

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA 'ANTONIO NARRO**

**“UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMOCAS**



**PRODUCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE NOPAL (Opuntia spp.)  
VERDURA BAJO RIEGO.**

**POR:**

**HUMBERTO HERRERA RODRÍGUEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO**

**DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2007.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO "

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE NOPAL (Opuntia spp.)  
VERDURA BAJO RIEGO.

POR:

HUMBERTO HERRERA RODRÍGUEZ

T E S I S

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

ASESOR PRINCIPAL:

  
Ph DÍVcÉNTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR:

  
M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ

ASESOR:

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:

ING. MARIA DE LOURDES ORTIZ PEREZ



M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

W  
Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas  
DICIEMBRE 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO "**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**

**TESIS DEL C. HUMBERTO HERRERA RODRÍGUEZ QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**PRESIDENTE:**



---

**Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA**

**VOCAL:**



**M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ**

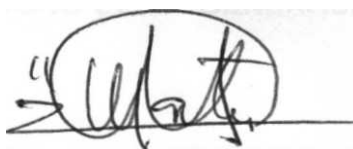
**VOCAL:**



**VOCAL SUPLENTE:**

**M.C. FEDERICO VEGA SOTELO**

**M.C. ARMANDO MORENO RUBIO**



---

**M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISION**



Coordinación de la  
División de Carreras  
Agronómicas

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**DICIEMBRE 2007.**

## **DEDICATORIAS**

### **ADIOS**

Por brindarme la oportunidad de vivir, por que nunca me abandono a pesar de los obstáculos que he tenido.

### **A MIS PADRES**

A la Sra. Gloria Rodríguez Escobar y el Sr. Ausencio Herrera Cruz, por su gran amor de madre y padre que me han dado y la confianza que depositaron en mi para apoyarme sin ninguna condición.

### **A MIS HERMANOS**

Por sus consejos de superación y el gran cariño que me brindan además de su apoyo económico para salir adelante.

### **A MIS AMIGOS**

Maribel, Reyna, Oscar Isai, Abram, Miguel, Mario, Neri Alberto por su gran amistad y su valiosa ayuda en todas las necesidades para realizar mi trabajo de investigación de tesis.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS DE LA GENERACIÓN DE IRRIGACIÓN 2002-2006,**

Orlando, Benjamín, Rosibel y Pedro, por su más sincera amistad y su valiosa ayuda para seguir adelante y vencer los momentos difíciles

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MI "ALMA TERRA MATER"**, por darme la facilidad de realizar mis sueños de ser un profesionalista y con ello obtener un lugar respetable ante la sociedad.

**AL Ph.D. VICENTE DE PAÚL ALVAREZ REYNA**, primeramente por su gran amistad y tiempo que me brindo durante mi formación. Por su apoyo económico cuando lo necesite y por que hiciera sentirme como de su familia.

**AL M.C. FEDERICO VEGA SOTELO**, por su gran orientación que me brindo y sus consejos, además de su valiosa amistad y comprensión.

**AL ING. MA. DE LOURDES ORTIZ PÉREZ**, por su tiempo que me dedico y su amistad.

**AL M.C. BRAULIO DUARTE**, por todo su apoyo y enseñanza que me dio en mi preparación.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de acidez de nopalito a través del día UAAAN - UL 2007.....	39
--	----

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cualidades y usos del nopal verdura .....	7
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del nopal .....	8
Cuadro 3. Valor nutritivo del nopal verdura .....	12
Cuadro 4. Superficie establecida de nopal verdura en México.....	18
Cuadro 5. Principales plagas del nopal y su control .....	24
Cuadro 6. Temperaturas de la Comarca Lagunera .....	28
Cuadro 7. Incidencias de heladas en la comarca Lagunera. 2002 .....	28
Cuadro 8. Distribución de parcelas experimentales en el campo .....	35
Cuadro 9. Producción mensual y total de cuatro variedades UAAAN-UL. 2007 .....	37
Cuadro 10. Producción mensual y total pencas/planta UAAAN-UL. 2007 .....	37
Cuadro 11. Acidez de nopales a través del día de cuatro variedades de nopal. UAAAN-UL. 2007 .....	38
* Cuadro 12. Eficiencia en uso de agua de cuatro variedades de nopal. UAAAN - UL 2007 .....	40

## ÍNDICE DE APENDICES

Apéndice 1. Análisis Varianza De La Producción de nopal del Mes de Marzo .....	46
Apéndice 2. Análisis Varianza de La Producción de nopal del Mes De Abril .....	46
Apéndice 3. Análisis Varianza De La Producción de nopal del Mes De Mayo.....	46
Apéndice 4. Análisis Varianza de La Producción de nopal Mes De Junio.....	47
Apéndice 5. Análisis Varianza De La Producción de nopal Del Mes De Julio .....	47
Apéndice 6. Análisis Varianza De La Producción Total de nopal .....	47
Apéndice 7. Análisis Varianza De La Producción De Pencas Por Planta Del Mes De Marzo .....	48
Apéndice 8. Análisis Varianza De La Producción De Pencas Por Planta Del Mes De Abril.....	48
Apéndice 9. Análisis Varianza De La Producción De Pencas Por Planta Del Mes De Mayo .....	48
Apéndice 10. Análisis Varianza De La Producción Total De Pencas Por Planta .....	49



## RESUMEN

México es el principal productor de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* Mili), con una superficie sembrada de 9668.1 ha. Las principales entidades productoras son: Distrito Federal con 4159 ha, Morelos con 1745, Estado de México con 785 y Baja California Norte con 491 (SIAP-SAGARPA, 2003).

En México hay una tradición en el cultivo y utilización del nopal (*Opuntia* y *Nopalea* spp.). La producción de nopal, además de México, se realiza en Estados Unidos con una producción de 10,000 t /año (Ramírez M. 1995; Flores, 2001).

El mercado internacional más importante, al igual que para el resto de las frutas y hortalizas mexicanas, es el de Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, los volúmenes de exportación aún son bajos, en 1995 se exportaron 3,900 toneladas (ACERCA, 2001).

La región lagunera se localiza en una zona con características climáticas de altos índices de aridez, con una precipitación pluvial promedio anual que varía de 200 a 300 mm. Precipitación que se concentra en los meses de junio a septiembre. La sequía en la región lagunera, ha generado consecuentemente la captación del área agrícola y la necesidad de utilizar eficientemente el agua. (Ríos, 1997).

El problema de escasez de agua y alimento que existe actualmente sobre todo en las zonas áridas y semiáridas del país genera la necesidad de buscar alternativas de producción (Jiménez, 2001).

Una alternativa podría ser el establecimiento de nopal verdura, especie capaz de sobrevivir en el desierto y bajo requerimiento hídrico. El nopal verdura requiere para su producción una temperatura anual entre 18 y 25 C°. Sin embargo, las temperaturas extremas que limitan su producción e incluso la sobrevivencia de la planta. En tiempos prolongados es de 45 C° la máxima y -2

C° la mínima. El nopal requiere de terrenos con pendientes menores al 3% y bien drenados.

El experimento se realizó en terrenos de la UAAAAN - UL, en un área de 120 m<sup>2</sup> en la cual se plantaron cuatro variedades, Milpa alta, C15, C67 y C69.

El suelo del área experimental, presentó las siguientes características: textura migajón limoso, en los primeros 30 cm. de profundidad, capacidad de campo de 10.88% y punto de marchitez permanente de 6.46 % base peso, densidad aparente de 1.26 g/cm<sup>3</sup>, conductividad eléctrica de 2.16 ds/m y un pH de 8.13.

El sistema de riego que se utilizó para este trabajo fue riego por goteo con goteros a espaciamientos de 40 centímetros; el volumen de agua aplicado se midió usando un medidor de flujo volumétrico. Las culturales se realizaron manualmente.

La producción de nopalitos fueron estadísticamente similar en las cuatro variedades con rendimientos de 32.25 a 40.60 ton/ha. En producción de pencas por planta al igual que para rendimiento no se detectó diferencia entre variedades. La eficiencia en uso de agua fue similar en las cuatro variedades. Finalmente, la acidez del nopal a través del día disminuyó de 3.86 a 5.48, observándose similitud en las cuatro variedades.

## CONTENIDO

DEDICATORIAS .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
ÍNDICE DE APENDICES .....	VIH
RESUMEN .....	IX
CONTENIDO .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II.OBJETIVO .....	3
III.HIPÓTESIS.....	3
IV.REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1. GENERALIDADES DEL NOPAL VERDURA .....	4
4.1.1. Origen del nopal .....	4
4.1.2. Importancia del cultivo de nopal.....	4
4.1.3. Cualidades y atributos del nopal verdura .....	5
4.1.4. Clasificación taxonómica.....	7
4.1.5. Descripción botánica morfológica .....	8
4.1.6. Fisiología del nopal .....	11
4.1.7. Productividad de nopal para verdura .....	11
4.1.8. Calidad nutricional del nopal .....	12
4.2. FACTORES LIMITANTES EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL .....	13
4.2.1. Requerimientos Agro climáticos del Cultivo .....	13
4.2.2. Requerimientos Edáficos .....	13
4.2.3. Manejo agronómico.....	13
4.2.3.1. Preparación del terreno.....	13
4.2.3.2. Método y densidad de siembra .....	14
4.2.3.3. Fertilización .....	15
4.2.3.4. Disponibilidad y calidad del agua en la comarca lagunera .....	15
4.2.3.5. Sistemas de riego en la comarca lagunera .....	16
4.2.3.6. Riegos .....	16
4.2.3.7. Control de maleza .....	17
4.2.3.8. Podas .....	17
4.2.4. Nivel de producción.....	17
4.2.4.1. Superficie establecida.....	17
4.2.5. Plagas .....	18
4.2.6. Enfermedades.....	22
4.2.7. Cosecha .....	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
5.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL AREA DE INVESTIGACIÓN .....	26
5.2. SUELO Y TOPOGRAFÍA DE LA REGIÓN LAGUNERA .....	26
5.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN.....	27
5.3.1. Clima.....	27
5.3.2. Temperatura .....	27
5.3.3. Heladas.....	28
5.4. LOCALIZACIÓN DEL LOTE EXPERIMENTAL .....	29
5.5. CARACTERÍSTICAS DEL LOTE EXPERIMENTAL .....	29
5.6. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y PRACTICAS DE CULTIVO .....	29
5.6.3. Selección del material vegetativo .....	30
5.6.4. Labores culturales .....	32

5.6.4.1. Método y densidad de plantación.....	32
5.6.4.2. Control de malezas .....	32
5.6.4.3. Plagas y Enfermedades .....	32
En el presente trabajo se presentaron las siguientes enfermedades: .....	32
5.6.4.4. Poda .....	33
5.7. Agua de riego .....	33
5.8. SISTEMA DE RIEGO .....	33
5.9. COSECHA .....	33
5.10. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	34
5.11. PARCELA EXPERIMENTAL Y ÚTIL .....	35
5.12. VARIABLES EVALUADAS .....	35
5.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
6.4. EFICIENCIA EN USO DE AGUA .....	39
VII. CONCLUSIONES .....	41
VIH. LITERATURA CITADA .....	42
IX. APÉNDICE .....	46

## I. INTRODUCCIÓN

La Región Lagunera se ubica en una zona con características climáticas con altos índices de aridez, con un promedio de precipitación pluvial anual que va de los 200 a 300 mm. concentrada en los meses de junio a septiembre. Esta precipitación contrasta con la evaporación media anual de 2,400 mm. que resulta casi 11 veces mayor que la precipitación, además, por tratarse de una cuenca cerrada, concibe que el agua en la región sea un recurso muy significativo y constituya una seria limitante en los procesos de producción agropecuaria (Ríos, 1997).

