgada, pero la unión de múltiples lesiones en una penca origina manchas café más grandes; posteriormente los tejidos afectados se contraen y se hacen negros. (Granados, 1991).

Combate. Pueden realizarse las mismas actividades señaladas para la mancha o secamiento de la penca. Cuadro 19.

12.5 Negrilla o fumagina. Causado por *Capnodium* sp.

Síntomas. Se presentan manchas semejantes a hollín o tizne; este hongo no causa daño directo, si no que se desarrolla en el excremento que los insectos depositan sobre las pencas cubriendo las áreas verdes e impidiendo la fotosíntesis. (Garcta A. M., 1985).

Combate. Se recomienda aplicar Zineb, Captán o Caldo Bordelés a las dosis e intervalos antes mencionados, para las otras enfermedades. Cuadro 19.

12.6 Oro del Nopal. Causado por *Alternaria* sp. y/o *Phoma* sp.

Síntomas. En la base de las espinas se inicia con una coloración dorada amarillenta, aréolas un poco hundidas que al desarrollarse forman manchas color café claro y avanzan cubriendo la superficie de la penca; cuando el daño es severo se forman costras de color amarillentas, en ocasiones parduscas que impiden la realización de la fotosíntesis. Si se presenta el daño en el fruto, éste no se desarrolla normalmente presentando una apariencia roñosa, que comunmente se le denomina "tuna aperillada". (Osorio 1989 y Garcta 1985).

Combate. Hasta la fecha esta enfermedad ha sido combatida con aplicaciones de caldo bordelés al 1%, a intervalos de 15 a 20 días entre aplicaciones. Cuadro 19.

12.7 Engrosamiento de cladodios. Se cree que el agente causal es un virus o un micoplasma hasta la fecha no identificado.

Síntomas:

a) El síntoma inicial es la emisión de brotes por la parte plana de la penca, siendo éstos más pequeños que lo normal, ocurriendo al siguiente año la reducción del tamaño más marcado.

b) Amarillamiento en los brotes de un año.

c) *En un principio se aprecia mayor producción de frutos, disminuyendo paulatinamente hasta que la planta deje de producir llamándose entonces plantas "macho".*

d) *Una parte de la planta puede presentarse aparentemente sana y la otra enferma.*

e) *Los clodios afectados son de consistencia suave, tienen el ápice atrofiado, observándose un ligero hundimiento en éste por la detención del crecimiento. (Osorio 1989 y García 1967).*

Combate. *Considerando la posible naturaleza del agente causal, lo recomendable es la destrucción con fuego, de todas las plantas infectadas y la esterilización de las herramientas usadas para la poda lo cual se puede hacer con hipoclorito de sodio al 1.5%. Cuadro 19.*

12.8 *Putridión negra. Causante, existe discrepancia en cuanto a la identificación del microorganismo. Machophonima o Fusarium Oxysporum o F. Solani. (Granados 1991 y Borrego 1986).*

Síntomas. *La infección inicialmente se manifiesta con la presencia de una pequeña mancha clorótica en las raquetas afectadas; la epidermis no muestra ningún cambio, pero el tejido interno toma una apariencia de color oscuro, que empieza a los 5 mm. de profundidad y posteriormente penetra más profundamente. En estado avanzado bajo la epidermis ocurre una podredumbre blanda-semiacuosa de color negro azabachado; los tejidos atacados se oscurecen y presentan una consistencia esponjosa donde se observan hilos negros entremezclados con el parénquima.*

Control químico. *Se puede utilizar cualquiera de los fungicidas siguientes: Benlate, Tecto, Captán, Zineb; a una dosis de 300-400 gr. por 100 l. de agua con 3-4 aplicaciones con un periodo de intervalos de 15 a 17 días. Cuadro 19. (Canales, mencionado por Borrego 1986).*

CUADRO NO. 19 ENFERMEDADES, SINTOMAS Y CONTROL DEL NOPAL TUNERO

ENFERMEDAD	CAUSANTE	SINTOMATOLOGIA	CONTROL
Mancha bacteriana	<u>Erwinia carnegleana</u>	Se presentan manchas de color amarillento tornandose despues rojizas, los tejidos internos pueden semejar bolsas de agua que se pueden hundir o desplomarse.	- Aplicación de Zineb de 300 a 600 gr. por 100 litros de agua. - Captan de 1 a 1.5 kg. por 400 litros de agua. - Caldo bordeles al 1%, realizar de 3 a 4 aplicaciones, a intervalos de 15 días.
Mancha o secamiento de la penca	<u>Alternaria sp</u>	Manchas cloróticas con el centro y el margen mas oscuros, en estado mas avanzado las manchas se agrandan y las pencas se secan.	Se combate con los mismos productos señalados arriba.
Antracnosis	<u>Colletotrichum</u>	Las pencas presentan manchas de color café con tonalidades rojizas que generalmente inician en el borde de las pencas y avanzan hacia la base de la misma.	El mismo tratamiento anterior y destrucción de pencas con daño severo.
Fuercion de la epidermis	<u>Phylosticta concava</u>	Se presentan lesiones en las pencas color café claro produciendose hundimientos en la epidermis cubiertos por puntos negros diminutos, los daños pueden aparecer en ambos lados del cladodio.	Pueden realizarse las mismas actividades señaladas arriba para la mancha o secamiento de la penca.
Negrilla o fumagina	<u>Capnodium sp</u>	Se presentan manchas semejantes al hollín o tizne.	Aplicación de Captan de 1 a 1.5 kg. por 400 litros de agua o Caldo bordeles al 1%.
Fuercion negra	<u>Macrophoma sp o Fusarium sp</u>	En principio se observan manchas cloróticas, en estado avanzado bajo el tejido se observa una pudredumbre blanca semiacuosa de color negro azabacado.	Aplicación de Benlate, Tecto 00, o Captan a una dosis de 300 gr. en 100 litros de agua, aplicando de 3 a 4 veces en intervalos de 15 días.
Oro del nopal	<u>Phoma sp</u>	El daño se inicia en la base de las espinas con coloración dorada amarillenta, al desarrollarse forman manchas color café claro que se agrandan y pueden cubrir totalmente la penca, formando costras de color amarillento.	Aplicación del Caldo bordeles al 1%.
Engrosamiento de cladodios	<u>Virus o micoplasma no identificado</u>	1. En un inicio las pencas emiten brotes en la parte plana de la misma. 2. Anafilamiento en los brotes de un año y reducción de tamaño en el siguiente año. 3. Los cladodios afectados son de consistencia suave y presentan el apice alforjado.	Destrucción de todas las plantas afectadas y esterilización de herramientas usadas para la poda.

EL CALDO BORDELES AL 1% SE PREPARA DE LA SIGUIENTE MANERA :
 1 Kg. de Sulfato de Cobre +
 1 Kg. de Cal +
 100 Lts. de Agua.

13. COSECHA, EMPAQUE Y SELECCION

13.1 Cosecha

La época de cosecha depende de las variedades y regiones donde se cultiva, pero en general el período de producción es durante los meses de junio a noviembre. En el Estado de México se realiza de julio a septiembre. La cosecha es anual y la maduración del fruto tarda 6 meses después del amarre.

Para determinar el momento de corte apropiado se puede reconocer por diferentes técnicas:

- *Color. Cuando la tuna está madura cambia de color verde intenso a un color verde amarillento en sus dos terceras partes. (Cruz, 1982).*
- *La desaparición del ombligo floral. Se refiere a el lugar donde una vez estuvo la flor, que en un principio forma un microcráter que al ir madurando el fruto va desapareciendo. (Ortiz, 1988).*
- *Análisis de contenido de sólidos solubles totales, el cual no debe ser menor de 8.5 Brix.*

Una vez maduro el fruto se cosecha en forma manual, utilizando guantes de hule o de cuero y cubetas o cestos para su recolección. En esta operación se toma el fruto por la parte media inferior, se le da un giro mayor a 90° y se inclina para separarlo del nopal, el giro es de importancia, debido a que si no es adecuado se causan heridas en la base de la tuna, lo que facilita la putrefacción de la misma. (Granados, 1991), y ésta a su vez, puede constituir una fuente de infección para otros frutos sanos. Además deberá procurarse que la tuna en ningún momento se pinche con las espinas ni caiga al suelo.

