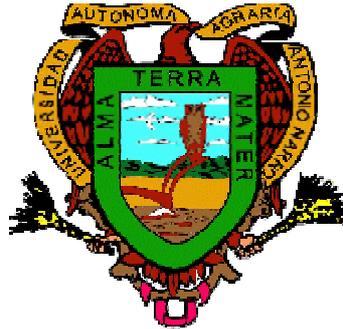


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS



**EVALUACIÓN DE NOPAL VERDURA (*Opuntia spp.*) BAJO
CONDICIONES DE MICROTÚNEL**

Por:

RAMÓN FERNANDO ROSALES CERVANTES

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGROECOLOGIA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE NOPAL VERDURA (*Opuntia spp.*) BAJO CONDICIONES DE
MICROTÚNEL

POR:

RAMÓN FERNANDO ROSALES CERVANTES

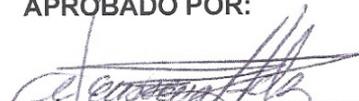
TESIS

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

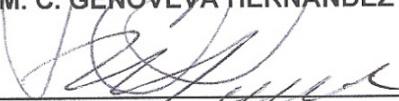
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADO POR:

ASESOR
PRINCIPAL:


M. C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

COASESOR:

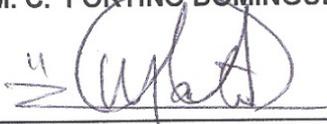

M. C. MARIA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

COASESOR:


M. C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

COASESOR:


M. C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ


M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila, México

Junio del 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

POR:

RAMÓN FERNANDO ROSALES CERVANTES

TESIS

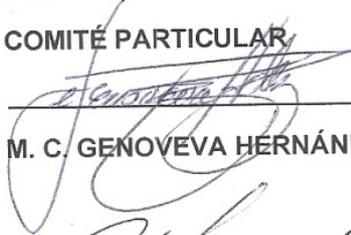
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADO POR:

COMITÉ PARTICULAR

PRESIDENTE:


M. C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL:

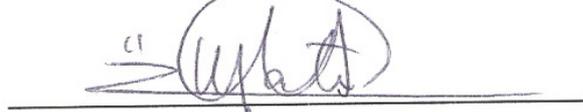

M. C. MARÍA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL:


M. C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

VOCAL:


M. C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ


M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila, México

Junio del 2010

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por brindar educación y crear nuevos profesionistas, teniendo nuevas expectativas de vida y un mejor futuro.

A mis compañeros por brindarme siempre apoyo dentro y fuera de la Universidad.

Con respeto y admiración a la **M.C. Máyela del Carmen Cervantes Montoya** por apoyarme siempre en cada momento de mi vida y enseñarme que los sueños se pueden lograr ante cualquier adversidad.

A todos los maestros que me motivaron a seguir adelante en toda la carrera.
De manera muy especial, a mi asesora principal: **M.C. Genoveva Hernández Zamudio** por su profesionalismo, y colaboración en este proyecto.

De manera particular al **Ing. Eliseo Raygoza** por su apoyo y contribución a lo largo de todo el proceso para la elaboración de este proyecto.

A todas las personas dentro de la Universidad que estuvieron involucradas en este trabajo.

DEDICATORIAS

A nuestra señora de Guadalupe por encaminar mis pasos y darme la fortaleza de seguir adelante ante cualquier adversidad.

A mis Padres

José Ramón Rosales Espinoza

María del Socorro Cervantes Montoya

A mis Tíos

Máyela del Carmen Cervantes Montoya

José Rodolfo Cervantes Montoya

Noé Castañeda Galindo

Hugo Jesús Cervantes Montoya

Por enseñarme a salir adelante y crear en mí una motivación interna y lograr mis sueños.

A mis Hermanos

Laura Rosales Cervantes

Janneth Rosales Cervantes

Eliannethe Liliana Rosales Cervantes

Edgar Rosales Cervantes

Por estar en todo momento de mi vida.

A mis Primos

Noé Rodolfo Castañeda Cervantes

Luis Alberto Castañeda Cervantes

Christian Iván Castañeda Cervantes

Por el cariño brindado a lo largo de mi vida.

A mis Maestros

M.C. María de Jesús Rivera González

DR. Jesús Vázquez Arroyo

M.C. Gerardo Zapata Sifuentes

M.C. Fortino Domínguez Pérez

Por sus consejos y experiencia profesional.

A mis Amigos

Franklin Alfredo Arreola Cruz

Paul Omar Grijalva

Jorge Luis Hernández Reyes

Francisco García Francisco

INDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
I.INTRODUCCION	1
II.OBJETIVO	3
2.1HIPOTESIS	3
III.REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1Origen del Nopal	4
3.2Clasificacion Taxonómica	5
3.3Morfología de la Planta	5
3.4 Longevidad	6
3.4.1 Raíz	6
3.4.2 Tallo	6
3.4.3 Hojas.....	7
3.4.4 Flor.....	7
3.4.5 Fruto	7
3.5 Fisiología del Nopal Opuntia	8
3.5.1 Principales Regiones de Producción en México	9
3.5.2 Productividad del Nopal para Verdura	10
3.5.3 Distribución Geográfica Nacional.....	10
3.5.4 Época	12
3.5.5 Densidad.....	12
3.5.6 Usos y Subproductos del Nopal.....	12
3.5.7 Zona de Producción del Nopal.....	13
3.5.8 Importancia Socioeconómica del Nopal.....	14
3.5.9 Producción Mundial del Nopal	14
3.6 Valor Nutricional del Nopal Verdura	15
3.6.1 Variedades para Verdura	15
3.6.2 Especies Utilizadas como Verdura	16
3.6.3 Composición Química del Nopal.....	18

3.6.4 Contenido de Aminoácidos	18
3.6.5 Manejo del Cultivo	19
3.6.6 Plantación	19
3.6.7 Preparación del Terreno	20
3.6.8 Método de Plantación	20
3.6.9 Riego	20
3.7 Labores Culturales	20
3.7.1 Fertilización	21
3.7.2 Cosecha.....	21
3.7.3 Formas de Reproducción.....	21
3.7.4 Reproducción Sexual.....	21
3.7.5 Germinación.....	21
3.7.6 Trasplante	22
3.7.7 Propagación Asexual	22
3.7.8 Instalación de Microtúneles.....	22
3.7.9 Manejo de Microtúneles	23
3.8 Plagas y Enfermedades	24
IV. MATERIALES Y METODOS	26
4.1 Localización del Experimento	26
4.2 Clima.....	26
4.3 Diseño Experimental.....	26
4.4 Preparación del Terreno	28
4.5 Trasplante	29
4.6 Construcción de un Microtúnel.....	29
4.7 Análisis de Varianza	32
4.7.1 Variables Evaluadas	32
4.7.2 Rendimiento.....	32
4.7.3 Corte de Pencas	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1 Brotes	34
VI. CONCLUSION.....	37
VII.LITERATURA CITADA	38
IX. ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.	Paginas
1. Ubicación taxonómica del nopal verdura.....	5
2 Superficie establecida y número de productores de Nopal verdura Por Entidad Federativa.....	9
3. Distribución geográfica Nacional.....	11
4. Países Productores, Superficie, Rendimiento, Producción, Exportación e Importación de nopalito en fresco.....	14
5. Valor nutritivo del nopal verdura.....	15
6. Composición química del nopal verdura.....	18
7. Contenido de Aminoácidos.....	19
8. Principales plagas y su control.....	25
9. Tratamientos.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadro.	Paginas
1. microtùnel terminado.....	23
2. Diseño del experimento.....	27
3. Trazado de Plantación.....	28
4. Trasplante.....	29
5. Instalación de arcos.....	30
6. Corte de plástico.....	30
7. Microtùnel terminado.....	31
8. Sin microtùnel.....	31
9. Rendimiento de nopal.....	34
10. Cortes de nopal.....	35

