

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Producción de nopal verdura en macrotunel

Por:

COYOLICALTZIN CHÁVEZ CUACHE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Abril, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de nopal verdura en macrotunel

Por:

COYOLICALTZIN CHÁVEZ CUACHE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

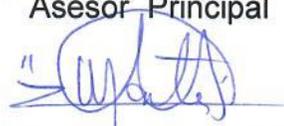
Jurado examinador:



Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Asesor Principal



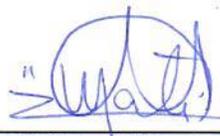
Ing. Eliseo Raygoza Sánchez
Co asesor



M.C. Víctor Martínez Cueto
Co asesor



M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Co asesor



M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Abril, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de nopal verdura en macrotunel

Por:

COYOLICALTZIN CHÁVEZ CUACHE

TESIS

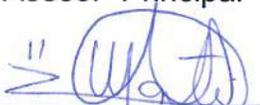
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Asesor Principal


Ing. Eliseo Raygoza Sánchez
Co asesor


M.C. Víctor Martínez Cueto
Co asesor


M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Co asesor


M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Abril, 2018

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Vicente de Paul Alvarez, asesor principal, por ser buen maestro y amigo, por su infinito apoyo al mostrar siempre total disponibilidad para atender mis dudas , por su paciencia para realizar esta investigación.

A mis asesores Ing. Elíseo Raygoza Sánchez, M.C. Víctor Martínez Cueto, M.C. Edgardo Cervantes Alvarez, por colaborar en este trabajo de investigación.

A mis amigos, que confiaron en mí y me dieron su apoyo durante mi estancia en la universidad.

DEDICATORIAS

A mis padres, Pablo Delfino Chávez Vásquez y Reyna Cuache Méndez: por ser el motivo que me inspira a seguir adelante dedicado especialmente para ellos para demostrarles con este trabajo de investigación un poco del gran amor que les tengo .

A DIOS: Porque me ilumina en todos los aspectos, y escucharme.

A la Virgen María y a los Santos: Por guiarme por el buen camino.

A mis abuelos: Maximiliano, Enedina, Eladio y Josefina: por ser parte de mi familia.

RESUMEN

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) es una de las especies básicas en el consumo de los mexicanos, ya que en torno a este producto giran innumerables actividades económicas del campo e industria. Se ha utilizado como verdura, forraje y tuna. Actualmente México es el principal productor a nivel mundial siendo la principal zona productora Milpa Alta en el D.F. bajo condiciones de temporal. Sin embargo las condiciones climáticas que prevalecen en estas regiones, ocasionan que la producción se suspenda, disminuyendo su oferta e incrementando el precio del nopal verdura en el periodo invernal. En virtud de lo cual se planteó el presente trabajo con el propósito de producir nopal verdura en el periodo invernal cuando no existe producción bajo condiciones de campo. Se evaluaron cuatro variedades de nopal bajo condiciones de macrotúnel, para evaluar su producción en macrotúnel cuando existe déficit de este producto. Las variedades evaluadas fueron Chicomostoc, Chapingo, Narro y Copena. Las variables evaluadas fueron, fruto por planta, peso de fruto y rendimiento por hectárea en cinco cortes. Las cuatro variedades presentaron rendimiento similar con producción de 13.95 a 15.38 ton/ha respectivamente. En virtud de lo cual cualquiera de las variedades evaluadas puede ser utilizada en este sistema para la producción de nopal verdura en el periodo invernal.

Palabras clave: *Opuntia*, Nopal, verdura, macrotunel.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen	3
2.2 Distribución	4
2.3 Taxonomía	5
2.4 Morfología de la planta	7
2.4.1 Cladodios	8
2.4.2 Tallo	8
2.4.3 Raíz	9
2.4.4 Hojas	11
2.4.5 Flor	11
2.4.6 Fruto	12
2.5 Fisiología	12
2.5.1 Metabolismo	13
2.6 Longevidad	14
2.7 Clima	14
2.8 Producción de nopal verdura en México	15
2.9 Propagación	17
2.9.1 Selección del material	18
2.9.2 Época de plantación	19
2.10 Requerimientos agro climáticos del cultivo	19
2.11 Suelo	20
2.12 Preparación del terreno	20
2.12.1 Barbecho	21
2.12.2 Siembra	22

2.12.3 Fertilización.....	23
2.12.4 Poda.....	24
2.12.5 Riego.....	25
2.13 Época de cosecha	25
2.13.1 Cosecha.....	25
2.13.2 Producción.....	26
2.13.3 Rendimiento.....	26
2.14 Macrotúnel.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera.....	27
3.1.1 Localización del sitio experimental	28
3.2 Clima.....	28
3.4 Barbecho.....	29
3.6 Diseño experimental.....	30
3.7 Riego	30
3.8 Prácticas culturales.....	30
3.9 Cosecha.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIÓN.....	36
VI. LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación Taxonómica del nopal verdura.....	6
Tabla 2. Superficie cultivada con nopal verdura por estado en 1994.....	16
Tabla 3. Valor nutritivo del nopal verdura (cantidad respecto a 100 gr de nopalitos crudos).....	17
Cuadro 4. Número por corte de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel. UAAAN-UL-2016-2017.	32
Cuadro 6. Peso de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel (g). UAAAN-UL- 2016-	33
Cuadro 7. Rendimiento (ton/ha) por corte de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel. UAAAN-UL-2016-2017.	34
Cuadro 8. Rendimiento total (ton/ha) en 5 cortes. UAAAN-UL-2016-2017.	35

I. INTRODUCCIÓN

La familia de Cactáceas agrupa gran diversidad de plantas, entre las que destacan los cactus columnares; candelabroiformes; biznagas y biznaguitas; algunas trepadoras; pitahayas y gran variedad de nopales, entre otras. La familia del nopal es originaria del continente americano y apareció hace cerca de 80 millones de años. El grupo está constituido por cerca de 2,000 especies, las cuales se encuentran distribuidas en el continente americano, (Bravo, 1978).

El nopal y su fruto la tuna tiene en México evidencias fechadas desde hace 7000 años. En excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla, se encontró semilla, cascara de tuna y fibra de penca de nopal en fósiles. Es un elemento fundamental en la mitología histórica de la fundación de la gran Tenochtitlan que significa "nopal sobre la piedra" Los aztecas llamaban al nopal nochtli o nopalli (Saravia, 2000).

El nopal se ha utilizado como verdura, forraje y tuna, además de otros productos. Por esto se considera que el nopal ha sido un recurso alimentario de gran importancia a través del tiempo no solo por el aporte nutritivo a la dieta alimenticia sino también por la gran diversidad de productos elaborados a partir de él, incluyendo su uso medicinal y en cosméticos entre otros (Tovar, 2008).