Es recomendable que la tuna no sufra ningún golpe, ni quemadura por exposición al sol y deberá ser empacada el mismo día que fue cortada.

La cosecha se recomienda realizarla por la mañana y evitarla cuando haya vientos fuertes o lluvias, esto debido a que por vientos los ahuates ocasionan daños en los ojos y con la lluvia no permiten la limpieza de tuna.

Una vez cosechado el fruto se procede a deshuar (eliminación de las espinas pequeñas) para lo cual se pueden utilizar dos métodos.

- *Manual. Las tunas se colocan con cuidado (sin golpearlas) sobre el pasto y se procede a barrerlas con escobas de mijo o sorgo hasta que hayan quedado totalmente limpias de ahuates.*
- *Mecánica. Es la utilización de máquinas las cuales funcionan a través de cepillos giratorios de cerdas duras que al ponerse en contacto con las tunas, eliminan los ahuates por frotación constante y a través de la tuna hasta lograr un fruto brillante y limpio.*

Subproductos

Además de la obtención del producto principal después del segundo año pueden cosecharse nopalitos tiernos para venderse como verdura sin que se afecten las plantas. Se calcula que de cada planta de nopal tunero se pueden obtener 3 Kgs. anuales, lo que significa una ganancia extra para el productor, además se pueden obtener pencas macizas para nuevas plantaciones de 400 a 800 por hectárea. O bien ser utilizadas para forraje lo que en peso equivaldría a 1 ó 2 toneladas por hectárea.

13.2 Empaque

Al empacar la tuna, se busca proporcionar al producto las condiciones de seguridad necesaria para que durante el transporte no se vea dañado, así como facilitar la manipulación de la tuna y a la vez darle una presentación atractiva que motive su consumo.

Durante la operación de empacado se deben separar los productos que están dañados, después de haber pasado la etapa de selección.

Normalmente la distribución de la fruta en la caja se realiza usando estructuras geométricas para frutas como las de tuna, manzana, naranja, peras y otras de forma regular.

Al elegir el sistema de empaquetado, hay que tener en cuenta el aspecto de la fruta no sólo inmediatamente después de empacarse, sino también después de ser transportado.

Las diferencias de tamaño a veces impiden la aplicación uniforme de un sistema de empaquetado y esto se elimina con la correcta selección del producto. Así, el objetivo es que el producto tenga una presentación agradable al momento de su venta. Se pueden recomendar tres sistemas diferentes de distribuir la fruta en la caja, a saber:

- *En diagonal*
- *En hileras*
- *En todos los sentidos*

El sistema en diagonales es el más eficaz y apropiado para la tuna, de esta manera, se pueden empaquetar rápida y firmemente, a condición de que el diámetro de la fruta y las dimensiones de la caja guarden relación proporcional.

El sistema de disposición en hileras también mantiene a la fruta en su sitio, sin embargo requiere más tiempo, dado que la operación exige gran cuidado. También en este caso es menester que guarden relación el tamaño de la fruta y las dimensiones del envase. Este sistema es el más usado cuando la tuna se va a exportar ya que el tamaño de las cajas y el contenido de fruta es mucho mayor que el de las cajas para tuna de consumo nacional por lo cual no presenta ningún problema la operación.

Con la disposición en todos los sentidos, la colocación de la fruta en el envase es menos firme y mayores las posibilidades de deterioro. No obstante, hay una ventaja que consiste en que pierden importancia las dimensiones del envase. Este sistema es más satisfactorio cuando se envuelven por separado los frutos.

En resumen a lo anterior se puede decir que independientemente del método de envasado, el producto debe ser acomodado firmemente en los envases de una manera regular y uniforme en cuanto a color, tamaño y calidad, procurando que las cajas estén cuidadosamente bien empaquetadas, y que no se llenen hasta colmar las mismas.

En ocasiones para dar mayor protección y presentación a los productos, se emplea papel. La fruta se puede envolver en papel de china o cualquier otro que se considere conveniente, de esta manera la fruta se conserva en mejores condiciones y son menores las posibilidades de que una fruta podrida pueda contagiar a las demás y le da una mejor presentación.

Se está generalizando el uso de los forros para los envases, sobre todo en los recuperables. Se usa el cartón ondulado para las clases de fruta más dura y el papel permeable parafinado para las frutas blandas. Cuando se emplea papel, hay que tener en cuenta que aumenta el riesgo de calentamiento de la fruta, lo que suele requerir empacado en capas más delgadas o bien el uso de papel perforado o dotado de aberturas que correspondan a las de los costados de las cajas.

Llenas las cajas, se pesan, ajustando y comprobando en cada una de ellas el peso neto mínimo. Verificando el peso, se realiza una inspección final, que consiste en inspeccionar las frutas envasadas con respecto a la calidad y tamaño declarados en la etiqueta, así como la homogeneidad de color del producto.

Las cajas se tapan, se cierran, se marcan y se colocan en el almacén o directamente en los camiones en que se transportarán, separando los lotes, ya sea para el mercado de exportación o consumo nacional.

Envases

La Comisión Nacional de Fruticultura y la Dirección General de Normas dependiente de la de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, recomienda que los envases se elijan en base a la tarima de 1000 por 1200 mm. con el fin de poder manejar las unidades de carga con montacargas, o bien patines mecánicos y a la vez facilitar los procesos de carga y descarga, facilitando su manejo y almacenamiento.

Para la tuna los envases recomendados son el C-350-m, el E-200 mc, E-250-c, D-200-c, D-200-m y E-200-m, recomendándose en forma especial los últimos tres envases, aunque el uso de cualquiera es aceptable. Tabla 2.

TABLA 2 ENVASES RECOMENDABLES PARA LA TUNA

TIPO DE ENVASE	DIMENSIONES EXTERIORES EN CM. LARGO X ANCHO X ALTO	DIMENSIONES INTERIORES EN CM. LARGO X ANCHO X ALTO	PARA MANEJO EN	DE UTILIZACION	CAPACIDAD APROPIADA	KGS. MINIMOS DE PRODUCTO ENVASADO
Cajas de madera dos rejas (E-200-m)	40 x 30 x 20	36 x 20 x 10	Campo, centrales de abasto y centros de acopio.	Múltiple (Reutilización)	19	10
Caja de madera tres rejas "A"	50 x 30 x 20	47.8 x 29.2 x 19.2	Campo, centrales de abasto y centros de acopio.	Múltiple (Reutilización)	26	15
Caja de carton con cuerpo automatico (D-200-C)	50 x 30 x 25	38.4 x 28.4 x 23.4	Centrales de abasto y centros de acopio	Unica (Desechable)	27	15
Caja de carton telescópica "B" (E-200-c)	(40) x 30 x 20	38.4 x 28.4 x 23.4	Centrales de abasto y centros de acopio	Unica (Desechable)	26	12
Caja mixta (E-200-mc)	40 x 30 x 20	36 x 29.2 x 10.7	Centrales de abasto y centros de acopio	Unica (Desechable)	20	10
Caja de carton con cuerpo automatico	42.5 x 29 x 10.5	41.5 x 28.5 x 10	Exportacion centros de acopio mercados	Unica (Desechable)	12	10

La decisión sobre el tipo de envase a usarse debe derivarse de acuerdo a las posibilidades y/o necesidades del productor, sin pasar por alto la disponibilidad de los productos o materias primas en la región, los kilogramos máximos de producto que se desea contenga cada envase; si es conveniente que sea de cartón, madera o mixto, si será manejado en el campo, o bien sólo en centrales de abasto y centro de acopio o si se requiere que sea utilización múltiple o desechable, si el producto es para exportación o consumo nacional, etc.

