

**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**INJERTOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*, Haworth)**

**SOBRE OTRAS CACTACEAS**

**TESIS PROFESIONAL**

Que como requisito Parcial para Obtener  
el Título de

**INGENIERO AGRONOMO  
ESPECIALISTA EN FITOTECNIA**



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

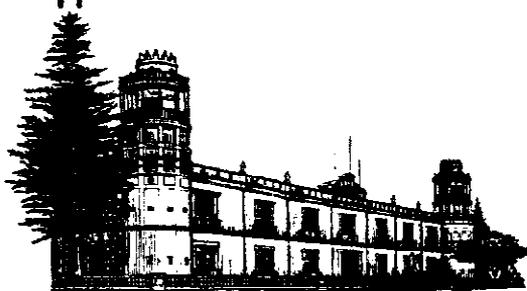
**FRANCISCO JAVIER CORDERO ISLAS**

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



CHAPINGO, MEXICO. FEBRERO DE 1997

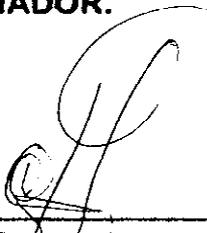
**BIBLIOTECA**



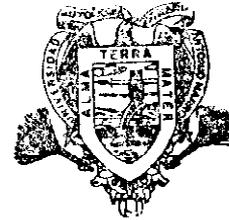
2076

LA PRESENTE TESIS QUE LLEVA POR TITULO " INJERTOS DE PITAHAYA  
(Hylocereus undatus Haworth) SOBRE OTRAS CACTACEAS" FUE  
DIRIGIDA POR EL M.C. J. PABLO CRUZ HERNANDEZ Y FUE REVISADA  
POR EL SIGUIENTE JURADO EXAMINADOR.

PRESIDENTE:

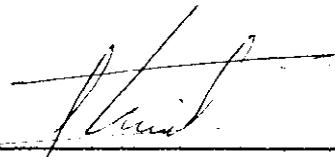
  
\_\_\_\_\_  
M.C. Pablo Cruz Hernández

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

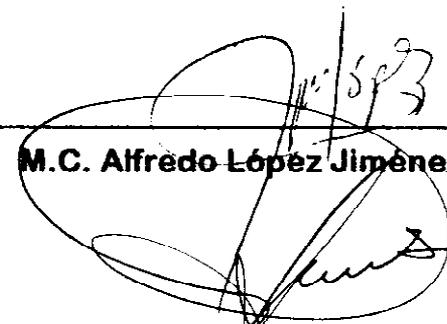
SECRETARIO:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edilberto Avitia García

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
M. C. Alejandro Barrientos Priego

SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Alfredo López Jiménez

SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Raúl Nieto Angel

## **AGRADECIMIENTOS**

- **A la Universidad Autonoma Chapingo por permitirme desarrollar y concluir mis estudios profesionales.**
- **Al M.C. Pablo Cruz Hernández por brindarme la oportunidad de participar dentro de su programa de Cactáceas con potencial frutícola.**
- **Al Dr. Edilberto Avitía García por su escrupulosa revisión y comentarios del presente trabajo.**
- **Al M.C. Alejandro Barrientos Priego, M.C. Alfredo López Jiménez, Dr. Raúl Nieto Angel por la revisión y sus atinados comentarios del presente trabajo.**
- **Al Ing. Arturo Curiel Rodríguez por sus comentarios sobre la parte estadística del presente trabajo.**
- **A la Ing. María Chávez Camacho por los comentarios y sugerencias hacia el presente trabajo.**
- **A Fidel e Ismael por su amistad.**