RESUMEN

En la actualidad, el nopal ocupa en México un área de más de 3 millones de hectáreas mayoritariamente silvestre. Existen evidencias del nopal utilizado en nuestro territorio que datan de hace 7,000 años en semillas, cáscaras de tuna y fibras de pencas de nopal fosilizadas, encontradas en excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla. La familia de las cactáceas se originó en el Continente Americano y la mayoría de sus integrantes son nativos de México. Muchos son los beneficios que el nopal puede ofrecer, consideremos entonces, el compromiso que tenemos en la conservación y aprovechamiento de esta planta. Se estableció un experimento con el fin de conocer el efecto de dos diferentes tratamientos con 6 repeticiones en cada tratamiento considerando variables de rendimiento en peso y corte de pencas. Los tratamientos fueron: (1). Nopal a campo abierto, (2). Nopal en microtúnel, esperando una mayor respuesta en este tratamiento y evaluando los rendimientos de ambos tratamientos, por medio del análisis estadístico elaborados por la prueba T “student” de dos muestras. El Tratamiento 1 mostro un rendimiento de 15 Ton/Ha de nopal siendo altamente significativo respecto al Tratamiento 2, que obtuvo un promedio de 4.11Ton/Ha. El Tratamiento 1 obtuvo mayor numero de cortes de nopal con un promedio de 23.6 Ton/Ha, siendo altamente significativo con respecto al Tratamiento 2 que obtuvo un promedio de 4.1 Ton/Ha.

Palabras claves: nopal, microtúnel, rendimiento, producción.

SUMMARY

At the present time, the nopal occupies in Mexico an area of more than 3 million hectares for the most part wild. Nowadays, Nopal occupies in Mexico an area of more than 3 million hectares being mainly wild land. There is evidence the nopal used in our territory date back to 7,000 years ago in seeds, prickly pear peels and nopal leaf fibers fossilized, found in excavations in Tehuacán, Puebla. The family of cacti originated in the Americas and most of its members are natives of Mexico. There are many benefits that the nopal can offer, then consider the commitment we have in the conservation and use of this plant. An experiment was established; in order to find out the effects of two different treatments with six repetitions considering yield variables in weight and pencas court. The Treatments were; 1 Nopal on open field, 2 Microtunnel Nopal, hoping a best response in this treatment and evaluating the performance of both treatments, using the statistical analysis elaborated by test T "student" of two samples. The Treatment 1 showed a yield of 15 Ton/Ha of nopal being highly significant regarding the Treatment 2 that he/she obtained an average of 4.11Ton/Ha. in two samples. The Treatments were: 1. Nopal to open field, (2). Nopal in microtunnel, waiting a bigger answer in this treatment and evaluating the yields of both treatments, by means of the statistical analysis elaborated by the test T of two samples. The Treatment 1 showed a bigger average in yield of weight in pencas with a total of 15 Ton/Ha of nopal greenness, statistically it is shown highly significant to the Treatment 2 in the one which an average of 4.11Ton/Ha. The Treatment 1 were obtained adult he/she obtained 1 number of nopal courts with an average of 23.6 Ton/Ha, being highly significant with regard to the Treatment 2 that he/she obtained an average of 4.1 Ton/Ha.

Key words: nopal, microtunnel, performance, production

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas del Norte y centro de México, están situadas en el cinturón mundial de los desiertos, entre los 20° y los 40° de latitud norte; región subtropical de alta presión en donde las corrientes de aire descendente no favorecen la formación de lluvias. La extensión de las zonas áridas y semiáridas es muy amplia; ocupa más del 60% de su área total, con aproximadamente 8 millones de habitantes, que representan el 17% de la población nacional (Borrego, 1986).

En la República Mexicana la zona cactológica se encuentra localizada entre el paralelo 22° de latitud norte y los meridianos 100° 102° 30' de longitud oeste, en la República Mexicana (Borrego, 1986).

El nopal (*Opuntia spp.*) Se localiza prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas y ocupa cerca de 30 millones de hectáreas (300 000 km²) distribuidas principalmente en 11 estados del país (Borrego, 1986).

El Nopal es endémico de América y existen 258 especies reconocidas, 100 de las cuales se encuentran en México, quien cuenta con una superficie aproximada de 10,000 hectáreas de plantaciones especializadas en Nopal para consumo humano. Así mismo, el nopal puede ser un cultivo alternativo para zonas que están teniendo problemas por bajos rendimientos debido al empobrecimiento paulatino de los suelos, o en lugares donde hay deficiencia de agua para los cultivos tradicionales, siendo este el caso de diversos Estados de la República Mexicana (Pimienta, 1997).

En América, el nopal ha desempeñado desde tiempos muy remotos un papel importante en el desarrollo de las culturas del centro de México y de los grupos chichimecas en el centro y el norte de México (Granados y Dunia, 1991).

La población del norte del México utiliza el nopal desde hace muchas décadas, y, hoy en día, gran parte de la industria pecuaria de las zonas áridas del norte y del centro de este país tiene en el nopal un recurso forrajero de primer orden (Granados y Dunia, 1991).

Existen evidencias del nopal utilizado en nuestro territorio que datan de hace 7,000 años en semillas, cáscaras de tuna y fibras de pencas de nopal fosilizadas, encontradas en excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla. La familia de las cactáceas se originó en el Continente Americano y la mayoría de sus integrantes son nativos de México. Muchos son los beneficios que el nopal puede ofrecer, consideremos entonces, el compromiso que tenemos en la conservación y aprovechamiento de esta planta (Pimienta, 1997).

En la actualidad, el nopal ocupa en México un área de más de 3 millones de hectáreas mayoritariamente silvestre, del cual se extrae un conjunto numeroso de productos con una amplia gama de aplicaciones. El Distrito Federal es el primer estado productor de nopal verdura que aporta el 75% de la superficie y casi el 80% de la producción (Pimienta, 1997).

1.1 Objetivo

Determinar las condiciones óptimas para los sistemas de microtúnel y campo abierto que permitan una mayor producción de nopal.

1.2 Hipótesis

La mayor respuesta en producción de pencas y rendimiento del nopal se presenta en un sistema productivo con condiciones de microtúnel.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 ORIGEN DEL NOPAL

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 (Borrego y Burgos, 1986).