Envases de madera

Las cajas de madera destinadas a contener fruta deben ser rígidas, de peso ligero y tener aberturas para ventilación destinadas a disminuir el calentamiento, deben ser versátiles en cuanto a facilidad de manipulación y limpieza, no se debe pasar por alto que las cajas sucias, suelen ser viveros de microorganismos que provocan la descomposición del producto en un plazo muy breve.

El aspecto de la caja de madera, es digno de tomarse en cuenta, el carácter "llamativo" o agradable suele repercutir en una mayor aceptación del producto. El costo de la caja es otro aspecto importante, se justifica el uso de envases de buena calidad cuando el precio de venta del producto permita absorber el mismo.

Los envases de madera pueden ser de pino, abeto, chopo, eucalipto, haya, olmo, fresno, roble, aliso y tilo. Su humedad no debe exceder del 18% y a la vez debe tener un acabado tal que no dañe al producto. (Valdez, 1985).

Es importante asegurarse de que las maderas no contenga microorganismos (hongos), que contaminen o aceleren la descomposición de los productos; para lo que se recomienda dar a las tablillas un baño fungicida.

Envases de cartón

Actualmente los envases de cartón se emplean ampliamente para el envasado de diversas clases de fruta pequeña. El uso de envases de cartón tiene ventajas sobre los de madera que explican su popularidad. Las paredes interiores de los cartones son más lisas, de modo que es menor el daño que sufre el contenido y hace menos falta emplear revestimiento interior de papel o envolturas por separado. Tanto el peso como el tamaño de la caja de cartón es menor por volumen de producto, con las economías consiguientes en fletes y gastos de almacenamiento. Se pueden imprimir además diseños llamativos en los costados de la caja de cartón, aumentando así su atractivo.

Se recomienda que el cartón sea simple corrugado flauta "C", con una resistencia a la exportación de 11 a 19 Kg/centímetro cuadrado (de 150 a 272 lb/pulgada cuadrada).

El cartón deberá ser tratado (encolado, emparafinado, etc.) en función a los porcentajes de humedad del producto a contener, así como al del medio ambiente en el que será expuesto, ya que cuando dicho porcentaje es alto, el cartón tiende a humedecerse y a perder resistencia.

No obstante, antes de adoptar una decisión sobre empleo de cartón en lugar de madera, es preciso estudiar detenidamente los costos, que puedan variar enormemente de un tipo de material al otro. Se justifica el uso de envases de cartón cuando la tuna se vaya a exportar.

Como objeción, los envases de cartón no son tan resistentes como los de madera, pero esto no representa obstáculo si el trabajador sólo manipula las cajas con cuidado. Tabla 2.

Recomendaciones para el manejo de los envases

Los pesos de los envases con producto deberán ser hasta de 30 kg. siendo 20 kg. el peso ideal, ya que así se reportarán mejores rendimientos hora/hombre y se logrará disminuir la fatiga e incrementar el ritmo humano de trabajo del levantamiento y transporte de cargas. Se debe evitar el mal trato de los envases para mantener en las mejores condiciones el producto contenido en ellos y reducir así los posibles daños.

13.3 Selección

*La normalización de la tuna, clasificándola en diferentes categorías según su calidad, tamaño y presentación, es de gran importancia para lograr una perfecta comercialización de las mismas. Basándose en lo anterior, la Dirección General de Normas, conjuntamente con la Comisión Nacional de Fruticultura han redactado la **NORMA OFICIAL PARA LA TUNA**.
Tabla 3.*

TABLA 3 ESPECIFICACIONES PARA LOS GRADOS DE CALIDAD

PARAMETRO	CLASIFICACION DE LAS TUNAS		
	MEXICO EXTRA	MEXICO 1	MEXICO 2
ESPECIFICACIONES GENERALES	Las tunas deben estar bien desarrolladas, enteras, sanas frescas, limpias, consistencia firme y - cascara lisa, tener forma, sabor y olor característicos exentas de humedad exterior anormal, libres de pudrición, practicamente libres de defectos de origen mecánico, entomológico, micológico meteorológico y genético-fisiológico exentas de ahuates.		
COLOR	Del verde al amarillo.		
TAMANO	Se determina en base a su diametro ecuatorial.		
MADUREZ	Se determina por el contenido de solidos solubles totales el cual no sera menor del 11%.		
DEFECTOS	Libre de cualquier defecto y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.	Puede presentar como máximo un defecto menor dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.	Puede presentar como máximo un defecto mayor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.
	Las tunas deben ser envasadas siguiendo una rigurosa selección, dejando cada envase perfectamente presentado y su aspecto global -- debera ser atractivo con -- aereación y perfectamente -- etiquetado.	Las tunas envasadas pueden presentar variaciones en cuanto a -- homogeneidad en lo concerniente a color y tamaño, dentro de las tolerancias para esta calidad.	

Fuente: Norma Oficial para la tuna. Direccion General de Normas, 1982.

La norma, clasifica a la tuna de acuerdo a sus especificaciones en tres grados de calidad, en orden descendente son:

- México Extra*
- México Número uno*
- México Número dos*

Los productos "México Extra", son de calidad superior, de forma, apariencia, coloración y gusto correspondientes a la variedad prácticamente exentos de defectos que afectan su apariencia exterior, y de presentación particularmente excelente.

Los productos "México Número 1", son de buena calidad, comercialmente exentos de defectos y de presentación cuidada.

Los productos "México Número 2", son productos que pueden presentar algunos defectos no perjudiciales a la calidad intrínseca del producto y que satisfacen las características generales mínimas descritas más adelante. El producto que no ha sido clasificado de acuerdo con alguno de los grados anteriores, se designa como "no clasificado". El término "no clasificado" no es un grado, sino una designación que denota que ningún grado de calidad se ha dado al lote, es decir, con esta designación pueden encontrarse contenidos especímenes de los tres grados de calidad.

Clasificación de los defectos en las tunas

a) Defectos menores. Se consideran defectos menores las raspaduras ligeras, costras, rozaduras, manchas, quemaduras de sol, granizo y cualquier otro superficial que afecte de 50 a 100 mm. cuadrados de la cáscara.

b) Defectos mayores. Se consideran defectos mayores, las raspaduras, costras, rozaduras, manchas, quemaduras de sol, granizo y cualquier evidencia de plagas y enfermedades, grietas cicatrizadas, magulladuras y otros daños cuando la superficie afectada mayor de 100 a 200 mm. cuadrados y que no sea afectada la pulpa.

c) Defectos críticos. Se consideran defectos críticos, las raspaduras, costras, rozaduras, manchas, quemaduras de sol, granizo, cuando afecten un área mayor de 200 mm. cuadrados además de picaduras, heridas no cicatrizadas, estados avanzados de enfermedades, ataques de plagas o cualquier otro defecto que causa que la tuna sea considerada sin valor comercial. Tabla 4.

TABLA 4. TOLERANCIAS DE DEFECTOS PARA TUNAS

TOLERANCIAS EN		
Tipos de defectos	Puntos de embarques	Punto de arribo
Defectos críticos	4%	5%
Defectos mayores	6%	7%
Defectos menores	10%	12%
Acumulativos	10%	12%
Pudrición	0.5%	1%

Nota: El porcentaje permitido se da por el lote. En tuna el porcentaje que no corresponda a la designación declarada, se evalúa por conteo.

Fuente: Dirección de Normas, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial NOM-FF-30-1982, Productos Alimenticios no Industrializados, para uso Humano. Fruta fresca. Tuna *Opuntia ficus-indica*, en estado fresco (continúa vigente febrero 1993).

