



110 2e1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

Facultad de Química

Alternativas para la Conservación e  
Industrialización del Nopal.

**FALLA DE ORIGEN**

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

Que para obtener el Título de:

**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

presenta:

Rosa Martha Pérez Sandi López

**1990.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## INDICE

	pág
I.- INTRODUCCION	5
II.- OBJETIVO	6
III.- IMPORTANCIA ACTUAL	7
3.1 Breve reseña histórica	7
3.2 Producción nacional	8
3.3 Cultivos nacionales (ubicación)	17
IV.- CONDICIONES PARA EL CULTIVO DEL NOPAL	22
4.1 Climas	22
4.2 Suelos	22
4.3 Variedades	23
4.4 Cultivo y cosecha	23
4.4.1 Plantación	24
4.5 Almacenamiento	27
4.6 Plagas	28
V.-COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO	29
5.1 Humedad	29
5.2 Sales minerales	29
5.3 Carbohidratos	30
5.3.1 Néctares	30
5.3.2 Almidón	30
5.3.3 Celulosa	30
5.4 Gomas	31
5.4.1 Mucilagos	31
5.4.2 Sustancias pécticas	31
5.5 Acidos Orgánicos	31
5.6 Lípidos	32
5.7 Ceras	32
5.8 Aceites esenciales	32
5.9 Resinas	32
5.10 Latex	32
5.11 Pigmentos	33
5.11.1 Pigmentos clorofiloides	33

5.12	Compuestos nitrogenados	33
5.13	Vitaminas	33
5.14	Valor nutritivo	34
5.15	Factores que intervienen en la descomposición de los vegetales	34
VI.-	SISTEMAS DE CONSERVACION	39
6.1	Proceso de descomposición del nopal	39
6.2	Refrigeración	40
6.3	Inmersión en ácido ascórbico	44
6.4	Aplicación de cera de candelilla	45
VII.-	INDUSTRIALIZACION DEL NOPAL	49
7.1	Nopal	49
7.1.1	El nopal en la medicina	50
7.1.2	El nopal como forraje	61
7.2	Tuna	64
7.3	Cochinilla	71
VIII.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
IX.-	BIBLIOGRAFIA	77

## I. INTRODUCCION

En México, grandes extensiones de tierra son cultivadas de nopal, y parte de la gran producción que se obtiene, está destinada para alimento de ganado en regiones donde la sequía tiene una duración de casi todo el año, utilizándose como forraje.

Otras regiones del país cultivan el nopal por las características propias de la tierra, que hace que el nopal pueda ser cultivado mas que otro tipo de verduras o granos, siendo parte importante de la economía local.

En el estado de Oaxaca se le da mucha importancia al cultivo de la grana o cochinilla que se convierte en una plaga cuando no se le controla, llegando a tener un valor económico muy alto debido a que el nopal se da de forma silvestre, pudiendose aprovechar al máximo su producción para la elaboración de colorantes tan demandados en la industria alimenticia así como en el teñido de fibras. Otro uso que se le da al nopal hoy en día es el aprovechamiento de la goma en la industria farmacéutica, en cosmetología y en materiales para construcción.

El uso más importante que se le da al nopal es como alimento, ya que es ampliamente conocido por su historia y tradición como un platillo típico mexicano.

## II. OBJETIVO

El objetivo del trabajo que se presenta es dar a conocer a través de una investigación bibliográfica los resultados de las investigaciones y de los trabajos hechos y así ampliar el marco que tenemos con respecto al uso y consumo de esta planta.

### III. IMPORTANCIA ACTUAL

#### 3.1 Breve reseña histórica.

La historia de nuestro país y el folklore nacional nos permiten conocer la importancia que adquirieron las cactáceas entre las tribus prehispánicas, según se observa en sus códices, monumentos, pinturas, cerámica y por las numerosas voces con que las designaron y que aún persisten en nuestros días.

En la vida económica, social y religiosa de los nahuas, las cactáceas desempeñaron un papel relevante, a tal grado que el escudo de Tenochtitlan ostentaba airoosamente un nopal, símbolo que conserva el escudo de nuestro México actual (Bravo Hollins, 1978).

Estas plantas intervinieron en las celebraciones religiosas y algunas fueron elevadas a categoría de dioses, se usaron con frecuencia en la magia, fueron empleadas en la curación de enfermedades, influyeron en forma determinante en la fundación de poblaciones y se les tuvo en gran estima como plantas de ornato. Algunos autores hacen mención de grandes señores como Nezahualcóyotl y Moctezuhzoma Xocoyotzin, gustaban tanto de la botánica que durante la época de su reinado fundaron los hermosos jardines de Tetzcutzingo, Tenochitlan, el Peñón, Oaxtepec, Atlixco e Ixtapalapa, que llamaron poderosamente, la atención de los conquistadores por su hermosura,

Las cactáceas tuvieron gran importancia tanto por la producción alimenticia que se obtenía de ellas como por sus cualidades medicinales; la iconografía indígena nos ha legado numerosas representaciones de especies de Opuntia, y entre ellas cabe señalar como una de las más interesantes el Tenochtli o tuna de piedra, representado anteriormente en el escudo de la gran Tenochtitlan.

En lo referente a los usos de los nopales en otras regiones del país, Benson y Walkington (1968) mencionan que durante los siglos XVII y XVIII, cuando los padres Franciscanos establecieron sus misiones en Baja Califor-

nia Norte y zonas adyacentes, iniciaron el establecimiento de algunas nopaleras que entonces eran cultivados en el centro de México.

Mencionan estos autores que tales especies correspondían a dos géneros muy emparentados (*Opuntia ficus-indica* y *Opuntia megacantha*); y que el nombre de la primera derivó de la manera como se conocía en esas provincias al fruto de estos nopales (higo de los indios).

Agregan que "...Los padres misioneros y otros encontraron que estas cactáceas no solo eran útiles por sus frutos, sino también como una fuente importante de un material mucilaginoso que servía de ligamento a los adobes en la construcción de las misiones.

"Con el transcurso del tiempo las dos cactáceas fueron también plantadas en los grandes ranchos, tanto en los cascos de las haciendas como alrededor de las habitaciones de los peones y de otros habitantes, y así aparecieron donde quiera que había habitaciones de españoles o mexicanos y posteriormente en las de los colonizadores norteamericanos".

### 3.2. Producción Nacional.

Casi el 82% de la superficie de México, puede catalogarse como árida o semiárida; conservadoramente se podría decir que más de la mitad del territorio nacional es seco. Díaz Álvarez et al. (1979).

Existen tres zonas nopaleras en el territorio centro-norte de México. Escamilla et al. (1977).

1.- Zona Nopalera Potosino-Zacatecana, con extensión a regiones de Aguascalientes, Jalisco, Durango, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y áreas cercanas al Valle de México.

Esta zona tiene sustratos de origen ígneo, sobre los cuales predominan matorrales compuestos principalmente por el género *Opuntia*.

Esta situación geográfica confiere un clima continental a la región, con temperaturas mínimas en enero y máximas en julio. La humedad atmosférica es precaria, ya que la pre-

precipitación pluvial es de 400-500 mm/año. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas varían entre 44 y -9°C respectivamente.

Las especies de Opuntia de esta región son tuneras principalmente.

2.- Zona Nopalera del Norte de México. Abarca la región norte de Tamaulipas, norte y oeste de Nuevo León, con prolongación al norte del estado de Coahuila. Esta zona abarca desde el estado de Texas en los Estados Unidos. Las especies de esta región son fundamentalmente forrajeras .

3.- Zona Nopalera Difusa. Tiene menos densidad de plantas por hectárea y es la más amplia. Se extiende por las regiones calizas de San Luis Potosí, Zacatecas y Nuevo León hasta Coahuila y zonas áridas de Durango. Se compone principalmente de nopales forrajeros.

De acuerdo a las tablas y la gráfica correspondientes a la producción de nopal de los últimos años, se puede observar una variación en cuanto a la producción. Esto se debe principalmente a que las tierras donde se sembraba nopal, hoy en día se utilizan para la siembra de otras verduras o bien por la falta de créditos que se le ha dado al productor. Los valores con los cuales se elaboraron las tablas son estadísticas llevadas a cabo por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.



CULTIVOS DE MOPAL VERDURA EN 1981

ENTIDAD	SUPERFICIE COSECHADA HA.	PRODUCCION TON.
AGUASCALIENTES		
BAJA CALIFORNIA NORTE	44	45
BAJA CALIFORNIA SUR		
CAMPECHE		
COAHUILA	4	-
COLIMA		
CHIAPAS		
CHIHUAHUA		
DISTRITO FEDERAL	3 280	64 880
DURANGO		
GUANAJUATO	3	45
GUERRERO		
HIDALGO		
JALISCO		
MICHOACAN		
MORELOS		
MEXICO	402	3 985
NEW LEON		
OAXACA		
PUEBLA		
QUERETARO		
QUINTANA ROO		
SAN LUIS POTOSI		
SINALOA		
SONORA		
TABASCO		
TAMAULIPAS		
TLAXCALA	2	12
VERACRUZ		
YUCATAN		
ZACATECAS		
<b>TOTAL:</b>	<b>3,655</b>	<b>70,087</b>

CULTIVOS DE NOPAL VERDURA EN 1982

ENTIDAD	SUPERFICIE COSECHADA HA.	PRODUCCION TON.
AGUASCALIENTES		
BAJA CALIFORNIA NORTE		
BAJA CALIFORNIA SUR		
CAMPECHE		
COAHUILA		
COLIMA		
CHIAPAS		
CHIHUAHUA		
DISTRITO FEDERAL	3 200	122 820
DURANGO		
GUANAJUATO	110	1 770
GUERRERO		
HIDALGO		
JALISCO		
MICHOCAN		
MORELOS		
MORAVIT		
NUevo LEON	403	3 218
OAXACA		
PUEBLA		
QUERETARO		
QUINTANA ROO		
SAN LUIS POTOSI		
SINALOA		
SONORA		
TABASCO		
TAMAU-LIPAS		
TLAXCALA	4	24
VERACRUZ		
YUCATAN		
ZACATECAS		
<b>TOTAL:</b>	<b>3,717</b>	<b>127,832</b>

CULTIVOS DE MOPAL VERDURA EN 1983

ENTIDAD	SUPERFICIE COSECHADA HA.	PRODUCCION TON.
AGUASCALIENTES		
BAJA CALIFORNIA NORTE	32	561
BAJA CALIFORNIA SUR		
CAMPECHE		
COAHUILA		
COLIMA		
CHIAPAS		
CHIHUAHUA		
DISTRITO FEDERAL	3 200	96 800
DURANGO		
GUANAJUATO	4	24
GUERRERO		
HIDALGO		
JALISCO	175	1 647
MICHOACAN		
MORELOS		
NAVARIN	403	14 335
NUOVO LEON		
OAXACA	35	340
PUEBLA		
QUERETARO		
QUINTANA ROO		
SAN LUIS POTOSI		
SINALOA		
SONORA		
TABASCO		
TAMOLIPAS		
TLAYCALA	150	710
VERACRUZ		
YUCATAN		
ZACATECAS		
<b>TOTAL:</b>	<b>9,191</b>	<b>131,830</b>

CULTIVOS DE NOPAL VERDURA EN 1984

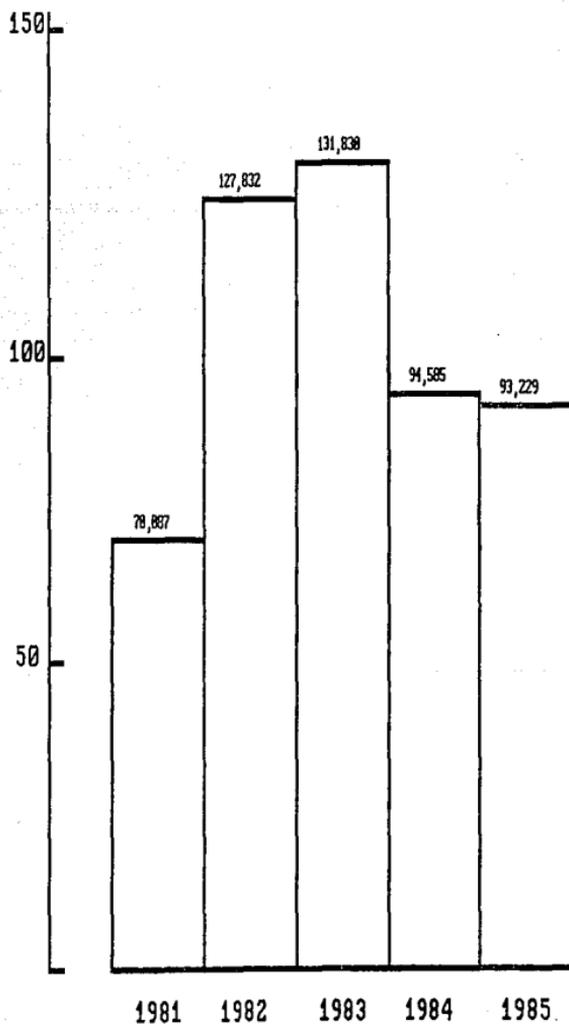
ENTIDAD	SUPERFICIE COSECHADA HA.	PRODUCCION TON.
AGUASCALIENTES		
BAJA CALIFORNIA NORTE	56	1 400
BAJA CALIFORNIA SUR		
CAMPESHE		
CORUJILLA		
COLIMA		
CHIHUAHUA		
CHIHUAHUA		
DISTRITO FEDERAL	3 200	76 000
MIRANGO		
GUANAJUATO	109	864
GUERRERO		
HIDALGO		
JALISCO		
MICHOACAN		
MORELOS		
MORAVIT	483	14 355
NEWVO LEON		
ORIZCA		
PUEBLA		
QUERETARO		
QUINTANA ROO		
SAN LUIS POTOSI		
SINALOA		
SONORA		
TABASCO		
TAMAULIPAS		
TLAXCALA	150	992
VERACRUZ	9	55
YUCATAN		
ZACATECAS		
<b>TOTAL:</b>	<b>3,944</b>	<b>94,585</b>