## **DEDICATORIA**

**A mi MADRE por todo el amor y cariño que siempre me ha brindado.**

**A mis hermanos Jorge, Alejandra y David por su apoyo incondicional.**

**A María por el simple hecho de ser María.**

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. Importancia.....	3
2.2. Origen y Distribución.....	3
2.3. Morfología.....	4
2.3.1. Raíz.....	4
2.3.2. Tallo.....	4
2.3.3. Flores.....	5
2.3.4. Fruto.....	6
2.4. Ecología.....	6
2.5. Anatomía de las Cactáceas.....	6
2.5.1. Epidermis.....	7
2.5.2. Hipodermis.....	9
2.5.3. Clorénquima.....	9
2.5.4. Tejido de almacenamiento.....	9
2.5.5. Elementos vasculares.....	9
2.6. Eficientización Hídrica en Tejidos de Cactáceas.....	10
2.7. Descripción de los Portainjertos a Utilizar.....	11
2.8. Injertos.....	13
2.9. Efectos de incompatibilidad entre injertos.....	15
2.10. Injertos en Cactáceas.....	15
2.10.1. Injerto de caras planas.....	16
2.10.2. Injerto de cuña.....	17
2.10.3. Injerto lateral.....	18
III. MATERIALES Y METODOS	
3.1. Experimento 1.....	19
3.1.1. Localización geográfica.....	19
3.1.2. Material vegetal.....	19

3.1.3. Diseño experimental.....	20
3.1.4. Establecimiento y manejo del lote experimental.....	20
3.1.5. Metodología para realización de injerto.....	20
3.1.6. Variables evaluadas.....	21
3.2. Experimento 2.....	22
3.2.1. Portainjertos utilizados.....	22
3.2.2. Diseño experimental.....	23
3.2.3. Realización de injerto.....	23
3.2.4. Variables evaluadas.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	
4.1. Experimento 1.....	25
4.1.1. Brotación.....	25
4.1.2. Tiempo a brotación.....	28
4.1.3. Longitud de brotes.....	30
4.1.4. Grosor de secciones injertadas.....	31
4.1.5. Observaciones sobre los portainjertos.....	36
4.1.6. Observaciones.....	37
4.2. Experimento 2.....	39
4.2.1. Brotación.....	39
4.2.2. Tiempo a brotación.....	40
4.2.3. Longitud de brotes.....	41
4.2.4. Grosor.....	41
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. BIBLIOGRAFIA.....	45
VII. APÉNDICE.....	50

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1 Porcentaje de brotación de injertos de pitahaya ( <u>H. undatus</u> ) sobre diferentes portainjertos a los 365 días, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	25
Cuadro 2 Brotación de injertos de pitahaya ( <u>H. undatus</u> ) sobre diferentes especies y géneros de cactaceas, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	28
Cuadro 3 Grosor de secciones injertadas de <u>H. undatus</u> 365 días despues de haber realizado los injertros sobre diferentes portainjertos bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. ....	29
Cuadro 4 Porcentaje de brotación de dos tamaños de injertos(10 y 15 cm) de <u>Hylocereus undatus</u> sobre tallos de dos edades <u>O. robusta</u> , bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	39
Cuadro 5 Número de injertos brotados de <u>H. undatus</u> sobre tallos de <u>O. robusta</u> de dos edades bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	41
Cuadro 6 Grosor de secciones injertadas (mm) de <u>H. undatus</u> y portainjertos de <u>Opuntia robusta</u> bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	43

Figura 1 Brotación de Pitahaya ( <u>H. undatus</u> ) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	29
Figura 2 Longitud de brotes de injertos de Pitahaya ( <u>Hylocereus undatus</u> ) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	31
Figura 3 Grosor de injertos de <u>Hylocereus undatus</u> sobre diferentes portainjertos bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	33
Figura 4 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre <u>Opuntia robusta</u> bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	34
Figura 5 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre <u>Hylocereus undatus</u> bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	34
Figura 6 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre <u>Stenocereus griseus</u> bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	35
Figura 7 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre <u>Stenocereus stellatus</u> bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....	35
Figura 8 Detalle de unión de tejidos de conducción y parenquimatoso de <u>Hylocereus undatus</u> al ser injertada sobre la misma especie.....	37
Figura 9 Detalle de emisión de raíces de secciones de <u>Hylocereus undatus</u> al ser injertada sobre <u>Stenocereus stellatus</u> .....	38