Por otro lado 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 (SIAP-SAGARPA, 2005).

En México, con el término nopales se reconocen a las plantas de la familia Cactácea de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*; debido a la presencia de gran cantidad de especies (Flores, 1995).

En México se comercializan al año aproximadamente 570 mil Toneladas de nopalitos, el cual se lleva a cabo en temporadas bien definidas, que tienen origen en diferentes regiones del país; siendo un producto perecedero presenta problemas para su comercialización, porque no se le da una atención apropiada en cuanto a su clasificación y manejo que le proporcione valor agregado y calidad en mercados más sofisticados para su comercialización (Luna, 1998).

3.2 CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA

Cuadro 1. Ubicación taxonómica del nopal verdura

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Embryophyta Siphonogama</i>
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Dialipetae</i>
Orden	<i>Cactales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i> Lindl.
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i> Schum.
Tribu	<i>Opuntieae</i>
Género	<i>Opuntia</i> Mill
Subgénero	<i>Opuntia</i>
Especies	<i>O. streptacantha</i> <i>O. leucotricha</i> <i>O. cantabrigiensis</i> <i>O. lindheimeri</i> <i>O. Imbricata.</i>

FUENTE: Rodríguez, (1998).

3.3 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).

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 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 y Burgos, 1986).

3.4 LONGEVIDAD

La longevidad promedio de las plantaciones de nopal es de 5 a 7 años, alcanzando algunas veces hasta 10 años con buenos rendimientos; en terrenos apropiados con pH neutro y con prácticas constantes de cultivo, sin problema de plagas el nopal puede llegar a vivir hasta 80 años generando rendimientos de 80 a 90 Ton/ Ha (Fernández, 1949).

3.4.1 RAÍZ

Las raíces de los nopales son típicas o pivotantes, con ejes primarios que sirven para fijar a la planta. Por su origen, derivan de la radícula, aunque en ocasiones puedan estimularse el desarrollo de raíz a partir del tallo. Generalmente son gruesas, pero no suculentas, de ancho y de tamaño variables; en general, se afirma que su tamaño es proporcional al de la parte aérea (CODAGEM, 1979).

3.4.2 TALLO

El tallo es suculento, erecto, ramificado y multiarticulado. Se origina de cladiodos que primeramente tienen forma aplanada y con el tiempo (10-15 años) los más inferiores adquieren consistencia leñosa y adoptan una forma cilíndrica. Posee cutícula gruesa y está adaptado para almacenar agua en sus tejidos. Los cladiodos son de aspecto aplanado y tienen forma de raqueta; su

color es verde con distintas tonalidades y tienen función fotosintética, ya que presentan abundante parénquima clorofílico (Rodríguez, 1998).

3.4.3 HOJAS

En el nopal solamente existen en los renuevos de las pencas cuando están tiernos (nopalitos). Son hojas pequeñas, aproximadamente cónicas, herbáceas y caducas, en cuyas axilas se hallan aréolas 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).

3.4.4 FLOR

La flor se produce a partir de las aréolas del canto superior de pencas jóvenes generalmente del año anterior. Cada aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración ya que en algunos pueden brotar en el primer año y en otras al segundo o al tercero. La flor abre únicamente durante 24 horas. Desde la formación de la yema floral hasta la apertura de la corola tarda más o menos 55 días. Los pétalos poseen colores vivos: amarillo, blanco, anaranjado, rojo, rosa y salmón (Rodríguez, 1998).

3.4.5 FRUTO

El fruto del nopal (tuna) es una baya unilocular, polispérmica, carnosa, de forma más o menos ovoide, desnuda o espinosa. Normalmente el fruto es jugoso y comestible (Alvarado, 1978).

3.5 FISIOLÓGÍA DEL NOPAL OPUNTIA

El éxito ecológico que tienen las Opuntias se debe también a su fisiología. Uno de los procesos más importantes dentro de la fisiología de cualquier planta es la transpiración (Flores, 2001).

Las Opuntias presentan un mecanismo que les permite mantener sus estomas cerrados durante el día y abiertos durante la noche, reduciendo al máximo la pérdida de agua en el día, la temperatura media que se debe tener para el nopal fluctúa de 18 a 26° C y que se estima una temperatura mínima de 6° C (Flores, 2001).

Las Opuntias al abrir por las noches sus estomas, permiten la toma de CO₂ sin mayor problema, cuando las temperaturas son más 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).

3.5.1 PRINCIPALES REGIONES DE PRODUCCIÓN EN MÉXICO

**CUADRO 2. Superficie establecida y número de productores de nopal
verdura Por Entidad Federativa.**

Entidad	Superficie (Ha)	Rendimiento (T/ha.)	Producción (t.)
Distrito Federal	7,500	60.0	450,00
Morelos	450	70.0	31,500
Puebla	400	40.00	16,000
Potosí	350	30.00	10,500
Michoacán	320	35.0	11,200
Tamaulipas	300	30.0	9,000
Guanajuato	280	35.0	9,800
Baja California	150	60.0	9,000
Jalisco	120	60.0	7,200
Oaxaca	100	60.0	6,000
México	90	25.0	2,250
Aguascalientes	80	30.0	2,400
Zacatecas	75	30.0	2,250
Hidalgo	60	40.0	2,400
Tlaxcala	45	25.0	1,125
Querétaro	35	20.0	700
Durango	15	20.0	700
Sonora	10	80.0	800
Otros	20	10.0	200
SUMA	10,400	55.1	572,625

Fuente: Elaborado por Flores (1995), con base a información proporcionada por legaciones estatales de la SAGAR.

En la producción de nopalito en México participan 18 estados, con 10,400 ha, en total, sin embargo una sola entidad, el Distrito Federal aporta el 75% de la superficie y casi el 80% de la producción (Flores, 1995).

3.5.2 PRODUCTIVIDAD DE NOPAL PARA VERDURA

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 hectáreas (Flores, et al., 1990).

3.5.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA NACIONAL

De acuerdo a Granados y Castañeda, (1996) se determinan las siguientes zonas:

***Zona nopalera Principal**

Comprende Zacatecas, parte de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato.

***Zona nopalera del Noreste**

Comprende norte de Tamaulipas y noroeste de Nuevo León.

***Zona Nopalera Difusa**

Comprende solo las partes cálidas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, las partes áridas de Durango y Chihuahua.

Las especies características son *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leucotricha*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri*, y *O. Imbricata*.

Cuadro 3. Distribución Geográfica Nacional.

ESTADOS	USO DE NOPAL
Aguascalientes	Nopal de Traspatio <i>Opuntia ficus</i>
Baja California	Es la excepción de los estados del norte, pues es el único en producir nopal y no consumirlo, ya que lo exporta a Estados Unidos para los migrantes y para la distribución de los núcleos de personas de origen mexicano que consume nopal en California.
Coahuila	Nopal de traspatio <i>Opuntia ficus indica</i> .
Distrito Federal	Milpa Alta es la delegación productiva de nopal más grande en nuestro país.
Durango	Nopal de traspatio <i>Opuntia ficus indica</i> .
Guanajuato	Nopal de traspatio <i>Opuntia ficus indica</i> .
Jalisco	Son pequeñas zonas nopaleras, la más importante esta cerca de la Laguna de Chapala.
Puebla	Nopal trueno.
Oaxaca	La producción de nopal se concentra en los Valles del Centro.
San Luis Potosí	Nopal de traspatio <i>Opuntia ficus indica</i> .
Zacatecas	Nopal de traspatio <i>Opuntia ficus indica</i> .