CULTIVOS DE NOPAL VERDURA EN 1985

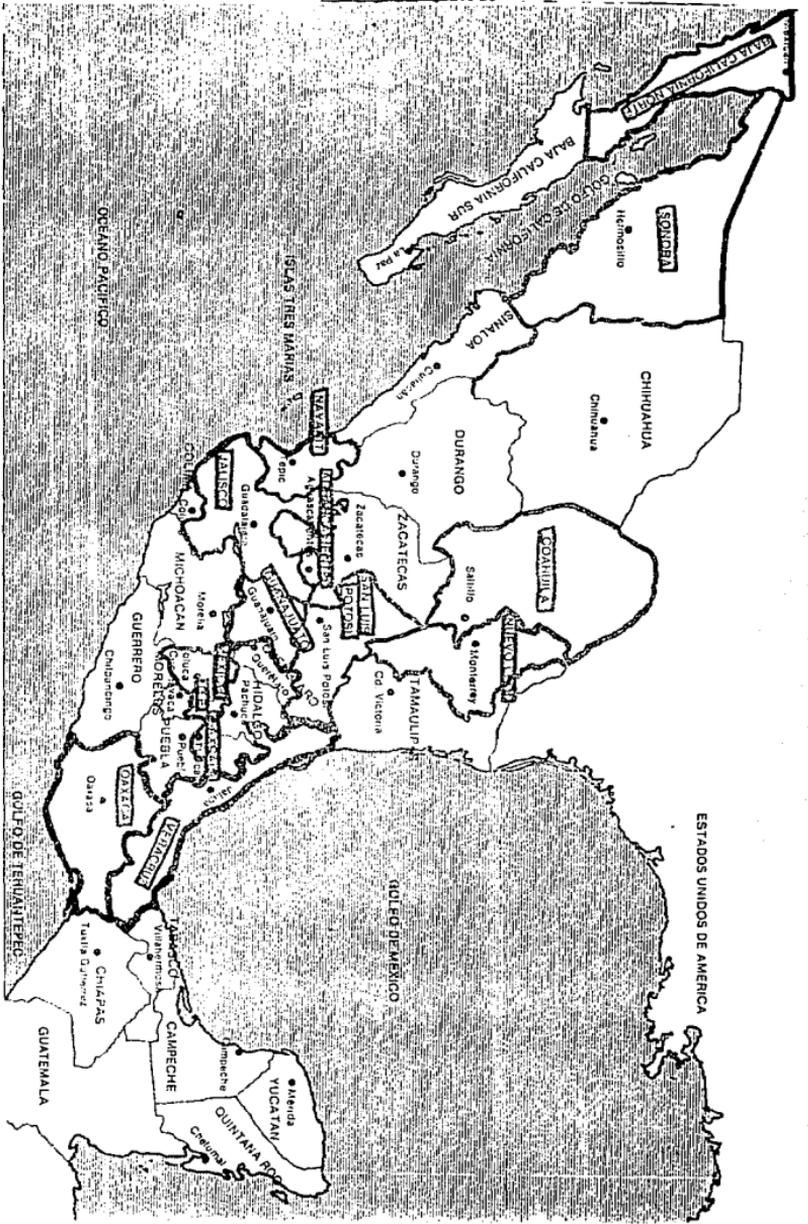
ENTIDAD	SUPERFICIE COSECHADA HA.	PRODUCCION TON.
AGUASCALIENTES	4	328
BAJA CALIFORNIA NORTE	54	479
BAJA CALIFORNIA SUR		
CAMPECHE		
COAHUILA		
COLIMA		
CHIAPAS		
CHIHUAHUA		
DISTRITO FEDERAL	3 340	82 630
DURANGO		
GUANAJUATO	109	420
GUERRERO		
HIDALGO		
JALISCO		
MICHOCAN		
MORELOS		
MAYAGUEZ		
NUEVO LEON		
OAXACA	35	3 520
PUEBLA		
QUERETARO		
QUINTANA ROO		
SAN LUIS POTOSI	737	3 685
SINALOA		
SONORA	20	20
TABASCO		
TAMULIAPAS		
TLAXCALA	2	12
VERACRUZ		
YUCATAN		
ZACATECAS		
<b>TOTAL:</b>	<b>4,398</b>	<b>93,229</b>

# PRODUCCION DE NOPAL

Ton (X 1000)



### 3.3. Cultivos Nacionales (Ubicación)

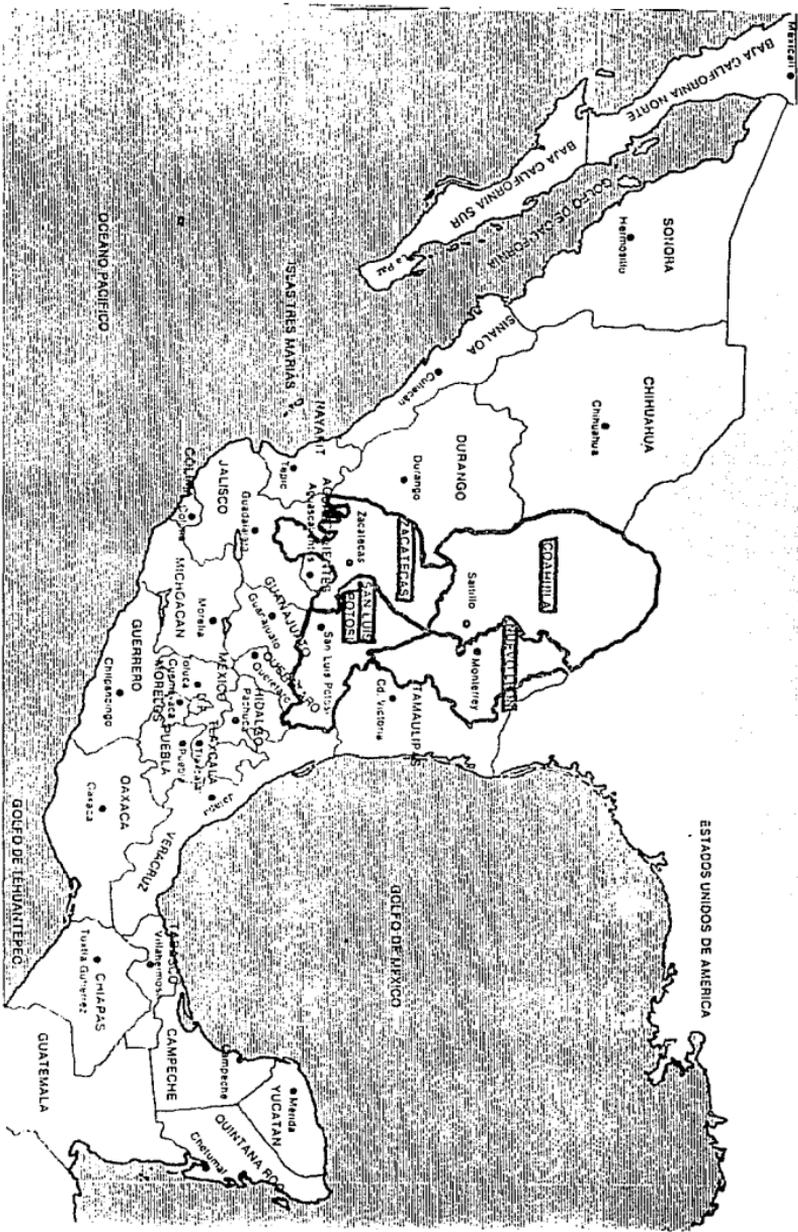


Nombre ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL VERDURA

Fecha

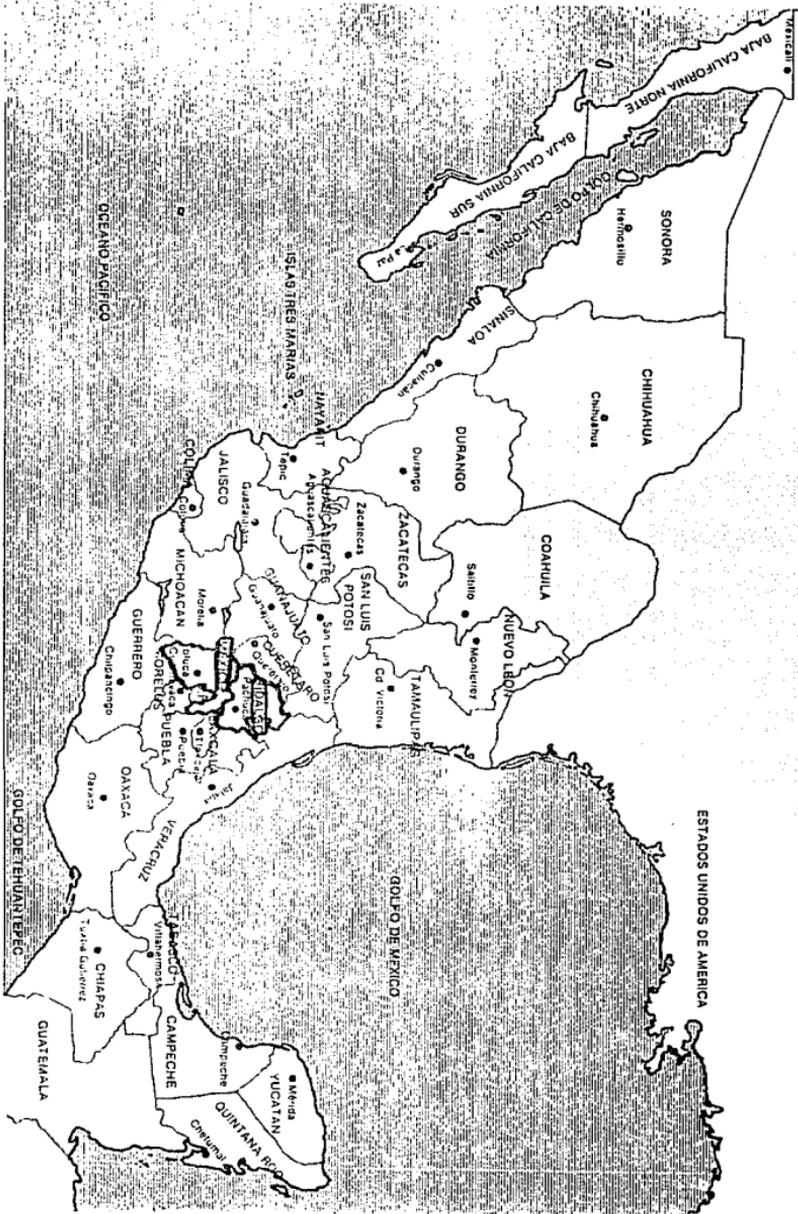
Año

Dupe



Nombre ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL FORRAJERO

Fecha Año Grupo



Nombre

ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL TUNERO

Fecha

Año

Grupo



#### IV. CONDICIONES PARA EL CULTIVO DEL NOPAL

##### 4.1.-Clima.

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

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

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

##### 4.2.-Suelos.

El nopal no muestra adaptabilidad en los suelos arcillosos compactos ni en los húmedos; prefiere los arenocalcáreos, sueltos, poco profundos. El agua entarquinada vuelve enano al nopal y muy susceptible al ataque de las plagas. Cuando el terreno se afloja mucho por causa de humedad, las raíces no pueden sostener la planta y ésta cae. A veces el nopal crece y fructifica en casas ruinosas, en paredones viejos y en oquedades de las rocas desnudas.

El pH del suelo debe ser alcalino o habrá que agregar cal. Crece bastante bien en terrenos pedregosos, sembrado desordenadamente. Las nopaleras sembradas en terrenos no consolidados, van enriqueciéndolos paulatinamente con sus desechos y transformándolos en terrenos mejores, además de defenderlos contra la erosión hídrica y eólica.

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

#### 4.3.-Variedades.

El nopal se puede clasificar en tres diferentes tipos según el uso que se le dé, ya sea para forraje, como verdura, o bien el nopal donde lo importante es el fruto. Esta planta pertenece al género *Opuntia* y se han descrito alrededor de 1500 variedades. Como la sinonimia popular de esta planta varía de un estado a otro y a veces de un municipio a otro en un mismo estado, una misma variedad ha sido descrita y bautizada con docenas de nombres, lo cual ha provocado una confusión que convierte a la sistemática del nopal en inservible para propósitos prácticos.

Por este motivo, el Instituto de Biología de la UNAM está llevando a cabo una investigación de clasificación de especies para la elaboración de un atlas de Cactáceas, a fin de estandarizar la nomenclatura que en ocasiones resulta repetitiva.

#### 4.4.-Cultivo y cosecha del nopal.

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

a. Al madurar la tuna, es atacada por los pájaros, los cuales ingieren la pulpa con algunas semillas, las que luego son depositadas con las deyecciones en campo abierto.

b. Los pastores de cabras u ovejas acostumbran cortar el borde superior de la penca, en el cual están más juntas las espinas, para que los animales coman el resto de la penca en la misma mata. Estos bordes, con profusión de yemas, arraigan en un 30 por ciento sobre el terreno en que caen.

c. Al chamuscar el nopal en pie, para que el ganado tenga acceso a él, muchas pencas son derribadas por los esfuerzos de los animales al acercarse a comer la planta, y arraiga un buen porcentaje de las pencas caídas.

d. Al cosechar la tuna para comerla fresca o para fabricar queso o melcocha, muchas veces se derriba la penca completa, la cual puede arraigar. Tanto en este caso como en el citado en el punto b, para ayudar a la formación de la nopalera deben arrojarse los bordes cortados o las pencas enteras a una distancia de unos 5 metros en todas direcciones.

#### 4.4.1.-Plantación.

Se siembra una sola penca o varias enteras, o fragmentos de las mismas (reproducción asexual), o bien se siembra la semilla (reproducción sexual). En el primer caso se duplican fielmente las características de la planta madre, no así en el segundo, por ser el nopal una planta de polinización cruzada. Un tercer método de reproducción es por injerto.

##### Reproducción Asexual.

Para la siembra se pueden utilizar varios métodos: (a) trozos de pencas conteniendo una o varias yemas o areolas; (b) pencas enteras; y (c) el conjunto de dos o mas pencas, que reciben el nombre de "brazo".

El método (a) no es recomendable por ser grande el peligro de pudrición, en virtud de la gran longitud de las heridas. El porcentaje de arraigamiento es solo de un 30% y la primera fructificación se obtiene hasta los cuatro años. En cambio, se simplifican los problemas de trans- portación.

En el método (b) es mucho menor el peligro de pudrición, la proporción de arraigamiento puede ser de un 95% , y la

primera fructificación se obtiene a los tres o cuatro años. Es el procedimiento más empleado. Cuando en las cercanías de la nopalera que se está estableciendo existen cantidades suficientes de nopal, fácil de transportar, entonces se emplea el último sistema, plantando "brazos" de tres a ocho o diez pencas. Con este sistema, el más recomendable cuando es económicamente posible, se obtiene la primera fructificación a los dos o tres años.

#### Selección de las pencas en el campo.

Se eligen una o varias nopaleras, establecidas en un clima y suelo lo más semejante posible al sitio donde se piensa fomentar el nuevo plantío. Se procura que la nopalera tenga de 5 a 8 años de establecida y que los nopales estén enteramente sanos, especialmente libres de pudrición negra, mancha café y otras enfermedades. No deben transportarse plagas que tal vez no existan en el sitio de la nueva plantación.

Con un lápiz para marcar en vidrio se escribe sobre la lámina de una penca una "A" bien visible, a la altura de los ojos, en las mejores plantas observadas al hacer un recorrido por la nopalera madre; y se escribe una "B" para las plantas un poco inferiores. Se hace la misma operación en todas las nopaleras donde quieran producir la misma variedad de nopal. Se cuentan las plantas señaladas y se cortan las pencas con una diferencia no mayor de 72 horas entre distintos cortes.