El problema recurrente de sequía en la Región Lagunera, ha traído como consecuencia la compactación del área agrícola para la utilización eficiente del agua en los módulos más cercanos a la fuente de abastecimiento (Presa Lázaro Cárdenas). En tanto que el riego con la extracción de agua subterránea, se ha caracterizado por la sobreexplotación del manto acuífero para satisfacer la demanda de agua agrícola y mantener la producción regional (Jiménez, 2001).

Por lo tanto, las políticas agropecuarias tienden a racionalizar y buscar un uso más eficiente del agua mediante la implementación de medidas en su conducción y en las prácticas de manejo agrícolas, así como en la utilización de cultivos eficientes en el consumo de agua. De acuerdo a la problemática regional, en la Comarca Lagunera se han implementado diferentes sistemas de riego y en los estudios realizados con riego por cintilla en el cultivo de sandía (Mendoza et al., 2000), chile jalapeño, pimiento morrón, tomate, cebolla, ajo, brócoli, coliflor y melón (Berzoza y Chávez, 2000) e incluso alfalfa (Rivera et al., 2001), destacan los notables resultados en relación con el sistema de riego tradicional y en particular, dicha diferencia se observa claramente en algodón, que fue de los cultivos más utilizados en la región (Mendoza et al., 1998).

En cuanto a cultivos eficientes en el consumo de agua se presenta la producción intensiva de nopal verdura como una prometedora opción de desarrollo en la Comarca Lagunera, ya que en diferentes regiones del país aun cuando no presenta gran superficie si destaca por su volumen de producción. Así por ejemplo, en 1999 alcanzó el lugar número 11 en volumen de

producción y el número 12 en cuanto al valor de la producción, considerándose dentro del grupo de las principales hortalizas (SAGAR-CEA, 1999).

Otro de los indicadores que permiten determinar la importancia del nopalito como producto de alto potencial en la región son las estadísticas de producción y consumo nacional, las que han tenido un incremento notorio de 1.4 kg-1 año-1 habitante-1 en 1984 hasta 3.27 kg-1 año-1 habitante-1 en 1999, con una notable tendencia a la alza (SAGAR-CEA, 1999).

El uso de nopal verdura en la región se presenta entonces como una opción que cubre dos propósitos básicos:

1) la vocación eminentemente ganadera hacia la producción de leche bovina y caprina, posibilita el uso de brote de nopal, como complemento alimenticio del ganado. Además de que el nopal tradicionalmente se ha señalado como un importante recurso forrajero para las zonas áridas (Murillo et al., 2002, y Aguirre, 1992).

2) debido a la cercanía con la frontera norte del país las posibilidades de exportación, resulta un incentivo importante para el productor dedicado a esta labor.

No obstante, a pesar del creciente interés por el cultivo del nopal verdura, existe una serie de problemas que giran alrededor del conocimiento en aspectos básicos de la producción de nopalito durante el año, selección de cultivares y la fluctuación en su mercado. Aspectos que se relacionan con la carencia de organización de productores, formas de comercialización y falta de normas de calidad del producto entre otras.

## **II. OBJETIVO**

- Evaluar la producción de 4 variedades bajo riego.

## **III. HIPÓTESIS**

Las cuatro variedades tienen una producción similar.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. GENERALIDADES DEL NOPAL VERDURA.

#### 4.1.1. Origen del nopal.

"Nopal" es el nombre común que reciben las cactáceas del género *Opuntia*, este género y su familia son originarios de América; se piensa que la familia de las cactáceas derivó de las *Portulacáceas* y su origen se podría localizar en México, puesto que en este país existe el mayor número de géneros e individuos. (Pina, 1977; citado por Granados, 1991). Las cactáceas son nativas del Continente Americano, en específico de la América tropical. Sin embargo, México es el país con mayor abundancia de especies por lo que se puede considerar como el centro de su origen. México cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia*, y es en las zonas semiáridas donde existe la variación más amplia, por lo que algunos botánicos lo consideran como el centro de origen de los nopales. (Granados y Castañeda, (1996).

#### 4.1.2. Importancia del cultivo de nopal.

La importancia de las Cactáceas como fuente de alimento del hombre primitivo de México, ha sido evidente al examinar coprolitos encontrados en diversos sitios antiguamente habitados por los indígenas. Estos análisis muestran que los tallos (cladodios), frutos y semillas de Cactáceas constituían una parte considerable de la dieta del hombre que habitó hacia los 6,500 AC. (Sánchez, 1980).

En forma paulatina se han venido registrando aspectos sobresalientes de las cactáceas a través de la historia y el folklore de nuestro país, ya que los nativos llegaron a identificar gran cantidad de ellas, que describieron por medio de símbolos, dibujos y representaciones mixtas.

Se conoce que las cactáceas ocupaban un lugar preferente en la economía de las distintas tribus que habitaban en la antigua Anáhuac, muy



especialmente la de los Nahoas Estos utilizaban en su alimentación las especies del genero Opuntia de tallos aplanados, ya que sus tallos son jugosos tiernos que al cocerse obtenían uno de sus alimentos básicos de su dieta (Bravo, 1978).

Desde esos tiempos el nopal ha sido considerado por su abundante fructificación como un recurso alimenticio de primer orden y que ha tenido un papel muy importante en el desarrollo de la civilización (gobierno del estado de México, 1982)

En México el nopal es una fuente de ingreso para las comunidades rurales en zonas áridas y semiáridas, además de que fomenta el arraigo de los campesinos a sus tierras. Acostumbran consumir las pencas o cladodios jóvenes, tunas y xoconoxtle. Este tiene un sabor agrídulce y ácido con menos azúcares y más pectinas que la pitaya. Utilizan además las raíces, flores y pétalos para productos elaborados. El contenido nutricional de esta planta comprende minerales como el calcio, hierro, aluminio y magnesio, sulfato, fosfato, potasio, sílice, sodio, manganeso, carbohidratos, componentes nitrogenados además de vitaminas A, B1, B2 y C (Paredes, 1973).

En México, las plantaciones comerciales de nopal cubren 10,500 hectáreas con una producción de 600,000 toneladas anuales. Una parte se exporta a Estados Unidos. El nopal-verdura comúnmente conocido como "nopalito", es la penca tierna que se cosecha comercialmente cuando alcanza una longitud de 15 a 20 cm. y pesa aproximadamente cien gramos. La cosecha se realiza manualmente cortando con un cuchillo la penca en la base.

#### **4.1.3. Cualidades y atributos del nopal verdura.**

\*

Es indudable la importancia de la relación que siempre ha existido entre las plantas y el hombre, por ello, el hombre de todas las épocas, a obtenido formas de utilización tanto para consumo, como en la herbolaria, en construcción, para la manutención de animales de granja o **para** sombreados y jardinería (Pina, 1993). El nopal verdura ha sido por tradición, uno de los alimentos de mayor consumo del pueblo mexicano, hecho que **se** manifiesta en el incremento de su demanda en los últimos años, en particular en las zonas

urbanas del país. Este fenómeno se refleja en la ampliación de la superficie cultivada en el país, que pasó de 134 ha en 1991 a 66, 666 633 ha (Cruz, 1994).

El grupo de las cactáceas es considerado adecuado para la decoración de interiores de hogares; así también es sumamente cotizado por coleccionista de vegetales exóticos y aun para realzar jardines públicos o privados (León et, 1994).

### **Nopal forrajero**

En las zonas áridas y semiáridas del país, el nopal constituye un recurso natural espontáneo de gran valor, ya que pueden ser utilizados directamente como alimento (nopalitos y tunas), o bien, en la elaboración de diversos productos, alimenticios, medicinales o de cosmetología.

Además, puede servir como forraje para el ganado, aspecto importante sobre todo en épocas de escasez de pastos debido a sequías prolongadas. Cuando el nopal forrajero abunda, por lo general, se utiliza en forma complementaria en épocas invernales y de sequía (Cruz y Zapién, 1974). En el Cuadro 1 se presentan algunas cualidades y atributo del nopal verdura.

Cuadro 1. Cualidades y usos del nopal verdura.

<b>Usos y cualidades del nopal verdura</b>			
Ecología	Alimenticia	En la manufactura	Como substrato
<p>Conservador de suelo: se puede utilizar como barrera de muro vivo para evitar la pérdida de suelo en suelos con fuerte pendiente y con ello impedir la erosión. Combate la contaminación: al consumir por las noches grandes cantidades de bióxido de carbono (Co2) y producir grandes cantidades de Oxígeno (O2).</p> <p>Como cerco: se usa el nopal espinoso para limitar huertos.</p>	<p>Verdura, el nopalito esta ligado a nuestra alimentación desde antes de la conquista, es el ingrediente principal de cualquier platillo y productos alimenticios, entre los cuales tenemos los nopalitos en salmuera, en escabeche, mermeladas, dulces, licores, licuados, jugos, nieves, tacos, ensaladas.</p> <p>Forraie: en las épocas de sequía sirve como alimento principal del ganado.</p>	<p>Agroindustria: nopalitos enlatados en diferentes presentaciones (salmuera escabeche, mermeladas).</p> <p>En la medicina: los nopales controlan los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, su fibra para mejorar el proceso digestivo.</p> <p>En cosméticos: cremas limpiadoras y humectantes, shampoo, enjuagues, mascarillas, jabones, tintes para el cabello. Uso ferretero: se usa en aditivos y pinturas. Purificadores de aguas anticorrosivos, caucho sintético, colorantes textiles.</p>	<p>Como substrato en la producción de la araña cochinilla: que se usa desde el México prehispánico. Hay que tomar en cuenta que esta tinta no se toma directamente del nopal si no del pequeño insecto que habita en el nopal, que después de machacarlo es utilizado para obtener un tinte.</p>

**4.1.4. Clasificación taxonómica.**

En México se le llama nopal a varias especies del genero "opuntia" de la familia "Cactáceas".