FUENTE: Pimienta, (1990).

3.5.4 ÉPOCA

La más adecuada para iniciar la plantación es en abril o mayo, poco antes de la temporada de lluvias, esto permite que para octubre o noviembre del mismo año, inicie el corte de nopalitos en condiciones de temporal, que es cuando hay buenos precios (Ríos y Quintana, 2004).

3.5.5 DENSIDAD

De acuerdo a Grajeda, (1978) ha logrado con la variedad Copena V-1, producciones elevadas de verdura en el mercado, mediante forzamiento en túneles de plástico. La producción promedio en estos túneles ha sido de hasta 27 kg/m², en cortes cada 15 días al tamaño comercial requerido. La plantación más eficiente es en forma súper intensiva, con pencas de un semestre de edad y con una densidad de plantación de 55 plantas por m².

3.5.6 USOS Y SUBPRODUCTOS DEL NOPAL

Los principales usos y subproductos derivados del nopal se mencionan a continuación Rodríguez, 1998:

Como Alimento

- Verdura (nopalito), ya sea fresca o enlatada, en salmuera y escabeche.
- Fruta (tuna) fresca, en postres (como helados), aguas frescas u otro tipo de bebidas como pulque de tuna.

- Dulces (cristalizados de pencas o cáscaras de tuna, mermelada de penca, miel, “melcocha” y “queso” de tuna.

-Extracción de pectina de tuna para la elaboración de mermeladas y jaleas.

- Cercos o setos vivos (huertos familiares, solares y parcelas).

-Remedios caseros donde se utilizan todas las partes del nopal, tanto vegetativas como reproductivas, en la curación de: alto colesterol, colitis, diabetes, diarreas, erisipelas, estreñimiento, fiebres, gastritis, heridas, hernias, obesidad, problemas de parto, problemas de riñón y orina, quebraduras de huesos, quemaduras, raspaduras, sarampión, tos, y úlceras.

3.5.7 ZONA DE PRODUCCIÓN DE NOPAL

La principal zona de producción de nopal para verdura es la de Milpa Alta, D. F., la cual aporta aproximadamente el 80% de producción nacional, cubriendo las demandas de los principales centros de consumo, como el D. F., y ciudades importantes del país, ya que cuenta con plantaciones compactas de nopal como hortaliza. El 20% restante lo aportan huertas de nopal tunero y recolección de nopales silvestres (Pimienta, 1993).

En Milpa alta se alcanza un nivel de producción de 150 mil toneladas anuales, de cuya comercialización depende económicamente cerca del 90% de familias milpatenses, es producto que avanza en la búsqueda de nuevos mercados, llegando a exportarse no solo a los estados del norte, si no que se comercializa, ya a los estados de California y la ciudad de Broawille (Pimienta, 1993).

3.5.8 IMPORTANCIA SOCIO-ECONÓMICA DEL NOPAL A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL

La importancia económica y social del cultivo de nopal en México radica sobre todo en la gran superficie ocupada por nopaleras tanto silvestres como cultivadas, en el tipo y número de productores involucrados, en el tipo de región en el que se cultiva nopal y en la variedad de los productos generados (Flores, 1995).

3.5.9 PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL NOPAL

La producción del nopalito solo se realiza en México y en los E. U. A.

Cuadro 4. Países Productores, Superficie, Rendimiento, Producción, Exportación e Importación de nopalito en fresco.

Países	Superficie (Ha)	Rendimiento (t/ha.)	Producción (t)	Exportación (t)	Consumo Aparente
México	10,400	5,506	576,625	1,527	571,098
E.U. A.	100	5,000	5000	3,500	10,027

Fuente: SAGAR, modificado por Flores de Luna y Ramírez, (1995).

3.6 VALOR NUTRITIVO DEL NOPAL VERDURA

Cuadro 5. Valor nutritivo del nopal verdura (Cantidad respecto a 100gr de nopalitos crudos).

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

Fuente: Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT, (2006).

3.6.1 VARIEDADES USADAS PARA VERDURA

La especie *Opuntia ficus indica*, es la que comúnmente se usa para la producción de verdura, aunque en general de las especies tuneras también se utilizan los brotes con el mismo propósito: informa que se ha seleccionado la variedad COPENA V- 1 para verdura, por su buena capacidad para la producción de brotes suculentos y sin problema de acidez (Barrientos, 1981).

Los nopalitos, de nopal tapón son los más apreciados debido a que los frutos de este se consumen poco y que el gusto por los nopales se ha formado a través del uso continuo de dichos renuevos (Lozano, 1958).

De acuerdo a Bravo (1978), menciona las diferentes variedades de *Opuntia ficus*:

***Variedad Alba**

Presenta un fruto grande, oval, de color blanco o con tintes amarillos o rojizos.

***Variedad Asperma**

Su fruto es oval, de color amarillo con semillas escasas.

***Variedad Lútea**

Se caracteriza por poseer frutos de color amarillo de forma oval.

***Variedad COPENA V-1**

Se caracteriza por su buena capacidad de brotes suculentos, sin problemas de acidez, sin espinas y poco mucílago.

***Variedad COPENA F-1**

Considerada de triple propósito (verdura, fruto y forraje; sus brotes son delgados, sin espinas, poco mucílago, y no son agrios, presentan buena succulencia, el nopal es de excelente calidad.

3.6. 2 ESPECIES UTILIZADAS COMO VERDURA

Las especies adecuadas para el establecimiento de nopal para verdura son aquéllas que presentan pencas con pocas espinas, gran cantidad de agua y poca fibra. En general, todas las especies tuneras también se usan para verdura, pero específicamente, es de mencionarse por su uso como verdura, la especie forrajera *O. robusta* (Tapón) y otra especie del género *Nopalea*: cochenillifera. Sin embargo la que sobresale entre todas como cultivo, es el

Nopal de Castillo (*O. Ficus-indica*). En Milpa Alta se utiliza la variedad conocida como italiano. Se ha reportado (Borrego y Burgos, 1996) que la variedad COPENA V-1 fue seleccionada para verdura, por su buena capacidad para la producción de brotes suculentos y sin problemas de acidez (Rodríguez, 1998).

De acuerdo a Flores (1995), existen 11 variedades de nopal verdura como las más importantes cultivadas en México, conocidas exclusivamente por sus nombres regionales: Atlixco (Puebla, Estado de México), Blanco (Michoacán), COPENA F-1 (Estado de México, Sonora, Baja California), COPENA V-1 (Estado de México, Sonora, Hidalgo, Baja California, San Luis Potosí), Milpa Alta (*O. ficus indica*, Distrito Federal, Morelos), Moradilla (Estado de México), Negro o Pelón (Michoacán, Guanajuato), Tamazunchale (*Nopalea cochenillifera*, en San Luis Potosí, Tamaulipas, Hidalgo), Tapón (*O. robusta*, en San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Querétaro).