Si el plantío es de planta sin espinas no se seleccionarán plantas "mixtas", esto es, que presenten al mismo tiempo pencas con espinas y sin ellas, indicando esto que los caracteres genéticos de la planta aún no están bien fijados y que al plantar una penca lisa de dicha planta puede emitir renuevos espinosos en algún período de su vida. Con mayor razón no se plantarán pencas provenientes de plantas espinosas que se hayan desarrollado a partir de una penca lisa.

Las pencas que arraigan mejor y emiten renuevos más vigorosos son las de dos o tres años; las de más edad emiten renuevos de calidad inferior y las muy jóvenes no llegan a producirlos. Cuando al cortar una penca de dos o tres años lleva insertas una o dos pencas jóvenes, es preferible dejárselas y sembrar todo el brazo, si no hay.

inconveniente en el transporte. Al cortar brazos se procurará que las pencas secundarias arranquen, de preferencia, del borde superior de la penca basal; esta posición asegura mayor estabilidad a la futura planta. El corte lo debe hacer una persona experta, cortando con la hoja de un cuchillo bien afilado entre la coyuntura, procurando que la herida sea del menor diámetro posible.

#### Preparación de la penca.

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

#### Transporte de las pencas.

Raras veces es económico el transporte de las pencas a largas distancias. Un millar de pencas adultas pesa una tonelada o más, y para plantar una hectárea se necesitan 1000 a 2500 pencas, según la densidad de la siembra. Además, hay que agregar un porcentaje, variable con la distancia y el estado del tiempo, ya que si la distancia es muy grande los nopales comenzarán a deshidratarse y perderán su calidad cuando llegue la hora de la siembra.

Por tren o camión, las pencas pueden viajar desnudas, o envueltas en papel periodico o manila. Debe escogerse tiempo seco para viajar.

Quando el transporte va a durar de uno a tres meses, se les hace arraigar (lo hacen en 4-6 semanas), luego se cortan las raíces y se envuelven las pencas en papel periodico con una segunda cubierta de papel manila.

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

que el brazo tenga las pencas en el mismo plano.

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

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

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

Epoca de plantación.

Las pencas próximas a emitir renuevos arraigan con más vigor. Por ello es febrero el mejor mes para plantar, siempre que el terreno tenga suficiente humedad. Plantando en febrero, las pencas emiten sus primeros renuevos en la siguiente primavera, y alcanzan un buen desarrollo durante el verano y otoño, lo cual permite, en algunas variedades, la fructificación al siguiente año. Cuando por falta de agua de lluvias no se pueda plantar en febrero, se hará la plantación en agosto o septiembre. La producción que puede lograrse con riego, estiercol y fertilizante químico puede ser de 5 a 8 ton. por hectárea cada semana durante todo el año.

#### 4.5.-Almacenamiento.

Debido a que el nopal comienza a deshidratarse inmediatamente después de cortado, este se acomoda en cajas de madera o cartón y es llevado a los centros de distribución para ser vendido rápidamente, ya que es un alimento que se consume fresco y pierde valor económico si se deja deshidratar, además que el consumidor se inclina por los productos que presentan frescura.

Cuando se quiere tener almacenado para fines de industrialización posterior, días después del corte, es recomendable refrigerar a bajas temperaturas sin eliminar la capa delgada de la superficie del nopal para que dure aproximadamente 15 días.

#### 4.6.-Plagas .

- 1) Picudo barrenador (*Cacophagus spinoae* Gyll)
- 2) Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradiatus* champ).
- 3) Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus ganglbaueri* Heller)
- 4) Chinche gris (*Chelinidac tabulata* Burm)
- 5) Chinche roja (*Hesperolabops gelastops* Kirk)
- 6) Gusano cebra (*Olycella nephelepasa* Dyar)
- 7) Gusano blanco (*Laniijera Cyclades* Druce)
- 8) Cochinilla o grana (*Dactylopius indicus* Green)

Estos insectos pueden ser controlados por medio de productos químicos conociendo las dosis que se requieren para cada uno, evitando así la pérdida de la planta por plagas.

La cochinilla o grana es un insecto que se deposita en la superficie de las pencas del nopal produciendo daños irreversibles. Existen métodos químicos para su destrucción o bien, puede ser controlada eliminándola con una escobetilla o un cepillo cuando comienza a depositarse. Existen productores de nopal que su interés es la conservación de la cochinilla ya que ésta es industrializada para la obtención de colorantes, principalmente color rojo.

A raíz del descubrimiento de los colorantes artificiales, los naturales pasaron a un segundo plano debido al alto costo de su obtención. Actualmente existe una gran cantidad de artículos a los que estamos acostumbrados como alimentos, telas, cosméticos, donde los colorantes utilizados son artificiales; el organismo del hombre ha creado un rechazo hacia ellos, manifestándose como alergia, dando esto pie a que regresen los colorantes naturales.

## V. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO

### 5.1.-Humedad.

El agua constituye el principal componente químico de las cactáceas. Su contenido varía mucho según la especie, y en cada especie varía con relación a la humedad del suelo.

Se han realizado estudios de un mismo nopal hechos en la estación seca, encontrándose diferencias en humedad de 79.32 al 92.75%. Asimismo se analizaron nopales de una misma especie pero en diferentes climas y lugares y se reportó una variación de 80.34% en un clima seco y 91.15% en un clima húmedo.

En un estudio químico de seis especies de nopales en el Valle de México se encontró que la humedad variaba de 79 a 94% en muestras frescas, según las condiciones del terreno.

### 5.2.-Sales minerales.

Las sales (determinadas en el laboratorio como cenizas) presentes en los nopales varían, aún dentro de una misma especie según la composición química del suelo y la disponibilidad de ellas para la planta. Este tipo de estudio se ha hecho, ya que gran parte de la producción es para consumo humano y en menor proporción para el ganado.

Desde un punto de vista nutricional, las sales minerales forman parte de los componentes importantes para un mejor funcionamiento del organismo. Los componentes importantes de la determinación de cenizas son calcio y potasio, encontrándose también algo de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos.

### 5.3.-Carbohidratos.

Autores tales como Fernandez Landero (1949), Dominguez (1969), Knight y Petit (1969) y Tabak y Pushek (1969) han realizado estudios para determinar que tipo de carbohidratos están presentes en el nopal; estos estudios han mostrado la presencia de monosacáridos y polisacáridos, existiendo estos en diferentes proporciones según la especie y la edad de la planta.

#### 5.3.1.-Néctares.

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

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

#### 5.3.2.-Almidón.

El almidón constituye la principal reserva nutritiva hidrocarbonada de las plantas superiores. En las cactáceas se le encuentra en algunas raíces, en los tallos y en algunas semillas bajo la forma de diminutos granos cuyo aspecto y dimensiones varían según las especies.

#### 5.3.3.-Celulosa.

Se practicaron análisis de fibra cruda a diferentes especies, y se encontró una gran variación, ya que se ha reportado desde 11.75% -18.55% hasta 37.4% - 81.88% sobre peso humedo. Este tipo de análisis se ha efectuado con diferentes especies, en climas variados y se ha de suponer bajo condiciones de laboratorio que varían, así como en diferentes años, dando todo esto como resultado una gran variación en los intervalos que por lo mismo no puede ser normalizada.

#### 5.4.-Gomas.

Comunmente se le conoce como "goma de nopal" y esta puede ser observada cuando plantas o tallos sufren algún daño físico como la perforación producida por un insecto comenzando a exudar dicha goma.

Se ha reportado muy poco acerca de la composición química de la goma. En 1969 Tabach y Puechel determinaron por hidrólisis y cromatografía, arabinosa, galactosa y ácido galacturónico.

##### 5.4.1.-Mucilagos.

Los mucilagos son sustancias, análogas a las gomas. En contacto con el agua forman dispersiones viscosas y poseen una enorme facilidad de embeberla; propiedad de suma importancia en el mecanismo de retención de agua de las cactáceas. Fernandez Landero (1949) mostró que el mucilago de *Opuntia ficus-indica* está formado por glucosa y arabinosa.

##### 5.4.2.-Sustancias pécticas.

El término sustancias pécticas se refiere a un grupo de polisacáridos vegetales en el cual el ácido D-galacturónico es el principal componente.

Las pectinas son los ácidos pectínicos con diferente grado de esterificación; son solubles en agua y tienen capacidad de formar geles en presencia de sales y azúcares (Salvador Baduí).

Las pectinas poseen un valor muy grande en la preparación de jaleas y mermeladas y estas son obtenidas a partir de las frutas de los nopales como las tunas y pitahayas entre otras.

#### 5.5.-Acidos Orgánicos.

En el proceso metabólico de las cactáceas se forman diversos ácidos orgánicos. El más abundante en las cactáceas es el ácido oxálico, que se le encuentra bajo la forma de su sal de calcio, generalmente en inclusiones octahédricas cuadráticas, ya sea aislada o agrupadas en

drusas. El oxalato de calcio, una vez formado, ya no se disuelve por lo que se va acumulando en los tallos de las cactáceas hasta llegar a constituir el 85% de las cenizas de ejemplares viejos.

#### 5.6.-Lípidos.

Las grasas y los aceites que son representantes de los lípidos no se han encontrado en abundancia en los nopales pero sí en sus semillas que forman un componente químico importante que puede ser aprovechado para la obtención de aceites de consumo humano. En 1914 (Smith y Menton), obtuvieron a partir de las semillas de nopal un aceite semisecante y claro, constituido por gliceridos de ácido oleico, linoleico y palmitico.

#### 5.7.-Ceras.

Estas se encuentran en las cápsulas de secreción y forman una capa protectora en tallos y frutos teniendo un papel importante en la conservación de la humedad.

#### 5.8.-Aceites esenciales.

Los aceites esenciales se obtienen de especies cuyos aromas están constituidos fundamentalmente por compuestos volátiles. Estos se encuentran en pequeñas cantidades en las cactáceas y con frecuencia se depositan en las flores.

#### 5.9.-Resinas.

Las resinas son n compuestos análogos a los aceites esenciales. Existen en las cactáceas en muy pequeñas cantidades.

#### 5.10.-Latex.

Son algunos líquidos presentes en las plantas cuya apariencia lechosa es debida a la suspensión de partículas finas en un medio de dispersión líquido. Se ha experimentado con el latex de variedades del género.

opuntia donde este, previo tratamiento y refinamiento produce un hule de muy buena calidad.

#### 5.11.-Pigmentos.

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

##### 5.11.1.-Pigmentos clorofiloides.

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

Los pigmentos carotenoides abarcan dos grupos: los carotenos y las xantófilas. El b-caroteno es el principal constituyente carotenoide de las hojas y tallos de las cactáceas, además de ser precursor de la vitamina A.

Los pigmentos fenólicos se encuentran en el grupo de compuestos fenólicos con dos anillos aromáticos que incluyen entre otros los flavonoides, isoflavonoides, benzalcumarinas y los rotenoides.

#### 5.12.-Compuestos nitrogenados.

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

#### 5.13.-Vitaminas.

Fernández Landero (1949) encontró el siguiente contenido de vitaminas en tallos tiernos de *Opuntia hyptiacantha* :

Acido ascórbico.....4	mg / 100 g de muestra fresca	
Caroteno.....5	mg	"
Tiamina.....0.04	mg	"
Riboflavina.....0.04	mg	"
Niacina.....0.30	mg	"

#### 5.14.-Valor Nutritivo.

Se han reportados algunas tablas con la composición química del nopal, siendo estas diferentes en sus valores.

La siguiente tabla es la que realizó el Instituto Nacional de la Nutrición.

#### VALOR NUTRITIVO DEL NOPAL

PROPORCION COMESTIBLE	78.00 % en 100 g
PROTEINAS (g)	1.70 % en 100 g.
GRASA (g)	0.30 % en 100 g.
CARBOHIDRATOS (g)	5.60 % en 100 g.
CALCIO (mg)	9.30 % en 100 g.
TIAMINA (B1) (mg)	1.60 % en 100 g.
RIVOFILAVINA (B2) (mg)	0.03 % en 100 g.
NIACINA (mg)	0.09 % en 100 g.
AC. ASCORBICO (C) (mg)	8.00 % en 100 g.
RETINOL (A) (mg)	41.00 % en 100 g.

5.15. Factores que intervienen en la alteración y descomposición de los vegetales.

Temperatura. Esta puede afectar a la transpiración de las siguientes maneras: Al aumentar la temperatura de la

atmósfera , aumenta la capacidad del aire para retener la humedad. Las hojas expuestas a la luz solar están algunos grados más calientes que el aire que las rodea, lo que aumenta la energía cinética de las moléculas de agua en el tejido esponjoso y así aumenta la capacidad de difusión del agua. Erston (1981).

La temperatura también influye en el equilibrio almidón-azúcar de los tejidos de reserva. Los azúcares aumentan a bajas temperaturas, mientras que si sube la temperatura el equilibrio se desplaza en sentido apuesto. En las verduras cosechadas prosigue la síntesis de lignina, aunque sólo en pequeña escala, y esto puede ejercer una influencia altamente significativa sobre la calidad textural de los alimentos. Charley(1987).

Las bajas temperaturas reducen la actividad fisiológica de los tejidos vegetales y de cualquier microorganismo capaz de producir alteraciones.

La temperatura es un factor físico importante que afecta el crecimiento y la actividad metabólica de todas las células vivas. Los microorganismos no son la excepción. Ovbiamente puede asignarse un intervalo de temperaturas óptimas para cada organismo o para los grupos de organismos relacionados entre sí. La temperatura de crecimiento puede estar varios grados abajo de la óptima; la velocidad de crecimiento disminuye a medida que decrece la temperatura. Frazier (1985) y Ortegón (1980). Actividad Acuosa.

La presencia de agua en los alimentos y su concentración determina el alto grado de su sabor y degestibilidad, así como la estructura física y la capacidad de manejo técnico del material. Lo que es más importante, casi todos los procesos de deterioro que se realizan en los alimentos reciben influencia, en una u otra forma, de la concentración y la movilidad del agua en este alimento.

Como una orientación aproximada, se podría decir que, independientemente de la composición será causada por el crecimiento y desarrollo de las bacterias y hogos de los alimentos y por reacciones enzimáticas; a concentraciones bajas de agua, por las pérdidas de calidad se producen principalmente por reacciones autooxidativas y de deterioro físico.

La intensidad y la rapidez de los diversos procesos de deterioro es distinta a diferentes concentraciones de agua; sin embargo, el alimento es más estable cuando hay una baja concentración de agua y no a concentraciones elevadas. Desrosier (1986), Duckworth (1968), Larqué et. al. (1980).

#### Luz Solar.

La luz solar provoca la abertura de los estomas aumentando la transpiración de las verduras. La exposición de la luz puede activar a las enzimas de el oscurecimiento, si además el vegetal tiene fácil acceso al oxígeno del aire, este proceso se acelera. Erston (1981).

#### Humedad Relativa.

La intensidad de la pérdida del agua de la planta depende de la capacidad de la atmósfera para absorber humedad. La causa inmediata de la pérdida de agua se debe a la existencia de un gradiente de la presión de vapor del agua entre la atmósfera externa o interna próxima a la superficie de la planta. Dado que la atmósfera interna se encuentra normalmente saturada, el principal factor ambiental que influye sobre el cociente respiratorio se encuentra en la humedad relativa del aire que rodea a la planta.