EL LIBRO DE cactáceas de México de Helia Bravo (1978), para los nopales presenta 2 géneros Opuntia y nopalea.

EL GENERO Opuntia en México presenta 5 subgéneros, 17 series y 104 especies. El genero nopalea presenta 10 especies de las cuales la "nopalea cochenillifera" se utiliza como nopal verdura.

De las 104 especies de Opuntia y 10 de nopalea se utilizan para forraje 15 especies, 5 para fruta y 3 para verdura (2 de Opuntia y una de Nopalea).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del nopal (Bravo - Hollis, 1978).

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>Subreino:</b>	Embryophyta
<b>División:</b>	Angioserma
<b>Clase:</b>	Dicotiledoneae
<b>Subclase:</b>	Dialipetalas
<b>Orden:</b>	Opuntiales
<b>Familia:</b>	Cactaceae
<b>Tribu:</b>	Opuntiae
<b>Subfamilia:</b>	Opuntioideae
<b>Género :</b>	Opuntia
<b>Subgénero:</b>	Platyopuntia
<b>Especie:</b>	varios nombres

#### 4.1.5. Descripción botánica morfológica.

Plantas perennes, con tallos carnosos protegidos por una gruesa cutícula, la cual esta recubierta de cera para prevenir la pérdida de agua por evaporación. La formación de tubérculos, costillas y otras protuberancias se cree que pueden servir como protectores contra los intensos rayos solares, a si mismo, las espinas representan una forma de defensa ante el ataque de animales e insectos (Nolasco, 1992).

Los cactus tienen diversas formas: columnares, globulares, como racimos, como forma de raqueta, rastreros y de hábitos trepadores. La mayoría de los cactus son plantas de lento crecimiento, esto quiere decir que comparados con otras plantas o árboles crecen muy poco en el lapso de varios años (UABCS-INTERCACTI, 1993).

Las cactáceas aunque tienen las estructuras básicas de las demás plantas productoras de flores, se distinguen porque sus órganos han experimentado profundas modificaciones anatómicas para adaptarse al medio seco, adaptación que les facilita la acumulación de agua durante la escasa época de lluvia y en gran parte, la evapotranspiración (Bravo y Sheinvar, 1995).

Las cactáceas están integradas por: raíz, tallo, hojas, flores, frutos y semillas; pero además poseen órganos transformados como areolas (yemas) y espinas (hojas reducidas). En general todos los órganos de estas plantas, presentan adaptaciones a la aridez (Bravo y Sheinvar, 1995).

Las cactáceas son xerófitas, mostrando tendencia a la reducción de las superficies sometidas a transpiración y a la acumulación de agua en los tejidos (Pizzetti, 1987).

### **Raíz**

El sistema radicular es perenne, extenso y superficial. Las raicillas secundarias están provistas de pelos absorbentes, caducas, ya que su presencia se limita a la época de lluvias, por lo que su estructura y funcionamiento le permite captar con eficiencia agua durante los breves período de lluvias (Bravo y Sheinvar, 1995).

Las raíces de los nopales poseen ciertas características, entre las cuales se enumeran:

Por su origen se derivan de la radícula, aunque en ocasiones puede estimularse el desarrollo de la raíz a partir del tallo

Por su forma son raíces típicas o pivotantes y ejes primarios que sirven para fijar a la planta

Generalmente son gruesas pero no suculentas, de tamaño y ancho variable; en general su tamaño es proporcional al tamaño del tallo o de la parte aérea.

Por su duración el sistema radicular de los nopales es perenne o permanente (CODAGE, 1979).

### **Tallo**

Es leñoso en los tipos de hojas persistentes y se modifica en los restantes, además de las funciones clorofílicas, le corresponde la realización de todos los intercambios gaseosos con la atmósfera. La forma puede ser cilíndrica, semicilíndrica o globular (Pizzetti, 1987).

Los tallos de las Opuntia (nopales) son arbóreos, arbustivos o rastreros, aplanados y articulados; existen también con tallos trepadores, como las del

genero *Peniocereus*, entre otros. Algunas cactáceas epífitas presentan tallos aplanados, muy delgados, casi sin espinas como los del genero *Epiphyllum* (Bravo y Sheinvar, 1995).

### **Hojas**

En el nopal solamente existe en los renuevos de pencas (cladodios) cuando están tiernas. Son hojitas cilíndricas y caducas, en forma de cuernitos; herbáceas, en cuyas axilas se hallan las areolas de las cuales brotan las espinas. Las hojas desaparecen completamente al alcanzar la penca cierto grado de desarrollo, o sea en unos cuantos días en cuyo lugar quedan las espinas (Barrientos, 1989).

Las areolas son las yemas de las cactáceas. Se desarrollan en la axila de los tubérculos, son más o menos redondeadas y producen nuevos tallos y flores, además de espinas, así como fieltro, lana y gloquidas o aguates (Bravo y Sheinvar, 1995). Las espinas en la mayoría de las cactáceas estos órganos son característicos y están siempre presentes. Las espinas son consideradas como hojas modificadas, reducidas por la acción del medio seco, en donde los tejidos se atrofian y parte de ellos se esclerifican, aunque persisten los vasos conductores del agua que se condensa en la superficie. Pueden ser finas como agujas o muy gruesas; cilíndricas o aplanadas; rectas, curvas o retorcidas; muy pequeñas, como de 1 mm. de longitud, o muy largas, hasta de 30 cm.; rígidas o flexibles; su color varia desde blanco hasta negro, pasando por tonalidades amarillentas o rojizas. Muchas veces hay dos tipos de espinas en la misma areola; las llamadas radiales, las exteriores, son generalmente más delgadas y numerosas, y las centrales son más gruesas y escasas.

### **Flor**

En la familia de las cactáceas, la flor es hermafrodita, es decir que agrupa al gineceo y al androceo dentro de una sola estructura floral (Arreóla, 1978). Aparecen generalmente en primavera y brotan de las areolas cercanas al ápice de los tallos, en corona o en hileras longitudinales (Bravo y Sheinvar, 1995).

## **Fruto**

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

### **4.1.6. Fisiología del nopal.**

El éxito ecológico que tienen las Opuntias se debe también a su fisiología. Uno de los procesos mas importantes dentro de la fisiología de cualquier planta es la transpiración (Kramer, 1989).

Las Opuntias presentan un mecanismo que les permite mantener sus estomas cerrados durante el día y abiertos durante la noche, reduciendo al máximo la perdida de agua en el día cuando las temperaturas son altas. Las Opuntias al abrir por la noche sus estomas, permiten la toma de CO<sub>2</sub> sin mayor problema, cuando las temperaturas son mas bajas, la humedad relativa es mayor y por lo tanto la demanda evaporativa es menor. A este tipo de metabolismo se le llama metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) y es determinante en la conservación del agua en la planta (Nobel, 1999; Pimienta 1990).

Otro aspecto importante en la fisiología de las Opuntias son los potenciales hídricos que mantienen. El potencial hídrico define la energía que necesita la planta para conservar y proveer de agua. El potencial hídrico de las Opuntias (0.3 a 0.6 MPa) es significativamente mayor a la de cualquier planta con la que pueda co-habitar a un de las especies tolerantes a la sequía de 1.0 a 3.0 MPa (Flores Valdez, 2001).

### **4.1.7. Productividad de nopal para verdura.**

La producción de un cultivo es la resultante de un sistema que cosecha la energía del sol. La producción es la acumulación de sustancias elaboradas por la planta (fotosintatos) en los órganos vegetales. El rendimiento es el peso

por unidad de superficie del producto cosechado o una de sus partes (Núñez, 1999).

La producción de nopal puede clasificarse en tres grandes tipos: nopaleras silvestres, de huertos familiares y en plantaciones. El número de nopaleras se estima en tres millones de nopaleras y se estima en tres millones de hectáreas (Flores, et al., 1995).

#### 4.1.8. Calidad nutricional del nopal.

Valor nutritivo del nopal verdura (cantidad respecto a 100 g de nopalitos

Cuadro 3. Valor nutritivo del nopal verdura.

Proporción comestible	78.00%
Energía	27.00 Kcal
Proteínas	0.17 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Calcio	93.00 g
Fierro	1.60 mg
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.06 mg
Niacina	0.03 mg
Ácido ascórbico	8.00 mg

Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAT, 2001).

crudos).

En la composición química del nopal, primeramente encontramos un alto contenido de agua, que está en el orden de 90 - 92.5 %. Entre los minerales que contiene, los principales son el calcio y el potasio además de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio, y magnesio. El nopal contiene también, diferentes glúcidos o carbohidratos y componentes nitrogenados.



## **4.2. FACTORES LIMITANTES EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL.**

Algunos de los factores que más afectan el establecimiento, desarrollo, crecimiento y producción del nopal, son el tipo de suelo, disponibilidad de agua en el suelo, temperatura y contenido nutrimental del suelo (Novel 1994).

### **4.2.1. Requerimientos Agro climáticos del Cultivo.**

El nopal prospera, desde los 800 m. hasta los 2.600 m de altura sobre el nivel del mar en templado sub-húmedo, requiere una temperatura media anual **de** 16-28° C, una precipitación que puede oscilar entre los 300 y 700 mm. de lluvia anual y prospera en laderas, terrenos planos y valles. Las plantaciones más grandes se encuentran en laderas al sur de la ciudad **de** México y norte del estado de Morelos (Quintana, 2004).

### **4.2.2. Requerimientos Edáficos.**

El nopal prospera en una amplia gama de suelos; en México la mayor superficie cultivada con nopal tunero coincide con las unidades **de** suelo Vertisoles, Luvisoles y Feozem (Pimienta, 1990). Suelos **con** textura franca (es decir con buen drenaje, que no sean arenosos, ni arcillosos). **El** suelo deberá tener buena fertilidad natural y al menos 30 cm. de profundidad para garantizar un buen vigor de las plantas. (Quintana, 2004.). Las especies del género Opuntia muestran una gran adaptación a rangos ácidos y alcalinos en los suelos. En México las fluctuaciones más comunes son, de pH ligeramente ácidos: Luvisoles pH 6.5 - 8.5 (Quintana, 2004.)

### **4.2.3. Manejo agronómico.**

#### **4.2.3.1. Preparación del terreno.**

En la preparación del terreno debe tomarse en cuenta su profundidad, pedregosidad y pendiente (Aguilar, 2000).

Limpia. Esta actividad dependerá del tipo de terreno **en** cuestión y básicamente pretende quitar malezas, nopales viejos, piedras, tacones etc. (SARH, 1994).

### **Barbecho.**

Este puede ser mecanizado o con yunta con profundidad de 20 a 30 cm. 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 (SARH, 1994).