TABLA 5. TOLERANCIA DE COLOR Y TAMAÑO PARA TUNAS

C A L I D A D				
Tolerancias	México Extra	México No. 1	México No. 2	
Tamaño	5%	10%	15%	
Color	5%	10%	15%	

Nota: En las tolerancias de tamaño y color, el porcentaje permitido se da para el lote. En tuna el porcentaje que no corresponda a la designación declarada, se evalúa por conteo.

Fuente: Dirección General de Normas, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial NOM-FF-30-1982. Productos Alimenticios no Industrializados para uso humano. Fruta fresca. Tuna Opuntia ficus-indica, en estado fresco. (continua vigente febrero 1993).

En resumen la fruta, debe cumplir con las siguientes disposiciones generales mínimas a la calidad:

- a) Deben ser sanas y resistentes, es decir, exentas de defectos susceptibles de afectar su resistencia natural, tales como magalladuras o grietas no cicatrizadas.*
- b) Deben estar enteros, limpios, prácticamente exentos de materia extrañas, sin gustos u olores extraños sin humedad exterior anormal, teniendo en cuenta la naturaleza del producto.*
- c) Deben presentar un aspecto y un desarrollo normales en relación con la variedad, la temperatura y la zona de producción.*
- d) Deben estar alcanzando un grado de madurez tal, que permita la duración normal del transporte, la llegada del producto en condiciones satisfactorias a los centros de consumo, en participación desde el punto de vista del sabor, según cada variedad.*

14. ALMACENAMIENTO

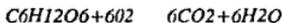
El almacenamiento del producto se realiza con el fin de guardar y conservar sus características organolépticas durante un determinado tiempo.

Respiración del fruto

Todos los frutos efectúan las respiración, incluso aquellos que ya han sido cortados y que se encuentran en locales de almacenamiento. Ello es natural, ya que están constituidos por tejidos vivos.

La respiración, en su intensidad, está íntimamente ligada con las distintas etapas del desarrollo del fruto, siguiendo en todos los casos curvas bastante parecidas en su aspecto general.

La intensidad respiratoria se mide por la cantidad de anhídrido carbónico (CO₂) que desprende una unidad de fruto, por la cantidad que ella consume de oxígeno (O₂), en una atmósfera normal, de acuerdo a la reacción de la respiración aerobia:



Durante el desarrollo del fruto la mayor intensidad respiratoria tiene lugar en las primeras etapas, en las que este fenómeno se realiza a un ritmo muy acelerado, particularmente en las primeras fases de la época de multiplicación celular.

Posteriormente, la intensidad respiratoria va disminuyendo en forma paulatina en la época de elongación, casi al final de la cual, al aparecer las características de maduración, se presenta un alza significativa en esa intensidad.

Esta elevación de la intensidad respiratoria, que coincide con el periodo de maduración, se conoce como punto climaterico o climax respiratorio al principio del cual es cuando se presenta la madurez fisiológica y cuando, en general, se inicia la cosecha.

Después del climaterio, de nuevo la intensidad respiratoria adquiere un ritmo menor, descendente, continuando en esa forma hasta alcanzar un muy breve nuevo aumento o máximo, conocido como crisis climática, a partir de la cual la intensidad de la respiración sigue descendiendo y se inicia la senectud de los frutos, la sobremaduración, la descomposición y la putrefacción.

El esquema de respiración así presentado corresponde, de manera general, a una gran cantidad de frutas, en las cuales al presentarse el climaterio son llamadas climáticas. Las frutas con estas características respiratorias constituyen la casi totalidad de ellas, tales como el mango, el aguacate, el durazno, la manzana, el chabacano, la pera, la guanábana, etc.

Existen sin embargo, otras frutas en las que el ritmo de respiración conserva una escala descendente desde el inicio hasta la senectud, no presentando el climaterio, por lo que son conocidas como frutas no climáticas, pertenecen a este grupo la naranja, el limón, la toronja, frutas cítricas en general, así como la uva.

La tuna sigue un patrón parecido al de los cítricos y por consiguiente deduce que la tuna es una fruta no climaterio. (Moreno, reportado por Borrego 1986).

INTENSIDAD RESPIRATORIA

El mantenimiento del fruto en condiciones apropiadas para su consumo, evitándose o retrasándose su senectud y descomposición, depende de la aptitud respiratoria del mismo, determinada genéticamente por su particular fisiología.

Los frutos que posean una fisiología propia, característica de la especie, y también de la variedad, que fije una intensa respiración, serán menos susceptibles a la conservación en estado fresco, ya que llegarán pronto a las etapas catabólicas. Tal sucede con el chabacano, el durazno, el chicozapote, la guanábana, etc.

Aquellos frutos en los que la intensidad respiratoria sea lenta podrán permanecer durante mayor tiempo sin descomponerse, en condiciones normales. Pueden citarse como ejemplos la naranja y la mayor parte de los cítricos, la manzana, la pera, la uva, el mamey, etc.

BASES GENERALES DE LA CONSERVACION DE FRUTOS

Durante la respiración, que es una reacción química, de oxidación, se gasta azúcar que proviene del interior del fruto, y oxígeno indispensable para la reacción, al colocar los frutos en locales cerrados en los que por procedimientos industriales se logre crear una atmósfera pobre de dicho gas.

En esas circunstancias, de relativa pobreza en oxígeno, la respiración puede hacerse más lenta, conservando los frutos durante más tiempo sus características normales sin alteración. Ello constituye uno de los procedimientos actuales de conservación de frutas en estado fresco, al que se le llama de "atmósferas controladas o modificadas".

La cantidad de oxígeno del ambiente del local cerrado de almacenamiento no puede disminuirse demasiado, ya que si así se hiciera, al no haber suficiente proporción de él, en las frutas se realizaría una respiración anaerobia, tal como sucede en las raíces que permanecen en suelos inundados.

De esta manera, se efectuarían reacciones de fermentación, a partir de los azúcares, con la consiguiente formación de alcohol etílico y pérdida de las propiedades apreciadas de los frutos.

Así siempre se permite que en las bodegas controladas exista un determinado porcentaje de oxígeno en la atmósfera, el cual se considera que en general no debe bajar el 5%, aún cuando ha habido buenos resultados con contenidos hasta del 2% y del 1%.

El contenido de anhídrido carbónico se considera conveniente, en estos procedimientos de conservación, del doble de oxígeno, siendo ocupado el resto por nitrógeno, que es introducido en la bodega como relleno o gas inerte.

Es importante que quede bien claro que no resulta posible generalizar datos para todos los tipos de frutas, y que incluso dentro de una misma especie cada variedad puede tener requerimientos de conservación especiales y respuestas distintas a un mismo tratamiento. Los procedimientos de preservación de frutas en estado fresco, cualquiera que éstos sean, deben ser investigados individualmente, ya sean solos o en combinación, para cada variedad frutal. Tratamientos buenos y de excelentes resultados para algunas frutas pueden no serlo para otras.

De esta manera, en el caso de atmósferas controladas hay grandes variaciones en los contenidos que de O₂ y de CO₂ debe haber en las bodegas de almacenamiento. Así, si en muchas frutas un porcentaje de oxígeno de 5% y de anhídrido carbónico de alrededor de 5% es conveniente, como por ejemplo para manzana, en otras la relación correspondiente entre dichos gases y los porcentajes se hacen muy diferentes. Tal es el caso de la naranja, que admite muy escasa presencia de CO₂ y requiere una ventilación frecuente del ambiente para hacer desalojar al anhídrido carbónico desprendido durante la respiración de las frutas. En muchas frutas cítricas el CO₂ debe encontrarse en concentraciones sumamente bajas, el orden de 1 a 2% mientras que el oxígeno no debe bajar de alrededor del 15%. (Calderón, 1987).