La humedad elevada disminuye la pérdida del agua que experimentan los tejidos y, por consiguiente, retarda la desecación o marchitado de los mismos, aunque puede provocar el desarrollo microbiano en la superficie de los tejidos.

La Humedad Relativa se define como el cociente entre la presión parcial del vapor de agua del aire y la presión de vapor del agua para la misma temperatura. La humedad relativa se refiere a la atmósfera que rodea a un material o una solución. Badui (1982), Duckworth (1968), Larqué et.al. (1980), Malpica (1980).

#### Microorganismos.

Una cuarta parte de la producción cosechada no llega a consumirse por sufrir alteraciones (Salunkhe, 1974). El

deterioro de las frutas y hortalizas frescas suele acontecer durante su almacenamiento y transporte, así como en las etapas de espera antes de sus procesamientos. Las frutas y hortalizas permanecen vivas durante un tiempo importante desde su recolección, hasta su tratamiento industrial. Yabuta (1988).

Tan pronto como las frutas y hortalizas se colocan durante su recolección en cajas, bolsas, cestas o medios de transporte diversos, están expuestos a contaminación por organismos que pasan de unas a otras o proceden de los recipientes, a menos que estos hayan sido adecuadamente higienizados. Durante su transporte al mercado o plantas industriales, los traumatismos aumentan su susceptibilidad a la alteración y puede iniciarse el crecimiento microbiano.

Las alteraciones microbianas pueden ser debidas a:

1) La acción de gérmenes patógenos sobre las hojas, tallos, raíces, frutos o cualquier otra parte del vegetal que se use como alimento.

2) A los microorganismos saprófitos que pueden producir una invasión secundaria consecutiva a la acción de los patógenos o penetrar en un vegetal sano. A veces la acción de un saprófito puede suceder a la acción de un patógeno; otras veces actúan varios saprófitos de una manera consecutiva sobre el producto. Así, las bacterias coliformes pueden desarrollarse como invasores secundarios y hallarse presentes en números considerables. Yabuta (1988).

Aireación.

Al exponer la planta al viento, se produce un cierto aumento en la aceleración de la transpiración, esto puede ocurrir cuando transportan los vegetales en camiones abiertos. Como regla general, la transpiración aumenta en su intensidad con la velocidad del viento hasta unos 5 km/hr; mas allá la transpiración es constante. Erston (1981).

pH.

El pH es la medida de la concentración de los iones hidrógeno, tiene también un marcado efecto en la velocidad de crecimiento. El pH para una especie presenta generalmente un máximo denominado pH óptimo.

En las bacterias varía entre 6 y 8; en levaduras entre 4 y 6 y para los mohos entre 3 y 7. Quintero (1981).

Por otro lado, la clorofila también se ve afectada por los cambios de pH en su medio; la clorofila es estable en las soluciones débilmente alcalinas, pero es atacada fácilmente por ácidos débiles, provocando la separación del magnesio que contiene la molécula, formándose la foefitina que posee un color pardo-olivo. Braverman (1980).

## VI.- SISTEMAS DE CONSERVACION DEL NOPAL EN FRESCO

Se han hecho varios estudios proponiendo alternativas para la conservación del nopal en fresco ya que este alimento contiene gran porcentaje de agua y es rápida su deshidratación y como consecuencia la pérdida de su calidad.

### 6.1. Proceso de descomposición del nopal.

Elnopal recién cosechado no muere y por ende, sus procesos biológicos, fisicoquímicos y fisiológicos continúan; siendo la intensidad del cociente respiratorio en esta etapa un factor determinante a controlar dado que en tanto la temperatura aumenta, la velocidad de las reacciones bioquímicas es mayor. La temperatura además afecta los niveles de transpiración, encontrándose con que la variación de la transpiración es directamente proporcional a la variación de la temperatura. La transpiración también es incrementada cuando el nopal se ve expuesto a la luz solar debido que los estomas se abren, por lo que la pérdida de humedad es mayor, disminuyendo así su vida de anaquel.

De las condiciones de almacenamiento depende la calidad de los Nopales, siendo la humedad relativa y el grado de aireación los factores determinantes de la vida de anaquel, ya que si el medio ambiente es muy seco, el nopal perderá mucha humedad y si por el otro lado, el grado de aireación es muy alto, la cantidad de oxígeno presente también acelerará el metabolismo del vegetal almacenado, resultando así un producto muy perecedro.

Al manejar el nopal se debe procurar que no sea lastimado el tejido, ya sea con las uñas, con clavos, machacamiento, etc., ya que de esta forma las enzimas pueden entrar en contacto con sus sustratos, provocando una reacción de oscurecimiento enzimático, el cual se ve favorecido por la exposición a la luz y al oxígeno. Esta

es la causa de que al nopal que se le han eliminado las espinas tenga una vida de anaquel tan corta, que se ve disminuida hasta una tercera parte del tiempo normal que viven los nopales con espina. Por otro lado, por la superficie de tejido dañado que queda expuesto al medio, hay una pérdida alta de la humedad propia del producto.

Conforme el nopal va madurando, el pH del alimento se va haciendo óptimo para que actúe la enzima clorofilasa, por lo que se tendrá una pérdida gradual del color de la clorofila y éste fenómeno se traduce como la aparición de un color pardo-verdoso.

Desde el momento de la cosecha del nopal, hasta el momento de su descomposición se notan cambios paulatinos, en la estructura externa del producto, siendo estos: arrugamiento de las capas de la cutícula (capas exteriores), opacamiento, pérdida del tamaño, la raqueta se va haciendo concava, las orillas de la raqueta se resecan y pierden volumen hasta que el color se torna verde oscuro y queda completamente seca; por otro lado, a estas alturas en la superficie del nopal que aún conserva algo de humedad, presenta desarrollo microbiológico que provoca una pérdida de la estructura del tejido de sostén de los nopales, un pardeamiento de la estructura dañada y al final lo que antes era una estructura rígida vegetal queda con la consistencia de un gel pardo oscuro y un olor desagradable. Si al nopal se le han eliminado las espinas mediante un corte con cuchillo, la superficie de la pulpa que queda expuesta al aire y a la luz, presenta un oscurecimiento enzimático, para luego dar lugar al desarrollo de los microorganismos (que en su mayoría se trata de desarrollo fungiforme).

## 6.2.-Refrigeración.

Un estudio relacionado con la conservación del nopal es el de Ramayo Ramirez et al. (1978), "Prolongacion de la vida de almacenamiento del nopal hortaliza (Opuntia inermis Coulter) por refrigeracion" que reporta lo siguiente:

En virtud de que esta hortaliza es altamente perecedera, se precisan métodos y condiciones óptimas para su conser-

vacación y para solucionar el problema del mercadeo en los meses críticos. Uno de los métodos predominantes para prolongar el período de almacenamiento de frutas y hortalizas, se basa en el empleo de refrigeración. El objetivo de este trabajo es determinar las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa para alargar la vida útil del nopal con el mínimo de efectos en su calidad.

En la delegación de Milpa Alta, D.F. se cortaron 1100 nopales con un peso promedio de 100 gramos cada uno y se dividieron en once lotes de 100 nopales por lote. Un lote correspondió al testigo y fue almacenado a condiciones ambientales. De los diez lotes restante, cinco se enfriaron durante cinco minutos con agua cuya temperatura era similar al de las cámaras de conservación respectivas. Los lotes se almacenaron a las siguientes condiciones:

TESTIGO	Almacenado a $15.6-21.1^{\circ} \text{C}$ y $50-60\%$ HR
T-1	Preenfriamiento con agua a $2^{\circ}\text{C}$ , durante cinco minutos y almacenados a $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-2	Almacenado a $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-3	Preenfriamiento con agua a $4^{\circ}\text{C}$ durante cinco minutos y almacenado a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-4	Almacenado a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-5	Preenfriamiento con agua a $6^{\circ}\text{C}$ durante cinco minutos y almacenado a $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-6	Almacenado a $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-7	Preenfriamiento con agua a $8^{\circ}\text{C}$ durante cinco minutos y almacenado a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.
T-8	Almacenado a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $80-85\%$ HR.

T-9

Preenfriamiento con agua a 10°C durante cinco minutos y almacenado a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  y 80-85 % HR.

T-10

Almacenado a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  y 80-85 % HR.

De cada uno de los tratamientos, incluyendo al testigo, se determinaron las pérdidas fisiológicas de peso y se realizaron observaciones periódicas para cuantificar la intensidad de daños por frío y por microorganismos.

La discusión del trabajo es la siguiente:

Los resultados evidencian que la calidad del nopal se ve seriamente afectada tanto por daños por frío a medida que se reducen las temperaturas del almacenamiento, como por daños por putrefacción a medida que se incrementan las mismas. Esto hace difícil determinar la temperatura óptima de almacenamiento del nopal. Sin embargo, los nopales almacenados a la temperatura de 10°C, fueron los de mejor presentación en cuanto a color y firmeza y, además presentaron excelentes cualidades organolépticas.

En virtud de que las temperaturas menores a los 10°C fueron críticas por presentarse daños por frío, puede probarse la conservación del nopal a la temperatura de 10°C, a condición de que, mediante algún otro tratamiento se logren reducir los fuertes daños que producen microorganismos.

Ramayo Ramirez et al. (1978) continuaron con el estudio anterior reportando en el artículo "Causas de altas pérdidas en el nopal hortaliza (*Opuntia inermis* Coulter) almacenado por refrigeración y su control", lo siguiente:

El nopal hortaliza es un vegetal altamente perecedero e importante en la alimentación de la población en México. A la fecha no hay información publicada acerca de la existencia de pérdidas de esta hortaliza. En una investigación reciente Ramayo Ramirez et al. (1978) reportaron que los nopales pueden almacenarse satisfactoriamente por 30 días a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  y 80-85 HR. Sin embargo, se presentaron bastantes mermas más por factores externos que por almacenamiento. Con base en esta información se realizó lo siguiente:

En la región de Milpa Alta, D.F. se cortaron 800 nopales con un peso promedio de 100 gramos cada uno. y se distribuyeron en ocho lotes de 100 nopales cada uno. A cuatro de estos lotes se les dió un tratamiento previo con el fungicida Benlate (Metil 1-(butil carbamoil) 2-benzimidazol carbamato) a la concentración de 5000 ppm en agua a temperatura del medio ambiente durante cinco minutos, y todos los lotes se almacenaron a las siguientes condiciones:

Testigo	Sin tratamiento, almacenado a 15.6-21.1°C y 50-60% HR.
T-1	Tratado con Benlate a 500 ppm y almacenado a 15.6-21.1°C y 50-60% HR.
T-2	Tratado con Benlate a 500 ppm y almacenado a 8 ± 1°C y 80-85% HR.
T-3	Almacenado a 8 ± 1°C y 80-85% HR.
T-4	Tratado con Benlate a 500 ppm y almacenado a 10 ± 1°C y 80-85% HR.
T-5	Almacenado a 10 ± 1°C y 80-85% HR.
T-6	Tratado con Benlate a 500 ppm y almacenado a 12 ± 1°C y 80-85% HR.
T-7	Almacenado a 12 ± 1°C y 80-85% HR.

En cada tratamiento de los nopales se realizaron observaciones periódicas acerca de pérdidas fisiológicas de peso y cuantificación de la intensidad de daños por frío y por microorganismos. Se usaron métodos clásicos para identificar los organismos responsables de putrefacción de nopales en almacén, usando el medio de cultivo de papa dextrosa agar.

Con el objeto de tener mayor criterio sobre los efectos de los tratamientos en la calidad, se realizaron análisis químicos para determinar humedad, pH, acidez titulable y sólidos solubles totales empleando los métodos de la AOAC.

Finalmente se realizó la evaluación organoléptica a los 28 días de almacenamiento.

Después de haber realizado los análisis anteriores se discute lo siguiente:

En virtud de no tenerse ninguna técnica para manejar adecuadamente el nopal hortaliza desde su corte, se hace difícil evitar los daños. En la mayoría de los casos en el momento de realizar el corte, la penca es seriamente dañada, máxime cuando el corte es efectuado torciendo la penca y sin ayuda del cuchillo. Aunado a lo anterior, se tiene la dificultad de realizar un corte adecuado de la penca por su morfología y por las mismas espinas. Los métodos actuales que se siguen para efectuar el corte, no son desventajosos cuando los nopales se destinan a la industrialización directa, pero surge un problema serio cuando se les destina a la venta fresca, y por lo tanto, la infección se inicia en el campo y los microorganismos identificados que se desarrollan en el almacén son secundarios.

Los resultados muestran que el efecto del Benlate fue significativo al reducir el desarrollo de los hongos en los diferentes tratamientos y que nopales previamente tratados con el fungicida, pueden conservarse a 10 C y 80-85% HR, sin daños y con excelentes cualidades organolépticas hasta por 28 días. Los autores contemplan estudios con diferentes concentraciones de Benlate y sus residuos correspondientes para lograr no solamente una extensión amplia de la vida útil de nopales sino también contar con los residuos de los fungicidas a los límites permitidos.

### 6.3.- Inmersión en ácido ascórbico.

Uno de los últimos trabajos realizados es "Selección del método mas viable para la conservación del nopal" por Yoshiko et al. (1988) quien reporta lo siguiente:

Las razones que llevaron a aplicar a los nopales un tratamiento con cera de candelilla y otro tratamiento por inmersión en soluciones de ácido ascórbico son:

Los métodos que implican un tratamiento térmico no se

consideraron apropiados, ya que los gastos son muy fuertes para un campesino. Por otro lado, en el caso del escaldado, el producto obtenido ya no se puede vender como verdura fresca en un mercado, además es más fácil que sufra un ataque microbiano, si es que no se tiene los cuidados necesarios para evitarlo.

En el caso de la congelación, no se recomienda utilizarlo debido a que cuando el nopal es descongelado, pierde totalmente su estructura o consistencia, el color se torna desagradable y sufre de un continuo desuerado. De los tratamientos químicos, se consideró el método por inmersión en ácido ascórbico, debido a su disponibilidad en el mercado; es un ácido que se encuentra de una manera natural en los vegetales, su aplicación no requiere de métodos complicados y experimentos previos muestran que es posible aumentar el periodo de vida de anaquel de los nopales.

Sistemas de atmósferas controladas no se consideraron, ya que implican gastos fuertes y se debe tener más cuidado con la sustancia a aplicar, ya que se trata de gases.

6.4. De los tratamientos superficiales, se seleccionó el de cera de candelilla por no presentar gastos exagerados, ni problemas de acumulación de humedad en las paredes de la película aplicada (humedad proveniente de la transpiración); esto último, es de vital importancia ya que la humedad relativa imperante en el medio que rodea al producto y la temperatura del mismo pueden crear las condiciones óptimas para que un ataque microbiano proliferen.

Basándose en lo anterior, se decidió probar un método químico (inmersión en ácido ascórbico) y un método físico o superficial (película de cera de candelilla).