### **Rastreo y/o nivelación.**

Uno o dos pasos de rastra se deben considerar para la captación de humedad. El nopal de verdura no soporta encharcamientos de agua, ni tampoco desecamientos provocados por los rayos solares, por lo que es necesario nivelar el terreno (Granados y Castañeada 1991).

### **Selección de pencas.**

Seleccionar pencas grandes y vigorosas, libres de enfermedades y 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 según prácticas locales deberá ser sombreado de 15 a 20 días para disminuir pérdidas de humedad y para cicatrización de las heridas propiciadas por el corte y así evitar infecciones, es recomendable la aplicación de caldo bórdeles con las siguientes proporciones: 1 Kg. de cal, más 1 Kg. de sulfato de cobre disueltos en 8 lt. de agua, aplicar en el área de corte (Aguilar, 2000).

#### **4.2.3.2. Método y densidad de siembra.**

En casi todas las regiones productoras de nopalitos se plantan las pencas en los hoyos (una por hoyo) que se hacen para el propósito y se cubren con tierra hasta un tercio o la mitad de los cladodios (10-15 cm.). Las caras planas de los cladodios deben tener una orientación este-oeste, para un buen crecimiento radicular y prevenir el quemado por el sol (García ,1972).

Considerando las densidades a las que se cultiva el nopal en sistemas tradicionales e intensivos, no es posible trabajar con tractor o con implementos

de tiro animal. La limpieza de malezas se hace manualmente con azadón en el sistema tradicional y con una pequeña azada en el sistema intensivo. Algunos productores utilizan herbicida (Grageda, 1978).

Las plantaciones del nopal para la producción de nopalitos pueden ser atacadas por un gran número de plagas y enfermedades (Pimienta, 1974).

#### **4.2.3.3. Fertilización.**

A pesar de que al nopal se le ubica como una planta rústica, ésta planta responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos o químicos. Donde los abonos o fertilizantes se agregan al suelo o a la planta misma, con la finalidad de suministrar a ésta los requerimientos necesarios para su crecimiento, desarrollo y asegurar su rentabilidad. Lo anterior **es** teniendo en cuenta que los estiércoles fueron la única fuente de abono **de** los suelos agrícolas hasta antes de generalizarse el empleo de los fertilizantes sintéticos (Martínez 1990).

Se recomienda aplicar de 50 a 100 Ton. /ha. de estiércol mezclándolo bien en los 25 cm. superiores del suelo (Colegio de Posgraduados **de** Chapingo 1992). Sin embargo, en observaciones realizadas por técnicos, se ha determinado que con la aplicación de 10 Kg. de estiércol de cabra o de vaca, semi-seco por planta se obtiene una buena producción de brotes tiernos (CONAZA 1992).

#### **4.2.3.4. Disponibilidad y calidad **del** agua en la comarca lagunera.**

Las fuentes de agua son las cuencas bajas de los ríos Nazas y Aguanaval que pertenece a la Región Hidrológica No. 36. La mas importante **es** la del río Nazas que representa el 49.8 % del escurrimiento anual de la región, estimada en 4,427 Km<sup>3</sup>. La cuenca del río Aguanaval contribuye con el 9 % del escurrimiento y el restante se pierde por evaporación o se filtra en el suelo (CUEAEE, 1998).

El acuífero subterráneo se encuentra repartido en ocho acuíferos, cuatro en Durango, dos en Coahuila y dos repartidos en ambos estados (CIANE, 1978).

El agua que se utiliza para riego se extrae a través de bombeo del manto acuífero subterráneo. La calidad del agua se clasifica según el personal del laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (1988), como C1 S2, lo que significa que puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos.

Existen diferentes formas para distribuir el agua en el terreno, como lo son el riego superficial, y actualmente el uso de sistemas presurizados de riego que constituye una alternativa viable al uso del agua, principalmente en las zonas agrícolas donde este recurso es escaso como en La comarca Lagunera, que pese a estar en una zona donde la escasez de agua es crítica, solo tiene el 1% de su área de riego equipada con estos sistemas (Flores, 1978).

#### **4.2.3.5. Sistemas de riego en la comarca lagunera.**

En la comarca lagunera se han implementado diferentes sistemas de riego y en los estudios realizados con riegos por cintilla se encuentran algunas hortalizas (Mendoza et al., 2001).

El presente sistema de riego implementado en hortalizas destaca notables resultados en relación con los sistemas de riegos tradicionales. En particular, dicha diferencia se observa claramente en el algodón, uno de los cultivos más importantes en la región (Rivera et., 2001).

El uso de sistemas de riego presurizado constituye en la región lagunera una alternativa viable para optimizar el uso del agua y puede ser aplicada en zonas agrícolas donde este recurso es escaso (Mendoza et al., 1998).

#### **4.2.3.6. Riegos.**

Aun cuando la planta del nopal vive solo con el agua de lluvia, es recomendable aplicar un riego ligero durante los meses de sequía, una vez por mes para obtener mejor producción (Borrego y Burgos 1986).

Se reporta la utilización de los sistemas de riego presurizados cintillas y/o goteros en el cultivo del nopal verdura, para la aplicación de los fertilizantes en las zonas donde el agua es escasa, principalmente en la región noreste del país. Bajo este sistema el riego normalmente humedece los primeros 45 cm. del perfil del suelo, donde se encuentra la mayor densidad radical del nopal (Vázquez 1998).

#### **4.2.3.7. Control de maleza.**

Para mantener la plantación libre de "malas hierbas", es necesario que se realice un buen control mecánico ya sea con azadón o con motocultor. Algunos herbicidas utilizados en el nopal tunero son el gramoxone o paraquat y el glifosato o faena. En caso de usarlos, aplique cualquiera de ellos en la dosis comercial recomendada (Aguilar, 2000).

#### **4.2.3.8. Podas.**

En los sistemas tradicionales la poda de formación se hace cada año. Además con esta práctica se mantienen limpios los caminos y las plantas a poca altura. En el periodo de mayor producción, los productores cortan los cladodios terminales a la mitad, para detener la producción de nopalitos y permitir que la planta acumule reservas para el otoño e invierno. Muchos productores dejan producir solo la mitad, un tercio o un cuarto del área de sus plantaciones en los periodos de precios bajos, manteniendo el resto en descanso (Flores Valdez, 1993).

#### **4.2.4. Nivel de producción.**

En el grupo de las principales hortalizas que se producen en México, la producción de nopalito en nuestro país está ubicado en el decimoprimer lugar en volumen y el decimosegundo en lo que se refiere al valor de su producción (SAGARPA 1996).

El municipio de Tlalnepantla, en el Estado de Morelos, tiene la mayor superficie sembrada con aproximadamente 1500 ha de la variedad Milpa Alta. En esta localidad 90% de la población tiene al nopal como cultivo primario porque genera un alto nivel de ingresos, principalmente en otoño e invierno, cuando escasea en otras entidades productoras (Rubio, 1997).

##### **4.2.4.1. Superficie establecida.**

La superficie de nopal verdura sembrada de "nopalito" sembrada en nuestro país durante 1999 de acuerdo a las cifras oficiales consistieron en 3127 Ha; estas están distribuidas en 19 estados, catorce de ellas tienen una participación marginal con áreas menores a las 300 hectáreas y que en conjunto representan el 17% con 1243 hectáreas. El resto se encuentra en los

estados de Morelos con 796 hectáreas, San Luís Potosí con 380, Tamaulipas con 388 y Baja California 371 hectáreas, significando este grupo el 26%. Destaca sobre manera el Distrito Federal con 4159 hectáreas, que representan casi el 57 %.

La distribución que el cultivo tiene en nuestro territorio nos muestra una explotación de superficies dedicadas al cultivo en 5 estados en forma relevante.

En el cuadro 4. Se puede apreciar la evolución que muestra el comportamiento de la superficie en la década de los noventas en estos estados

Cuadro 4. Superficie establecida de nopal verdura en México.

Estados	Distribución de Sup. Sembradas
Distrito Federal	57 %
Morelos	11 %
San Luís Potosí	5 %
Baja California	5 %
Tamaulipas	5 %

(SAGARA-CEA 1999).

#### 4.2.5. Plagas.

Las plagas más importantes que atacan a este cultivo son el picudo barrenador (*Cactophagus spinulae* Gyll), el picudo de las espinas (*Cylindrocoptorus biradiatus* Champs), el gusano blanco del nopal ( *Lanífera cyclades* Druce ), el gusano cebrá ( *Olycella nephelepsa* Dyar) y la grana o cochinilla (*Dactylopius indica* Green), entre otras. Estas plagas atacan principalmente en estado larvario, por lo cual es importante determinar su ciclo biológico para proceder a su control. Las plagas más comunes del nopal según García (1965) son:

##### 1) El picudo barrenador, (*Cactophagus spinolae* GYII).

Este organismo se alimenta comúnmente de brotes tiernos de nopal. Las larvas devoran los tejidos internos de las pencas y forman una serie de galerías en los principales. En las partes afectadas del nopal se observa una acumulación de secreciones gomosas que después se hacen de color café

amarillento y finalmente negro. Esta plaga provoca que disminuya la producción y, en casos extremos, la muerte de la planta.

**2) El picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradiatus* Champs).**

La forma adulta de este organismo aparece durante los meses de abril y mayo; las hembras depositan sus huevecillos en la base de las espinas del nopal y entre junio y julio y julio nacen las larvas, que comienzan alimentarse de los tejidos de las plantas y originan un escurrimiento que da lugar a una especie de escamas y cintas de secreciones que pronto se endurecen y ocasionan un secamiento en las espinas.

**3) La chinche gris (*Chelinidea tabulata* Burm).**

Este insecto aparece durante los meses que comienza a aumentar la temperatura del medio. Tanto los adultos como las ninfas succionan la savia, y en las partes que atacan forman manchas circulares claras que debilitan la planta y reducen su producción, la chinche gris se presenta principalmente sobre plantas jóvenes.

**4) La chinche roja (*Hesperolabops gelastops* Kirkale).**

Las ninfas como las formas adultas de este insecto succionan la savia de las pencas del nopal y en las zonas que atacan aparecen manchas que, al secarse, se levantan y agrietan la superficie.

**5) El gusano cebra (*Olycella nephelepsa* Dyar).**

En enero, principalmente, numerosas colonias de larvas del gusano cebra atacan al nopal joven o las pencas tiernas; estos gusanos viven exclusivamente en el interior de la planta y provocan abultamientos exteriores por la destrucción interna de la penca, el gusano cebra se ha localizado en *O. streptacantha*, *O. stenopetala*, *O. robusta* y otras especies no determinadas.

**6) El gusano blanco (*Lanifera cyclades* Druce).**

Este tipo de gusano deposita sus huevecillos sobre las pencas del nopal, las larvas avanzan a hacia la interior de la penca hasta llegar al eje

principal y afectan el tejido leñoso y perforan toda la parte interna; así debilitan a la planta hasta su muerte o impiden que produzcan nuevos brotes.