Figura 10 Formación de tejido corchoso en los elementos vasculares de Hylocereus undatus, al ser injertada sobre tallos de Opuntia ficus-indica y Nopalea sp. ....38

Figura 11 Periodo de brotación de injertos de Pitahaya (H. undatus) sobre Opuntia robusta bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....39

Figura 12 Longitud de brotes de injertos de Pitahaya (Hylocereus undatus) sobre Opuntia robusta bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.....42

## RESUMEN

### INJERTOS DE PITAHYA (*Hylocereus undatus*, Haworth) SOBRE OTRAS CACTACEAS

Se injertaron púas de pitahaya (*Hylocereus undatus*, Haworth), sobre otras cactáceas por el método de hendedura. Se obtuvo brotación en los injertos sobre *Hylocereus undatus*, *Opuntia robusta*, *Stenocereus griseus*, y *Stenocereus stellatus*, no presentándose sobre *Opuntia ficus-indica* y *Nopalea* sp.. Las yemas que brotaron en las púas injertadas sobre *Opuntia robusta* en su mayoría fueron florales, aún cuando no desarrollaron. La brotación se presentó en dos periodos definidos, que fueron en los meses de abril y septiembre. La mayor longitud de brotes, se obtuvo en las púas injertadas sobre la misma especie. El grosor de la púa es mayor en las especies de *Stenocereus*. Dentro de las observaciones generales se encontró que ninguno de los portainjertos vio alterado su crecimiento por la presencia de la púa. Respecto a la unión de tejidos, en los injertos sobre la misma especie la unión se dio tanto de elementos vasculares como de tejido parenquimatoso, mientras que sobre *S. griseus*, *S. stellatus* y *O. robusta* únicamente en elementos vasculares, en las púas injertadas sobre *S. stellatus* se encontró formación de raíces que desarrollaron dentro del tejido del portainjerto. En las púas injertadas sobre *O. ficus-indica* y *Nopalea* sp. no existió unión de tejidos y sí formación de tejido corchoso alrededor de los haces vasculares.

**PALABRAS CLAVE:** Pitahaya, *Hylocereus undatus*, injertos.

## SUMMARY

### PITAHAYA (*Hylocereus undatus* Haworth) GRAFTS ON OTHER CACTACEOUS PLANTS.

Sections of pitahaya (*Hylocereus undatus*) were grafted on other cactaceous plants by splitting. Budding was shown by grafts on *Hylocereus undatus*, *Opuntia robusta*, *Stenocereus griseus* ad *Stenocereus stellatus*, and was shown by grafts on *Opuntia ficus-indica* ad *Nopalea sp.* Most buds on sections grafted on *Opuntia robusta* were of flowering kind, although they did not develop. Budding happened in two definitive periods, in april and september. Longest buddings happened in sections grafted on the same species. Widest sections were those grafted on *Stenocereus*. None of the graft-carriers showed alterations in growth due to the presence of the section. Regarding the adjoining tissues, union was shown between both vascular elements and parenquimatous tissue, when the graft was done on the same species, while only between vascular elements when the graft was done on *S. griseus*, *S. stellatus* and *O. robusta* . Root formation was found in sections grafted on *S. stellatus*, which developed into the graft-carrier tissue. In sections grafted on *O. ficus-indica* and *Nopalea sp.* no tissue union but a corky tissue formation was shown around vascular bundles.

KEY WORDS: Pitahaya, *Hylocereus undatus*, grafts.

## INTRODUCCIÓN

La flora de México ha sido considerada como una de las más ricas y variadas del mundo; a ello ha contribuido su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y sus climas variados, así como también las intensas migraciones recibidas, tanto de Norteamérica como de América del Sur y su enorme grado de endemismo (Bravo, 1978).

Dentro de la flora mexicana, una de las especies más abundantes y representativas son las Cactáceas, plantas que presentan alta potencialidad para la producción de alimentos. Estas plantas sorprenden por las formas extraordinarias de sus tallos y hermosura de sus flores, interesan también por la anatomía de sus estructuras y las modalidades de su fisiología, indicadoras ambas de su admirable adaptación a la sequía (Bravo, 1978).