3.6.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NOPAL

Cuadro 6. Composición química de pencas de nopal (*Opuntia spp.*) (Por cien gramos en base Húmeda).

Componente	Penca en crudo (100 g)
Energía (Kcal.)	27 a 37
Proteína (g)	1.1 a 1.7
Extracto etéreo (g)	0.4
Hidratos de carbono (g)	5.6 a 8.8
Cenizas	0.9
Calcio (mg)	93 a 110
Fosforo	20
Hierro (mg)	1.60
Vitamina A (ug eq)	41 a 50
Tiamina (mg)	.04
Riboflavina (mg)	.04
Niacina (mg)	0.2
Ácido ascórbico	19
Proporción comestible	78%
Grasas	.30
Retinol (ug eq)	41

Fuente: CIESTAAM, MEX (1995).

3.6.4 CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS

Su contenido de humedad puede oscilar entre 79 y 92% y las sales minerales que se encuentran en el son: El sílice, calcio, potasio, magnesio, manganeso, sodio, hierro y aluminio en la forma de carbohidratos, cloruros, sulfatos o fosfatos (CIESTAAM, 1995).

Cuadro 7. Contenido de aminoácidos (Por cien gramos de humedad)

Aminoácido	Contenido (100 gramos)
	Gramos
Lisina	4.00
Isoleucina	4.00
Treonina	4.80
Valina	3.80
Leucina	5.20
Triptófano	0.80
Metionina	0.70
Fenilalanina	5.40

Fuente: CIESTAAM, MEX (1995).

3.6.5 MANEJO DEL CULTIVO

3.6.6 PLANTACIÓN

La época más adecuada para hacer la plantación de nopal para verdura es en marzo, abril, mayo, antes de que se inicie el periodo de lluvias, con lo que es posible que para octubre o noviembre del mismo año inicie el corte de

nopalitos, que es cuando comienza la mayor demanda y hay mejor precio, condición que continua hasta cuaresma y semana santa (Rodríguez, 1998).

3.6.7 PREPARACIÓN DEL TERRENO

En terrenos que lo permiten, se recomienda un paso de arado a 25-30 cm de profundidad, así como uno o dos paso de rastra. Se debe considerar para la captación de humedad, que el nopal para verdura no soporta encharcamientos de agua, ni tampoco resecaamientos provocados por los rayos solares, por lo que es necesario nivelar el terreno (Rodríguez, 1998).

3.6.7 MÉTODO DE PLANTACIÓN

Para el sistema de producción de Milpa Alta, la plantación de surcos de 10-15 cm de profundidad, enterrando el cladido una cuarta parte. Se utiliza la propagación asexual por requerir menos tiempo y cuidado para empezar a producir nopales (Granados y Dunia, 1991).

3.6.8 RIEGO

Aún cuando la planta del nopal vive sólo con el agua de las lluvias, es recomendable aplicar un riego ligero durante los meses de sequía, una vez por mes para obtener mayor producción (Borrego y Burgos, 1886).

3.6.9 LABORES CULTURALES

Entre las principales labores de cultivo destaca el control de malezas, el que se puede hacer con azadón o con herbicidas, cuidando de seguir las instrucciones de la etiqueta, se debe evitar asperjar sobre brotes tiernos o sobre los nopalitos, a fin de evitar daños (Rodríguez, 1998).

3.7 FERTILIZACIÓN

Borrego y Burgos (1986), dicen que se recomienda aplicar de 50 a 100 ton de estiércol/ha, mezclándolo bien en los 25 cm superiores del suelo.

3.7.1 COSECHA

Después de tres meses de efectuada la plantación, se inicia con la cosecha de brotes tiernos, que son los que se utilizan como verdura. La cosecha se lleva acabo temprano por la mañana a fin de que los nopales se mantengan frescos y no se pongan rojos (Rodríguez. 1998).

3.7.2 FORMAS DE REPRODUCCIÓN

3.7.3 REPRODUCCIÓN SEXUAL

La reproducción sexual por semillas, es la fuente más importante de variabilidad genética, principalmente en las formas silvestres y para la obtención de nuevas variedades. Este método normalmente no se utiliza como un sistema de propagación en nopales cultivados, ya que se ha reportado que las plantas obtenidas a partir de semillas, son de más lento desarrollo que las propagadas por pencas (Rodríguez, 1998).

3.7.4 GERMINACIÓN.

Las semillas de nopal, cuando se germinan de manera artificial, por lo general presentan bajo porcentaje de germinación; en condiciones naturales las semillas se ven favorecidas en su germinación por la escarificación que

experimentan al pasar por el tracto digestivo de mamíferos o aves (Rodríguez, 1998).

3.7.5 TRASPLANTE

Cuando las plántulas crezcan aproximadamente a 2.5 cm de altura, pueden trasplantarse a charolas más profundas (15 cm) a una distancia de 5 cm entre sí (Rodríguez, 1998).

3.7.6 PROPAGACIÓN ASEXUAL

Este tipo de reproducción de acuerdo a Rodríguez (1998), es lo más recomendable para el cultivo del nopal, puesto que preserva las características de la planta madre. Puede realizarse por los siguientes métodos:

- Pencas
- Fracciones mínimas
- Injertos
- Cultivo de tejidos

3.7.7 INSTALACIÓN DE MICROTÚNELES

Antes del trazo de los camellones para microtúneles, es importante considerar la dirección del viento, así como la orientación del microtúnel con respecto al sol, de tal manera que se esquive el impacto perpendicular de los vientos y se exponga la mayor superficie de las pencas al sol. Esta orientación del mini-invernadero es importante, porque los vientos pueden llegar a derribarlos o a romper los plásticos. Esto es independiente de que las pencas deberán estar orientadas hacia donde sale el sol y la otra hacia donde se oculta (Anónimo, 2000).

3.7.8 MANEJO DE MICROTÚNELES

Los microtúneles o mini-invernaderos son un medio de hacer que la producción de nopalitos sea continua durante las estaciones del año, y su objeto es proteger la planta contra las heladas de la época de invierno; por eso, su uso será limitado al periodo de octubre-marzo; después puede retirarse completamente el polietileno dado que no hay riesgo de heladas. También es necesario señalar que durante el día, en el interior del microtúnel se pueden alcanzar temperaturas de 50° mínima a 70° C, lo cual es evidente perjudica el desarrollo de la planta, ya que cuando las temperaturas son muy elevadas los brotes se queman, incluso cuando no es tan alta de todas maneras su crecimiento es deforme, pues crecen demasiado elongados. Por esta razón deberá permitirse la aireación de la plantación durante el día, subiendo los plásticos a la parte superior de la estructura del microtúnel para dejar que el aire circule libremente y las plantas estén a la temperatura ambiente. Esta práctica deberá realizarse diariamente, de manera que los microtúneles no se encuentren cubiertos más tarde de las 8 o 9 de la mañana; por la tarde, la cubierta debe colocarse de nuevo entre las 18 y 19 horas. Así tendrá un crecimiento normal de las plantas así como se muestra en la Fig. 6 ya establecido el microtúnel (Anónimo, 2000).