De acuerdo a las características de cada fruta, la disminución notable del contenido de oxígeno de la atmósfera controlada puede llegar a determinar desórdenes fisiológicos muy graves en las mismas. Por ello este procedimiento de conservación no debe ser considerado como caracterizado por una gran disminución del oxígeno presente. Ello puede suceder en algunos casos, pero no en otros, ya que es indispensable que en ambientes de este tipo exista una cierta cantidad de oxígeno en la atmósfera que permita a la fruta llevar a cabo sus reacciones fisiológicas sin interferencias que llegaran a determinar consecuencias colaterales graves.

Es interesante indicar que tampoco puede generalizarse la idea de que las atmósferas controladas tienen como finalidad absoluta la disminución de la intensidad respiratoria de las frutas. Una atmósfera controlada no necesariamente determina en todos los casos disminuciones en la velocidad de respiración. Dependerá ello de la propia atmósfera que se modifique y del tipo especial de fruta que se trate de preservar, ya que las respuestas de cada una de ellas son muy particulares.

REFRIGERACION

El abatimiento de la temperatura como medio de conservación de frutas en estado fresco es un procedimiento usado desde hace mucho tiempo. Se basa en el principio de que cualquier reacción química se acelera al aumentar la temperatura o se hace más lenta al bajarlas.

La refrigeración representa hoy en día un procedimiento totalmente normal en el almacenamiento y conservación de toda clase de alimentos, incluidos en ellos las frutas. Las bajas temperaturas determinan por un lado la lenta respiración de los tejidos vivos, y por otro la difícil multiplicación y ataque de bacterias, hongos y otros microorganismos de putrefacción.

Las temperaturas a las cuales deben ser almacenadas los diversos tipos de frutos son muy variables de acuerdo a las características de ellos, para que no se presenten accidentes debido al efecto de las mismas. Algunos frutos son muy sensibles a éstas, presentando posteriormente defectos y lesiones tales como ennegrecimiento de la pulpa, cambios físicos en la estructura de la misma, necrosis del epicarpio o arrugamiento del mismo, etc.

Estas frutas susceptibles deben ser almacenadas a temperaturas relativamente altas, del orden de 8 u 10 C o más y consecuentemente su duración en refrigeración, en buenas condiciones, es bastante limitada. Las temperaturas óptimas de conservación no sólo varían de acuerdo a las especies, sino también en relación a las variedades, teniendo algunas de ellas, dentro de la misma especie, mejores aptitudes para la refrigeración.

Las tunas de las especies Opuntia ficus-indica y O. amyclaea, se conservan bien en 10 y 8°C respectivamente, con 85 - 90% H. R. durante 15 días. (Chávez y Franco, 1985).

La temperatura más adecuada de refrigeración para prolongar la vida útil del fruto (tuna) es de 10°C y 85 a 90% H. R. (Rodríguez, citado por Borrego 1986).

Existen en cambio frutos que resisten en muy buena forma la presencia de temperaturas muy bajas, el orden de 0 a 4°C, además por largo tiempo, lo que determina una larga conservación. Se lleva la palma en este aspecto la manzana, que en buenas condiciones de humedad y de atmósfera puede ser almacenada, en muchas de sus variedades, a temperaturas de 0°C o menos y conservarse en buen estado durante cerca de un año. Otros frutos resistentes son la pera y la uva. (Calderón, 1987).

Debe indicarse que el mejor procedimiento de conservación en fresco de frutas lo constituye, sin lugar a dudas, la combinación de los dos métodos; atmósferas controladas más refrigeración. La adecuada combinación permite aumentar el tiempo de conservación, disminuyendo, además los riesgos que cada uno de ellos en particular puede tener para un determinado tipo de fruto, cuando se lleva a cabo en su máximo grado.

La combinación de varios métodos de conservación de frutas en estado fresco puede dar lugar a resultados extravagantes, de acuerdo a las variables que en cada caso se utilicen. De una acertada conjunción de situaciones convenientes pueden obtenerse resultados magníficos, que prolonguen durante mucho tiempo la vida de las frutas y permitan una fácil comercialización.

En otras ocasiones el poco acierto en la selección de ambiente determina pobre conservación o no llega a reportar ninguna ventaja sobre procedimientos tradicionales.

CERAS O PELICULAS DE RECUBRIMIENTO

Paredes, (reportado por Calderón 1987), sus cuidadosas y consistentes investigaciones lo llevaron a obtener unas formulaciones, a base de cera de candelilla, apropiadas para recubrir frutas frescas y otros productos derivados de la horticultura, que no sólo compiten con los preservativos que ya eran conocidos, sino que los sobrepasan con una gran ventaja, siendo mucho más baratas y teniendo sobre todo un efecto conservador mucho más largo y eficiente.

El efecto del recubrimiento de ceras sobre las frutas repercute en una prolongada conservación de ellas, manifestada en una notable disminución de pérdida fisiológica de peso y en una preservación al ataque de patógenos, principalmente fungales, que normalmente provocan pudriciones, siempre y cuando previo al encerado se efectúe una desinfección de las mismas.

La cera de candelilla (UNAM-B) posee un gran efecto conservador sobre las frutas, el cual sin embargo, varía con cada tipo de ellas. Las pruebas comparativas que con distintas especies y tipos han sido realizadas entre diversos productos, arroja gran contundencia y proporciona información de gran interés. Actualmente se reportan varias investigaciones tendientes, a encontrar la mejor forma de almacenamiento en la tuna.

*En tunas procedentes de San Martín de las Pirámides, Estado de México, se realizaron diversos tratamientos con agua caliente y fungicidas tales como: Benlate, Captán, Difolotan, Dithane M-45, Dyvene, Gy Cap Extra 86; Gy ZN 80, Kasumin, Maneb, Manzate, Melpex, Parzate, Zineb, Saprol, Sperlox Z y Vanodine, para control de daños específicos por microorganismos patógenos inoculados a las tunas. El mejor tratamiento para el control de daños específicos fue el de agua caliente a 54°C por 5 minutos, más Sperlox Z en una dosis de 255 gr. por 100 lit. de agua además es el que presenta mayor efecto residual pero tiene el inconveniente de no inhibir el microorganismo de *Penicillium* sp. Por lo que se recomienda el uso de mezclas de Sperlox con Melpex y Benlate. (Alvarado y Ramírez, mencionados por Borrego 1986).*

También estos mismos investigadores en 1977 realizaron otro estudio para la conservación con cera de candelilla. Encontraron que los tratamientos más efectivos para la conservación es aquel que se emplea la acción combinada de hidrocalentamiento más fungicida y recubriendo con cera la candelilla formulación 170, sin espinas.

Paredes reportado por Borrego, 1986, reporta el siguiente experimento en la tuna variedad, blanca o de castilla, encerada con una cera de candelilla.

Temperatura: 20°C		
Humedad relativa: 80%		
Días de almacenamiento: 25		
	Testigo	Encerado
% de pérdida fisiológica en peso	8.0	2.5
% de tuna comerciable	30.0	81.0

Conclusión. Las pérdidas se reducen en 56% o sea 560 Kg/Ton. aplicándole el tratamiento de encerado.

15. RENTABILIDAD DEL CULTIVO DEL NOPAL TUNERO (*Opuntia amyclaea*) PARA UNA HECTAREA EN EL MUNICIPIO DE ZUMPANGO, ESTADO DE MEXICO PARA EL MES DE ABRIL DE 1993.

El ejercicio de evaluación financiera que a continuación se presenta, se orienta a un lugar determinado como lo es el Municipio de Zumpango, con las siguientes características:

Suelo con pendiente del 0 al 5%, profundidad mínima de 20 cms. 5 a 10% de pedregosidad, es decir, terrenos que anteriormente se dedicaron al cultivo. Por lo que el establecimiento del proyecto en otros lugares se tendrá que ajustar a variaciones. Para efectos de estimación de costos de insumos y mano de obra se han considerado precios existentes en el mercado.