Una vez seleccionado el método químico, se procedió a consultar la normalización del ácido seleccionado, encontrando que se permitía un máximo de 0.05% de ácido ascórbico para conservar alimentos. Esta concentración de ácido ascórbico permitida se utilizó como parámetro, para determinar qué concentración de dicho ácido se aplicaría en la parte experimental. La primera concentración seleccionada fué de 0.05% por ser el máximo permitido. Para conocer la segunda concentración que se aplicaría en el estudio, se tuvieron pruebas piloto, en las cuales se

encontró que una concentración de 0.03% permite que los nopales se mantengan en buenas condiciones al transcurrir una semana.

En otro estudio previo se vió que la cantidad de humedad que pierde un nopal aparentemente es diferente, dependiendo del tipo de almacenamiento utilizado; por lo que se pensó manejar dos tipos de almacenamiento durante la parte experimental: por pilas y en costal.

Por último, pensando en una posible propagación de la contaminación microbiana presente en alguno de los nopales o la actividad de enzimas, se trató de aislar parcialmente a los nopales por grupos dentro de un mismo tipo de almacenamiento, por medio de una hoja de un material que pudiera contener dichos efectos aislados total o parcialmente.

Los materiales seleccionados fueron:

- a) Papel aluminio.
- b) Papel periódico.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- 1.- Inmersión en cera de candelilla/ almacenamiento en costal.
- 2.- Inmersión en cera de candelilla/ almacenamiento por pilas.
- 3.- Inmersión en Acido Ascórbico al 0.03% / almacenamiento en costal.
- 4.- Inmersión en Acido Ascórbico al 0.05% / almacenamiento en costal.
- 5.- Sin tratamiento (control)/ almacenamiento por pilas.
- 6.- Sin tratamiento (control)/ almacenamiento en costal.

Día a día se determinaron los siguientes parámetros:

- 1.- Pérdida de peso diario.
- 2.- Medidas: ancho, largo, grosor, altura y ángulos de elongación.
- 3.- Cociente respiratorio.
- 4.- Actividad enzimática: catalasa y peroxidasa.
- 5.- Acidez como % en ácido cítrico.
- 6.- pH.
- 7.- Azúcares reductores: totales y directos.

Las determinaciones que a continuación se indican, se

realizaron al inicio del experimento y cuando visualmente el nopal ya no era de buena calidad.

- 1.- Análisis organolépticos.
- 2.- Análisis bromatológicos.

Algunos de los resultados son los siguientes:

1.- Se recomienda que el tratamiento se aplique el mismo día de la cosecha, para así evitar que la actividad enzimática y microbiana se vea acelerada por encontrarse en un medio propicio u óptimo.

2.- El parámetro que es más representativo para indicar si un nopal está fresco o no (cuando se encuentran almacenados), es el que implica llevar un control de peso diario.

3.- Los nopales tratados con cera de candelilla y almacenados en costal pierden menos humedad que los nopales controles, pero esta diferencia no es significativa.

4.- Si los nopales se tratan con ácido ascórbico al 0.03%, se obtienen resultados semejantes a los que se obtendrían al utilizar ácido ascórbico al 0.05%.

5.- Los nopales tratados con cera de candelilla (apilados y en costal) son mejores que los que resultan de una inmersión en ácido ascórbico.

6.- Al aplicar un tratamiento con cera de candelilla, el tipo de almacenamiento, no influye de una manera significativa sobre los resultados finales, pero existe una ligera tendencia favorable para el almacenamiento por pilas.

7.- El lote de nopales que presentó menor variación a sus condiciones iniciales fué el de los nopales tratados con cera de candelilla, almacenados por pilas introduciendo hojas de papel entre los nopales (ya sea papel aluminio o papel periódico).

8.- El método de conservación que se considera más viable es el que implica una inmersión en cera de candelilla, almacenamiento por pilas, colocando papel periódico a diferentes alturas de la pila (papel periódico por economía). Por medio de este tratamiento la vida útil de los,

nopales, se ve incrementada aproximadamente en un 50%.

9.- Si fuera posible utilizar el método de conservación propuesto, nuevos mercados podrían abrirse para el nopal en México, o existir un aumento en los volúmenes de exportación y distribución en el país.

## VII. INDUSTRIALIZACION DEL NOPAL

Dentro de la industrialización del nopal, se tomará en cuenta al nopal mismo, a la cochinilla y a la tuna, ya que estos forman parte integral de la planta.

7.1.- Nopal. Juan Manuel Diaz A. et al. (1979) llevó a cabo un "Proyecto para la instalación de una planta enlatadora de algunos productos alimenticios a base de nopal" proponiendo alternativas en el consumo de esta verdura como son:

- a) Nopales encurtidos.
- b) Nopales con camarones en chile pasilla.
- c) Nopales con jitomate.

Para llevar a cabo este proyecto se hicieron análisis bromatológicos a la materia prima (Nopales frescos) y al producto terminado tales como:

- Humedad.
- Cenizas.
- Proteínas.
- Grasa cruda.
- Fibra cruda.
- Carbohidratos (Por diferencia).

También se realizaron análisis de:

- Acidez.
- Actividad enzimática.

Al producto terminado se le determinó:

- Cuenta indirecta en placa.
- Hongos y levaduras.
- Coliformes.

Se realizó un estudio económico para determinar el costo de operación e instalación de la planta, y con base en lo

anterior se concluyó, a) que para la fabricación de cada producto, se tomará en cuenta la utilidad que produzca y por supuesto la demanda que presente el trabajo mismo. b) Se considera que debido a la preferencia del público por los nopales frescos frente a los procesados, no será costable emplear esta fábrica para elaborar exclusivamente los productos que se han mencionado, por esto se propone emplear las instalaciones para procesar otros vegetales.

De las diferentes formas en que se ha industrializado el nopal se encuentra que no se ha reportado nada escrito. Los datos que se tienen se conocen unicamente por medio de los comerciantes, productores, y otras personas que lo han trabajado a nivel casero.

Dentro de las poblaciones donde el nopal forma parte importante de la actividad económica se han elaborado productos como:

- pan relleno de mermelada de nopal.
- helados de nopal.
- productos para tratamientos del cabello.
- cremas a base de nopal para la cara.
- nopales encurtidos.
- nopales en salmuera.
- dulces cristalizados de nopal.
- polvo de nopal en cápsulas para curar la diabetes.
- jabón de nopal .
- pomadas a base de nopal para infecciones en la piel.

Algunos de estos productos solamente se encuentran en estos lugares, mientras que otros ya están siendo comercializados en tiendas naturistas.

Otra forma de utilizar el nopal es como impermeabilizante después de un tratamiento con algunos productos químicos. Esto todavía no se ha industrializado en forma total. Se están llevando a cabo estudios para la comercialización de esta aplicación.

#### 7.1.1 El Nopal en la medicina.

El nopal (*Opuntia* sp) ha sido utilizado como agente anti-diabético por los pueblos mesoamericanos desde tiempos remotos. Aguilar (1987).

Si bien este género ha sido utilizado para numerosos propósitos desde épocas antiguas (alimentarios, industriales, forrajeros y medicinales) su empleo como "anti-diabético", es una manifestación de la etnobotánica actual. Según la variada información popular el paciente diabético ve mejorada su sintomatología ingiriendo nopal preparado de diversas maneras y por períodos prolongados de tiempo, lo que ha sugerido que este producto modifique ventajosamente sus elevados niveles de glucosa sanguínea. Lozoya, X. et al. (1987). Diversos autores han intentado elucidar tales propiedades, tanto en humanos como en mamíferos inferiores (animales de laboratorio).

A continuación se mencionan algunos de los estudios realizados por investigadores Mexicanos de diferentes instituciones de investigación y Centros de Salud.

Inicialmente se valoró la acción del nopal sobre varios modelos de experimentación que han incluido perros, ratas y conejos tanto normales como con hiperglucemia provocada por diferentes procedimientos. Lozoya, X. et al. (1987), realizaron investigaciones usando como modelo al conejo normal con estados de hiperglucemia inducida mediante cargas subcutáneas de dextrosa y administrándole los productos del nopal por la vía oral. La especie de nopal estudiada por estos médicos es la llamada xoconostle que corresponde a la *Opuntia streptacantha*, Lemaire, colectada en el estado de Hidalgo en sitios donde se da en forma silvestre.

Después de estudiar el efecto producido por diversos preparados y formas de extracción a partir de los tallos frescos de esta especie, se estudió particularmente el jugo de las pencas frescas extraído por compresión. Finalmente, de este preparado se obtuvo una fracción semipurificada, un producto en forma de sólido pulverizado que en dosis de 20 mg/kg de peso conserva la acción hipoglucemiante al ser reconstituido y administrado por la vía oral en el modelo experimental antes mencionado. Resta aún por dilucidar la composición química de este producto y el aislamiento e identificación de los principios hipoglucemiantes. Ibañez-Camacho et al. (1979),

reportan que la diabetes mellitus es quizá el problema primordial de la endocrinología y uno de los temas más importantes de la medicina en general. El porcentaje de enfermos diabéticos aumenta año tras año y, en muchos países entre ellos México, alcanza valores del 2 y 3 por ciento de la población total.

Actualmente, la insulina y los hipoglucemiantes bucales son los agentes terapéuticos de elección en el tratamiento de la diabetes mellitus. Sin embargo, aún prevalecen dificultades en su uso dados los problemas de dosificación que presentan.

Dentro de la medicina moderna aún no existe un tratamiento que pueda ser considerado ideal para este padecimiento. Por otra parte, en la medicina tradicional mexicana existen diferentes plantas que son empleadas para el tratamiento de la diabetes. La investigación etnobotánica de campo ha demostrado que el nopal es una de las plantas más utilizadas para este propósito, sobre todo por las poblaciones con influencia cultural náhuatl. En cualquiera de sus formas de preparación, el nopal es administrado por vía bucal de una a tres veces al día (en ayunas o antes de cada comida) en cantidades dependientes de la gravedad sintomatológica del paciente diabético.

El empleo que la población hace de esta planta sugiere la necesidad de evaluar experimentalmente su efecto hipoglucemiante en animales de laboratorio, tanto en condiciones normales como de diabetes experimental.

El método utilizado en este caso para conejos con diabetes y sanos fué administrarles por vía oral:

- a) Nopal licuado
- b) Jugo de nopal licuado.
- c) Savia fresca de nopal.
- d) Savia de nopal dializada y liofilizada.

Se determinó curva de tolerancia a la glucosa en ayunas, a los 120 minutos, cada tercer día y semanalmente la insulina inmunorreactiva

Algunos de los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Los niveles de glucemia en ayunas para los conejos.

empleados en este estudio coinciden con los datos informados en la literatura, tanto para esta especie de animales como para otras.

Se sabe que el nopal es empleado con fines anti-diabéticos en la mayoría de los casos, íntegramente, antes de cada comida. En el presente estudio se logró confirmar la base de este uso popular. Es precisamente el nopal íntegro poseedor del efecto hipoglucemiante más evidente, con una duración de cuatro a cinco horas

Ramos, (1980), reporta el estudio clínico que, sobre un paciente diabético, se llevó a cabo con el propósito de conocer si la administración oral del jugo de nopal (forma tradicional de su consumo), producía el efecto hipoglucemiante que popularmente se atribuye a esta planta. El tratamiento que se le administró al paciente diabético, en este caso, consistió en 200 ml de jugo de nopal antes de cada comida, diariamente y una tableta de un medicamento hipoglucemiante al día por dos meses.

Los resultados observados permiten concluir que los niveles de glucosa sanguínea en el paciente disminuyeron significativamente. Considerando que el paciente permaneció bajo un tratamiento habitual de hipoglucemiantes orales, podemos afirmar que la toma de nopal antes de cada comida contribuye a mejorar el control de la hiperglicemia y de los síntomas característicos de la diabetes mellitus.

En este estudio se hace notar que se trata de un caso aislado en el que no se explica el posible mecanismo de acción involucrado. Sin embargo pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo observaciones clínicas más profundas que expliquen el efecto hipoglucemiante aquí encontrado.

Frati-Munari et al. (1982), realizaron el estudio "Efecto del nopal sobre los lípidos séricos, la glucemia y el peso corporal", donde reporta lo siguiente:

Se consideran fibras de la dieta a las sustancias vegetales que no digieren las enzimas gastrointestinales humanas. No se absorben y, por lo tanto, no proporcionan energía. Actúan cambiando las características físicas del contenido intestinal y modificando la absorción de algunas sustancias como las sales biliares, el colesterol, la glucosa, etcétera.

En los últimos años se ha sugerido que la deficiencia de fibras en la dieta está relacionada con ciertos padecimientos que tienen una frecuencia mayor en las sociedades urbanizadas, como la obesidad, la diabetes, la cardiopatía esquémica, etc. Al aumentar la ingestión de fibras dietéticas, se ha obtenido disminución de la glucemia y de los lípidos séricos, por lo que se ha propuesto usarlos para tratar la diabetes y la obesidad. Sin embargo, es difícil cambiar las costumbres alimenticias de las personas, por lo que se ha intentado lograr el mismo efecto agregando a la dieta algunos preparados purificados de fibras. El más empleado es la goma de guar, pero por su sabor y aspecto es difícil incorporarla a la dieta.

Las hojas tiernas de nopal (*Opuntia* sp.) se usan en México como alimento y como remedio popular contra la diabetes mellitus. Cada 100 g proporcionan 19.93 kcal (83.4 kj.); el resto está constituido principalmente por agua y fibra. El propósito de este estudio fue investigar si la administración de hojas de nopal con los alimentos causa disminución de los lípidos séricos, la glucemia y el peso corporal.

En este caso se estudiaron 29 voluntarios de ambos sexos, sanos, con peso normal, con mínimo sobrepeso, obesos y diabéticos.

A todos los casos se administraron 100 g de nopal (*Opuntia* sp.) asado inmediatamente antes de cada uno de los tres alimentos durante diez días sin cambiar su dieta ordinaria. En ayunas se tomaron muestras de sangre venosa un día antes y un día después del periodo de tratamiento, para determinar la glucosa y colesterol e inmediatamente después se midió el peso corporal.

Algunos de los resultados fueron los siguientes: Las fibras dietéticas están constituidas por diferentes proporciones de lignina, celulosa, hemicelulosa, pectina, mucilagos y gomas.

En cada 100 g de hojas de nopal hay 2.86 g de hidratos de carbono (absorbibles), 1.65 g de proteínas, 0.21 g de grasas y pequeñas cantidades de calcio, hierro, ácido ascórbico, tiamina, riovoflavina y niacina, y 3.77 g de celulosa. No se ha encontrado informes sobre un análisis

detallado de la composición de las fibras del nopal.

Según la composición de las fibras, se producen determinados efectos metabólicos, así como, pectina, mucílagos y gomas reducen algunos lípidos séricos (colesterol y triglicéridos) y la glucemia. La celulosa reduce la glucemia pero tiene poca acción sobre los lípidos, y la lignina tiene afinidad por las sales biliares y el colesterol, pero es un compuesto poco homogéneo y de efectos menos predecibles.