En la actualidad se reporta que México es el primer productor de nopal a nivel mundial, con una superficie aproximada de 49 mil y 10 mil has en plantaciones especializadas, respectivamente (Flores *et al.*, 1995). Se reportan además tres millones de hectáreas de nopaleras silvestres cuya explotación se registra bajo métodos rústicos de aprovechamiento para diferentes propósitos (fruta, verdura y forraje).

La principal zona productora de nopal verdura, es Milpa Alta en el Distrito Federal donde se produce bajo condiciones de temporal, y se ubica en el Valle de México que se encuentra a 2420 msnm. Estas condiciones provocan que el invierno sea frío y seco, por lo tanto la producción se reduce, cuando se presentan heladas. La producción se suspende en otoño invierno disminuyendo la oferta y se incrementa el precio del nopal verdura en el mercado nacional.

El clima es el factor primario para la producción de alimento y fibra. Entre las principales restricciones para la producción de cultivo hortícolas se encuentra la temperatura muy cálida o muy fría, exceso o deficiencia de humedad, elevada incidencia de maleza, deficiencia de ciertos nutrimentos en el suelo y excesiva velocidad del viento. La mayoría de esos factores climáticos han sido menguados con la protección de cultivos y suelo con materiales de plástico (Ibarra *et al.*, 2004).

El macrotúnel se define como una cubierta flexible, transparente, colocada sobre una hilera de plantas, para favorecer el crecimiento y rendimiento de las mismas. Es una estructura por lo general alargada cubierta con una película de plástico en la que se encierra a las plantas. En general se emplea en invierno y/o a principios de la primavera, proporciona condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos, obteniendo mayor cantidad y calidad de los productos (Blanco & Valdez, 2009).

1.1 Objetivo

Producir nopal verdura en el periodo invernal, bajo condiciones de macrotúnel.

1.2 Hipótesis

La producción de nopal verdura en el periodo invernal es factible en macrotúnel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

La Familia de las Cactáceas, es un grupo de plantas ornamentales de origen americano con distribución al norte en Canadá, en los estados de Columbia

Británica y Alberta, hasta el sur en la Patagonia Argentina, al oeste, por las islas Galápagos, Ecuador y al este el límite lo da una pequeña isla llamada Fernando de Noronha (Ostolaza, 2011).

Existen evidencias del nopal utilizado en nuestro territorio que datan de hace 7,000 años en semilla, cáscara de tuna y fibra de penca de nopal fosilizadas, encontradas en excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla (Ríos *et al.*, 2004; Borrego & Burgos, 1986).

El nopal es una cactácea endémica del Continente Americano que se desarrolló en regiones áridas y semiáridas de México. Los aztecas llamaban a esta hortaliza nopalli su domesticación comenzó hace unos 8000 años (Bravo & Sánchez, 1991).

2.2 Distribución

México es el primer país productor de nopal verdura o nopalito para consumo humano. Según el Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA, el 2005, el país contaba con 10,900 hectáreas sembradas aproximadamente, en comparación con otros países productores, como Estados Unidos, que en el 2003, sólo sembraba 200 ha (Borrego & Burgos, 1986).

México es el principal productor de nopal verdura (74 %) en el mundo y consumidor más importante en su forma fresca y procesada, para el mercado extranjero, principalmente el de EE.UU. y Canadá, es una oportunidad creciente. Las características de los nopales ha despertado interés en mercados europeos y asiáticos (Peña & Valdivia, 2012).

El nopal verdura tradicionalmente ha sido de los alimentos de mayor consumo del pueblo mexicano. Debido al crecimiento poblacional en los últimos años, la demanda y consumo de nopal verdura se ha incrementado, lo anterior se refleja en la superficie cultivada, la cual pasó, de 4,159 ha en el 2000 a 4,336 ha en 2005. De acuerdo con el Plan Rector del Sistema Producto Nopal Verdura se estima que este eslabón lo integran aproximadamente 9,790 productores, principalmente de la Delegación de Milpa Alta (Fundación Grupo Produce, 2006).

2.3 Taxonomía

El género *Opuntia* agrupa una serie de más de 300 especies entre las cuales más de 100 han sido encontradas en hábitats silvestres en México 60 de ellas endémicas (Anaya, 2001).

Los nopales se dividen en 2 géneros *Opuntia* y *Nopalea*; el género *Opuntia* en México presenta 5 subgéneros, 17 series y 104 especies. El género *Nopalea* presenta 10 especies de las cuáles la “*Nopalea Cochenillifera*” se utiliza como nopal verdura (Ríos & Quintana, 2004).

La taxonomía más usada para la clasificación de las cactáceas es el sistema de Britton y Rose la cual clasifica a las *Opuntias*, según (Ríos & Quintana, 2004) de la siguiente forma:

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del nopal verdura.

Nopalito	(<i>Opuntia ficus indica</i>)
Reino	Vegetal
Subreino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledónea
Subclase	Dialipétalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactácea
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Género	Opuntia

2.4 Morfología de la planta

Los nopales son plantas fanerógamas, Angiospermas, Dicotiledóneas, perennes, con hábitos de ser rastreras hasta arbustivas, con especies y variedades muy espinosas y otras casi sin espinas (SAGARPA, 2007). Se estima que las Opuntias son las más recientes de la familia de las cactáceas, porque en ellas los gloquidios y succulencia llegan a adquirir su máximo desarrollo (Borrego & Burgos, 1986; Ríos & Quintana, 2004).

Los nopales son plantas xerófitas perfectamente adaptadas al medio cálido seco. La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas. Ésta puede considerarse como el sello distintivo de su parte aérea (flores, tallos y frutos) y resulta de la proliferación celular masiva de cientos de tejidos parenquimatosos, asociada a un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución de los espacios intercelulares (Borrego & Burgos, 1986).

El fenómeno de la succulencia permite acumular, en los órganos, grandes cantidades de agua en forma muy rápida durante los breves periodos de humedad; por otra parte, las formas esféricas que presentan este tipo de cactáceas representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración (CODAGEN, 1979).

2.4.1 Cladodios

Los cladodios transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis, están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de los estomas mismas que permanecen cerrado durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por la alta temperatura del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso, Las pencas y tallos tienen espinas (Ríos & Quintana, 2004; Borrego & Burgos, 1986).

Los cladodios poseen además espinas, pocos estomas por unidad de superficie con la particularidad de permanecer cerradas durante el día y abiertas en la noche; esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite durante las horas nocturnas la entrada de anhídrido carbónico (CO₂), materia prima indispensable para la fotosíntesis (Sáenz, 2006).