Especies de esta familia han estado muy ligadas a nuestro pueblo en los aspectos alimenticio, medicinal, religioso, artístico y ornamental (Cruz, 1994a).

Dentro de las especies alimenticias y más específicamente en estas que producen frutos utilizados por el hombre, encontraremos cactáceas que pertenecen principalmente a los géneros: Opuntia, Hylocereus, Escontria, Heliabravo, Pereskia, Pachycereus, Stenocereus, Mammillaria, entre otros, pero los de mayor importancia económica por ser los más utilizados son los géneros Opuntia, Hylocereus y Stenocereus (Bravo, citado por Ortiz et al. 1994).

Dentro de estos encontraremos para el caso del género Opuntia las tunas y xoconostles, para el género Stenocereus encontramos las pitayas y en Hylocereus se encuentran las pitahayas.

En México al género Hylocereus se le puede encontrar en forma natural en las zonas de selva baja caducifolia y subcaducifolia, lo cual indica su potencialidad para ser cultivada en dichas regiones. Es una planta perenne, que entra rápidamente en producción

y que requiere poca agua; en relación a otros cultivos anuales y frutícolas tiene posibilidades de aceptación como fruta de mesa, tanto en el mercado nacional como internacional (Ortiz et al., 1994).

Una opción del manejo en especies frutales es el uso de portainjertos, en el caso de Hylocereus se carece de información en injertación sobre otras especies ó géneros de la misma familia y su potencial de uso con fines de producción comercial.

**1.1. Objetivo**

- Estimar el prendimiento de Hylocereus undatus, al ser injertada sobre Opuntia robusta Wendland, Pfeiff, Hylocereus undatus Haworth, Stenocereus griseus Haworth, Stenocereus stellatus Riccobono, Opuntia ficus-indica Linnaeus y Nopalea sp., Sam-Dick.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia

Aunque la pitahaya ya tenía gran importancia en las culturas prehispánicas (Bravo, 1978) en México prácticamente es un fruto poco conocido, ya que la producción que se tiene proviene de huertos caseros y su mercado es muy localizado en el sur y sureste de nuestro país (Cruz, 1994b).

En la actualidad este fruto empieza a tener importancia comercial en nuestro país, debido a que es considerado como fruto exótico y tiene demanda tanto nacional como internacional (Rodríguez, 1993). Cruz (1994b) señaló que estamos justo en la etapa donde el productor se está interesando en esta fruta para su producción comercial, debido a que el precio logrado por este fruto es muy atractivo se ha iniciado el interés por establecer huertos en forma comercial en estados como Tabasco, Yucatán (Cruz, 1994a) y en Puebla, donde la región Mixteca es una zona con alto potencial para producirse bajo condiciones de temporal (Cruz, citado por Buenabad, 1995).

A nivel mundial la pitahaya es fuertemente demandada por mercados principalmente de la Comunidad Económica Europea (Barbeau, 1990). Y está siendo exportada por países como Colombia, Nicaragua y Guatemala (Chamorro, citado por Buenabad, 1995).

### 2.2. Origen y Distribución

Bravo (1978), indica que el origen exacto de la pitahaya (Hylocereus sp.) es desconocido, pero también comenta que algunos investigadores se lo atribuyen a Colombia. En esto último coincide Rodríguez (1993), quien señala que probablemente es originaria de Colombia o la Martinica al igual que Ortiz, et al. (1994), quienes indicaron que es originaria de América Tropical.

El género comprende de 16 a 18 especies distribuidas en las Antillas, México, América Central y Norte de Sudamérica (Bravo, 1978). Arreola (1995) indica que este género se extiende a América Tropical.