La disminución del colesterol depende aparentemente de la adsorción de las sales biliares por las fibras vegetales, ya que al administrarlas aumenta la excreción fecal de sales biliares y colesterol. Es posible que como consecuencia de la menor disponibilidad de sales biliares para el ciclo, aumente la síntesis de ácidos biliares a partir del colesterol endógeno.

Al aumentar el contenido de fibras de la dieta casi siempre disminuye el colesterol, aunque en algunas de estas dietas el contenido de grasas también es menor.

Las fibras de la dieta reducen la glucemia probablemente por retardar la absorción intestinal de la glucosa, ya que la administración de fibras junto con la glucosa produce una elevación menor de la glucemia, menor reacción de insulina y disminución de la hipoglucemia tardía.

Con las fibras se ha demostrado aumento en la excreción fecal de sustancias energéticas. La administración del nopal antes de los alimentos produjo también saciedad, y los individuos estudiados quizá disminuyeron inadvertidamente la cantidad de alimentos ingeridos, lo que seguramente contribuyó a la reducción de peso, de la glucemia y de los lípidos.

Frati-Munari et al. (1983) realizaron el estudio "disminución de glucosa e insulina sanguíneas por nopal".

Para intentar esclarecer su mecanismo de acción, se estudió el comportamiento de glucosa e insulina sanguínea en una prueba de tolerancia a la glucosa después de la ingestión de nopal en individuos sanos.

Se les practicaron dos pruebas de tolerancia a la glucosa, sin dieta previa, separados entre sí más de 72.

horas. En ambas se administraron 75 g de glucosa por vía bucal, y en la segunda se agregaron 100 g (peso crudo) de tallos de nopal asados 20 minutos antes de la glucosa. Se tomaron muestras de sangre venosa a los 60, 120, y 180 minutos en las que se determinaron glucosa con método automatizado de neocuproina e insulina sérica con radioinmuno-análisis. La medición de glucosa se realizó inmediatamente después de obtenida la muestra de sangre. Algunos de los resultados son los siguientes:

La glucemia basal fué menor en todos los casos después de la ingestión del nopal, existiendo diferencia significativa a los 0, 120 y 180 minutos. Las concentraciones de insulina sérica fueron menores en todas las muestras, incluyendo las basales, que en las no tratadas previamente con nopal.

No se sabe que sustancia del nopal produce estos efectos, aunque se ha supuesto que la acción hipoglucemiante de algunas especies de nopal se debe a la enzima isomerasa de la glucosa 6 fosfato. También es probable que se deba a una o varias fibras dietéticas, ya que contiene celulosa y tal vez pectina o un mucilago en la savia viscosa. Muchas fibras vegetales producen disminución de la glucosa sérica. Su acción hipoglucemiante tiene relación con el grado de viscosidad, supuestamente porque retarda la absorción de la glucosa. La ingestión de fibras dietéticas concomitantemente con la glucosa en pruebas de tolerancia a la glucosa produce menor elevación de la glucemia y de la insulina sérica, y menor hipoglucemia tardía que cuando no se agregan las fibras.

La administración de dietas ricas en fibras y en carbohidratos aumenta la capacidad funcional de los receptores celulares de la insulina en los diabéticos. Se ignoran su mecanismo y el tiempo en que ocurre esto, pero los cambios en la capacidad o afinidad de los receptores pueden ser rápidos, como acontece durante el ejercicio físico.

En este estudio, la disminución de la glucosa y de la insulina sanguíneas por acción del nopal aún antes de la ingestión de la glucosa sugiere una mayor sensibilidad a la insulina, o un menor efecto de una o varias hormonas hiperglucemiantes, aunque en la disminución tardía podría participar también un retardo en la absorción. Serán necesarios otros estudios al respecto.

Fernández Harp et al. (1984) llevaron a cabo "Estudios hormonales en la acción del nopal sobre la prueba de tolerancia a la glucosa. Informe preliminar".

Se estudiaron cuatro voluntarios sanos del sexo masculino de 30 a 35 años de edad. Se les practicaron dos pruebas de tolerancia a la glucosa, sin dieta previa y después de 12 horas de ayuno, separadas entre sí por más de una semana. En ambas se administraron 75 g de glucosa por vía bucal, pero en la segunda prueba se administraron 100 g (peso crudo) de tallos de nopal no clasificado (*Opuntia* sp.) asado 20 minutos antes de la glucosa. Se tomaron muestras de sangre venosa a los 0, 60, 120 y 180 minutos.

Inmediatamente después de extraída la muestra se determinó la glucosa con método automatizado de neocupreína.

Algunos de los resultados fueron los siguientes:

En la prueba con nopal la glucemia y la insulina séricas resultaron menores.

Los valores medios de glucagon, cortisol y hormona de crecimiento fueron mayores en la prueba con nopal pero, excepto el glucagon a los 120 minutos, no resultaron significativamente diferentes de la prueba sin la ingestión previa de nopal. No se conoce el mecanismo de acción, pero podría deberse a una disminución de los niveles sanguíneos de las hormonas capaces de elevar la glucemia, por lo que se investigó la acción de la administración del nopal (*Opuntia* sp.) sobre los niveles sanguíneos de glucagon, cortisol, hormona de crecimiento, insulina y glucosa durante una prueba de tolerancia a la glucosa por vía bucal.

No se sabe cuál es el principio activo del nopal que tiene acción sobre el metabolismo de los glúcidos. Ciertas especies de nopal contienen la enzima isomerasa de la glucosa 6-fosfato, a la que algunos autores han atribuido el efecto que produce la ingestión del nopal sobre la glucemia. Sin embargo, los menores niveles de glucemia e insulina que se observaron en éste y en un estudio previo se obtienen también con la ingestión de fibras dietéticas, de modo que es probable que las fibras contenidas en el nopal sean las causantes de estos resultados.

Se ha supuesto que las fibras dietéticas reducen la

absorción intestinal de glucosa, pero este hecho no se ha comprobado en algunos experimentos. La disminución de la reacción de la insulina a la ingestión de glucosa con el uso de fibras puede hacer pensar en una mayor sensibilidad a la insulina. Con dietas ricas en fibras y carbohidratos aumenta la capacidad de los receptores celulares de la insulina. La reducción de glucosa e insulina que se observó antes de administrar la glucosa en este estudio hace también sospechar una mayor sensibilidad a la insulina inducida por la ingestión del nopal.

Aunque el número de casos estudiados fué pequeño, según los resultados de este estudio, no parece que las hormonas con efecto hiperglucemiante: glucagon, cortisol y hormona de crecimiento, desempeñen una función importante en la menor reacción de glucosa e insulina sanguínea que induce la ingestión de nopal. Por lo contrario, se observó cierta tendencia a mayores niveles séricos de estas hormonas en la prueba de nopal. No se puede descartar que la concentración sanguínea de adrenalina, hormona con acción hiperglucemiante que no se midió, pudiera experimentar alguna modificación. Frati-Munari et al. (1987), publicaron el artículo "Estudios sobre el mecanismo de la acción hipoglucemiante del nopal" reportando lo siguiente:

Se ha demostrado en animales de experimentación que la administración de extractos de tallos del nopal *Opuntia streptacantha* Lemaire, por vía bucal, produce disminución de la glucemia y de la reacción insulínica a la aplicación parenteral de glucosa. En humanos sanos, obesos y diabéticos se ha observado que la administración por vía bucal de tallos de nopal no clasificado (*Opuntia* sp.) durante un tiempo breve provoca disminución de los niveles en ayuno de glucosa e insulina basales y en respuesta a la carga oral de glucosa, eran menores que en la prueba testigo. Estos efectos se han atribuido a la presencia de fibras dietarias o a sustancias hipoglucemiantes aún no identificadas.

En cada experimento se administraron por vía bucal 100 g de tallos tiernos de nopal no clasificado (*Opuntia* sp.), licuados en un aparato convencional y mezclados con 100 ml de agua.

Se estudiaron 16 voluntarios sanos mayores de 18 años, divididos en los siguientes tres grupos. (1) en cinco.

individuos a quienes se les administró solamente el licuado total del nopal, se obtuvieron muestras de sangre venosa a los 0, 30, 60, 120 y 180 minutos en las que se determinaron glucosa e insulina sérica. (II) A seis individuos se les administró el licuado del nopal y se les realizó una prueba de tolerancia a la glucosa (25 g) intravenosa con mediciones de la glucemia a los 0, 5, 15, 30, 60 y 120 minutos. El nopal se administró después de la muestra basal e inmediatamente antes de la inyección de la glucosa. (III) A cinco voluntarios se les administró por vía bucal el licuado del nopal mezclado con 75 g de glucosa y se hicieron mediciones de glucosa sérica a los 0, 30, 60, 120 y 180 minutos.

Algunos de los resultados se presentan a continuación: Al administrar solamente el nopal, no se observaron variaciones significativas.

En las pruebas de tolerancia a la glucosa intravenosa no se encontraron diferencias significativas.

Sin embargo en las pruebas de tolerancia a la glucosa por vía bucal, al administrar el nopal mezclado con la glucosa se encontraron cifras de glucemia significativamente menores a los 60 y 180 minutos.

La ingestión sola del licuado de tallos frescos del nopal no produjo una disminución apreciable en la glucemia, lo que significa que el nopal utilizado en este experimento no tiene una acción hipoglucemiante directa en los humanos. Tampoco se observó alguna modificación de los niveles sanguíneos de insulina. Por otra parte la glucosa e insulina sanguíneas no aumentaron con la ingestión de nopal, lo que concuerda con el pobre contenido energético de la planta: 100 g de nopal contienen aproximadamente 19.93 kcal.

La administración de los tallos licuados de la *Opuntia* sp. tampoco produce un efecto hipoglucemiante directo en condiciones de hiperglucemia en los humanos, como se demuestra en la prueba de tolerancia a la glucosa por vía intravenosa. En cambio, al administrar la planta mezclada con la dosis de dextrosa, sí se observó una disminución en la elevación máxima de la glucemia como respuesta a la carga de glucosa por vía bucal. Esto último sugiere que el nopal utilizado actúa disminuyendo la absorción intestinal de la glucosa, en forma similar a lo observado con

diversas fibras dietarias, que aparentemente adsorben la glucosa e impiden su absorción.

Estos resultados difieren en algunos aspectos de los obtenidos en los estudios realizados previamente en los humanos, en los que la glucemia en ayuno también disminuyó por la ingestión de tallos de nopal, lo que hacía sospechar la presencia de una sustancia con propiedades hipoglucemiantes. En estos estudios la forma de preparación fué distinta ya que en el actual se utilizó nopal crudo licuado y en los previos fue nopal asado y entero; la acción de las fibras dietarias varía según el estado físico y su preparación.

En ninguna de estas investigaciones se clasificó el nopal, por lo que también es posible que se hayan estudiado diferentes especies. Las diferentes especies del nopal tienen proporciones muy distintas de fibras dietarias (pectina y celulosa) que varían desde 3.1 a 12.7% de su peso. Los resultados también son distintos de los obtenidos en animales con *Opuntia streptacantha* en los que el efecto hipoglucemiante se demostró en pruebas de tolerancia a la glucosa parenteral. Estos pueden deberse a las diferencias biológicas entre el hombre y los animales de experimentación o probablemente a que se usaron diferentes especies de nopal. *O. streptacantha* tiene una concentración de pectina y celulosa similar o menor a la de otras especies de nopal, por lo que en todo caso, la acción observada en animales podría deberse a otras sustancias. Además la dosis de nopal según el peso fué mayor en los animales que en los humanos.

Los resultados de este estudio sugieren que la ingestión de nopal no clasificado (*Opuntia* sp.) produce disminución de la elevación máxima de glucosa en una prueba de tolerancia oral al glúcido, probablemente interfiriendo la absorción intestinal de la glucosa, y demuestra que esta planta no tiene un efecto hipoglucemiante directo. Sin embargo estos resultados no excluyen que otras especies de nopal (v. gr. *O. streptacantha*) puedan contener alguna sustancia con acción hipoglucemiante verdadera. El nopal en la homeopatía

Bucay et al. (1987) elaboraron el siguiente reporte después de hacer investigaciones sobre el uso del nopal en la medicina homeopática. Estos estudios se hicieron con una especie de nopal conocida con diferentes nombres que aquí,

se mencionan.

*Opuntia dillenii*, vegetal de la familia Cactaceae, recibe otros nombres botánicos: *O. vulgaris* Mil.; *O. italica* Ten.; *O. humifusus*, *O. maritima* y *O. humifusa* Raf.; *O. intermedia* Salm.; *O. Opuntia* Britt. & Rose y *Cactus Opuntia* L.

Es una planta arbustiva de tallos gruesos, suculentos, planos y ampliamente ovados, con hojas cuando joven y espinas al aumentar en edad con inflorescencia consistente en flores solitarias, grandes, de color amarillo-azufre y no efímeras que aparecen de junio a julio sobre los bordes o crestas de las pencas: El fruto ovoide es una baya comestible con numerosas semillas aplanado-reniformes.

En clínica terapéutica homeopática se usa la tintura obtenida de la flor fresca, diluida y dinamizada por la escala centesimal para el tratamiento de diferentes síndromes: disturbios mentales, manías, glaucoma, fragilidad capilar, neuralgias, odontologías, sialorrea, disfagia, gastritis, atonía y ptosis de intestinos, congestión e hipertrofia hepática, subictericia, hemorroides por esfuerzo, espasmo, contracturas musculares con parestias, dolores óseos en pequeñas articulaciones, escalofrío, cistitis con poliuria y hematuria, fatiga y disnea. Comparativamente en medicina tradicional se ha usado en: problemas reumáticos, gota, heridas recientes, úlceras crónicas, litiasis ("mal de piedra"), pleuresía, pulmonía, para acelerar el parto, afecciones cutáneas, erisipela y dolor de oídos; se utilizan: el jugo de la planta oralmente y las pencas descoartezadas y calentadas aplicadas localmente.

#### 7.1.2.- El nopal como forraje

Hay algunas regiones de nuestro país donde las condiciones climáticas son tan extremas que por años no llueve; la consiguiente escasez de humedad limita en extremo el desarrollo de las plantas especialmente las del tipo útil para forrajes de los animales. El nopal en estas zonas, por lo tanto, llega a ser vital porque reúne.

las condiciones de dar un poco de alimento y mucha agua para sus organismos, ya que, las condiciones climáticas de altas temperaturas reinantes requieren un gasto elevado de dicho líquido y afortunadamente esta planta se las puede proporcionar.

En muchas regiones ganaderas, sobre todo en el Norte de la República, el nopal es un recurso forrajero que debe protegerse de la explotación irracional como, por ejemplo, el pastoreo directo o el corte excesivo practicado por el hombre. En la mayoría de los casos, estas prácticas contribuyen a la desaparición de los nopales.

No solamente sirve en casos de emergencia, cuando los otros forrajes se vuelven escasos o costosos. También puede emplearse con provecho en la alimentación diaria normal, mezclados con alimentos concentrados.