2.3.2 Tallo

Los tallos son suculentos y articulados, botánicamente llamados cladodios y vulgarmente pencas en ellos se realiza la fotosíntesis, ya que los tallos modificados reemplazan a las hojas en esta función; se encuentran protegidos por una cutícula gruesa, que en ocasiones está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua. Estos tallos presentan, además, gran capacidad para almacenar agua, ya que poseen abundante parénquima; en este tejido se

almacena considerable cantidad de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía (Nobel *et al.*, 1992).

Al desarrollarse el talluelo del embrión se forma la primera penca, que crece hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña. Sobre los bordes de esta penca nacen uno o varios renuevos que crecerán hasta adquirir la forma y tamaño de la penca madre y se forma entre ambas una articulación o coyuntura. Con el tiempo las pencas inferiores adquieren aspecto leñosos, engruesan y acaban por formar un tronco cilíndrico a los diez o quince años de edad (Lozano, 1958).

Las pencas de nopal, además de servir para el crecimiento y desarrollo, ejercen la función clorofiliana a través del parénquima clorofiliano, situado debajo de la epidermis y tejido suberoso. La estructura de este parénquima es análoga al parénquima muriforme de las hojas y está constituida por varias capas de células prismáticas de gran tamaño y paredes delgadas con numerosos cloroplastos, este parénquima se comunica al exterior por los estomas (Bravo, 1978).

2.4.3 Raíz

Al nacer la semilla de la planta de nopal se comporta como cualquiera otra dicotiledónea, siendo la raíz, la radícala del embrión desarrollado. Al crecer la raíz principal, es difícil distinguirla de las raíces secundarias; penetra principalmente

de 10 a 20 cm y no es sino uno de los tantos sostenes de la planta (Lozano, 1958).

El sistema radicular es perenne, extenso y superficial. Su estructura y funcionamiento le permiten captar con eficiencia la mayor cantidad de agua durante los breves periodos de lluvia (Fernández, 1949).

El crecimiento de la raíz se realiza por los dos principales meristemas que ésta tiene el meristemo apical y el cambium el primero determina crecimiento en longitud que está determinado en su dirección tanto por el geotropismo como por hirodrotropismo mientras que el segundo es responsable en el diámetro o grosor (Calderón, 1977).

La raíz principal del nopal no le sirve a la planta en la absorción de sustancias nutritivas, ya que dicha actividad la realizan las raíces secundarias superficiales. Las raíces terminales aparecen después de la primera lluvia y forman un denso colchón a la segunda o tercera lluvia, que absorbe rápidamente el agua (Lozano, 1949).

La profundidad de la raíz es aproximadamente la misma para maguey y nopal (cactus) la morfología radical difiere de manera considerable. Los nopales como dicotiledóneas, tiende a ramificarse en más de una ocasión y la raíz principal

puede engrosar con la edad la raíz de los nopales viejos pueden exceder los 25 cm de diámetro (Bravo, 1978).

2.4.4 Hojas

En gran parte de los géneros de la subfamilia Opuntioidea las hojas se modifican, la base se transforma en un tubérculo poco prominente, el peciolo desaparece y el limbo se reduce tomando forma cónica o cilíndrica y es generalmente efímero a veces puede persistir transformado en espinas (Bravo, 1978).

2.4.5 Flor

Las flores son sésiles o solitarias, nacen en la base de las pencas que funcionan indistintamente como yemas florales o vegetativas. Constan de un cáliz con tubo oval, soldado con el ovario y con el limbo, muchos pétalos, numerosos estambres persistentes, con los filamentos largos, colorido, un pistilo grueso y tubuloso digitado en su extremo formando varios lóbulos estigmáticos. Presentan colores vivos y brillantes. Tienen polinización zoófila (Insectos, lepidópteros, dípteros, himenópteros, hemípteros y coleópteros) (Bravo, 1978).

La apertura de la flor tarda en promedio 55 días después de la aparición de las yemas florales. La flor permanece abierta durante 24 horas. Las flores son hermafroditas anatómicamente y fisiológicamente. Los periodos de floración son

ocurre en tres épocas: de marzo a mayo, agosto a septiembre y de noviembre a diciembre, según la especie o variedad. Desde que abren hasta que caen pasan de 10 a 20 días (Alvarado, 1978).

2.4.6 Fruto

El fruto es una baya ovoide, cilíndrica, de diversos colores, umbilicada en el extremo superior (cicatriz floral), pericarpio correoso, con numeroso colchones de ahuates distribuidos en tresbolillo, semilla de color variable. Longitud desde 4 a 12 cm según la especie (CODAGEM, 1979).

El fruto está formado de afuera hacia adentro por los siguientes tejidos: tejidos corticales, carpelos, funículos y estructuras papilares; los dos últimos forman la pulpa del fruto. La cáscara del fruto en este caso, en donde no existe diferenciación entre el mesocarpio, epicarpio endocarpio está constituida por el tejido cortical, tejido axial y carpelos; la capa formada por los carpelos usualmente es muy delgada y puede a un separarse del pericarpio y quedar en el fruto maduro (Alvarado, 1978).

2.5 Fisiología

Una de las adaptaciones más importantes es su proceso fotosintético denominado metabolismo ácido crasuláceo (MAC). Este tipo de fotosíntesis se distingue de la mayoría de las plantas en que los estomas se encuentran cerrados

durante el día y abiertos en la noche cuando la temperatura y déficit de presión de vapor son normalmente bajos en la fotosíntesis MAC, el CO₂ es finalmente reflejado y reducido en los cloroplastos por medio del ciclo de Calvin en estas plantas, la fotosíntesis se efectúa de manera parcial en el tallo (cladodio) (Peralta *et al.*, 1990).

La gran cantidad de ácidos orgánicos libres que contiene el nopal en el jugo de sus células, hacen que éste aumente la capacidad osmótica y apreciables cantidades de agua, siendo la transpiración mínima (Palomo, 1963).

2.5.1 Metabolismo

En las uniones y en los cladodios de las plantas de nopal, durante la noche, abren los estomas y la concentración total de ácidos se incrementa, a la vez que disminuya la concentración de almidones y glucosa; lo inverso ocurre durante el día. Las cactáceas pertenecen al tipo de plantas C₃, con metabolismo ácido crasuláceo (CAM), estas plantas abren sus estomas en la noche, absorbiendo CO₂ del aire que convierten en ácidos orgánicos del grupo carboxílico (ácidos málico e isocitríco). Durante el día los estomas se cierran y son descompuestos los ácidos orgánicos para liberar CO₂ que las células utilizan para la fotosíntesis (Borrego & Burgos, 1986).