En nuestro país se encuentra distribuido en los estados de Veracruz, Jalisco, Yucatán, Tabasco, Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Guerrero, Guanajuato, San Luis Potosí, Michoacán, Morelos, Estado de México, Querétaro, Colima, Nayarit, Hidalgo, Oaxaca, y Puebla (Calix, 1995), además de Sinaloa y Tamaulipas (Bravo, 1978).

Arreola (1995) indicó que la distribución de esta especie está estrechamente ligada al desarrollo de diversos grupos indígenas, ya que esta se dio por la tradición de recolecta y consumo de esta fruta.

Bravo, citado por Cruz (1994a), indicó que se han descrito 6 especies H. undatus, H. ocamponis, H. purpussi, H. calcaratum, H. stenoterus y H. napoleoniss, las tres primeras y la última se ha confirmado su presencia en México. Aunque en revisiones de herbarios se han encontrado otras especies como H. tricostatus y H. guatemaltensis (Calix, 1995).

## **2.3. Morfología**

**2.3.1. Raíz.** Desarrolla numerosas raíces fibrosas y numerosas raíces adventicias, que le ayudan a fijarse a los tutores y a obtener humedad o nutrimentos (Alonso, 1992). A partir de semilla posee una raíz principal y raíces secundarias, las cuales tienen desarrollo horizontal a profundidades entre los 5 y 10 cm. Al propagar vegetativamente, las raíces se desarrollan en forma fasciculada y su desarrollo es superficial (Estévez, 1995).

**2.3.2. Tallo.** Verde claro brillante en los estados iniciales y verde oscuro opaco en el estado adulto (Infante, 1996) presenta crecimientos vigorosos en longitud y tamaño de sus costillas (Cruz, 1994b). Gibson y Nobel (citados, por Ortíz et. al., 1994) señalan que

es común encontrar tallos de estas epífitas de 3-4 costillas, las areolas presentan de 2 a 5 espinas (Morton, 1987) la distancia promedio entre areolas es de 53 mm y una profundidad de ondulación en el lomo de las costillas de aproximadamente 4.8 mm (Cruz, 1994b). Dado que las hojas están transformadas en el tallo cumple las funciones de fotosíntesis (Infante, 1996).

El crecimiento en los tallos de la pitahaya es indeterminado, generalmente crece durante períodos en donde se dispone de humedad (Buenabad, 1995). Una vez que se da la brotación, en un período de aproximadamente tres semanas, el crecimiento es lento. El crecimiento será continuo mientras no pierda la dominancia apical (Infante, 1996).

Ramírez (1995) al evaluar el efecto de la fertilización foliar en plantas de pitahaya en la región de Tehuacán, Puebla encontró cuatro periodos de crecimiento más o menos definidos y estos fueron: noviembre-diciembre, febrero, mayo-junio y agosto-septiembre, siendo el primero donde se presentó el 50% de la brotación total.

**2.3.3. Flores.** Simples, bisexuales, completas, infundibiliformes con prefloraciones imbricadas, puede alcanzar hasta 45 cm (Infante, 1996) con segmentos exteriores del perianto de color verde amarillamiento y los interiores color blanco o después de la floración la caída de flores o frutos en desarrollo, depende del tipo que se trate (Cruz, 1994b) es de hábito nocturno (Infante, 1996).

Castillo et al. (1994) indicaron que en el estado de Oaxaca la floración se da de los meses de mayo a septiembre, presentándose tres períodos de floración bien definidos. Esto coincide con lo indicado por Weiss (1993), quien señaló que en el desierto de Israel la floración se presenta en los meses de mayo a noviembre, presentándose tres floraciones. Buenabad (1995) al evaluar el efecto de la sequía en plantas de pitahaya bajo condiciones de invernadero en Chapingo México, observó siete períodos de brotación bien definidos.