#### **7) La cochinilla o grana.** (*Dactylopius indicus green.*)

El insecto grana cochinilla, es un parásito o plaga del nopal que pertenece a dos géneros: *Opuntia* y *Nopalea* de la familia de las cactáceas. Es de origen americano, los daños que genera este organismo se localizan en la parte basal de las espinas del nopal. Los ataques severos de este organismo pueden causar la caída del fruto, el debilitamiento de la planta y finalmente la muerte de esta.

El insecto pertenece a la familia coccidae y al género *Dactylopius* (Costa). Hay dos clases principales del insecto: a) una grana cochinilla fina, que se cultiva, blanca, "plateada", doméstica, delicada y vulnerable, que se distingue por un fino polvo ceroso y que puede permanecer en la planta durante 7 años; y, b) una grana cochinilla silvestre (*xalnocheztli*, *ixquimiliuhqui*), mucho más pequeña, que produce una especie de algodoncillo; tiene una gran tolerancia climática y resiste cualquier altitud, pero es capaz de acabar con la planta en 6 meses. Todas las especies producen el tinte característico: ácido carmínico. La diferencia está en la cantidad y en la calidad.

#### **8) El gusano de alambre** (*Diabrotica sp.*)

Estos gusanos devoran y rollen las raíces y otras partes subterráneas de la planta; con frecuencia producen daños muy graves. La invasión por este tipo de gusano se reconoce debido a la marchites que presenta la planta en su parte aérea.

#### **9) La gallina ciega** (*Phyllophaga ssp.*)

Las gallinas ciegas jóvenes se alimentan de raíces y partes subterráneas de la planta hasta el principio del otoño; en la primavera los adultos se vuelven activos y al anochecer suben a las partes altas de la planta, donde se alimentan y se aparean.



#### **10) Trips del nopal (Sericotrips opuntia Hood).**

Estos organismos también se conocen como "alas con flecos" y perforan los tejidos de la planta al succionar el jugo celular. Los órganos atacados por los trips se cubren de manchas de color amarillento o gris blanquecino y se ven sucias debido al excremento oscuro y brillante del insecto. Después, aparece la amarillez o coloración parda, la costroicidad y la desecación de la parte atacada. Los trips son vectores de enfermedades virales.

#### **11) El caracol ( Helix Aspersa Muller).**

Este organismo se alimenta de la parte superficial de las pencas del nopal e impide el fenómeno de la síntesis clorofiliana, lo cual ocasiona la reducción de nuevos brotes en las pencas afectadas.

#### **12) Moneilema variolaris Thomson.**

Las larvas de este organismo perforan los tallos de los nopales, lo que consecuentemente causa la muerte de la planta y, en otros casos, produce un debilitamiento general muy notable.

#### **13) Cáctoblastis (CACTORUM).**

Se trata de un cactófago huésped del nopal, originario de Argentina, Paraguay, Uruguay y el sur del Brasil. Al insecto se le utiliza para el control biológico del nopal, que en algunos países se le considera una planta invasora porque sustituye otros cultivos nativos indispensables para el equilibrio ecológico y el sustento de otras especies.

El Cáctoblastis Cactorum, deposita sus huevos, uno sobre otro, para formar una especie de bastón, un extremo del cual se adhiere a la superficie de la penca o a una de las espinas, asemejándose a cualquier espina del cactus. Cada masa contiene de 60 a 100 huevos. La larva que nace se entierra en la penca del nopal donde permanece en forma gregaria, alimentándose alrededor de dos meses en verano y cuatro en invierno. Las larvas maduras son color naranja brillante con bandas negras. Dejan las pencas con que se alimentaban

y tejen capullos de seda en áreas protegidas, principalmente debajo de las pencas secas o en putrefacción que se encuentran tiradas en el suelo.

El daño que causan es enorme porque se comen el interior de las pencas. Una sola colonia puede Consumir de dos a cuatro pencas, causando putrefacción y decaimiento. El amarillamiento y transparencia de las pencas, así como el excremento que es empujado al exterior a través de pequeños orificios, son señales de infestación, lo que significa que la plaga está presente en las plantas más tiernas y suculentas.

Según Gilver y Nelson, (1980).Las enfermedades más comunes son:

#### **4.2.6. Enfermedades.**

Otro factor fundamental que incide en el desarrollo de esta cactácea lo constituyen las enfermedades, por eso es conveniente contar con el apoyo técnico para prevenirlas. Las más importantes son: la mancha bacteriana (*Bacterium* sp.), mancha o secamiento de la penca (*Alternaria* sp.), la pudrición de la epidermis, la antracosis, el oro del nopal, el engrasamiento de cladodios y la negrilla, entre otros.

##### **4.26.1. Enfermedades por Bacterias.**

Probablemente la enfermedad mas visible en los nopales sea la necrosis Bacteriana causada por *Erwinia Carnegieana*, microorganismos que miden aproximadamente tres mieras; esta bacteria infecta a la planta a ara ves de aberturas naturales, Heridas u horadaciones de insectos, probablemente por contacto directo o de raíz a raíz, lo que provoca una putrefacción suave, los tejidos internos se pueden volver líquidos y las pencas pueden semejar bolsas de agua, para después desplomarse o hundirse por completo.

##### **4.2.6.2. Enfermedades por hongos.**

Las lesiones que el hongo *Phyllosticta cóncava* causa en el nopal son circulares, color café claro y se producen hundimientos de los tejidos cubiertos por puntos negros diminutos; los síntomas pueden aparecer simultáneamente en ambos lados del cladodio, el área afectada puede aumentar o no su

diámetro hasta una pulgada, pero la unión de múltiples lesiones en una penca origina manchas mas grandes; posteriormente los tejidos afectados se contraen, se hacen negros y se forman los cuerpos de las esporas, primero, en el centro de la lesión.

#### **4.2.6.3.- Opuntia fulgida, O. Versicolor y Fercactus Wislizenii.**

En condiciones de invernadero, han manifestado sensibilidad a los hongos fusarium oxysporum. estos hongos provocan desde un color verdoso hasta un ablandamiento negro de tejidos que bajo la epidermis se pueden convertir en acuosos y negros con líneas café claro en las estructuras internas leñosas; generalmente, aparece primero la infección cerca de la línea de apoyo o donde las espinas de la planta adyacentes han penetrado la planta. La planta se derrumba por completo en pocos días

#### **4.2.6.4. Enfermedades por virus.**

Los nopales infectados por virus pueden mostrar síntomas severos, tales como círculos cloróticos (amarillos) y pencas retorcidas que tienen efecto marcado en el crecimiento de la planta.

Cuadro 5. Principales plagas del nopal y su control.

Nombre de la plaga	Danos y sus características	Productos a usar	Dosis por hectárea	Epoca de aplicación	Observaciones
Gusano cebra	Las raquetas muestran tumor.	Supracid 40	1 a 1.5 litros	Febrero y marzo	Fumigue la huerta cuando vea orificios en las raquetas.
Arana roja	Raquetas como quemadas con fuego o viejas.	Akar 338	1 a 5 litros	Entrada la primavera	Cuando observe secamiento en las raquetas combata las plagas.
Grana cochinilla	Aparecen como motitas de algodón.	Malation 50%	5 a 7.5 litros	Al hacer mas calor	Procurar atacar la plaga cuando este pequeña.
Gusano blanco crista	En el suelo se ven virutas de excremento.	Supracid 40	1 a 1.5 kilos	En verano	Es variable la aparición del gusano, pero al ver agujeros en las raquetas combátalo
Gusano cabeza roja	Se le encuentra en los entrenudos.	Supracid 40	1 a 1.5 litros	Al aparecer	Busque en los entrenudos de dos raquetas.
Pícudo de las espinas	Aparece colmo lagrimas de cera o parafina.	Parathion etilico 50	5 a 7.5 litros	Entrando la primavera	Busque la perforación de la raqueta en las espinas.
Mayate café	Ataca los brotes tiernos.	Supracid 40	1 a 1.5 litros	Marzo y abril	Se notan mordidos los brotes tiernos.
Caracoles	Atacan los brotes tiernos.	Cebos envenenados		Al inicio de las lluvias	Se ven mordidos los brotes tiernos y una cauda de baba en ellos.
Pájaros	Atacan los brotes tiernos.	Folidol en * polvo E- 605	1 a 2 ce /litro de agua	Cuando aparezcan	Cuando escasea el alimento los pájaros atacan los brotes tiernos.

CODAGEM, 1982).

#### **4.2.7. Cosecha.**

Los cladodios deben de cosecharse entre los 30 y 60 días después de su brotación, cuando pesen entre 80 y 120 gr. Y sean de 15 a 20 cm. de largo. Algunos productores cosechan el nopalito jalando y dándole vuelta a las pencas, sin embargo, esto produce daños y pudriciones. La mayoría de los productores usan una navaja para la cosecha; considerando que cortando en la base de los nopalitos se causa pudrición y la duración post-cosecha del producto es corta, se recomienda cortar en la unión entre el cladodio "soporte" y el nopalito, lo cual se retrasa su deterioro (Cantwell, 1992; Corrales, 1992).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización geográfica del área de investigación.

La Comarca Lagunera es una región agropecuaria e industrial ubicada en la zona norte - centro de la República Mexicana. Esta localizada geográficamente entre los meridianos 102 grados y los 104 grados 40' de longitud oeste y los paralelos 24 grados 30' y los 27 de longitud norte.

Tiene una altura de 1120 msnm. y cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, axial como las áreas urbanas. Se encuentra en la parte centro norte de la República Mexicana, su conformación comprende el suroeste del estado de Coahuila y el Noroeste del estado de Durango. Se encuentra limitada al oeste y sur por la " sierra madre oriental y hacia el este y norte por los Bolsones de Mapimí y sierras aisladas, comprende 15 municipios, los cuales son: Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros, y Viesca; y por el estado de Durango: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Pedro del Gallo, San Luís del Cordero, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe.

### 5.2. Suelo y topografía de la Región Lagunera.

Los suelos de la Región Lagunera, se pueden clasificar en 3 tipos:

a) Suelos aluviales resientes, de perfil ligero, cuya textura varía de migajón arenoso a arenas. En una superficie aproximada de 75,000 has.

b) Suelos correspondientes a últimas deposiciones arcillosos en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100, 000 has.

c) Suelos de características intermedia, entre los citados anteriormente; es decir que su perfil es variable, entre arcilloso y migaron arenoso; abarcan una superficie aproximada de 192,000 has. Estos suelos ocupan la parte central del área cultivada por sus características fisicoquímicas donde se encuentra los cultivos importantes. Son ricos en fósforo, potasio, magnesio, calcio, pero

pobres en nitrógeno y, materia orgánica que se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en terrenos cultivados. Están considerados de 1a clase para fines de riego (SAGARPA 2004)

La topografía de la Región Lagunera en términos generales es plana y de pendientes suaves que varían de 0.20 a 1.0 metro por kilómetro, generalmente hacia el norte y noreste (SIAP, 2002).