En relación a los cálculos de ingresos por concepto de venta del producto se ha calculado el precio medio rural.

15.1 Costos de producción

- Establecimiento
- Preparación del suelo N\$ 300

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Barbecho 1	150	150
- Rastra 1	75	75
- Bordeo 1	75	75

- *Plantación N\$ 4,038.50*

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Planta 700 pzas.	3.50	2450
- Flete 1	260	260
- Acarreo y descarga 2 jornales (j)	25	50
- Trazo del huerto 2 jornales	25	50
- Plantación 10 jornales	25	250
Herramienta y equipo:		
- Carretillas 2 pzas.	197	394
- Pala derecha 4 pzas.	29	116
- Barreta 1.70 m. 2 pzas.	89	178
- Zapapico 2 pzas.	28	56
- Machete 4 pzas.	21.10	84.40
- Tambo de 200 l. 1 pza.	150	150

Prevención de plagas y enfermedades N\$ 132.20

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Prevención de plagas Insecticida folífolo 1 l. aplicación 2 j.	26.20 25	26.20 50
- Prevención de enfermedades Caldo bordelés 1 Aplicación 2 j.	5 25	5 50

- Cercado N\$ 4,546.50

CONCEPTO	COSTO UNITARIO 00N\$	IMPORTE N\$
- Alambre de púas calibre 12.5 X 345 kgs., 6 rollos	133.50	801
- Grapas 5 kgs.	4.50	22.50
- Guantes de carnaza (4 pares)	12	48
- Postes de madera 110 pzas.	30	3300
- Apertura de cepas 10 j.	25	250
- Colocación de postes 5 j.	25	125
- Replantación 1 j.	25	25
- Asistencia técnica		452.11
Resumen		
- Jornales 34	25	850
- Insumos y materiales		8 193
- Asistencia técnica		452.11
	TOTAL	9 495.11

- *Mantenimiento*

- 1er. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 8 j.	25	200
- Rastra 1	75	75
- Abono orgánico 1 viaje 7 ton.	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Poda de formación 3 j.	25	75
- Asistencia técnica		37.50
Resumen 1er. año		
- Mano de obra 19 j.	25	475
- Insumos y materiales		275
- Asistencia técnica		37.50

	TOTAL	787.50

- 2o. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 8 j.	25	200
- Rastra 1	75	75
- Insecticida supracid 1 l.	79	79
- Aplicación 3 j.	25	75
- Bomba aspersora 1 pza.	200	200
- Abono orgánico 1 viaje 7 ton.	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Fertilizante triple 17 2 bultos	50	100
- Aplicación 1 j.	25	25
- Carretilla 1	197	197
- Cupravit 1 kg.	16	16
- Aplicación 2 j.	25	50
- Poda de formación 3 j.	25	75
- Asistencia técnica		73.35
Resumen 2o. año		
- Mano de obra 24 j.	25	600
- Insumos y materiales		867
- Asistencia técnica		73.35
	TOTAL	1540.35

- 3er. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 16 j.	25	400
- Rastra 1	75	75
- Insecticida 2 l. supracid	79	158
- Aplicación 3 j.	25	75
- Bomba aspersora 1 pza.	200	200
- Abono orgánico 1 viaje	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Fertilizante triple 17 dos bultos	50	100
- Aplicación 2 j.	25	50
- Poda de formación 8 j.	25	200
- Machete 1 pza.	21.10	21.10
- Caldo bordelés 1	5	5
- Aplicación 3 j.	25	75
- Cosecha, empaque, selección 9 j.	25	225
- Guantes de hule 5 pares	21.50	107.50
- Envase caja de madera 33 pzas.	2.80	92.40
- Mecahilo 2 kgs.	5	10
- Escobas de mijo 5 pzas.	11	55
- Cubeta 5 pzas.	9.50	47.50
- Asistencia técnica		114.83
Resumen 3er. año		
- Mano de obra 49	25	1 225
- Insumos y materiales		1 071.50
- Asistencia técnica		114.83

	TOTAL	2 411.33

• 4o. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 16 j.	25	400
- Azadón 4 pzas.	31	124
- Pala 4 pzas.	29	116
- Rastra 1	75	75
- Insecticida folidol 3 l.	26.20	78.60
- Aplicación 4 j.	25	100
- Caldo bordelés 3	5	15
- Aplicación 4 j.	25	100
- Abono orgánico 1 viaje	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Palas 2 pzas.	29	58
- Fertilizante triple 17 4 bultos	50	200
- Aplicación 3 j.	25	75
- Poda 5 j.	25	125
- Machete 2 pzas.	21.10	42.20
- Cosecha, empaque y selección 45 j.	25	1 125
- Guantes de hule 10 pares	21.5	215
- Cajas 167 pzas.	2.8	467.60
- Cubeta 5 pzas.	9.5	47.50
- Escoba 5 pzas.	11	55
- Mecahilo 2 kgs.	5	10
- Asistencia técnica		191.45
Resumen 4o. año		
- Mano de obra 85 j.	25	2 125
- Insumos y materiales		1 703.90
- Asistencia técnica		191.45

	TOTAL	4 020.35

- 50. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 16 j.	25	400
- Azadón 1 pza.	31	31
- Pala 1 pza.	29	29
- Insecticida folífolo 3 l.	26.20	78.60
- Supracid 1 l.	79	79
- Aplicación 4 j.	25	100
- Caldo bordelés 3	5	15
- Aplicación 4 j.	25	100
- Bomba aspersora 1 pza.	200	200
- Abono orgánico 1 viaje	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Pala 1 pza.	29	29
- Fertilizante T 17 5 bultos	50	250
- Aplicación 3 j.	25	75
- Poda 6 j.	25	150
- Machete 1 pza.	21.10	21.10
- Cosecha, empaque, selección 125 j.	25	3 125
- Cajas 400 pzas.	2.80	1 120
- Guantes de hule 10 pares	21.50	215
- Cubetas 5 pzas.	9.50	47.50
- Mecahilo 3 kgs.	5	15
- Escobas de mijo 5 pzas.	11	55
- Asistencia técnica		341.31
Resumen 50. año		
- Mano de obra 166 j.	25	4 150
- Insumos y materiales		2 496.20
- Asistencia técnica		332.31

	TOTAL	6 978.51

**LAS LABORES DE MANTENIMIENTO SON LAS MISMAS
DEL 60. AÑO EN ADELANTE SOLO CAMBIAN LOS COSTOS DE COSECHA**

CONCEPTO	A Ñ O S							
	7		8		9		10	
	CANTIDAD	MS COSTO						
LABORES DE MANTENIMIENTO		2,149.70		2,149.70		2,149.70		2,149.70
COSECHA EMPAQUE Y SELECCION	200 J	5,000.00						
CAJAS O ENVASE	300 Piezas	840.00	100 Piezas	504.00	100 Piezas	280.00	200 Piezas	560.00
GUANTES DE HULE	10 Pares	215.00						
CUBETA	5 Piezas	47.50						
MECAHILO	7 Kgs.	35.00						
ESCOBAS	5 Piezas	55.00						
ASISTENCIA TECNICA	1	417.11	1	400.31	1	389.11	1	403.11
R E S U M E N								
- MANO DE OBRA	252	6,300.00		6,300.00		6,300.00		6,300.00
- ASISTENCIA TECNICA		417.11		400.31		389.11		403.11
- INSUMOS Y MATERIALES		<u>2,042.20</u>		<u>1,706.20</u>		<u>1,492.20</u>		<u>1,762.20</u>
		8,759.31		8,406.51		8,171.31		8,465.31