**2.3.4. Fruto.** Es una baya, de forma globosa o subglobosa, mide de 10 a 12 cm de diámetro (Rodríguez, 1993), no presenta espinas (Morton, 1987), tiene pulpa blanca, con semillas color negro de tamaño muy pequeño y éstas contienen una sustancia denominada captina de gran poder digestivo (Infante, 1996). En Hylocereus undatus el color exterior es rosa, tendiente al rojo, presenta 18 brácteas en promedio y puede variar de 15 a 25, éstas son grandes con base amplia y en la punta presentan color verde, la mayoría de ellas se encuentran perpendiculares al fruto o bien dirigidas sus partes terminales hacia la base del mismo (Cruz, 1994b). Las frutas de esta especie son del tipo no climatérico y son capaces de aguantar largas distancias de transportación (Mizrahi y Nerd, 1992).

## **2.4. Ecología**

En México su hábitat se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2 000 m, en un amplio intervalo en cuanto a características de suelo y precipitación (Cruz, 1994b). Barbeau (1990), señaló que en Nicaragua H. undatus desarrolla en altitudes de 200 a 600 m, con una temperatura de 21 a 29° C y una pluviosidad de 600 a 1300 mm.

Por su parte Rodríguez (1993) señaló que la pitahaya desarrolla de 0 a 1 850 msnm y requiere de temperaturas entre los 18 y 26° C con precipitaciones de 1 200 a 1 500 mm anuales. Becerra y Echeverri (citado por Ortiz et al. 1994) indica que en Colombia H. triangularis es una fruta de clima tropical y la altitud es de 800 a 1600 m. Lo cual nos indica que el género Hylocereus tiene un amplio intervalo de adaptabilidad y la variación se debe a las diferentes especies que lo comprenden.

## **2.5. Anatomía de las Cactáceas**

Para el estudio de la anatomía de las cactáceas se puede utilizar la de cualquier especie, ya que todas estas presentan la misma organización general, aunque la forma de la planta y por lo tanto las dimensiones de cada tejido puede variar (Gibson y Nobel, 1986).

En las cactáceas a nivel general, si estudiamos los tejidos que integran los tallos, iniciamos de la parte externa y terminando en la interna encontramos lo siguiente (Cruz, 1994b):

**2.5.1. Epidermis.** La epidermis está formada por una capa de células cuya estructura varía con el tiempo, pues son distintas las que existen en la zona de crecimiento, de las células que cubren la parte media del tallo o de los que se encuentran en las proximidades de la raíz (Bravo, 1978).

En la mayoría de las cactáceas la epidermis del tallo es una capa gruesa de células (Uniseriada) (Gibson y Nobel, 1986; Cruz, 1994b). Cactáceas con epidermis múltiples (dos o más capas de células) son poco comunes, pero estos son algunos excelentes ejemplos en ciertas cactáceas columnares de la tribu Pachycereeae (Gibson y Nobel, 1986).

La pared exterior de la epidermis está cubierta por una capa de secreciones cerosas, la cuál recibe el nombre de cutina (Conde, citado por Pimienta, 1992). Comparado con la cutícula de muchas plantas, la cutícula de un cactus es relativamente gruesa (Gibson y Nobel, 1986).

Mauseth (1984), indicó que la epidermis tiene tres funciones principales:

- Retención de agua dentro del cuerpo de la planta, la cutina evita que el vapor de agua escape, pero también rechaza el ingreso de está cuando se encuentra en la superficie (Mauseth, 1984) (Gibson y Nobel, 1986).
- Protección contra plagas, enfermedades y de luz intensa, debido a que la cutina no es digestible, dificulta la entrada de insectos y es también un medio no propicio para el desarrollo de enfermedades (Mauseth, 1984; Gibson y Nobel, 1986). En las células epidermales se encuentra una capa de cristales de oxalato de calcio (drusas), que es refractaria y actúa disminuyendo la absorción excesiva de energía luminosa (Jacobsen, citado por Pimienta, 1992).