Figura 1. Microtúnel terminado.

3.7.9 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Todas las plantas cultivadas enfrentan problemas de tipo fitosanitario causado por los diferentes organismos como: insectos, ácaros, nematodos, roedores, hongos, bacterias y virus. El nopal también es susceptible al ataque de diversos fitoparásitos. De las plagas más importantes que atacan a este cultivo podemos mencionar los siguientes:

- Picudo barrenador (*Cactophagus spinulae* Gyll)
- Picudo de las espinas (*Cylindrocoptorus biradiatus* Champs)
- Gusano blanco del nopal (*Lanifera cyclades* Druce)
- Gusano cebrá (*Olycella nephelepsa* Dyar)
- Grana o Cochinilla (*Dactylopius indica* Green)

Otro factor fundamental son las enfermedades en la cactácea, por eso es conveniente contar con el apoyo técnico para prevenirlas. Las más importantes se mencionan a continuación:

- Mancha bacteriana (*Bacterium* sp.)
- Mancha o secamiento de la penca (*Alternaria* sp.)
- Mancha negra (*Pseudocercospora opuntiae*)(Patógeno: Hongo)
- Antracnosis
- Engrosamiento de cladios
- Oro del nopal

Cuadro.8.Principales plagas del nopal y su control.

Nombre de la plaga	Daños	Productos a usar	Dosis* Ha	Época de aplicación	Observaciones
Gusano cebra	Las raquetas muestran tumor	Supracid 40	1 a 1.5 litros	Febrero Marzo	Fumigue la huerta cuando vea orificios en las raquetas
Araña roja	Raquetas como quemadas	Akar 338	1 a 1.5 litros	Entrada la primavera	Cuando observe secamientos en las raquetas
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
Picudo de espinas	Aparece como lagrimas de cera o parafina	Parathion etílico 50	5 a 7.5 litros	Entrada la primavera	Busque la perforación de las raquetas
Caracoles	Atacan los brotes tiernos	Cebos envenenados		Al inicio de las lluvias	Se ven mordidos los brotes tiernos
Gusano blanco	En el suelo se ven virutas de excremento	Supracid 40	1 a 1.5 litros	En verano	Es variable la aparición del gusano

FUENTE: CODAGEM, (1982)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45" de latitud norte y los meridianos 101°40' y 104° 5' longitud oeste, con una altura de 1100 msnm. Cuenta con un clima de verano que va desde semicálido a seco y en invierno desde semifrío a frío mientras que los meses de lluvia son de junio a octubre. Las parcelas de estudio se ubicaron en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" dentro de la Unidad de Producción Agroecológica (UPA) del campo experimental.

4.2 CLIMA

En la Comarca Lagunera predomina el clima seco con lluvias en verano, los registros de temperatura indican una media anual de 21° C. 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 varía 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 (Ríos y Quintana, 2004).

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con comparación de medias usando la prueba T de "Student" de dos muestras, se evaluaron dos tratamientos para la producción de nopal. El Tratamiento 1, nopal a campo abierto y el Tratamiento 2, bajo condiciones de microtúnel, considerando seis

replicas para cada uno. Tomando en cuenta la puesta de sol, la dirección del viento, la aplicación de riegos, la ubicación de parcelas así como las distancias y mediciones del diseño. Como se muestra en la Fig. 9 el Tratamiento 1, establecimiento de nopal en parcelas en campo abierto, con seis replicas en ambos tratamientos. El tratamiento 2, nopal en microtúnel, obteniendo diferencias entre ambos tratamientos por medio de análisis estadísticos que muestran su comportamiento en base al rendimiento en peso y corte.

CUADRO 9. TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTOS		
I	sin microtúnel	R1,R2,R3,R4,R5,R6
II	con microtúnel	R1,R2,R3,R4,R5,R6

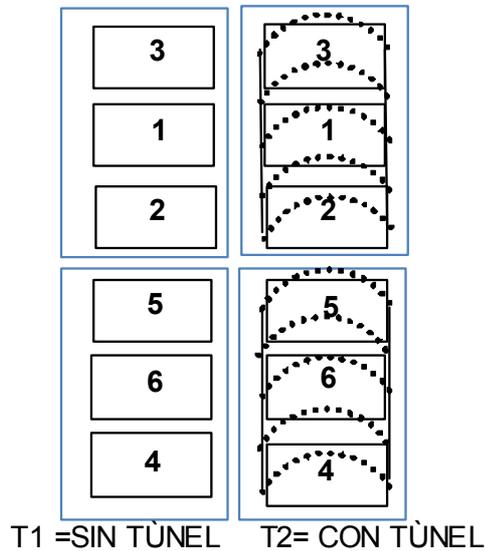


Figura 2. Diseño del experimento

4.4 PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno se inicio a principios de mayo del año pasado. La preparación del suelo consistió en un barbecho, seguido de un rastreo cruzado lo cual permitió un buen desarrollo radicular de las plantas.

De acuerdo como se muestra en la Figura 2, se estableció el trazado de la plantación del nopal, marcando con estacas cada 30 cm alrededor de cada parcela ya establecida. Se verificó que todas las parcelas quedaran con el mismo trazado para tener el mismo número de pencas en cada tratamiento. Se utilizó un flexómetro graduado, rafia y estacas, tomando en cuenta la orientación de las pencas (Norte a Sur) por medio de una brújula para que tengan buen crecimiento radicular y prevenir el quemado por el sol (Anónimo, 2000); El número de calles fue de 11 ya que se trazó en parcelas de 1x3 m, haciendo el trazado 30 cm en cada parcela.



Figura 3. Trazado de plantación.

4.5 TRASPLANTE

Para el trasplante se utilizaron pencas de 12 a 13 cm de tamaño, seleccionando las mejores pencas y teniendo cuidado en cada uno de los cortes para no lastimar la penca como se muestra en la Figura 2. Después de transportarlas a un lugar fresco en donde el sol no irradie directamente; en el presente trabajo se pusieron a secar las pencas en un periodo de 11 días promedio. El trasplante se realizó por la mañana, evitando la deshidratación de las pencas. Se hizo a finales de septiembre del año 2009, en camas de 1 m de ancho por 3 m de largo, dejando un espacio entre tratamiento de 0.30 m y 1 m entre cama y cama. Ya que se consideró una superficie pequeña de 33m² para este experimento.



Figura 4. Trasplante.

4.6 CONSTRUCCIÓN DE UN MICROTÚNEL

Para la instalación de arcos como se muestra en la Fig. 5 se instaló cinco estructuras tubulares en toda la superficie de la parcela con dimensiones de 3m largo, y una separación de arcos de 2.22 m. La anchura de 1m en todos los

arcos, ajustando el plástico teniendo el espacio suficiente para manipularlo. La altura promedio de 1m de altura en todos los arcos.



Figura 5. Instalación de arcos.