2.6 Longevidad

La longevidad promedio de las plantaciones de nopal es de 5 a 7 años, alcanzando algunas veces hasta 10 años con buen rendimiento. En terreno apropiado con pH Neutro y con prácticas constantes de cultivo, sin problema de plagas el nopal puede llegar a vivir hasta 80 años alcanzando de 80 a 90 t/ ha/año. Las plantaciones comerciales de explotaciones intensivas, pueden durar 3 años. Cabe resaltar que la parte comestible del nopal son los rebrotes tiernos, mismos que pueden ser aprovechados desde los 8 ó 10 días de haber brotado. (Fernández, 1949).

2.7 Clima

El clima juega un papel muy importante en la producción agrícola, de tal forma que las condiciones desfavorables constituyen una restricción importante, sobre todo si se considera el establecimiento de cultivos durante todo el año. Se debe tomar en cuenta los elementos climáticos que influyen en el desarrollo del cultivo como son precipitación y temperatura, reportándose para el nopal una temperatura óptima entre 15 y 16 °C aunque puede desarrollarse satisfactoriamente en los extremos que son de 36°C como máximo y un mínimo de 6°C ya que temperatura más baja puede afectar los brotes (Promotora del Maguey y Nopal, 1987).

2.8 Producción de nopal verdura en México

El cultivo de nopal en México, comenzó con la aparición de la agricultura que data desde hace aproximadamente 4,500 años, en huertos familiares. Las plantas de nopal sobresalían al producir nopalitos y tunas para autoconsumo (Flores *et al.*, 1995).

México ocupa el primer lugar a nivel mundial como productor de nopal verdura con un consumo per cápita de 6.4 kg por año (SAGARPA, 2011). Con base en estadísticas nacionales, en el año 2011, México contó con una superficie cultivada con nopal verdura de 12,645 hectáreas, se cosechó en 12,180 hectáreas, con un rendimiento promedio de 64 t ha⁻¹ para un volumen de producción de 777,413 toneladas, y un precio medio rural de 1,724 pesos por tonelada (SIAP, 2011).

Los principales estados productores de nopal verdura en México son: Distrito Federal, Morelos, Estado de México, Tamaulipas, Baja California, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Michoacán y Guanajuato. Las primeras zonas productoras por superficie cultivada y producción son: Milpa Alta, D.F y Tlalnepantla, Morelos (SIAP, 2011), abastecen el 70 % del consumo a nivel nacional, empleando especies como: *Opuntia ficus indica*, *Opuntia robusta* y *Nopalea cochenillifera* (Blanco *et al.*, 2012).

Tabla 2. Superficie cultivada con nopal verdura por estado en 1994.

Entidad Federativa	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)
.		
Distrito Federal	7500	60.0
Morelos	450	70.0
Puebla	400	40.0
Michoacán	320	35.0
Guanajuato	280	35.0
Baja california	150	60.0
Jalisco	100	60.0
Oaxaca	100	60.0
México	90	25.0
Hidalgo	85	40.0
Zacatecas	65	40.0
Aguascalientes	55	30.0
Tlaxcala	45	25.0
Querétaro	35	20.0
San Luis Potosí	20	20.0
Durango	15	20.0
Sonora	10	80.0
Otros	10	10.0
SUMA	10.000	—

(Flores & Olvera 1994)

En sistemas de producción a cielo abierto con densidades de 12,000 a 16,000 plantas de nopal por hectárea, se incorporan fertilizantes químicos y abonos orgánicos, se obtienen de 45 a 60 t ha⁻¹ de cladodios comestibles por

año. Actualmente éstos rendimientos han sido superados y podrían aumentarse si se establecen plantaciones manejadas con otras tecnologías alternativas, tales como túneles de plástico y riego por goteo o fertirriego. Que puede producir más de 200 t ha⁻¹ de nopalitos por año (Aguilar, 2007).

La importancia del cultivo del nopal, comienza por su valor nutricional (ver tabla 3).

Tabla 3. Valor nutritivo del nopal verdura (cantidad respecto a 100 gr de nopalitos crudos).

Proporción comestible	78.00%
Ácido ascórbico	8.00mg
Niacina	0.03mg
Riboflavina	0.06mg
Tiamina	0.03mg
Fierro	1.60mg
Calcio	93.00 g
Carbohidratos	5.60 g

Fuente: Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT, 2007.

2.9 Propagación

La reproducción del nopal *Opuntia ficus indica*, puede ser sexual y asexual; actualmente, la forma asexual es la más usada, ya que tiene la ventaja de alcanzar su objetivo en forma más rápida y genera una descendencia completamente uniforme en la composición de sus características hereditarias (Villarreal, 1958).

Según Borrego y Burgos, (1986) el tipo de reproducción asexual puede realizarse de las siguientes formas:

- 1.- Por medio de pencas o cladodios.
- 2.- Por medio de fracciones mininas de cladodios.
- 3.- Por medio de cultivo de tejidos.
- 4.- Por injertos.

Sin embargo la reproducción más eficaz es por medio de raquetas enteras, para obtener plantas vigorosas y frutos al tercer año.

La reproducción por semilla es poco usada en cultivos comerciales de nopal; debido a que existe poca información sobre este método ya que generalmente es usado para realizar estudios de mejoramiento genético (Borrego y Burgos, 1986).

2.9.1 Selección del material

La selección del material para el trasplante debe ser, penca grande y vigorosa, libre de enfermedades de al menos seis meses de edad de las plantas más productoras y que tengan mayor demanda en el mercado. Se recomienda que las pencas tengan las siguientes características: de 30 a 40 cm de longitud, de 20 a 25 cm de ancho y 3 cm de grosor. El material seleccionado deberá ser

sombreado de 15 a 20 días para disminuir pérdida de humedad y cicatrización de las heridas propiciadas por el corte y así evitar infecciones y es recomendable la aplicación de caldo bórdeles (Aguilar, 2000; SARH, 1994).

2.9.2 Época de plantación

En la Región Lagunera se presentan condiciones de clima que permiten la plantación de nopal desde el mes de marzo hasta el mes de octubre; es decir mientras existe condiciones de alta temperatura (Orona *et al.*, 2000). Solo durante la época fría no conviene plantarlo debido al efecto de la baja temperatura sobre el crecimiento tanto de la raíz como de la inducción y desarrollo de brotes (nopalito). En general para cada región varia la época o período de plantación, lo más recomendable es plantar antes de que inicie el período de lluvia (Aguilar, 2000).