- Controlar el intercambio gaseoso, debido a que el tallo es el principal órgano fotosintético de muchas cactáceas, la epidermis tiene numerosos estomas que participan en el intercambio de gases (Pimienta, 1992), en muchas especies de cactáceas están eventualmente distribuidos sobre la superficie entera del tallo, pero en una planta con costillas estos ocurren a lo largo del eje longitudinal del tallo mientras que en cactáceas sin costilla los estomas del eje están sin orientación (Gibson y Nobel, 1986). Los tallos de las cactáceas usualmente tienen 15 a 70 estomas por  $\text{mm}^2$ , un valor bajo, basándose en los niveles de las dicotiledoneas, que generalmente tienen más de 100 estomas por  $\text{mm}^2$  (Gibson y Nobel, 1986).

**2.5.2. Hipodermis.** Está compuesta de un tipo de células llamadas colénquima, que son usadas por la planta como soporte mecánico (Cruz, 1994b); esta zona está formada por un número variable de hileras de células que presentan contornos irregulares (Bravo, 1978), que se caracterizan por que sus paredes comúnmente están engrosadas y contienen altas concentraciones de pectina y hemicelulosa, pero no de lignina (Gibson y Nobel, 1986) (Cruz, 1994b); la pectina retiene el agua con la cual llena de las paredes y lo hacen duro pero flexible, con lo cual los tallos pueden expandirse y contraerse al perder agua sin sufrir daños (Cruz, 1994b). Algunas pequeñas cactáceas altamente especializadas no presentan hipodermis, pero la mayoría de las especies tienen este tejido (Gibson y Nobel, 1986).

**2.5.3. Clorénquima.** Debajo de la hipodermis se distingue una capa de células de color verde intenso que constituye este tejido (Pimienta, 1992), es aquí donde se transforma el agua y el  $\text{CO}_2$  en azúcares con la presencia de luz del sol, mediante el proceso conocido como fotosíntesis la luz atraviesa la epidermis y llega al clorénquima, donde es absorbida por la clorofila y carotenos presentes en los cloroplastos. En el caso de la pitahaya, el clorénquima es muy abundante en relación al parénquima sin clorofila (Cruz, 1994b).

**2.5.4. Tejidos de almacenamiento.** En la porción interna de los tallos se encuentra un cilindro de células blancas que deben su color al reducido número de cloroplastos y a la presencia de vacuolas grandes, los cuales ocupan el 95% del volumen celular en nopal (Pimienta, 1992). Técnicamente a este tejido se le conoce como parénquima medular, siendo su principal función el almacenamiento de agua y sustancias alimenticias (Gibson y Nobel, 1986).

El tejido está formado por células largas esferoidales y pared celular delgada que permite la entrada del agua fácilmente (Gibson y Nobel, 1986).

En algunas cactáceas se pueden presentar en estos tejidos una estructura mucilagínosa (Gibson y Nobel, 1986) y ésta se considera altamente higroscópica y que actúa como elemento de absorción y almacenamiento de agua (Pimienta, 1992). El mucílago de las células en los tallos parece envolver primero el córtex y posteriormente la médula. Esto se basa en la evidencia en que muchas cactáceas presentan células mucilaginosas en la corteza pero no en la médula (Gibson y Nobel, 1986).

**2.5.5. Elementos vasculares.** Se localizan entre la médula y el tejido parenquimatoso (Cruz, 1994b) siendo su función surtir a los tejidos con agua y minerales del suelo vía las raíces y transportan los azúcares hechos en el clorénquima hasta el resto de la planta (Gibson y Nobel, 1986).

En cactáceas se pueden diferenciar dos sistemas de vascularización; uno presente en Pereskias y Opuntia y otro en la subfamilia Cactoideae (Gibson y Nobel, 1986), en el primer caso se presentan 2 sistemas de vascularización que son *sistema vascular abierto* denominado así porque los haces axilares son independientes, los haces vasculares están fusionados dentro de una red o retículo (puente) porque son formados entre estos. En un *sistema vascular cerrado*, el contenido de floema puede moverse fácilmente a cualquier parte de la planta (Gibson y Nobel, 1986). Mientras que para el segundo caso no tiene conexión hasta la formación de las areolas (Gibson y Nobel, 1986).