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

En la altiplanicie especialmente en los lugares en donde escasean los forrajes, el uso de la penca del nopal es muy valioso especialmente las variedades sin espinas, o bien las variedades silvestres que para utilizarse debido a la gran cantidad de espinas que tienen, deben sufrir una previa quemá o "chamusque". En las zonas donde no hay riego y en donde por lo tanto, se carece de forrajes de complemento, el nopal se constituye en opción interesante, dado que la succulencia y contenido de nutrientes de éste no es del todo despreciable.

Se acostumbra suministrar nopal a las ovejas madres durante el periodo del parto, cuando el rebaño se sostiene a base de alimentos succulentos, como pasto verde fesco, heno de maíz tierno, pulpa de remolacha y otras sustancias análogas.

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

un mayor precio en el mercado.

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

Muchas especies de nopales silvestres se pueden aprovechar en la alimentación del ganado y, aunque todos tienen la armadura espinosa, hay algunas con las espinas tan suaves que los animales las pueden comer sin peligro.

Una res adulta puede consumir de 30 a 60 kilos de nopales al día. Es más conveniente es combinarlo con pequeñas cantidades de alimentos concentrados.

El análisis bromatológico del nopal revela un gran porcentaje de agua y esto se considera como una prima de seguro contra la escasez de forraje.

El mapa No. 2 indica las regiones donde el cultivo del nopal para forraje tiene gran importancia tanto para alimentación del ganado como en otras esferas de la actividad económica. Flores Valdez et al. 1977 reportan en "El nopal como forraje" que en México los resultados experimentales de cultivar nopal han sido positivos, de tal manera que no solo se obtiene más materia seca, proteína y nutrientes digestibles totales por ha. con nopal, que con otros forrajes, sino que el kg. de cada uno de estos nutrientes es más barato.

El país cuenta con gran potencial forrajero dada la superficie de nopaleras naturales existiendo así mismo una importante industria de transportistas, expendedores y productores de leche en base al nopal. Los productores que cuentan con nopal, lo utilizan con el ganado bovino para carne y el ovino-caprino durante las épocas malas (en ocasiones todo el año).

Los valores de los principios inmediatos del nopal son muy variables; dependiendo del género, especie y variedad de que se trate, así como de la precipitación pluvial reciente, edad y posición de las pencas en la planta.

La digestibilidad de los nutrientes del nopal es buena y.

variable por época del año, edad de las pencas, consumo de nopal, tipo de alimento con que se complementa y estado o tratamiento a que se sometió el forraje.

El consumo de nopal es alto para los bovinos y los ovinos y diferenciado según el contenido de humedad y variedad de nopal.

Los problemas que se presentan al alimentar ganado con nopal son diarreas, timpanismo y heridas en la boca.

El nopal es muy valioso como fuente de agua el permitir a los animales de especies menores soportar meses sin beber y a los animales mayores hecerlo únicamente dos o tres veces a la semana .

Los resultados de alimentar él ganado con nopal comprueban que éste es un forraje valioso y costeable ya que este se encuentra en forma silvestre, además de resolver problemas durante las sequías. Existe información suficiente sobre el valor nutritivo del nopal y los factores que lo afectan como para desarrollar formas de utilización y sistemas de producción animal que involucran al nopal como elemento importante.

## 7.2. Tuna

Las plantaciones de nopal tunero se encuentran localizadas principalmente en el Estado de Hidalgo y en el Estado de México. En este último están distribuidas en los Municipios de San Martín de las Pirámides, Otumba, Teotihuacán, Nopaltepec, Temascalapa, Zumpango y Atlacomulco. Todas estas plantaciones están dedicadas a la producción de tuna blanca y las especies para este fin corresponden a *Opuntia ficus indica* (nopal de Castilla) y *O. amyclaea*, esta última conocida como tuna blanca de Alfajayucan. Produce dos tipos de frutos, variedad redonda y variedad alargada. esta última es de gran aceptación para consumo como fruta de mesa en los mercados de la ciudad de México y del centro del país. Esta preferencia se debe a que presenta las siguientes características: sabor agradable, cáscara delgada, poca semilla y a que los aguates se caen con facilidad.

Cabe mencionar que existen otros estados de la República donde la producción de tuna es considerable, sin llegar a la producción de los estados antes mencionados.

La producción de la tuna es anual y la maduración del fruto es aproximadamente de seis meses. Una vez maduro este se corta de manera manual, utilizando guantes de cuero. En esta operación se toma el fruto por la parte media inferior y se le da un giro mayor a 90 grados inclinándolo para separarlo del nopal; el giro es importante debido a que si no es el adecuado se causan heridas en la base de la tuna, lo que facilita la putrefacción de la misma y ésta, a su vez, puede constituir una fuente de infección para otros frutos sanos. Posteriormente se colocan las tunas en el suelo, ya sea sobre un tapete o sobre la hierba y se procede a desahuatar, para lo que se usa una escoba con la cual se barre la superficie de las tunas y de esta forma se desprenden los ahuates. Inmediatamente se seleccionan los frutos con base en su tamaño y forma, se empacan en cajas y se trasladan a los centros de consumo.

La Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial por medio del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional de 1985 reportó los siguientes datos para la tuna:

Superficie sembrada (Ha)	27 401
Superficie cosechada (Ha)	14 156
Rendimiento (Ton/Ha)	13 042
Producción (Ton)	184 624

Mapa No.3 muestra los estados de la República donde existe producción importante de tuna.

La tuna, que es el fruto del nopal (Orta Galindo et al. 1977), tiene un peso promedio entre 30 y 180 g, dependiendo de lo grueso de la cáscara. Su maduración comienza en los meses de junio y julio, cubierta por un epicarpio (cáscara) con ahuetes.

Es una baya unicelular, de forma ovoide, sus dimensiones y coloración pueden variar según la especie, de 4 a 12 cm de longitud y de color rojo, morado, anaranjado, amarillo rojizo, amarillo canario o amarillo limón. No siempre el color de la cáscara de la tuna es el mismo del de la pulpa o el de ésta puede ser menos intenso.

El pericarpio o cáscara de este fruto carnoso está forrado exteriormente por una cutícula delgada, pergaminosa, opaca o lustrosa y provisto de pequeños tubérculos aislados repartidos proporcionalmente, los cuales por lo general tienen numerosos grupos de espinas. La parte carnosa de la cáscara es mucilaginoso, posiblemente de constitución parenquemática celular para las coloraciones de las partes del fruto.

La pulpa es carnosa y está formada por los funículos largos y esponjados de las semillas, las cuales contienen jugos azucarados de coloración clara (más que la cutícula).

Cada semilla con sus funículos forma una unidad globular, las que estrechamente unidas entre sí forman la globosidad de la pulpa.

Las semillas se encuentran proporcionalmente repartidas en todo el volumen de la pulpa. Su número, forma, tamaño y color varía según la especie: en las tunas chicas puede haber cincuenta y cien en las grandes. Las semillas son ovoides y aplanadas. Su envoltura exterior es parda amarillenta o bien listada café oscuro, brillante o mate, siendo su constitución de tal dureza que casi no es masticable y no es digerible. Se ha encontrado que el total de semillas de un fruto logran como promedio un 4.5% del peso total del mismo en algunas variedades cultivadas y silvestres. Escamilla Hurtado et al. (1977) realizaron el trabajo "Proyecto para la industrialización de la tuna" e hicieron una investigación preliminar para determinar los estudios efectuados con anterioridad acerca de la tuna. Los resultados se describen a continuación:

Las formas más comunes como ha sido consumida la tuna son las siguientes:

Como tuna entera:

Tuna cristalizada, dulce de tuna, pasas de tuna.

La pulpa como:

Fruta de mesa, melcocha, queso de tuna, miel de tuna, jalea, colonche, curado de tuna, jugo natural, mermelada de tuna.

La cáscara como:

Alimento para cerdos, alimento para aves de corral.

Después de análisis bromatológicos, determinación de pH, gravedad específica, técnicas para conocer la calidad de la pectina y técnicas para la determinación del aguardiente, se prosiguió a los análisis bromatológicos de las Tunas Cardona y Xoconoztle para tener la:

- Determinación del tiempo de conservación de la Tuna Cardona.
- Obtención de pectina a partir de la cáscara de la Tuna Cardona (Opuntia Streptacantha). - Obtención de jarabe de Tuna Cardona.
- Obtención de aguardiente de la Tuna Cardona (Opuntia Streptacantha).
- Obtención de Mermelada de Tuna Xoconoztle.
- Obtención de Xoconoztle encurtidos con chile.
- Obtención de encurtidos de Xoconoztle por fermentación Láctica.

Todo lo anterior se hizo a nivel laboratorio para poder realizar posteriormente el proyecto de la planta para la industrialización de la tuna. Orta Galindo et al. (1977) realizaron el trabajo "Anteproyecto de una planta deshidratadora de jugo de tuna", por medio de evaporación y secado por aspersión.

De los estudios previos a la elaboración del trabajo reportan lo siguiente:

Los diferentes usos para el aprovechamiento del nopal son:

a) La planta.

1. Para plantaciones ordenadas, con fines forrajeros, comerciales o industriales.
2. Para repoblar montes destruidos.
3. Para reforestar zonas semidesérticas.
4. Plantaciones para evitar la erosión del terreno y arrastre que azolvan presas y obras hidráulicas.
5. Plantaciones para fijar dunas en los litorales.
6. Para arboledas de cortinas rompe vientos.
7. Para construir cercas y setos vivos.
8. Para plantaciones de cría de cochinitilla, productoras de colorantes, o bien goma laca.

b) La penca.

1. Como forraje verde, de tiempo, e invierno para ganado.
2. Como forraje ensilado, achicalado, deshidratado.
3. Como alimento del hombre, (nopalitas).
4. Para mitigar la sed de los animales.
5. Para la elaboración de anticorrosivos.
6. Para la elaboración de caucho sintético.
7. Partida en trozos y puesta al agua para clarificarla.
8. Para la elaboración de medicamentos.
9. Para la elaboración de desincrustantes.
10. Para la elaboración de perfumeria y artículos de belleza.

c) La fruta.

1. La pulpa como fruto y alimento del hombre.
2. Como forraje verde para ganado.
3. Para la venta como fruto de tiempo.
4. Para jugo natural de tuna.
5. Para la venta como fruto de almacenamiento.
6. Para la elaboración de mermelada.
7. Para la elaboración de miel de tuna.
8. Para la elaboración de colonche (bebida fermentada).
9. Para la extracción de colorante.
10. Para la elaboración de alcohol.
11. Para la elaboración de vino.
12. Para la elaboración de azúcar.
13. Para la elaboración de vinagre.
14. Para la elaboración de mieles industriales.
15. Para la elaboración de frutas cristalizadas.

d) Cáscara de la tuna.

1. Como forraje verde para ganado.
2. Como forraje ensilado, achicado y deshidratado.
3. Como materia prima para alimento compensado.
4. Para pastas forrajeras, cuyo valor alimenticio dado su elevado porcentaje de grasa es inferior al poder nutritivo del maíz, solo en 25%.
5. Después de tostar un poco la semilla para destruir en parte la corrosión de la testa, se machaca, luego se prensa con energía y se obtiene el aceite.

e) La fibra del nopal.

1. Para tejidos bastos.

f) La parte leñosa del nopal.

1. Para combustible leñoso y materias orgánicas de suelos.

g) La flor.

1. En apicultura.

2. Como ornato.

h) La baba del nopal.

1. Como anticorrosivo.

La Asociación Mexicana de Microbiología y la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad de Puebla realizaron el trabajo "Producción de proteína unicelular a partir de jugo de tuna" que muestra los siguientes resultados:

"...la tuna cardona, *Opuntia streptacantha*, fué seleccionada para realizar este trabajo en base a que se encuentra ampliamente distribuida y en gran densidad en el Edo. de Zacatecas, siendo la producción anual, solamente en catorce municipios de dicho Estado, de un millón de toneladas. Esta producción se desaprovecha casi íntegramente, ya que no tiene un alto consumo como fruta fresca por su gran contenido de semillas, y los productos elaborados rústicamente como son el queso de tuna, el colonche, que es una bebida alcohólica, tienen un mercado muy reducido."

Los primeros estudios para su aprovechamiento fueron encaminados al consumo humano en forma de jalea, mermelada y jugo. De la semilla, con un contenido aceptable de proteína, se obtiene un aceite comestible.

La tuna cardona presenta características excelentes en base a su contenido en carbohidratos, así como otros nutrientes, (ver tabla No.2) lo cual dió margen a su utilización como fuente de carbono en la producción de proteína unicelular, usando una levadura, *Candida sp.* como convertidor de este sustrato a proteína de alta calidad en un corto tiempo. La biomasa obtenida presentó un contenido de 50% de proteína cruda y 10.5% de ácidos.

nucléicos. Los rendimientos aproximados fueron del orden de 3 kg de pasta celular por 100 kg de bagazo, el cual puede ser empleado en alimentación animal.

Tabla No. 2

ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA TUNA

ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA TUNA CARDONA

DETERMINACION	CASCARA		PULPA		SEMILLA *	
	b.h. o/o	b.s. o/o	b.h. o/o	b.s. o/o	b.h. o/o	b.s. o/o
Humedad	87.00	--	85.00	--	5.01	--
Proteína cruda	0.51	4.11	0.50	3.74	10.63	11.19
Grasa cruda	0.39	3.26	0.53	3.53	11.79	12.41
Cenizas	1.91	15.01	0.20	1.33	1.63	1.72
E. L. N.	10.19	77.62	13.77	91.40	71.02	74.68

b.h. = base húmeda  
 b.s. = base seca  
 E.L.N. = extracto libre de nitrógeno

\* secada al aire.

TABLA 2

### 7.3.- Cochinilla

#### Aspecto Histórico.

Desde la Epoca Colonial, los españoles acostumbraban llamar indistintamente grana o cochinilla, tanto al insecto vivo como al colorante extraído del mismo. Estos mismos términos se aplicaban al referirse a la grana fina o a la silvestre.

Por este motivo en la literatura de la época, se menciona que "hay grana" en tal o cual lugar, sin especificar a que tipo de grana se alude; ésto desde luego ha sido motivo de muchas confusiones.

En esta forma algunos viajeros, historiadores y naturalistas, desde finales del siglo XVI escribieron diversos artículos y tratados al respecto. Desgraciadamente la mayoría de estos autores conocían poco o nada de primera mano, por lo que solo consignan datos recabados de terceras personas.

A partir del siglo XVIII se comenzó a introducir el cultivo de la grana desde Oaxaca, tanto a otras zonas de la república como a otros países, con no muy buenos resultados; hasta que cerca del año de 1824 se llevó a Perú y a las Islas Canarias, en donde el cultivo fue exitoso.

Al extenderse el cultivo de la grana a otros países, esta actividad fue decayendo en México hasta su virtual desaparición. En la actualidad el mercado mundial de la grana es abastecido en un 85% por el Perú y el restante 15% por Canarias.

La grana es un insecto (*Dactylopius coccus*) que vive como parásito en diferentes especies de nopales y del cual se obtienen valiosos colorantes. Durante muchos años, México fue el principal productor de grana y en la Epoca de la Colonia constituyó -junto con el oro y la plata - la principal fuente de divisas para la Nueva España.