2.10 Requerimientos agro climáticos del cultivo

El nopal es una planta que habita en zonas áridas, y al igual que en todas las plantas que viven en este medio, a pesar de esto es necesario proporcionarle condiciones adecuadas para su producción, principalmente en lo que se refiere al agua y temperatura (De la Rosa & Santana,1992).

El nopal se adapta a condiciones que van desde zonas con muy escasa precipitación pluvial, hasta con condiciones hídricas elevadas se puede decir que

se adapta bien en lugares que presentan precipitación desde los 150 a 1800 mm anuales bien distribuidos (De la Rosa & Santana, 1992).

La altitud puede ser de los 800 m hasta los 1800 msnm. Los nopales se desarrollan en suelos volcánicos pero prosperan bien en los calcáreos de textura franca: suelos franco-arenosos, franco-areno-arcillosos y arenas francas; con un pH de 6.5 a 8.5 (Ríos & Quintana, 2004).

2.11 Suelo

Suelo de origen calcáreo, textura franca, franco arcilloso arenosa, arena franca, franco arenoso, profundidad de 10- 15 cm, pH 6.5 – 8.5. El mejor suelo para la plantación de nopal son los de origen ígneo o calcáreo con textura arenosa, profundidad media y con un pH neutro o de preferencia alcalino. El suelo deberá tener buena fertilidad natural y al menos 30 cm de profundidad para garantizar un buen vigor de las plantas (Ríos & Quintana, 2004).

2.12 Preparación del terreno

La primera practica cultural consiste en eliminar la maleza en el periodo en que se va a cultivar el nopal, luego se procede a barbechar, a una profundidad de 25 a 30 cm; labor que se realiza en la mayoría de las regiones con tractor y arado (Borrego & Burgos, 1986), buscando la incorporación de la materia orgánica,

remoción del suelo, para aumentar la capacidad de retención del agua y controlar algunas plagas existentes en el predio (SHAR, 1994).

Posteriormente se da uno o dos pasos de rastra, cuando las condiciones del terreno no permiten el uso de maquinaria o no se dispone de ella, la preparación se hace con implemento de tiro animal. En terrenos muy quebrados la preparación incluye el paso de un roto cultivador que deja el suelo mullido. En todos los casos, la preparación del suelo tiene como objetivo dejar el suelo “suelto” de manera que permita el buen desarrollo radicular en las primeras etapas del cultivo (Orona *et al.*, 2007).

2.12.1 Barbecho

Para el establecimiento de las plantaciones, el terreno se debe preparar y barbechar a una profundidad de 25 a 30 cm, con el objeto de remover la capa inferior del suelo y eliminar las plagas y nematodos que atacan este cultivo. Se debe pasar una rastra con el fin de acondicionar la capa arable, nivelar el terreno para evitar que se encharque el agua o que se seque en las partes bajas y altas respectivamente.

2.12.2 Siembra

La penca se debe enterrar a una profundidad de 10 a 15 cm es decir mínimo la tercera parte de la penca, aunque es más conveniente enterrar la mitad para un mayor contacto de la superficie de la penca con el suelo, y mejor firmeza y el enraizado de ésta (Ríos & Quintana, 2004).

En relación a la orientación es recomendable que las caras planas de la penca se coloquen en sentido perpendicular a las hileras y que esta cara plana se coloque en dirección a la trayectoria del sol (Borrego & Burgos, 1986).

En la orientación norte-sur, a diferencia de este oeste, hay una mayor captación de luz solar directa, que acelera la síntesis de carbohidratos y auxinas, (Becerra, 1975) lo que influyen en:

1.- Los cladodios orientados norte-sur producen fruto con mayor contenido de sólidos solubles, que el orientado este-oeste.

2.- Los cladodios orientados norte-sur, tienen un mayor incremento de materia seca.

2.12.3 Fertilización

En nopal verdura se obtienen buenos resultados cuando se aplican 200 g de sulfato de amonio o 100 g de urea por planta, estos resultados son mejores si el fertilizante sintético se aplica junto con el abono orgánico (10kg•planta⁻¹), se recomienda aplicar estos materiales dos o tres meses después de establecida la plantación y en presencia de humedad (De la Rosa & Santana, 1992).

La aplicación de estiércol a la plantación de nopal ha generado una respuesta positiva a las plantas, sobre todo si se aplica combinaciones de estiércol y fertilizantes sintéticos. Sin embargo, la cantidad de abono aplicado por planta varía de acuerdo a la fuente de abono, que pueden ser gallinaza o estiércol de bovino (Orona *et al.*, 2000; Delgado, 1988).

En la región de Milpa Alta es muy común el uso de estiércol de bovino en proceso de descomposición, combinado con rastrojo, esto debido a que el estiércol fresco libera calor y puede dañar la raíz del cultivo, después de dos meses que se ha llevado a cabo la plantación deberá aplicarse una capa de estiércol de bovino de 3 a 5 cm sobre la línea de plantación, pudiendo combinarlo con fertilizantes sintéticos (Aguilar, 2000 & Quintero, 2006).

2.12.4 Poda

Es muy importante realizar la poda en el cultivo con la finalidad de dar a la planta una buena forma para facilitar su manejo, además con las prácticas de la poda, se estimula la brotación de renuevos, (Ríos & Quintana, 2004; De la Rosa & Santana, 1992) recomiendan cuatro tipos de podas:

- Poda de formación: de la primera brotación se dejan de dos a tres pencas bien ubicadas en la base de la penca madre, esta poda permite a la planta tener una forma conveniente para un mejor manejo, eliminando las pencas que se encuentran juntas, mal orientadas y las que están hacia abajo etc.

- Poda de saneamiento: en plantaciones adultas, es común la presencia de pencas viejas, improductivas, malformadas y enfermas, todas ellas se deben eliminar.

- Poda de estimulación de renuevos: al realizarse la cosecha, prácticamente se va podando la penca y entre más cantidad de cortes se hagan se favorece la brotación de nopalitos.

- Poda de rejuvenecimiento: llevada a cabo en plantaciones que ya produjeron, o cuando la plantación es muy vieja e improductiva; se sugiere podar hasta la base del primer o segundo piso de la planta, después de la poda saldrán otros brotes, de los cuales se seleccionan de dos a tres bien ubicados en la penca

para formar la nueva planta. Esta poda se lleva a cabo en plantaciones con edades de 10 a 15 años, cortando las plantas viejas y dejando exclusivamente los 40 a 45 cm inferiores del tronco (De la Rosa & Santana, 1992; Ríos & Quintana, 2004).

2.12.5 Riego

Un riego de establecimiento para llevar el suelo a un contenido de humedad equivalente a capacidad de campo (CC). Cuando no se conocen los valores de CC y PMP, éstos se puede estimar conociendo la textura del suelo (Orona *et al.*, 2000).