En la Región Lagunera se encuentra el Distrito de riego 017, así como los Distritos de Desarrollo Rural Laguna-Durango y Laguna Coahuila, de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Comprende cinco municipios del estado de Coahuila (Torreón, Matamoros, Francisco I Madero, San Pedro de las Colonias y Viesca) y diez del estado de Durango (Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí, Tlahualilo, Nazas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar, san Luís del cordero y San Pedro del Gallo). La extensión asciende a 47,887 km<sup>2</sup>.

### **5.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN.**

#### **5.3.1. Clima.**

El clima en la región de acuerdo a la clasificación de E. de Martomme, este tipo árido caliente desértico, en base a la temperatura media anual y el índice de aridez en la zona baja de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval, (SIAP, 2002); y en la clasificación de C.W. Thornthwithe, como árido, con lluvias deficientes en todas las estaciones del año, sus condiciones orografiáticas son adversas (SIAP, 2002). En el 2002 se presentó una precipitación pluvial de 252.4 mm.

#### **5.3.2. Temperatura.**

La temperatura media anual es de 21°C. La media del mes más caliente corresponden a Junio con 26.4°C, mientras que las del mes más frío corresponden a Enero con 13.0°C. Las temperaturas extremas registradas son máximas de 41.5°C en el mes de Junio y mínima de -13°C en el mes de Enero.

En el Cuadro 6 se presenta la temperatura máxima y mínima promedio de la

Cuadro 6. Temperaturas de la Comarca Lagunera.

	<b>Prom. de los últimos 10 años</b>	<b>Durante el 2002</b>
Promedio	20.5	20.8
Máxima	31.5	33.8
Mínima	8.7	6.8

Comarca Lagunera en los 10 últimos años y durante 2002.

### 5.3.3. Heladas.

Existe una frecuencia de heladas dentro del rango de 0 a 20 días por año y una frecuencia de granizadas de 0 a 1 día por año. Estas heladas se presentan durante el invierno con gran variabilidad oscilando el número de éstas por periodo invernal entre 4 y 62. La temperatura media de heladas ha variado entre 1.2°C y -32°C. La fecha de la primera helada ha ocurrido entre el 27 de Octubre y 22 de Diciembre. La fecha de la última helada se ha registrado desde el 15 de Febrero hasta el 14 de Abril.

La temperatura de la primera helada varía entre 0.0°C y -6.0°C. Según la ecuación de Damota la acumulación de horas frío en la Comarca Lagunera varía de 150 a 430 horas frío. En el cuadro 7 se presentan la incidencia mensual de

Cuadro 7. Incidencias de heladas en la comarca Lagunera. 2002.

<b>Meses</b>	<b>Número de días</b>
Enero	9
Febrero	7
Marzo	4
Abril	
Noviembre	6
Diciembre	10

heladas en la Comarca Lagunera en el 2002.



#### **5.4. Localización del lote experimental.**

La investigación se realizó en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón Coahuila; localizada en la Comarca Lagunera, situada entre los paralelos 24° 30' y 27° de latitud norte y los meridianos 102° y 104° 40' de longitud Oeste, a una altura del 120 msnm.

#### **5.5. Características del lote experimental.**

El suelo del área experimental, presento las siguientes características: textura migajon limoso, en los primeros 30 cm. de profundidad, los parámetros de humedad fueron de 6.46 % de marchitez permanente, 10.86 % de capacidad de campo base peso. La densidad aparente fue de 1.26 g/cm<sup>3</sup>, conductividad eléctrica de 2.16 ds/m., y un pH de 8.13.

#### **Tratamientos.**

Se evaluaron cuatro materiales vegetativos, tres con las claves 15,67 y 69, los cuales forman parte de los cultivares de la unidad regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA- UACH) en Bermejillo Durango, y el material vegetativo que se utilizó como testigo fue Milpa Alta, recolectado en Loma, Durango, los cuales estuvieron bajo un solo nivel de riego.

#### **5.6. Preparación del terreno y prácticas de cultivo.**

La preparación del terreno se hizo manualmente utilizando palas, picos y azadones con el objeto de facilitar la penetración de las raíces, aireación del suelo, penetración de agua y su conservación, así como la destrucción de maleza para reducir competencia por nutrientes, agua y además de exponer al sol las plagas del suelo.

El trazo de cama donde se plantó el nopal, se realizó colocando estacas en los extremos del terreno; posteriormente se tendieron hilos a lo largo del mismo para que sirvieran de guía y delimitarlas.

Una vez realizada la preparación del terreno se abono con 5.7 Kg /m<sup>2</sup> de estiércol seco de bovino (INIFAP, 2005), cantidad equivalente a 20.52 Kg. por cada unidad experimental. Por superficie sería a razón de 57 ton/ha, el cual se incorporo en los primeros 10 cm. del suelo. ,

### **5.6.3. Selección del material vegetativo.**

Para realizar este trabajo se tomaron en cuenta las siguientes características:

- Buen vigor.
- Libre de plagas y enfermedades.
- No presentar mal formaciones físicas.
- Edad de 1 a 2 años.
- Tamaño mínimo 30 cm. de ancho.
- Plantas de buen grosor y succulencia.
- Presentar el corte en la parte de unión con la planta madre.

### **Características de las variedades evaluadas.**

#### **Milpa Alta.**

- Sabor agradable.
- Espinas escasas y pequeñas.
- Las pencas miden de 20 a 30 cm. de diámetro.
- Segregan mucha sabia.
- Los nopalitos miden 15 cm. de largo, 10 de ancho y 4 mm. de espesor.

»

#### **C-67.**

- Color verde pálido.
- Pocas espinas.
- Los nopalitos son alargados.
- Cascara delgada.
- Sabor un poco ácido.
- Los nopalitos tienen un largo de 17 cm. de largo, 7cm. de ancho y 3 mm. de espesor.

**C-69.**

- Color verde manzana.
- Poca espina.
- Cascara delgada pero resistente.
- Sabor agradable.
- Forma del nopal ovalada.
- Los nopales tienen las siguientes dimensiones: 15 cm. de largo, 10 cm. de ancho y 3 mm. de espesor.

**C-15.**

- No tienen espinas.
- Color verde intenso y brillante.
- Sabor muy agradable.
- Cascara gruesa.
- Es carnosos.
- Posee una forma cilíndrica.
- Presentan dimensiones de 15 cm. de largo, 12 cm. de ancho y 8 mm. de espesor.

Una vez cortado el material se le dio un baño con DIAZINON para desinfectar las plantas, luego se pusieron a media sombra durante 15 días para oreamiento y cicatrización colocando las pencas de canto al suelo.

Durante el traslado de las pencas hasta el sitio de plantación es frecuente que se dañen entre ellas mismas con las espinas o por los movimientos propios de la operación de carga y descarga. Para reducir estos daños se deshidrataron los cladodios que 1 a 2 semanas antes de proceder a su traslado.

La deshidratación se llevo a cabo a media sombra, de esta manera se evita que las pencas se curven y dificulten su plantación. No es buena la deshidratación prolongada ya que las pencas que se siembran después de 2 meses de deshidratación presentan crecimiento lento de nuevos brotes y raíces.

#### **5.6.4. Labores culturales.**

##### **5.6.4.1. Método y densidad de plantación.**

Las pencas madres fueron cortadas en Marzo y mantenida bajo sombra durante 15 días para cicatrizar la parte de corte afectada, la plantación se realizó el primero de abril de 2006. La plantación se realizó utilizando pencas completas, tomando en cuenta la profundidad y orientación. En la plantación se utilizó una pala recta o pala jardinera para hacer una pequeño cepa donde se planto la penca; la penca se enterró a dos terceras parte de la misma, de esta forma no se corre el riesgo de que se acamen por efectos del viento.

En lo que se refiere a la orientación de las pencas, la cara plana se colocó perpendicular a la trayectoria del sol para una mayor captación de luz solar. La densidad de plantación utilizada para la siembra fue de 20 plantas por unidad experimental, a razón de 55, 555 plantas por hectárea

##### **5.6.4.2. Control de malezas.**

El control se hizo de forma manual utilizando azadón.

##### **5.6.4.3. Plagas y Enfermedades**

En el presente trabajo se presentaron las siguientes enfermedades:

La gallina ciega (*Phyllophaga* ssp), que se alimenta de la raíz y de las partes subterráneas de las plantas, hasta el principio de otoño. Los síntomas que manifestaron los nopales fueron arrugamiento de las pencas por deshidratación.

La cochinilla (*Dactylopius indicus* green) que debilita las pencas causándoles un color verde pálido.

\*

Pudrición negra (*Macrophomia* ssp) infección que manifestó con la presencia de una pequeña mancha clorótica en las pencas; la epidermis no mostró ningún cambio pero el tejido interno tomo una apariencia de color verde oscuro, penetrando profundamente en todo el tejido tornándose a color negrusco. En estado avanzado apareció bajo la epidermis una podredumbre blanda, semi-acuosa, de color negro.

Para controlar estas enfermedades se aplico Captan con una dosis de 3 gr/l de agua, la aplicación se realizó a la planta y suelo.

#### **5.6.4.4. Poda.**

La poda de formación se realizó eliminando las pencas mal colocadas o aquellas que se cruzan entre sí, ya que esta poda ayuda a disminuir las pencas alrededor de la planta. Se sugirió podar de acuerdo a la literatura a 2 pencas después de la penca madre (oreja de conejo).

#### **5.7. Agua de riego.**

El agua que se utiliza para riego se extrae a través de bombeo del manto acuífero subterráneo. La calidad del agua se clasifica según el personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (1988), como C1 S2, lo que significa que puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos.

#### **5.8. Sistema de riego.**

El sistema de riego que se utilizó para el presente trabajo fue el de riego por goteo, con una línea principal con manguera de 3/4 de diámetro conectada a la red de distribución de agua de la universidad. Además, se instaló un medidor de flujo en la línea principal ubicado antes de llegar a la parcela; también se utilizan codos y tees para conectar las líneas secundarias que van en medio de cada cama, colocándose goteros con espacimientos de 40 cm. cada uno.

La plantación se estableció en terreno seco ya que las pencas estaban bien hidratadas y se esperó 8 días para aplicar el primer riego. Esto dio tiempo a que cicatrizaran las heridas que pudieron haberse causado durante el manejo al que se sometieron para llevarlas hasta el sitio de plantación. El riego se aplicó en base a la evaporación acumulada por semana, resultado de la suma de la tasa de evaporación diaria tomada de un tanque evaporimetro tipo "A", para definir la lámina de riego aplicada.