El insecto fue objeto de cultivo desde épocas remotas, recibiendo el nombre de "grana cultivada" o "grana fina", ya que existen otras especies del mismo género que se desarrollan en forma espontánea, es decir no son objeto de cultivo, por lo que se les llama "grana silvestre" o "grana corriente".

La aparición de los colorantes sintéticos, abatió el mercado mundial de la grana durante muchos años; sin embargo

en épocas recientes, se presenta una gran demanda para este colorante, para su uso en diferentes industrias.

Existen dos teorías respecto al lugar de origen de la "grana fina":

La primer teoría indica que se originó en el Perú, de donde fué traída a México desde antes de la Conquista, lo que se fundamenta por una parte, en algunas citas bibliográficas de los siglos XVI y XVII, en las que se afirma que la grana se cultivó en las regiones costeras ubicadas al norte de Lima; y por otra parte en los trabajos del químico Fester(7), quien identificó el ácido Carminico (principio colorantes del género *Dactylopius*) en muestras textiles prehispanicas, procedentes del Perú.

Existe la salvedad de que los autores de las citas mencionadas - no siendo especialistas- puedan referirse a otras especies del género *Dactylopius*. En cuanto a Fester, no afirma concretamente que el ácido carminico identificado, proceda de *D. coccus*.

La segunda teoría, sostiene que la grana fina se originó en México -en la zona mixteca del estado de Oaxaca,- de donde fué llevada junto con sus nopales hospederos durante el siglo XVIII, al Perú, entre otros lugares (Ignacio Piña Lujan).

La grana o cochinilla es un producto formado por los cuerpos secos de las hembras adultas de un insecto, cuyo nombre técnico es: *Dactylopius coccus* y que pertenece a la familia *Dactylopidae*, del orden *Homoptera*. De este insecto se obtienen valiosos colorantes empleados tanto a nivel artesanal, como industrial.

Sus constituyentes químicos son 10% de ácido carminico (es el principio colorante), 40% de materia protéica, 10% de grasas (principalmente triglicéridos), 2% de ceras y 2% de cenizas.

Comercialmente existen cuatro presentaciones:

A) El producto tal cual, o sea la grana seca y limpia, que es empleado por los artesanos para colorear materias textiles.

B) Productos industrializados como son:

-El extracto de cochinilla o sea la solución acuosa del colorante, que es empleado en las industrias alimentaria.

y farmacéutica.

El carmín, que es una laca de aluminio, o calcio y aluminio en un sustrato de hidróxido de aluminio del colorante y es empleado en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmetológica; así como en la elaboración de pigmentos artísticos.

El ácido carminico que es el principio colorante obtenido por purificación y cristalización, que es empleado como indicador y reactivo químico, en tinciones histológicas y bacteriológicas; así como en la industria fotográfica.

En años recientes, existe una marcada tendencia mundial para sustituir a las anilinas, por productos naturales (de origen animal o vegetal), debido a los numerosos casos reportados de alergias producidas por sustancias alimenticias, cosmetológicas y medicinales, en las que se emplean colorantes sintéticos. Por otra parte los colorantes del tipo conocido como "Rojo No. 2" ampliamente usados en la industria alimentaria, han sido señalados como agentes carcinógenos.

Gracias a esto la grana ha adquirido nueva demanda en los mercados y se le cotiza a precios cada día mas elevados.

México y concretamente el Estado de Oaxaca fue la patria de la grana y su principal productor durante muchos años.

Actualmente casi se ha extinguido el cultivo de la grana en nuestro país. En el mismo Estado de Oaxaca existen numerosos talleres dedicados a la manufactura de sarapes y cobijas típicas, que son objeto de exportación. Estos artesanos importan grana a precios considerables, principalmente del Perú.

Cultivo de la grana o cochinilla.

La grana fina vive parasitando varias especies de nopales, de las cuales las más adecuadas para el cultivo son: el Nopal de Castilla (*Opuntia ficus-indica*) y el Nopal de San Gabriel (*Opuntia tormentosa*).

Estos nopales deben plantarse en huertos, formando surcos situados a 1.20 m uno del otro (83 surcos por ha.) y a 36 cm entre planta y planta (274 plantas por surco). Esto da una densidad de números redondos de 22 800 plantas por hectáreas.

Estas nopaleras -para ser infestadas con grana-deberán tener una altura de 1.20 m aproximadamente y un promedio de 10 pencas por planta. Deberán asimismo, estar protegidas con cubiertas (que en Oaxaca son llamadas tapexcos), hechas con ramas o con petates.

Para propagar la grana en los nopales, se colocan alrededor de 150 hembras próximas a ovipositar, en unos tenates especiales que a su vez son colocados en los nopales; para que al nacer las crias salgan de los tenates y se distribuyan por toda la planta.

Los tenates se cambian diariamente a otros nopales por un período de 15 días, que es lo que las hembras duran ovipositando. Al terminar la oviposición, las hembras mueren y son extraídas de los tenates para almacenarse, constituyendo, lo que se llama "grana negra". Pasando unos 90 días los insectos alcanzan su madurez, se aparean y las hembras quedan listas para ovipositar, con lo que se inicia un nuevo ciclo biológico. Es entonces cuando se realiza la recolección o cosecha, destinando una parte de los insectos a infestar otras nopaleras y otra parte para secarse al sol. Este último material constituye la llamada "grana blanca". Se requieren unos 130 000 (ciento treinta mil) insectos para formar un kilogramo de grana negra y unos 80 000 (ochenta mil) para formar un kilogramo de grana blanca. Ambas son empleadas como colorante.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- De acuerdo con el valor nutritivo del nopal reportado y la importancia que tiene en la alimentación de los mexicanos, se recomienda tomarlo como un complemento alimenticio.
- 2.- Los estudios realizados sobre el poder hipoglucemiante del nopal nos indican que todavía no se puede recomendar como una alternativa en la medicina para la curación de la diabetes.
- 3.- En cuanto a la pérdida de peso corporal al consumir nopal, existen otros alimentos que lo pueden sustituir ya que contienen fibra que hace que haya un cambio en el aparato digestivo.
- 4.- El método de congelación como método de conservación del nopal no se recomienda, ya que la calidad de éste se ve seriamente afectada tanto por daños por frío a medida que se reducen las temperaturas de almacenamiento, como por daños por putrefacción a medida que se incrementan las mismas.
- 5.- El método de conservación que se considera mas viable es el que implica una inmersión en cera de candelilla. Por medio de este tratamiento la vida útil de los nopales, se ve incrementada aproximadamente en un 50%.
- 6.- Otra forma de conservar el nopal pero en la penca completa es el utilizado para el transporte de las mismas, envolviendo las pencas en periódico, estando ya enraizadas.
- 7.- Para la industrialización del nopal se reportan diferentes formas de preparación, y estas se recomiendan como cualquier otro proceso de conservación, pero se vió que no es rentable en ninguna forma de presentación debido a que el nopal se vende en su.

mayoría fresco que es como el consumidor lo prefiere, además de que en la industrialización el costo se eleva a precios tales que no hay quien se arriesgue a una inversión de este tipo.

- 8.- Los dulces cristalizados de nopal son una forma de industrializarlo que ha tenido gran éxito ya que forma parte de los dulces típicos Mexicanos. Este proceso lo hacen solamente las personas que viven en los sitios donde el nopal forma parte de la economía del lugar. Su industrialización es a pequeña escala.
- 9.- El uso del nopal en cosméticos, también se lleva a cabo a pequeña escala, y estos productos se encuentran en ferias, que realizan los productores de nopal, o en las mismas ciudades donde los producen.
- 10.- El nopal en el uso de impermeabilizantes, es un proceso que todavía no está bien definido para su venta, pero ya se han realizado pruebas con mucho éxito.
- 11.- Se habla mucho sobre la goma del nopal para la fabricación de pinturas, líquidos fijadores de fotografías, pero esto aún no ha sido reportado.

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que el nopal tiene un potencial enorme para su industrialización enorme ya que se está utilizando en diversas áreas, y es una planta que producimos en México en gran cantidad.

Si se pudieran seguir investigando sobre esta cactácea tanto en medicina como en obtener métodos de conservación en fresco así como elaborar dietas donde el nopal aportara sus nutrientes, sería una forma de aprovechar al máximo esta planta que por tantos años nos ha acompañado y ha sido tan poco estudiada.

## IX. BIBLIOGRAFIA

Alvarez Rivero José Carlos, Deshidratación del nopal en operación piloto, Universidad Iberoamericana, México, 1964.

Asociación Mexicana de Microbiología y la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Puebla, "Producción de Proteína unicelular a partir de jugo de tuna", Tecnología Lanfi, vol. 2, num. 2, noviembre, 1975, pp16-18.

Badui Dergal S. Química de los alimentos, Ed. Alhambra Mexicana, 1982.

Bautista Castañón, R. y Granados Sánchez, D. "Agrosistemas Nopaleros del valle de México", Chapingo, vol 7, num 37-38, septiembre-diciembre 1982, pp 40-42.

Bravo-Hollis Helia, Las cactáceas de México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1978, 743 pp.

Charley H., Tecnología de Alimentos, Ed. Limusa, México, 1987.

Ciencia Forestal, Revista del Instituto Nacional de Investigaciones forestales, vol. 2, num. 5, enero-febrero, México 1977.

Colín Cano Bonifacio, "Industrialización del nopal y sus productos", Tecnología Lanfi, vol.II, num. 2, abril-junio, 1976, pp 11-13.

Comisión Nacional de Zonas Áridas, "El nopal". Publicación especial No. 34 Diciembre 1981.

Desrosier N., Conservación de Alimentos, Editorial CECSA, México, 1986.

Díaz Alvarez Juan Manuel, Proyecto para la instalación de una planta enlatadora de algunos productos alimenticios a,

base de nopal", Universidad Nacional Autónoma de México, 1979, 152 pp.

Dirección General de Agricultura, "Cultivo y aprovechamiento del Nopal, Chapingo, México, 1961.

Donkin R. A. "An Ethnogeographical Study of Cochineal and the Opuntia Cactus", transactions of the American Philosophical Society, Fellow of Jesus College, Cambridge, vol. 67, part. 5, 1977.

Duckworth, R.B., Frutas y Verduras, Editorial Acribia, España, 1968.

Erston, V.M., Fisiología Vegetal, Centro Regional de Ayuda Tecnológica, México, 1981.

Escamilla Hurtado M.L., Proyecto para la industrialización de la tuna, Tesis Universidad Nacional Autónoma de México, 1977.

Fernández Harp José Antonio, Frati Munari C., "Estudios hormonales en la acción del nopal sobre la prueba de tolerancia a la glucosa. Informe preliminar", Revista Médica-Instituto Mexicano del Seguro Social, vol. 22, num. 6, noviembre-diciembre, 1984.

Flores Valdez, C. A. y Bauer, R., "El nopal como forraje", Chapingo, Nueva Epoca, num. 7-8, septiembre-diciembre, 1977.

Frati-Munari Alberto, Fernandez Harp José A., "Efecto del nopal (Opuntia sp.) sobre los lípidos séricos y la glucemia y el peso corporal", Archivos de Investigación Médica, vol. 14, num. 2, abril-Junio, 1983, pp 117-125.

Frati-Munari Alberto, Fernández Harp José A., "Disminución de glucosa e insulina sanguíneas por nopal (Opuntia sp.)", Archivos de Investigación Médica, México, vol. 14, num. 3, julio-septiembre, 1983, pp 269-274.

Frati-Munari Alberto, Angeles Yever-Garces, "Estudis sobre el mecanismo de la acción "hipoglucemiante" del nopal (Opuntia sp.)", Archivos de Investigación Médica, México, vol. 18., num.1, enero-marzo, 1987, pp 7-12.

Frazier, W.C., Microbiología de los Alimentos, Editorial.

Acribia, España, 1985.

García Armando, Cultive nopal verdura, Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo.

Hernández Limas Luz María. La industrialización a nivel domestico del nopal y sus frutos en San Martín de las Pirámides, México, II reunión Nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal, junio 1987.

Ibañez-Camacho Rafael, Román Ramos Ramón, "Efecto hipoglucemiante del nopal", Archivos de Investigación Médica, vol. 10, num. 4, 1979, pp 223-230.

Larqué-Saavedra, Fisiología Vegetal: El Agua en las Plantas, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, 1980.

Lima Zavala Alfredo, El cultivo del Nopal, Milpa Alta, 1987.

Malpica, C.R., Conservación en Fresco del Pepino para Exportación, UNAM, México, 1980.

Orta Galindo M.C., Anteproyecto de una planta deshidratadora de jugo de tuna, Tesis Universidad Nacional Autónoma de México, 1977.

Pimienta Barrios, Mark Engleman, "Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del loculo maduro en tuna", Agrociencia, vol. 62, octubre-diciembre, 1985, pp 51-56.

Piña Luján Ignacio, "Observaciones sobre la grana y sus nopales hospederos en el Perú", Cactáceas Suculentas Mexicanas, vol. 26, num. 1, enero-marzo, 1981, pp 10-15.

Quintero, R.R., Ingeniería Bioquímica, Teoría y Aplicaciones, Editorial Alahambra, México, 1981.

Ramayo Ramirez L., Saucedo Veloz C., "Prolongación de la vida de almacenamiento del nopal hortaliza (opuntia inermis Coulter) por refrigeración", Chapingo Nueva Epoca, num. 10, marzo-abril, 1978, pp 30-32.

Ramayo Ramirez L., Saucedo Veloz C., "Causas de altas pérdidas en el nopal hortaliza (opuntia inermis Coulter) almacenado por refrigeración y su control", Chapingo.

Nueva Epoca, num. 10, marzo-abril, 1978, pp 33-36.

Ramirez Mario, Cultivo, Explotación y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo Nueva Epoca, Marzo-abril 1979.

Ramirez Medina Germán, Perspectivas de la utilización del nopal y de la tuna, tesis Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.

Real Sociedad Económica de Amigos del País de Cádiz, Instrucción sobre el cultivo del nopal y cria de la cochinilla de América, num. 1, 1825. Resúmenes., II Reunión Nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal, México, junio 1987.

Román Ramos, "Una observación clinica sobre el efecto hipoglucemiante del nopal (opuntia sp.)", Medicina tradicional, vol. 3, num. 10, 1980, pp 9-11.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraulicos, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional 1982.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional 1983.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional 1984.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional 1985.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Guía para cultivar nopal tunero en el estado de Puebla, Folleto Técnico Num. 4, enero, 1982.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, El campo Experimental forestal de zonas áridas de la Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, Líneas de investigación y resultados, Boletín Divulgativo, num. 36, abril, 1978, (2da. edición).

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Balderama Gomez Jaime, Becerra Vela Juan J., Estudio del Mercado Internacional de la tuna, junio 1987.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, El nopal, su mejoramiento y utilización en México, mayo,

1981.

Villarreal Gutierrez Alfonso, El nopal, Chapingo México, 1969. pp 210-220.

Yabuta Yoshiko, Selección del método mas viable para la conservación del nopal, Universidad Nacional Autonoma de México, Tesis, 1988, 142 pp.