2.13 Época de cosecha

La mayor cantidad de producción se obtiene durante la época de mayor humedad y temperatura (Mayo a Septiembre), para la región centro (Estado de México e Hidalgo, correspondiendo estos meses al período de lluvia (García & Grajeda, 1982; De la Rosa & Santana, 1992).

2.13.1 Cosecha

Con un buen manejo del cultivo la producción inicia 2 o 3 meses después de efectuada la plantación, cosechando cada 8 o 15 días una cantidad promedio de 3 brotes por planta durante los primeros meses. La cosecha se lleva a cabo

cuando los brotes alcanzan un peso aproximado de 100-120 g cada uno o que midan de 10 cm a 15 cm de largo; aunque no siempre se sigue este patrón de cosecha, pues el tamaño puede variar según los gustos del consumidor y la exigencia del mercado demandante (De la Rosa-Santana, 1992; Flores *et al.*, 1995).

Para la cosecha se usa una navaja, considerando que cortándose en la base de los nopalitos se causa pudrición y la duración del producto es corta, se recomienda cortar en la unión entre el cladodio (soporte) y el nopalito (Cantwell, 1992).

2.13.2 Producción

La producción del nopal verdura puede ser efectuada durante casi todo el año, viéndose limitada en los meses de invierno por las heladas que le pueden dañar. No obstante, durante la época fría es posible encontrar nopal verdura en el mercado gracias a las superficies cultivadas en entidades donde el invierno no es tan riguroso (Flores *et al.*, 1995; SAGARPA, 2007).

2.13.3 Rendimiento

El rendimiento promedio de los últimos seis años (2000 - 2005) en México fue de 70.74 t·ha⁻¹, rendimiento que puede variar de acuerdo al paquete tecnológico aplicado (SAGARPA, 2007).

2.14 Macrotúnel

El macrotúnel se define como una cubierta flexible, transparente, colocada sobre una hilera de plantas simple o múltiple para favorecer el crecimiento y rendimiento de las mismas. Es una estructura alargada cubierta por una película de plástico en las que se encierra la planta; por lo general se emplea en invierno y /o a principios de la primavera, proporciona condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos, obteniéndose mayor cantidad y calidad de los productos (Blanco y Valdez ,2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera

La Comarca lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10° y 26 ° 45° de longitud y los meridianos 101° 40 ° y 104° 45 ° de longitud oeste de Greenwich a una altura sobre el nivel del mar de 1100 metros. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va de semi-calido a cálido-seco y en invierno de semi-frio a frio, mientras que los meses de lluvia son de mediados de junio a mediados de octubre.

3.1.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo otoño invierno del año 2016-2017 en el área agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) localizada en el cruce de la carretera a Santa Fe y Periférico Torreón –Gómez Palacio , 27054 Torreón, Coahuila.

3.2 Clima

En la Comarca Lagunera predomina el clima seco con lluvia en verano, los registros de temperatura indican una media anual de 21°C, presentando la más baja en enero y la más alta en julio. La precipitación promedio anual es de 220 mm, el mes más lluvioso tiene una acumulación de 36.6 mm en cuanto al mes más seco solo alcanza 1.5 mm. La humedad relativa varia en el año: en primavera tiene un valor promedio de 30.1 %, en otoño de 49.3 % y finalmente en invierno un 43.1 %, situación que limita la agricultura temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo, teniendo un periodo libre de heladas de abril a octubre, la evaporación promedio mensual es de 178 mm registrándose más intensa en los meses de mayo y junio con 234 y 236 mm respectivamente.

3.3 Material vegetativo

El material vegetal utilizado fue *Opuntia ficus –indica (L) Mill* se usaron cladodios, para prevenir la presencia de enfermedades se dejaron secar y cicatrizar durante una semana previo a su trasplante.

Las variedades de nopal evaluados fueron, Chicomostoc, Chapingo, Narro y Copena las cuales presentaron buen vigor, libre de plagas y enfermedades, no malformaciones, edad de 6 meses a 1 año y presencia de buena succulencia, estas pencas se pusieron bajo sombra con el fin de cicatrizar las heridas de las pencas. Después de 15 días se trasplantaron.

3.4 Barbecho

Se realizó un barbecho a 30 cm de profundidad; con un arado de disco, con la finalidad de aflojar el suelo permitiendo una buena aireación, eliminar maleza y eliminación de microorganismos y así favorecer un buen desarrollo del cultivo.

3.5 Rastreo

Esta actividad se realizó de manera cruzada con una rastra de disco, tiene la finalidad de eliminar los terrones formados durante el barbecho para favorecer un buen desarrollo del sistema radicular del cultivo.

3.6 Diseño experimental

La plantación de las 4 variedades de nopal verdura fue distribuida bajo un diseño experimental de bloques al azar, con 6 repeticiones con una separación de 30 cm entre penca y de 80 cm entre surco y surco.

3.7 Riego

A los 15 días después del trasplante se realizó el primer riego el cual, fue por cintilla con una lámina de riego de 15 cm aproximadamente cada 15 días.

3.8 Prácticas culturales

Se realizaron deshierbes manualmente cada 15 días después del primer riego.

3.9 Cosecha

Los cortes se realizaron cada 15 días en los cuales se cortaban los nopalitos que tuvieran un tamaño de aproximadamente 15 cm, el corte se realizó utilizando guantes y con un cuchillo inoxidable, estos se colocaron en bolsas de papel, anotando la variedad que fue cortada y se llevaba al laboratorio para ser pesados y determinar el peso de cada nopalito.

3.10 Variables a evaluar

Las variables a evaluar fue nopalitos por cada planta y el peso de cada uno cada 15 días, las cuales se llevaron a laboratorio para pesarlos por separado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de nopalitos por corte.

El número de nopalitos obtenido en cada uno de los cortes realizados se presenta en el cuadro 4. El análisis estadístico encontró diferencia significativa entre variedades solo en el primer corte, en el resto de los cortes no encontró diferencia. En el primero corte la variedad Chicomostoc presentó el mayor número de frutos comparado al resto de las variedades.

Resultados que concuerdan con los reportados por Hassan *et al.*, 2007, debido a una mayor actividad biótica.

Cuadro 4. Número por corte de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel. UAAAN-UL-2016-2017.

Tratamiento	1°corte	2°corte	3°corte	4°corte	5°corte
Chicomostoc	3.0000 a	5.0000 a	4.0000 a	4.0000 a	4.0000 a
Chapingo	2.0000 b	4.2500 a	3.0000 a	3.5000 a	2.5000 a
Narro	1.5000 b	4.0000 a	2.5000 a	3.0000 a	2.5000 a
Copena	1.3333 b	2.0000 a	2.5000 a	2.0000 a	2.3333 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes prueba Tukey < 0.01.