- 60. año

CONCEPTO	COSTO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
- Deshierbe 16 j.	25	400
- Azadón 1 pza.	31	31
- Pala 1 pza.	29	29
- Insecticida folidol 3 l.	26.20	78.60
- Insecticida supracid 1 l.	79	79
- Aplicación 4 j.	25	100
- Bomba aspersora 1 pza.	200	200
- Abono orgánico 1 viaje	200	200
- Aplicación 8 j.	25	200
- Pala 1 pza.	29	29
- Fertilizante triple 17 8 bultos	50	400
- Aplicación 4 j.	25	100
- Poda 6 j.	25	150
- Machete 1 pza.	21.10	21.10
- Cosecha, empaque y selección 200 j.	25	5 000
- Cajas 400 pzas.	2.80	1 120
- Guantes de hule 10 pares	21.50	215
- Cubeta 5 pzas.	9.50	47.50
- Mecahilo 7 kgs.	5	35
- Escobas de mijo 5 pzas.	11	55
- Asistencia técnica		431.11
- Cupravit 2 j.	16	32
- Aplicación 4 j.	25	100
Resumen 60. año		
- Mano de obra 252 j.	25	6 300
- Insumos y materiales		2 322.20
- Asistencia técnica		431.11

	TOTAL	9 053.31

15.2 Rendimiento esperado por hectárea e ingresos brutos.

AÑO	RENDIMIENTO KGB	PRECIO VENTA N\$ POR KGB	INGRESOS N\$
3	990	1.20	1 188
4	5 010	1.20	6 012
5	12 000	1.20	14 400
6	15 000	1.20	18 000
7	18 000	1.20	21 600
8	18 000	1.20	21 600
9	18 000	1.20	21 600
10	18 000	1.20	21 600

Estos rendimientos sólo se obtienen con un adecuado manejo y mantenimiento de la huerta, en lo que se refiere a: combate de plagas, enfermedades, control de malezas, poda, abonado,, etc.

Asimismo se estima que la vida productiva de una huerta de nopal tunero es de 20 a 30 años. (SEP, 1980).

15.3 Análisis costo - beneficio por hectárea.

AÑO	INGRESOS	COSTOS DE PRODUCCION	GANANCIAS
10.*	-----	10 282.60	-----
20.	-----	1 540.35	-----
30.	1 188	2 411.33	-----
40.	6 012	4 020.35	1 991.65
50.	14 400	6 978.51	7 421.49
60.	18 000	9 053.31	8 946.69
70.	21 600	8 759.31	12 840.69
80.	21 600	8 406.51	13 193.49
90.	21 600	8 171.31	13 428.69
100.	21 600	8 465.31	13 134.69

Para efecto de análisis sólo se estudia hasta el décimo año. Como se puede observar los gastos se amortizan hasta el sexto año.

* Establecimiento y mantenimiento

16. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo con las necesidades ecológicas para el crecimiento y desarrollo del nopal tunero (*Opuntia amyelaea*), el norte del Estado de México presenta condiciones aceptables para establecerlo.

- En terrenos de temporal deficiente (400-700 mm. al año) el cultivo de nopal tunero es una alternativa viable económicamente.

- La huerta del nopal tunero, se puede aprovechar integralmente en los primeros años para intercalar otros cultivos, aprovechar los nopales como forraje, pastoreo en espacios libres, detención de la erosión y recuperación de suelos.

- Sería importante establecer una agroindustria para utilización de los productos y subproductos del nopal tunero, tales, como: elaboración de refresco, envasado de nopales, medicina, etc.

- El deshierbe es una de las actividades donde se ocupa la mayor cantidad de mano de obra, por lo que habría que realizar estudios para utilizar herbicidas para su control.

- Con respecto a la cantidad y calidad de las cosechas se podría mejorar con la utilización de fitohormonas, tales como auxinas y giberelinas o la presencia de ambas. Por lo que es necesario incrementar las investigaciones.

- En lo que se refiere a la fertilización orgánica y/o química no existen estudios serios para el cultivo del nopal tunero para establecer cuál abono orgánico o vegetal es el mejor. Así como la dosis adecuada para el tipo de terreno y edad de la planta, lo mismo para los fertilizantes químicos. De la misma manera realizar estudios para observar la respuesta a fertilizantes foliares.

- También se observa falta de estudios científicos que nos brinden información seria sobre el riego, ventajas y desventajas. Así como en el aclareo de frutos que nos aporten datos confiables para tomar decisiones.

- *El nopal tunero requiere de una inversión alta que es posible recuperar hasta el 60. año de producción.*

- *El nopal tunero es una gran inversión a largo plazo por los rendimientos económicos que produce. Pero desafortunadamente su precio depende de las condiciones del mercado. Consecuentemente los niveles de inversión son bastante bajos.*

- *Existe demanda de la cosecha a nivel nacional (en estados donde no se produce este producto) y a nivel internacional a Estados Unidos, Canadá y Japón.*

17. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, B. G. 1987. Efecto de la aplicación del ac. giberelico (AG3) y la urea en un fruto de nopal (*Opuntia amyelaea*). Tesis de M. C: Colegio de Postgrados, Chapingo, México.
2. Arias, C. S. y E. Mora 1989. Control Químico de la maleza en el nopal de verdura (*Opuntia ficus-indica*) en Naucalpan, Edo. de México. Tesis profesional Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM, Cuautitlán Izcallí, México.
3. Barbera, G. y F. Earimi; P. Inglese 1992. Past and present role of the Indian -fig. prickly-pear (*Opuntia ficus-indica*) Miller, Cactaceae in the agriculture of Dicity. *Economic Botany* 46 (1): 10-20. Sicilia, Italia.
4. Barrientos, P. F. 1969. El mejoramiento del nopal (*Opuntia*) y su utilización en México. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
5. Basante, B. G. 1989. Normas para la presentación de trabajos de investigación. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM. Cuautitlán Izcallí, México.
6. Becerra, R. S. 1975. Eficiencia fotosintética del nopal en relación a la orientación de los cladodios. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
7. Bidwel, R. G. S. 1990. Fisiología vegetal. Ed. AGT editor, D. F. México.
8. Bock, S. Y. 1984. Usos y Comercialización de los productos de la nopalera (*Opuntia spp*), en el municipio de Salinas, S. L. P. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
9. Borrego, E. F. y N. Burgos V. 1986. El Nopal, Ed. Universidad Autónoma Antonio Narro. Coahuila, México.
10. Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México, 2a. ed. Ed. UNAM, D. F. México
11. Brom, R. F. 1970. El Nopal. Comisión Nacional de Fruticultura. Secretaría de Agricultura y Ganadería, D. F. México.

12. Cacciola, S. O.; S. L. Magnahodi 1988, Foot rot of prickly pear cactus caused by *Phytophthora nicotianae*. *Plan Dis.* Vol. 72 No. 9 pp. 793-796. Univ. Catania, Italia.
13. Calderón, A. E. 1987. *Fruticultura General*. Ed. Limusa, D. F. México.
14. Chávez, F. y C. Saucedo V. 1985. Cold Storage of two prickly pear species (*Opuntia amyelae* and *O. ficus-indica*). *Rev. Horticultura mexicana* 1:1, 5-13; 7 ref. México, D. F.
15. Cisneros, C. M.; A. Paredes y F. Sistemes 1991. *Elaboración, calibración de bloques de resistencia eléctrica y su validación en función de la correlación, rendimiento y contenido de humedad del suelo del nopal de verdura (Opuntia spp)*. Tesis profesional Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, Cuautitlán Izcalli, México.
16. CODAGEM, 1979. *Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal*. Circular No. 158, Metepec, México.
17. CODAGEM, 1981. *Perspectiva de utilización del nopal y la tuna*. Circular No. 282, Metepec, Méx.,
18. Coronado, P. R. 1939. *Estudio sobre plagas del nopal*. Tesis profesional Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
19. _____ y M. A. Gutiérrez 1968. *La mosca del nopal (Dasiops benneti)*. Díptero de la familia Lonchaeidae. *Fito-filo* 21 (59) 3: 11 *Dir. Gral. Sanidad Vegetal. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F.*
20. Courtney, R. F. 1989. *Pronghorn use recently burned mixed prairie in Alberta*. *Source J. Wildl. Manage* Vol. 53, No. 2, pp 302-305. Alberta, Canadá.
21. Cruz, H. P. 1982. *Guía para cultivar nopal tunero, en el Estado de Puebla*. INLA-SARH. México.
22. Essig, E. O. 1986. *Insects of Western North America* The Macmillan Company, E. U.