El corte de plástico como se muestra en la Fig. 6 con una capa doble de plástico de 11.5 m de largo y 2 m de ancho, dejando 0.5 m de espacio para su ajuste y tapado.



Figura 6. Corte de plástico

Una vez terminado el microtúnel como se muestra en la Fig. 7 diariamente se destapa en las mañanas, absorbiendo los rayos del sol y efectuando su proceso fotosintético. Por las tardes cubrirlo con el plástico evitando que las temperaturas bajas afecten su producción.



Figura 7. Microtúnel terminado



Figura 8. Sin microtúnel.

4.7 ANÁLISIS DE VARIANZA

En análisis de varianza se realizó con los valores de los pesos en gramos y con los números de pencas, considerando el experimento y suponiendo que las varianzas fueron idénticas para ambos tratamientos, el modelo utilizado para comparar las medias de los tratamientos en el diseño completamente aleatorio es la prueba de T de “Student “ de dos muestras:

$$t_0 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde: μ_1, μ_2 = Medias muestréales

n_1, n_2 = Tamaño de muestra

S^2_p = Estimador de la varianza común

σ^1 y σ^2 = Calculada a partir de S^2_p

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2) - 2}$$

Si S_1 y S_2 son las varianzas muestréales individuales.

4.7.1 VARIABLES EVALUADAS

4.7.2 Rendimiento

Para determinar el rendimiento en producción de nopales, se cortaron 13 pencas promedio de 12 – 13 centímetros, por las mañanas cada siete días y se pesaron en un lapso no mayor de 1 hora, este procedimiento fue repetitivo hasta el mes de febrero. Las pencas colectadas se pesaron utilizando una

balanza semianalítica del peso cuyos registros fueron en gramos y posteriormente se realizó el análisis dimensional para obtener el rendimiento de toneladas por hectárea (Anexo 3), con la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{Ppu}{A * 100}$$

Donde:

Pr = Producción de nopal (Ton/ha)

Ppu = Peso obtenido en la parcela útil (gr)

A = Área de la parcela útil. (m²)

4.7.3 CORTES DE PENCAS

Para determinar los cortes de pencas, se determinó una medida de 12- 13 centímetros como referencia de madurez para su corte, los cortes se hicieron manualmente con un cúter entre un lapso de 7 hasta 15 días, dependiendo del crecimiento de las pencas, posteriores al corte durante las mañanas, utilizando una báscula de 2 kg para el pesado, registrando las pencas de ambos tratamientos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 BROTES

Los resultados de la evaluación de rendimiento de brotes mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el presente estudio, el Tratamiento 1 con 15 Ton/Ha promedio y para el Tratamiento 2, con 4.11 Ton/ha promedio. Los resultados muestran en la Figura 9 una variación en el rendimiento de brotes, destacando el rendimiento del Tratamiento 1 debido principalmente al tamaño del brote y peso correspondiente, teniendo mayor respuesta que en el Tratamiento 2. Es importante señalar que la parcela de evaluación de nopal del presente estudio se encontraba en su primer año de establecimiento, por lo que si se continúa con estas evaluaciones en años posteriores la producción se incrementa con el manejo adecuado de la plantación.

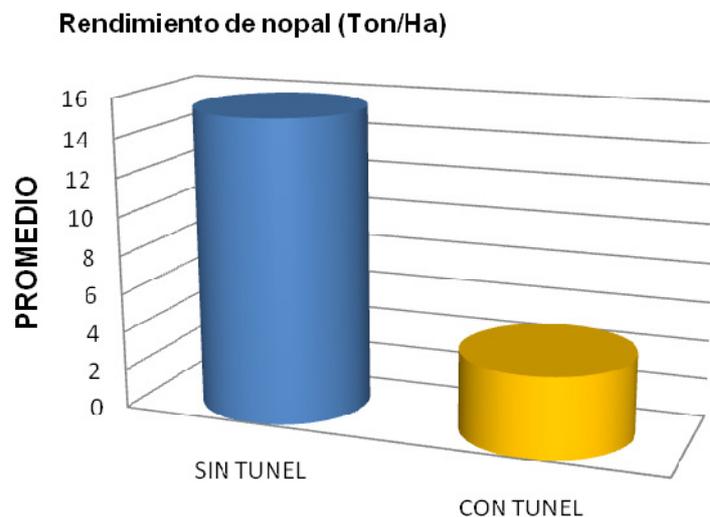


FIGURA 9. Rendimiento de nopal.

Ramírez (1972) menciona que la reducción del rendimiento en época de frío se presenta por que el crecimiento del brote es más lento y el periodo de corte se prolonga, es decir se realizan menos cortes hasta que el crecimiento de los brotes por el aumento de frío se detiene completamente. De acuerdo a (Bravo-Hollis, 1978), comentan cuando la temperatura es demasiada baja, influye desfavorablemente al deshidratar los tejidos de las plantas.

En cuanto a cortes de pencas como se muestra en la Figura 10, presenta mayor respuesta en el Tratamiento 1 respecto al tratamiento 2 debido a la reducción del rendimiento en época de frío, ya que el crecimiento del brote es más lento y el periodo del brote se prolonga por lo que se realizan menos cortes (Villareal, 1958).

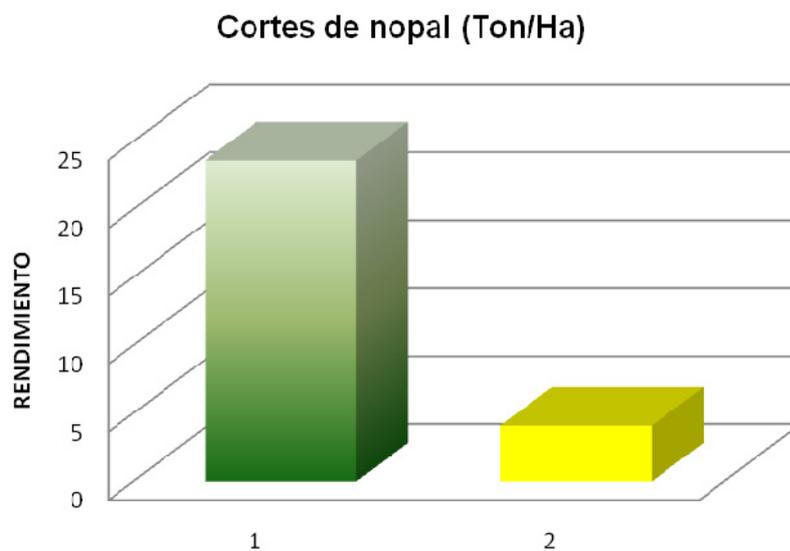


FIGURA 10. Cortes de nopal.

Los cortes promedios de pencas resultó tener mayor respuesta en el Tratamiento 1 con 23.6 Ton/Ha, y para el Tratamiento 2 fueron 4.1 Ton/Ha, debido a que existió un mayor número de brotes y un mayor crecimiento de pencas de acuerdo a la aplicación del riego puesto que fue uniforme en ambos

tratamientos; considerando que las condiciones ambientales fueron iguales para los tratamiento 1 y 2. (CONAZA, 1981), menciona que las bajas temperaturas afectan al cultivo, pudiendo causar su muerte, por lo que su tolerancia a temperaturas mínimas están en el orden de 10° a 0° C. En la región Lagunera generalmente se realizan 4 cortes por mes en la época de calor por lo que hay un mayor rendimiento (Villareal, 1958).