Utilizando un coeficiente de tanque de 7.0 ya que no existe cobertura vegetal en el área donde se encuentra localizado el tanque, tomando en cuenta que la humedad relativa de la región varía del 30 a 40 % con vientos no mayores que 175 km./día.

#### **5.9. Cosecha.**

La cosecha se llevó a cabo cuando los brotes alcanzaron un peso aproximado de 60 a 100 gramos cada una o cuando presentaron un largo de

12 a 15 centímetros, dependiendo de la variedad; no obstante, debe tenerse en cuenta que entre mas tiempo se dejen crecer, los nopalitos se tornan fibrosos y correosos debido a la acumulación de lignina en los tejidos, causando que el producto pierda calidad y precio.

El corte de nopalitos se realizó con cuchillo para evitar daños al brote y a la penca de donde se desprende; es necesario proteger la mano que queda libre con un guante de cuero, con la que se toma el brote para acomodarlo en el recipiente en que se depositan los nopalitos frescos. El corte debe hacerse en el punto de unión de la penca y brote sin ocasionar daños que propicien la proliferación de infecciones o enfermedades a la planta (Orona, 2001).

Los cortes se realizaron a partir del 19 de marzo del 2007, realizándose en promedio cada 4 días hasta el 23 de julio del mismo año.

La cosecha se realizo de las 9:00 a las 10:00 am, ya que el nopal presenta el metabolismo ácido de las crasuláceas; pues estas plantas abren sus estomas en la noche, cuando las condiciones son menos propicias para la transpiración y absorben bióxido de carbono del aire que convierten en ácidos orgánicos, por lo que su acidez varia durante el día y noche (Flores, et al, 2004).

#### **5.10. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, en donde se utilizaron cuatro variedades las cuales se plantaron en camas de 1.20 m. de ancho por 14 m. de largo y 0.80 m. de espacio entre ellas.

El modelo del diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + \epsilon_{ij}$$

$$I = 1, 2, \dots, t$$

$$J = 1, 2, \dots, t$$

$\epsilon_{ij}$  Es el error experimental

Donde:

$Y_{ij}$  Es la observación del tratamiento i en el bloque j.

$\mu$  " Es el efecto verdadero de la media general.  $T_i$  Es el efecto del i-ésimo tratamiento.  $B_{ij}$  Es el efecto de j-ésimo bloque.

### 5.11. Parcela experimental y útil.

El área total de la parcela experimental que se utilizó fue de 120 m<sup>2</sup> cada parcela consto de 20 plantas de las cuales se cosecharon solo 5 plantas como parcela útil.

Cuadro 8. Distribución de parcelas experimentales en el campo.

R.1		R.2		R.3		R.4
C 15		C 69		C 67		M.A
C 69		C 15		M.A		C 67
C 67		M.A		C 69		C 15
M.A		C 67		C 15		C 69

**Milpa Alta (M.A)** = testigo C 15, C 69, C 67 = variedades R = numero de repeticiones

### 5.12. Variables evaluadas.

#### Producción.

La producción de cada parcela útil, se determino cosechando 5 plantas del centro de cada parcela experimental, para eliminar el efecto de orilla.

**Producción de pencas por planta.**

El muestreo se realizó a partir del primer corte que fue el 19 de marzo del 2007, durante 3 meses. Para ello se llevo un registro donde se anotaron las pencas cosechadas por parcela útil.

↳

**Grado de acidez.**

El análisis del contenido de acidez se realizó el día 8 de junio del 2007, tomando muestras de jugo efectuados con ayuda de un extractor de jugos de cada variedad por separado.

La lectura para obtener la acidez utilizando se determino utilizando el peachimetro.

**5.13. Análisis Estadístico.**

El análisis estadístico de los datos se efectuó utilizando el paquete de diseños experimentales, de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L (Emilio Olivares Sáenz, 1994).



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Producción de Nopalito

La producción de nopal verdura en las cuatro variedades de nopal evaluadas fue similar de acuerdo al análisis estadístico realizado, en el que no se detectó diferencia entre tratamientos. Sin embargo la C 69 y la C 15 tendieron a mayor rendimiento con 38.87 y 40.60 ton/ha respectivamente. En la producción mensual entre variedades tampoco el análisis estadístico detectó diferencia, por lo cual las cuatro variedades fueron similares Cuadro 9.

Cuadro 9. Producción mensual y total de cuatro variedades UAAAN - UL. 2007.

Variedad	marzo	abril	mayo	junio	julio	total
<b>M A</b>	6.34	8.11	7.73	4.51	5.57	32.25
<b>C 15</b>	10.09	5.60	11.14	5.44	8.34	40.60
<b>C 67</b>	8.72	7.79	5.94	4.51	6.92	33.87
<b>C 69</b>	9.24	6.94	8.33	4.74	9.62	38.87
<b>C.V. %</b>	26.80	33.60	15.50	41.88	31.89	16.82

### 6.2. Producción de pencas mensual y total en cuatro variedades de nopal. UAAAN - UL. 2007.

La producción de pencas por planta mensual y total se presenta en el Cuadro 10. El análisis estadístico realizado no detectó diferencias significativas entre variedades. Estos rendimientos son contrarios a los obtenidos por Carrillo Muñoz (2006) que encontró diferencia significativa en producción de pencas por planta y

Cuadro 10. Producción mensual y total pencas/planta UAAAN - UL. 2007.

Variedades	Marzo	Abril	Mayo	Total
<b>Milpa Alta</b>	3.21	4.21	2.59	10.42
<b>C 15</b>	4.25	2.33	5.25	11.43
<b>C 67</b>	4.21	3.83	2.38	10.63
<b>C 69</b>	2.12	3.21	3.62	9.92

variedad.

## Acidez.

Los análisis realizados el 8 de junio del 2007 para determinar el grado de acidez de las cuatro variedades evaluadas se presenta en el Cuadro 11. En el cual se puede apreciar que las diferencias de acidez entre variedades son similares; también podemos observar que en las primeras horas del día el pH se encuentra más ácido comparado con las lecturas realizadas al final del día, que tiende a ser más alcalino.

Cuadro 11. Acidez de nopales a través del día de cuatro variedades de nopal. UAAAN-UL. 2007.

Variedades				
	P H			
Horas	MA	C 15	C67	C 69
7:35	3.83	3.84	3.86	3.87
8:40	3.84	3.86	3.86	3.87
9:30	4.04	3.87	3.87	3.89
10:20	4.29	4.03	4.04	4.03
11:30	4.31	4.22	4.11	4.21
12:19	4.32	4.25	4.26	4.23
13:20	4.48	4.61	4.43	4.23
14:10	4.52	4.63	4.44	4.26
15:13	4.97	4.68	4.77	4.75
16:29	5.42	5.27	5.05	5.28
17:38	5.24	5.36	5.35	5.48
18:42	5.35	5.28	5.33	5.36

# ACIDEZ

M. A. -m- C 15 C67 C69

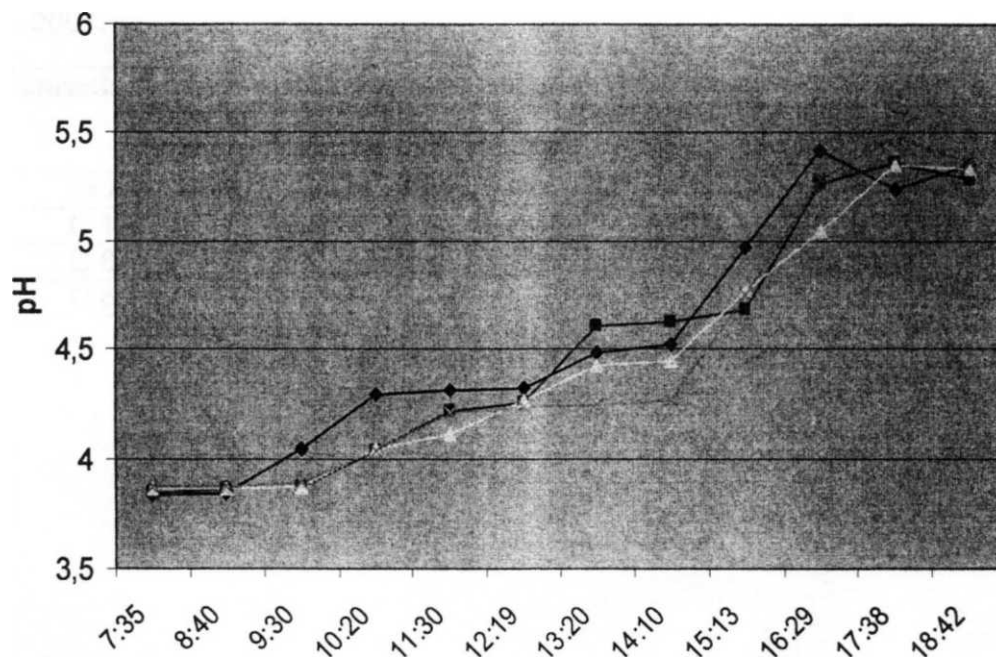


Figura 1. Variación de acidez de nopalito a través del día UAAAN - UL 2007.

## 6.4. Eficiencia en Uso de Agua

La eficiencia en uso de agua se obtuvo dividiendo la producción obtenida en ( $\text{Kg. ha}^{-1}$ ) en cada tratamiento entre el volumen total de agua en ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ).

El volumen total se obtuvo usando un medidor de flujo volumétrico tomando la lectura inicial y final. El volumen por parcela fue de  $3709.31 \text{ m}^3 \text{EUA} = \text{Prod. (Kg. ha}^{-1}) / \text{Vol. (m}^3\text{ha}^{-1})$

La eficiencia en uso de agua se presenta en el Cuadro 12. El análisis estadístico para esta variable no detectó diferencia significativa entre tratamientos.

En virtud de lo cual la eficiencia en uso de agua fue similar para las cuatro variedades evaluadas. La eficiencia en uso de agua vario de 8.7 a 10.95 Kg/m<sup>3</sup>.

Cuadro 12. Eficiencia en uso de agua de cuatro variedades de nopal. UAAAN -UL. 2007.

<b>variedades</b>	<b>Rendimiento ton/ha.</b>	<b>Volumen aplicado M<sup>3</sup>.</b>	<b>Eficiencia en Uso de Agua kg/m<sup>3</sup>.</b>
MA	32.25	3709.31	8.70
C 15	40.60	3709.31	10.95
C 67	33.87	3709.31	9.13
C 69	38.87	3709.31	10.48

## VII. CONCLUSIONES

La producción de nopal, número de pencas por planta y eficiencia en uso de agua fue similar en las cuatro variedades de nopal evaluadas.

La acidez varío durante el transcurso del día, presentando mayor acidez por la mañana disminuyendo hacia la tarde.