23. Escobar, A.; A. Villalobos y A. Villegas 1987. Rooting, establishment and preservation of the prickly pear (*Opuntia amyclaea tenore*) propagated in vitro *Agrociencia* no. 68, 25-31; 13 ref. Chapingo, México.
24. Flores, V. C. y R. Aguirre R. 1990. El nopal como forraje. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
25. García, A. M. 1976. Enfermedades de las plantas en la República Mexicana. Ed. Limusa, México, D. F.
26. _____. 1985. *Patología Vegetal Práctica*. Ed. Limusa, 2a. ed. México, D. F.
27. García, M. T. 1965. Principales plagas del nopal en el Valle de México *Fitofilo* 18: (47) 15-28. Dirección General Sanidad Vegetal. D.F. México.
28. _____. 1965. Problemas entomológicos del nopal en el Valle de México. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México
29. Goldstein, G.; P. S. Nobel 1991. Changes in osmotic pressure and mucilage during low temperature acclimation of *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiology (Bethesda)* 97 (3): 954-961. Universidad de California. Los Angeles California. E.U.
30. Granados, S. D. y A. Castañeda P. 1991. El Nopal, Ed. Trillas, México, D. F.
31. Gregory, R. A. 1988. Evaluation of prickly (*Opuntia* spp) cultivars for fruit forage, and vegetable production in south Texas. *Texas University, Degree: M. S. pp 136 E. U.*
32. Guevara, R. J. A. 1977. Biología de *Chelinidae tabulata* Burn (Hemiptera Coreidae), chinche gris del nopal, evaluación preliminar de insecticidas para su control. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
33. Hernández, V. G. 1985. Estudio Técnico Económico de la Producción de Tuna (*Opuntia* spp) y su exportación a los Estados Unidos de Norteamérica. Tesis Profesional Ing. Agrónomo. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, México.

34. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 1992. Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos de 1990. Exportación Tomo I. Aguascalientes, México.
35. Legaspi, G. A. 1987. Distribución de Raíces de Nopal (*Opuntia amyelae*) en cepas derralladas bajo tres materiales de relleno, en suelos degradados. Tesis Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
36. López, M. L. C. y L. F. Mejía 1988. Respuesta a la brotación del nopal de verdura (*Opuntia ficus-indica*) bajo el sistema de explotación intensivo de microtúnel en Cuautitlán Izcalli. Tesis Profesional Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
37. Licon, R.; Munari, A. C. y Araiza, C. R. At el 1990. Activity of *Opuntia streptacantha* un healthy individuals with induced hyperglycemia. Arch-Inves-Hed-Méx., Volumen 21, 1552, México, p. 99-102.
38. Mc. Farpan, J. D.; Pg. Kevan y Ma. Lane, 1989. Pollination biology of *Opuntia imbricata* (cactaceae) in sothern Colorado Can J. Bot. J. Volumen 67, No. 2, Universidad Guelph, Ontario, Canadá, pp. 24-28.
39. Marroquín, S. J. y Borja de la C. 1964. Estudio Ecológico Desanómico de las zonas áridas del Norte de México, Inst. Nac. Inv. Forest. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México.
40. Mora, N. E. y S. Arias C., 1989. Control Químico de la Maleza en el Nopal de Verdura (*Opuntia ficus-indicus*) en Naucalpan, Estado de México. Tesis Profesional Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, Cuautitlán Izcalli, México.
41. Meckes-Lozaya M. e Ibañez, 1989. Hypoglycaemic activity of *Opuntia streptacantha* throughout its annual cycle. Am-U-Chin-Med. Volumen 17, China, pp. 221-224.
42. Nobel, P. S. y Mcui 1992. Hydraulic conductances of the soil the root-soil airgap, and the root. Changes for desert succulents indryng soil. Journal of Experimental Botany 43 (248); pp. 319-326. Universidad California. Los Angeles California, E. U.

43. _____ E. García M.; E. Quero, 1992. High annual productivity of certain agaves and cacti under cultivation. *Plant cell and environment* 15 (3), pp. 329-335. Saltillo, Coah., México.
44. Ortiz, H. Y., 1988. Efecto del Acido Giberelico y Auxinas en el Fruto del Nopal Tunero (*Opuntia amyelae*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
45. Ortiz, V. B. y C. A. Ortiz S. 1980. *Edafología*, •3a. Edición, Editorial Universidad Autónoma, Chapingo, México.
46. Ponce, M y Trujillo B., 1991. Distribution of wild, Cactáceas in Venezuela according to different types of vegetation formation. *Ernstia* 1 (2), pp. 79-88. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
47. Retamal, N.; J. M. Durah y J. Fernández, 1987. Ethanol production by fermentation of fruits and cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*), *J. SCI Food Agric. Volumen* 40, No. 3, Universidad Politécnica de Madrid, España, pp. 213-218.
48. Rodríguez, F., 1988. Developmental Changes in Composition and Quality of Prickly per Cactus cladodes (Nopalitos). *Plant Food for human Nutrition* 38: 1. Hermosillo, Son., México, pp.83-93.
49. Rzedowski, J., 1981. *La Vegetación de México*, Editorial Limusa, México.
50. De la Rosa, H. P., 1990. Jefe del Departamento de Asistencia Técnica. Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). Entrevistas Personales, Axapusco, México.
51. Salgado, M. C., 1984. *El Cultivo del Nopal, una alternativa económica en suelos áridos y semiáridos*, CODAGEM, Metepec, Méx.
52. SARH-INIF-CONAZA, 1983. *El Nopal, publicación conjunta*, México, D. F.
53. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1965. *Guía de Asistencia Técnica Agrícola, Distrito II, Zumpango, México*.

54. _____ 1985. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional. Subsecretaría de Planeación, México, D. F.*
55. _____ 1992. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaría de Planeación, México, D. F.*
56. *Secretaría de Educación Pública, 1980. El Cultivo del Nopal "cómo hacer mejor", revista ilustrada. Año III, Volumen XII, No. 123, México. D. F.*
57. Thomas, P. A. y P. Goodson, 1992. *Conservation of succulents in desert grasslands managed by fire. Biological Conservation 60 (2): 91-100, Arizona, E. U.*
58. Tiscornia, J., 1976. *Cactus y otras plantas de ornamento. Editorial albatros, Buenos Aires, Argentina.*
59. Trujillo, A. S., 1986. *Hibridación, Aislamiento y formas de Reproducción en Opuntia spp. Tesis Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.*
60. Villalobos, L. J. A., 1990. *Efecto de la Fertilización Orgánica Mineral, en el Cultivo de Nopal de Verdura. (Opuntia ficus-indica), durante el periodo otoño-invierno en San Francisco, Texcopa, Milpa alta, Distrito Federal. Tesis Profesional Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Cuautitlán, Izcalli, México.*
61. Vázquez, R. J., 1989. *Determinación de la Dosis de Fertilización y Abonado en el Nopal (Opuntia ficus-indica), para la explotación de verdura en Villa de Milpa Alta, Distrito Federal. Tesis Profesional Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.*