4.2 Número total de nopalitos totales en 5 cortes por planta.

El número total de nopalitos por planta en los 5 cortes realizados se presenta en el cuadro 5. El análisis estadístico encontró diferencia significativa entre las variedades evaluadas. La variedad Copena y Narro presentaron número de nopalitos similares, siendo Copena superior a Chicomostoc y Chapingo la cual a su vez fueron similares a Narro.

Resultados que concuerdan con los reportados por Flores *et al.*, 2009, debido a que las condiciones de humedad fueron favorables para el cultivo.

Cuadro 5. Número de nopalitos totales por planta en 5 cortes. UAAAN-UL-2017-2018.

Tratamiento	número total de frutos
Copena	4.270 a
Narro	3.875 ba
Chiomostoc	3.583 bc
Chapingo	3.00 c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes prueba Tukey < 0.01.

4.3 Peso de nopalitos por corte

El peso de nopalitos obtenido en 5 cortes realizados se presenta en el cuadro 6. El análisis estadístico no encontró diferencia significativa entre las variedades de nopal evaluadas. Por lo tanto las cuatro variedades produjeron frutos del mismo peso por corte, sin embargo se observó una tendencia a un mayor peso del fruto en la variedad Chicomostoc y menor Copena.

Cuadro 5. Peso de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel (g). UAAAN-UL-2016-2017.

Tratamiento	1° corte	2° corte	3°corte	4°corte	5°corte
Chicomostoc	39.09 a	28.064 a	30.11 a	35.08 a	25.95 a
Chapingo	51.39 a	31.28 a	31.44 a	38.86 a	39.19 a
Narro	63.45 a	27.94 a	36.34 a	37.17 a	34.13 a
Copena	65.78 a	51.6 a	34.01 a	51.60 a	35.90 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes prueba Tukey < 0.01.

4.4 Rendimiento (ton/ha) por corte de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel.

El rendimiento por ha de las diferentes variedades de nopal por corte se presenta en el cuadro 7. El análisis estadístico no encontró diferencia en rendimiento entre cortes 1, 3 y 4. En el 2 y 5 si se encontró diferencia significativa. El mejor rendimiento (ton /ha) fue la variedad Chicomostoc y la de menor rendimiento fue Copena en los 5 cortes realizados.

Cuadro 6. Rendimiento (ton/ha) por corte de 4 variedades de nopal verdura bajo macrotúnel. UAAAN-UL-2016-2017.

Tratamiento	1°corte	2°corte	3°corte	4°corte	5°corte
Chicomostoc	3.3000 a	3.8967 a	3.3000 a	3.8967 a	2.8767 a
Chapingo	2.7200 a	3.7333 b	2.5233 a	3.5000 a	2.7467 a
Narro	2.4833 a	3.1000 b	2.3767 a	3.1000 a	2.4933 b
Copena	2.3500 a	2.8633 b	2.3233 a	2.8633 a	2.2733 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes prueba Tukey < 0.01.

4.5. Rendimiento en 5 cortes (ton /ha).

El rendimiento total obtenido en los 5 cortes realizados se presenta en el cuadro 8. El análisis estadístico no encontró diferencia entre las variedades evaluadas. Por el cual el rendimiento de Copena, Narro, Chicomostoc y Chapingo fueron similares. Sin embargo se observó una tendencia a mayor producción de la variedad Copena. Estos resultados muestran que es factible la producción de

nopalito en el periodo invernal a través del macrotúnel, ya que en campo abierto no hay producción, por lo cual la demanda del mercado se incrementa, tanto regional como nacional, (CONAZA, 1981) menciona que la baja temperatura afecta al cultivo, pudiendo causar su muerte, por lo que su tolerancia a temperatura mínima están en el orden de 10 ° a 0 ° en la región Lagunera.

Cuadro 7. Rendimiento total (ton/ha) en 5 cortes. UAAAN-UL-2016-2017.

Tratamiento	Rendimiento (ton/ha)
Copena	15.3833 a
Narro	14.8100 a
Chicomostoc	14.2567 a
Chapingo	13.9500 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes prueba Tukey < 0.01.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento se concluye que se puede producir nopal verdura en el periodo invernal utilizando el método de macrotúnel.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, Z. A. 2000. El cultivo de Nopal verdura en Milpa Alta, D. F. INIFAP-Grupo PRODUCE A.C.-D. F. Folleto para productores No. 1, Diciembre de 2000.
- Alvarado, 1978. Fisiología y Bioquímica del fruto del nopal número (*Opuntia amyclaea*). Tesis. Chapingo, México, pp. 5 – 30.
- Anaya –Pérez, M. A .2001. History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico FAO Plant Production and Protection paper (FAO), 5-12 pp.
- Barrientos, P. F. 1972. Rendimiento del nopal variedad Copena F-1 a diversas densidades, rama de genética, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Barrientos, P. F. 1983 .El Nopal (*Opuntia spp*) su mejoramiento y utilización en México. Servicios Agrícolas integrados en el Estado de México. Metepec, México. pp.20.
- Becerra, R. S. 1975. Eficiencia fotosintética del nopal *Opuntia spp*. En relación con su orientación con sus cladodios. Tesis de maestría de Chapingo, México. Colegio de posgraduados de Chapingo.
- Blanco C., M. I. 2012 Sobrevivencia y crecimiento del nopal (*Opuntia ficus*) en los ejidos Lindavista y Rio Aguanaba del Valle de Acatitla Municipio de Francisco I Madero Coahuila .Tesis profesional. Universidad Autónoma de Coahuila Torreón Coahuila México .22 p.

- Blanco, M.F y Valdez C.D. 2009. Producción y aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México. Nuevo León, México .Pp. 2-6.
- Borrego E., F y N. Burgos V 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro “. Saltillo Coahuila México. 227 p.
- Bravo, H, 1978. Las Cactáceas de México. Segunda edición. Vol. 1. De UNAM México D.F. 743 p.
- Bravo, H. and Sánchez –Mejorada .H .1991. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.Vol.III. 643 pp.
- Calderón A. E. 1977 Estructura y fisiología de la raíz Fruticultura general primera parte Ed E C A 43-54 pp.
- Cantwell T. M. 1992. Aspectos de calidad y manejo postcosecha de nopalitos. Memoria de resúmenes del 5° congreso nacional y 3° congreso intencional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal 11 – 15 de agosto. UACH. Chapingo, México. 110pp.
- CODAGEM. 1979. Cultivo, Explotación y Aprovechamiento del nopal, México. Folleto informativo No. 158.
- De la Rosa H. J. P y Santana A. 1992. El cultivo del nopal (*opuntia spp*), diferentes usos agronómicos y costos de producción. Memoria .Chapingo, México pp. 153.