## VIII. LITERATURA CITADA.

- ASERCA. 2001. Nopal, leyenda, comercio y futuro en México., Núm. 98.
- Aguilar, Z. A. 2000. El cultivo de Nopal en Milpa Alta, D. F. INIFAP-Grupo PRODUCE A.C.-D.F. Folleto para productores No. 1, Diciembre de 2000
- Alvarado. Fisiología y bioquímica del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyoclaea*), tesis, CP. Chapingo, México, 1978.
- Badui, D. S. 1990. Química de los alimentos. Ed. Alambra Mexicana. México, D.F. 648 p.
- Barrientos, P. F., Nopal y agaves como recurso de zonas áridas y semiáridas de México, centro de genética, Chapingo, México, 1989.
- Borrego E., F. y Burgos V. N. 1986. El nopal. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Vol. 1, 2da. Edición. Editorial Universitaria, México. 30-40p.
- Berzoza, M. y S. N. Chávez. 2000. Fertirrigación en hortalizas en el distrito 05 Delicias. Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 1. Ingeniería de Riego. Chihuahua chich.1112. P.
- Carrillo Muñoz Maña de los Ángeles. 2007. Evaluación de variedades de nopal (*Opuntia ssp*) para verdura bajo riego. Tesis de Maestría en proceso. Instituto Tecnológico de Torreón, Dirección general de Educación Superior Tecnológica.
- CONAZA. 1992. Aspectos técnicos y socioeconómicos del nopal para producción de verdura. Serie: Fichas técnicas de especies forestales (Mimeografiado) Saltillo, Coah., México.
- Cantwell de Trejo, M. 1992 "Aspectos de calidad y manejo postcosecha de nopalitos". In: Memoria de Resúmenes del 5º Congreso Nacional y 3º Congreso Internacional sobre conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 11 -15 de agosto. UACH. Chapingo, México. 110 pp.
- CODAGEM. 1982. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. México. Folleto informativo no. 158.
- CODAGEN. 1979. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. México. Folleto SARH.
- Corrales G. V. 2000. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna. Reportaje de Investigación 49, CUESTAAM, PAG. 10.

- Cruz H., P., Fruticultura caducifolia, campo agrícola experimental, Tecamachalco Puebla, INIA- SARH, México, 1994.
- Flores v., 1993. Producción, industrialización y comercialización del nopal como verdura en México. Universidad Autónoma Chapingo, México. 17 p.
- Flores, H. A., 2001. Producción y calidad de nopalito en la región de la Comarca Lagunera de México y su relación con el precio en el mercado nacional. Investigación científica, Gómez Palacio Durango.
- Flores, H., A. 1995. El Nopal *Opuntia* spp. Folleto de Divulgación PRONASOL-CONACYT-Plan Nueva Laguna. Universidad Autónoma Chapingo, URUZA, Bermejillo, Dgo.15 p.
- Flores, V. O, Aguirre, R. 2004. El nopal como forraje. 2a reimpresión, CIEESTAM-UACH. Chapingo, México. 80 p.
- Flores V., De Luna E. y Ramírez M. 1995 Mercado Mundial del Nopalito. ACERCACIEESTAM- UACH. Chapingo, Estado de México.
- García, A. 1972. Cultive el nopal de verdura. Brochure. Colegio de posgraduados, chapingo, México. 10 pp.
- Granados S., D y A. D. Castañeda .1991. El nopal. Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Editorial trillas, S.A. de O V., México. 227 p.
- Granados S., D y A. D. Castañeda. 1996. El nopal. Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Segunda edición. Editorial trillas, México, D. F.
- Grajeda, G. J. E. 1978. Influencia de la poda sobre la producción intensiva de nopal verdura (*Opuntia* spp) y su relación con la tasa de asimilación neta. Tesis de maestría fruticultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 82 p.
- Gilbertons y Nelson. Enfermedades de las cactáceas, folleto imprenta chapingo, zonas áridas, Chapingo, México, 1972.
- Jiménez, G. G., 2001. Problemática del agua en la Comarca Lagunera. In: Memoria. Recursos naturales\* e impacto ambiental en zonas áridas. Universidad Autónoma Chapingo. URUZA, Bermejillo, Durango.20 p.
- INIFAP 2005. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícola y Pecuaria. L a Paz Baja California México
- Murillo-Amador, B., E. 2002. El Nopal: cultivo forrajero sostenible para el noroeste de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR, B.S.C. La Paz, B.C.S. 114p.
- Mendoza, M. S. F., 2000. Interacción agua-nutrientes en tres sistemas de producción en sandía con riego por cintilla y acolchado plástico. X

congreso nacional de irrigación. Simposio I. Ingeniería de riego. Chihuahua, Chihuahua. 1123. P.

Mendoza, M. S.F., García, H. G. 1998. Productividad del agua en algodónero bajo un sistema de producción de riego con cintilla y acolchado plástico. Memorias del VIH congreso nacional de irrigación. Región Lagunera, Coahuila-Durango, México. 1131.

Martínez 1990. M., El nopal en las zonas áridas, el campo, México

Nobel, P. S. 1999. Remarcable agaves and cacti. Oxfor University Press. New York. 166 p.

Paredes. 1973. Estudio para enlatado de jugo de tuna. Tecnología de alimentos, mimeógrafo, Departamento de industrias agrícolas. Chapingo, México.

Pimienta B., E. 1974. Estudio de las causas que producen el engrasamiento de los cladodios en nopal (*opuntia ssp*) en la zona de chapingo. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Chapingo México.

Pimienta V., E. 1990 Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. CIANOC- SARH-INIFAP. Publicación especial 5:1 - 34.

Pina L. I., La grana cochinilla del nopal, monografía No. 1 de los laboratorios Nacionales de la Subsecretaría de fomento industrial, en Medico, 1977.

Pina L, I. 1993. Prologo. In: anónimo (ed). El nopal. Comisión Nacional de las Zonas Áridas, instituto nacional de Investigaciones Forestales

Rivera G., M. 2001. Obtención de una función de producción del agua para el cultivo del nopal bajo riego por goteo subsuperficial. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del suelo. Varadero Cuba.

Ríos, F. J. 1997. Los cambios en el patrón de cultivos en la Comarca Lagunera (1978-1995). Tesis doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. México. 113 p.

SIAP. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. SAGARPA Región Lagunera. Lerdo de Tejada, Dgo. México.

SAGAR-CEA. 1999. Anuario estadístico de la producción Agrícola. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales. México. 14-23 p.

S.A.R.H. Dirección General de Política Agrícola. 1992. Reunión Nacional del Sistema- Producto Nopal y Tuna. Enero de 1992. México.



S.A.R.H. 1994. Subsecretaría de Planeación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. S.A.R.H. Mayo de 1994. Tomo 1 México.

SIAP-SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de la producción agrícola 2005.

Sánchez, M. A., Propuesta del área de alimentos del centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo al sistema alimenticio Mexicano. Centros de estudios económicos y sociales del tercer mundo, México 1980.

Quintana M., Manejo General del Cultivo del Nopal, Manual del Participante, Diciembre, 2004, Colegio de Postgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria, Requerimientos agro-climáticos para el cultivo del nopal.

S.A.R.H. 1994. Subsecretaría de Planeación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. S.A.R.H. Mayo de 1994. Tomo 1 México.

SIAP-SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de la producción agrícola 2005.

Sánchez, M. A., Propuesta del área de alimentos del centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo al sistema alimenticio Mexicano. Centros de estudios económicos y sociales del tercer mundo, México 1980.

Quintana M., Manejo General del Cultivo del Nopal, Manual del Participante, Diciembre, 2004, Colegio de Postgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria, Requerimientos agro-climáticos para el cultivo del nopal.

## IX. APÉNDICE

### Apéndice 1. Análisis varianza de la producción del mes de marzo ton/ha.

ANALISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	31.089063	10.346954	1.9506	0.192
BLOQUES	3	1.1782245	0.3927512	0.88740	0.972
ERROR	9	47.835988	5.3041993	2.4431	0.131
TOTAL	15	108.296875			

C. V. = 26.80%

C. V. = 33.60%

### Apéndice 2. Análisis varianza de la producción del mes de abril ton/ha.

### Apéndice 3. Análisis varianza de la producción del mes de mayo ton/ha.

ANALISIS DE VARIANZA					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	55.677612	18.559204	11.2524	0.003
BLOQUES	3	11.863037	3.954346	2.3975	0.135
ERROR	9	14.844238	1.649360		
TOTAL	15	82.384888			

C. V = 15.50%

**Apéndice 4. Análisis varianza de la producción del mes de junio ton/ha.**

ANALISIS DE VARIANZA						
FV	GL	SC	CM	F;	P>F	
TRATAMIENTOS	3	2.354930	0.778310	0.1928	0.898	
BLOQUES	3	36.823602	10.274456	2.6694	0.172	
BLOQUES	9	36.638028	4.068674	2.0149	0.182	
ERROR	95	59.096675	5.895962			
TOTAL	15	125.586487				

C.V. = 41.88%

C. V. = 31.89%

**Apéndice 5. Análisis varianza de la producción del mes de julio ton/ha.**

**Apéndice 6. Análisis varianza de la producción total ton/ha.**

ANALISIS DE VARIANZA						
FV	GL	SC	CM	F	P>F	
TRATAMIENTOS	3	189.353516	63.117840	1.6841	0.239	
BLOQUES	3	51.470703	17.156900	0.4578	0.721	
ERROR	9	337.302734	37.478081			
TOTAL	15	578.126953				

O V. = 16.82%

**Apéndice 7. Análisis varianza de la producción de pencas por planta del mes de marzo.**

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	12.123245	4.041082	3.3957	0.067
BLOQUES	3	4.238052	1.412684	1.1871	0.369
ERROR	9	10.710449	1.190050		
TOTAL	15	27.071747			

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	8.067505	2.689168	1.1636	0.377
BLOQUES	3	16.067810	5.355937	2.3175	0.144
ERROR	9	20.799850	2.311095		
TOTAL	15	44.935165			

C.V. = 44.79%

**Apéndice 9. Análisis varianza de la producción de pencas por planta del mes de mayo.**

\*

ANALISIS DE VARIANZA.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	18.356491	6.118830	5.2469	0.023
BLOQUES	3	0.278275	0.092758	0.0795	0.969
ERROR	9	10.495697	1.166189		
TOTAL	15	29.130463			

C.V. = 30.34%

**Apéndice 8. Análisis varianza de la producción de pencas por planta del mes de abril.**

**Apéndice 10. Análisis varianza de la producción total de pencas por planta.**

**ANALISIS DE VARIANZA**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	4.737793	1.579264	0.2226	0.878
BLOQUES	3	20.907715	6.969238	0.9825	0.555
ERROR	9	63.840210	7.093357		
TOTAL	15	89.485718			

C.V. = 25.13%