CONCLUSIONES

Se puede observar que para los dos tratamientos estudiados dentro de la Unidad de Producción Agroecológica, presentaron diferencias significativas entre un tratamiento y otro, teniendo en consideración posibles variaciones. Observando el rendimiento promedio de las variables: peso y corte de pencas.

El Tratamiento más eficiente en producción es el Tratamiento 1, que consistió en plantación de nopal a campo abierto, lo cual presentó mayor rendimiento en promedio en peso y en corte, siendo altamente significativo respecto al Tratamiento 2 teniendo mayor respuesta a los cambios de temperatura.

El resultado total del Tratamiento 1 obtuvo un rendimiento en peso de (15 Ton/ha), siendo altamente significativo respecto al Tratamiento 2 de (4.11 Ton/ha).

El menor rendimiento puede presentarse por diversas causas como el mal manejo de la plantación, condiciones que no están controladas en el experimento.

Se puede dar seguimiento y seguir corroborando con estudios sobre el manejo de nopal tanto en condiciones de campo abierto y microtúnel.

Es importante darle seguimiento a las investigaciones de proyectos de este tipo, ya que aumenta la capacidad de conocimientos y abre el panorama para el desarrollo de pequeños proyectos de nopal.

Se puede observar en los Tratamientos 1 y 2, la gran diferencia significativa, teniendo menor respuesta bajo condiciones de microtúnel, por lo que la hipótesis planteada no tuvo respuesta como tal.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, 1978. Fisiología y bioquímica del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyclaea*), tesis, Chapingo, México. pp. 5-30.
- Anónimo, 2000. Sistema de producción de nopal verdura bajo Microtúneles o mini- invernaderos. Guía para el Productor, Milpa Alta D.F., p.12.
- Barrientos, P. F. 1981. El nopal (*Opuntia spp.*) su mejoramiento y utilización en México. Servicios Agrícolas integrados en el Estado de México. Metepec, México. pp.20.
- Barrientos, P. F. 1989. Nopal y agaves como recursos de zonas áridas y semiáridas de México, Centro de Genética, Chapingo, México. pp. 10
- Bravo- Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México, segunda Edición, Vol. 1, UNAM, México. pp. 5-40.
- Borrego, E. F. y Burgos V. 1986. El nopal. Editorial Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista Saltillo, Coahuila, México. pp. 202.
- CODAGEM, 1979. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal, México, Folleto SARH.
- CODAGEM, 1982. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal, México, Folleto informativo no.158.
- CONAZA, INIF. 1981. El nopal. INIF. México.

- Díaz, S. y Fernández, S. 2001. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística, Complejo Hospitalario Juan Coruña. pp. 37-41.
- Fernández, L. 1949. Estudio químico de seis muestras de nopal del Valle de México.
- Flores, V. C. A. 2003. Producción y Comercialización de Nopalitos. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 19-38.
- Flores, V.C.A.; de Luna E.J.M. y Ramírez M.P., 1995. Mercado Mundial del Nopalito, ASERCA; UACH y CIESTAAM.
- García, A. 1972. Cultive el nopal verdura. Brochune. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. pp. 10.
- Grajeda, .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, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, pp. 82.
- Granados, S.D., y Dunia, C.A., 1991. "El nopal, historia, fisiología, genética e importancia frutícola, Editorial Trillas; Universidad Autónoma de Chapingo. pp.13.
- Hernández, M., A. Chávez y H. Burges. 1987. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos, Tablas de uso práctico. Instituto Nacional de Nutrición. México, D.F. pp.34.

Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT 2006, Nopal verdura, Composición química. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/71/nverdura.html>

Ramírez, M.E. 1972. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. Mundo científico COFFA SEDICT. No. 4:10-14.

Ríos, J.R., y Quintana, V.M. 2004. *Manejo* General del cultivo del nopal, Colegio de Postgraduados, México, pp. 14-15.

Rodríguez, E.S., y Nava, A.C. 1998. *Nopal, Riqueza agroecológica de México*, México, D.F: SEP, SEIT, DGETA. pp. 21-23.

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

Orona, C.I., Flores, H. A., Rivera, G. M. 2000. Manual para el establecimiento y manejo y producción de nopal verdura bajo riego por goteo en la comarca lagunera.

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

Pimienta, V.E. 1997. El nopal en México y el mundo. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Universidad Nacional Autónoma de México, CVS Publicaciones S.A. de C.V., México. pp. 86-95.

S.A.R.H. 1994. Subsecretaria de planeación. Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

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

SAGARPA. 2007 Nopal verdura, fecha de consulta 8 de diciembre de 2009, disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/df/fichatecnopal.pdf>.

Traill, W. B. 1999. Prospects for the future: Nutritional, environmental and sustainable food production considerations – changes in cultural and consumer habits. FAO/WHO/WTO Conf. On Int. Food Trade beyond 2000. Melbourne, Australia, 11-15 Oct. 1999.

Villareal, A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer Congreso de Investigación Agrícola en México. Escuela Nacional de Agronomía Chapingo, México. pp. 296-300.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Tratamiento 1 y 2, análisis estadístico en peso.

		T1 = sin túnel	T2 = con túnel			
Peso	T1	T2	Diferencia			
1	20300	6200	14100	To	6.74	
2	12260	8	12252	Sp	3967.48	
3	16270	4280	11990			
4	11630	4500	7130			6
5	22620	2780	19840			6
6	9510	3990	5520			
				Tt	2.571	
Sumas		92590	21758	70832		
Promedios		15431.6667	4.11111111	11805.3333		
Sd		5208.72121	2085.91483			

ANEXO 2. Tratamiento 1 y 2, análisis estadístico en cortes de pencas.

Corte	T1	T2	Diferencia			
1	33.0	8.8	24.2	To	4.94	
2	19.3	1.3	18.0	Sp	6.85	
3	20.9	4.3	16.5			
4	19.6	1.3	18.2			6
5	36.7	4.3	32.4			6
6	12.3	4.5	7.8	Tt	2.571	
Sumas		141.7	24.6666667	117.047619		
Promedios		23.6	4.1	11.7047619		
Sd		9.28139093	2.75613793			

Anexo 3. Análisis dimensional del peso del nopal.

Ejemplo de análisis dimensional:

$$\frac{20300gr}{3m^2} * \frac{10000m^2}{1ha} * \frac{1Ton}{1000000gr} = 67.67Ton/ha$$

Donde se deduce la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{Ppu}{A * 100}$$

Donde:

Pr = Producción de nopal (Ton/ha)

Ppu = Peso obtenido en la parcela útil (gr)

A = Área de la parcela útil. (m2)

$$Pr = \frac{20300}{3 * 100}$$

$$Pr = \frac{20300}{300}$$

$$Pr = 67.67 \text{ Ton/ha}$$