- Delgado N. V. H. 1988, Tesis profesional: prueba de 4 colectas de nopal verdura con diferentes aplicaciones de estiércol, fertilización mineral y láminas de riego. Editorial Universidad Autónoma Chapingo (URUZA), Bermejillo Durango pp. 76.
- Fernández, L. 1949. Estudio químico de seis muestras de nopal del Valle de México.
- Fundación Grupo Produce A.C. D.F., 2006. Sistema Producto Nopal. Produce el campo en el D.F. No. 17 mayo-junio.
- Flores, V. C. A. 2004. Producción, industrialización y comercialización de nopalitas, reporte de investigación. Memoria del X congreso nacional y VIII congreso internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal y otras cactáceas de valor económico. 2 al 7 de agosto de 2004. UACH. Chapingo, México 28 pp.
- Flores V. C. A., De Luna E. Juan M. Ramírez Moreno, Pedro P. 1995. Mercado Mundial del Nopalito, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ACERCA), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de investigaciones Económicas, Sociales y tecnologías de la agroindustria y de la agricultura mundial (CIESTAAM), [en línea], infoaserca.gob.mx, La Comercialización del Nopal –verdura, fecha de consulta 30 de septiembre de 2007, disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/NOPAL.pdf> .
- García, V. A. y Grajeda G. J. E. (1982). Cultive nopal para verdura. Colegio de posgraduados, centro de genética, Chapingo México. pp18.
- Granados, S. D. y Castañeda P. A. D. 2003. El Nopal. Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Editorial Trillas, cuarta reimpresión, México.

- Hassan, Q.K., P.A. Charles, R.M. Bourque F. and R: William. 2007. Spatial mapping of growing degree days: an application of MODIS- based Surface temperatures and enhanced vegetation index. *Journal of Applied Remote Sensing*. 1: 1 -12.
- Ibarra. L. Quesada, M.R., Y Zermeño, A. 2004. Alcolchado, riego y Microtúneles en Tomate, Chile Pimiento, *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10 (2):pp. 179 -187.
- Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT 2007, Nopal verdura, Composición química. Consultada el 27 de noviembre del 2007, disponible en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/71/nverdura.html>
- Juanes, H.R., y Legaspi, G.A. 1999. Influencia de la fecha de Plantación Sobre la Brotación y el Crecimiento del Nopal Tunero. Unidad Académica de Agronomía de la UAZ. Zacatecas, México. Pp. 1-10.
- Lozano, G. M. 1949. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis profesional. Saltillo, México, universidad de Coahuila. Escuela de agricultura.
- Quintero, J. 2006. Milpa Alta: productores de nopal sitian el Edificio Delegacional. La Jornada fecha de consulta octubre 2007, disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2006/07/22/028n1/cap.php>.
- Mundial del Nopalito, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ACERCA), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de investigaciones Económicas, Sociales y tecnologías de la agroindustria y de la agricultura mundial (CIESTAAM), [en línea], infoaserca.gob.mx, La Comercialización del Nopal –verdura, fecha de consulta 30 de septiembre de 2007, disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/NOPAL.pdf>.

- Olhagarai, R. E. 2000 Carlos. Informe de investigación. Establecimiento, manejo y producción de nopal de doble propósito mediante la aplicación de riego de auxilio en la presa de la comarca lagunera.
- Orona, C. I., Flores, H. A., Rivera, G. M. 2000. Manual para el establecimiento y manejo del nopal verdura bajo riego por goteo en la comarca lagunera.
- Ostolaza C.2011. 101 Cactus del Perú. Ministerio del Ambiente. Lima. 253p.
- Palomo, G.D.R.1963.Datos sobre los nopales utilizados como forraje de invierno en el Noroeste de México.Tesis Profesional .Escuela de Agricultura y Ganadería .ITESM. Monterrey, México.
- Peña-Valdivia, C. B., C. Trejo L, V. B. Arroyo-Peña, A. Sánchez U., and R. Balois M. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chem. Biodivers.* 9: 1599-1610.
- Phillips, G.C. and Collins, G.B. 1979. In vitro tissue culture of selected legumes and plant regeneration from callus cultures of red clover. *Crop Science*, 19(1): 59-69 pp.
- Pimienta B., E; A. Gonzales del C; Muños U. M .E; A, Ramirez Huerta M, y P. Nobel. 2004. Ecofisiología de *Opuntia robusta* en un ambiente rocoso en el Rayo, Zacatecas, Mexico G. (Eds). *El nopal*.
- Ríos, R. J. y Quintana M. V. 2004. Manejo General del Cultivo del Nopal, Manual del Participante, Colegio de Postgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria, [en línea], [sra.gob.mx](http://www.sra.gob.mx), fecha de consulta 12 de noviembre de 2007, disponible en: http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf.

- Ruíz Espinosa, F.H; J. F .Alvarado –Mendoza; B. Murillo –Amador; J.L.Garcia-Hernandez; R .Pargas-Lara;D.O. Duarte –Osuna ;F.A.Beltrán –Morales; y L.Fenech-Larios. 2008. Rendimiento y Crecimiento de Nopalitos de Cultivares de Nopal (*Opuntia ficus –indica*) bajo Diferentes Densidades de Plantación.Pp. 22-35.
- Rodríguez, L. J. 2005. Gaceta geográfica. La UNAM desarrolla indicadores para optimizar el uso de recursos ambientales en Milpa Alta. Año1, No.4. pp. 1-3.
- Saravia, T.P.2000. Agrupamientos Productivos (CLUSTER) del Nopal .México. Pp 1- 4.
- SAGARPA. 2007 Nopal verdura, fecha de consulta 24 noviembre de 2007, disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/df/fichatecnopal.pdf>.
- SÁENZ, C. et al. Utilización agroindustrial del nopal. 1ra. Edición. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162, Roma, 2006. 170 p.
- SHAR 1994 delegación en el D.F. Sistema producto. Datos básicos sobre la producción y comercialización de nopal verdura en el Distrito Federal. Subdelegación de Agricultura.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Anuario estadístico de la producción agrícola 2005.
- Tovar, P.A. 2008. Revista Salud Pública y Nutrición. VI Simposium.Taller Produccion y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de Mexico. Nuevo León, México. Pp 1-2.
- Villarreal, A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer Congreso de Investigación Agrícola en México. Escuela Nacional de Agronomía Chapingo, México. 296-300.