## 2.6. Eficientización Hídrica en Tejidos de Cactáceas.

Las cactáceas han evolucionado bajo una fuerte presión del medio como son la baja disponibilidad de agua, por lo que los caracteres adaptativos de los organismos están en gran medida relacionados con los patrones de uso y aprovechamiento de dicho elemento, poseen gran capacidad de almacenamiento y además la usan racionalmente en los procesos fisiológicos (León y Valiente-Banuet, citados por Buenabad 1995). Nobel (1988) indica que durante una sequía de 4 a 6 meses, las cactáceas pueden perder el 50% de su agua almacenada. Para evitar la pérdida de agua hacia el suelo, la conductividad hídrica de dichos órganos cambia dependiendo de la humedad del suelo. Por lo tanto, las raíces de las cactáceas actúan como rectificadores electrónicos, permitiendo el paso de agua fácilmente del suelo hacia la planta, pero no en la dirección opuesta (Nobel, 1988).

Gibson y Nobel (1986) al cuantificar la pérdida de agua de los tejidos que se encuentran en tallos de 3 años de edad de Saguaro (Canegiea gigantea) y en biznaga (Ferrocatus acanthodes), encontraron que el agua es almacenada en la corteza interna y el clorénquima, y que al ser sometida a condiciones de sequía la mayor pérdida de agua se da en los tejidos de almacenamiento (corteza interna), debido a que en estas células se da una disminución de solutos, y con eso su presión osmótica. El agua se difunde de esta región de almacenamiento a regiones internas de alta presión osmótica, esto permite que el tejido fotosintético (clorénquima) se mantenga activo por un mayor período durante una sequía (Nobel, 1988).

## 2.7. Descripción de las Especies y Géneros Usados Como Portainjertos.

Opuntia robusta Wendland, Pfeiff.

Es una especie muy vigorosa, muy ramosa, no muy alta, con artículos articulares y oblongos, a veces casi circulares, de 20 a 25 cm. de longitud, de 10 a 12 cm., o más de

anchura, gruesas de color verde azulado o grisáceo, hojas de 4 mm rojiza y agudas, espinas 8 a 12, o menos, vigorosas y de diversas dimensiones, flores amarillas de 5 cm de longitud, frutos globosos o elípticos; rojos, de 7 cm de longitud, comestibles (Bravo, 1978).

Hylocereus undatus Haworth.

Las características fueron descritas anteriormente.

Stenocereus griseus Haworth.

Plantas arborescentes de 6 a 9 m de altura, ramosas, con tronco bien definido, como de 35 cm de diámetro, o con ramas desde la base; ramas de color verde más o menos glauco, generalmente erectas, a veces flexuosas; costillas de 8 a 10; aréolas distantes entre sí de 2 a 3 cm, de 8 mm de longitud, con fieltro moreno, con el tiempo grisáceo. Espinas más o menos subuladas, radiales de 10 a 11, con 6 a 10 mm de largo; espinas centrales 3, de 15 mm de largo o más, las más largas hasta de 4 cm de longitud, al principio color rojo claro con la punta oscura, después grisáceas. Flores hasta de 10 cm de longitud; segmentos exteriores del perianto rojizos; segmentos interiores del perianto blancos; botón floral obtuso o redondeado, con el ápice cubierto por escamas obtusas, morenas. Fruto globoso hasta ligeramente ovoide, de 5 cm de diámetro, provisto de areolas espinosas y caducas, color que varía desde amarillamiento hasta rojo o moreno purpúreo; pulpa del mismo color que el pericarpelo, comestible (Bravo, 1978).

Stenocereus stellatus Riccobono

Planta arborescente de mediana altura, como de 2 a 3 m, ramosa desde la base; los ejemplares bien desarrollados suelen tener tronco bien definido aunque corto, y llegan a medir más de 4 m de altura, ramas erectas; costillas 8 a 12, obtusas, como de 2 cm de alto, algo onduladas; aréolas distantes entre sí 1 a 2 cm; espinas radiales 9 a 13 cortas, algo subuladas, grisáceas con la punta oscura, radiadas., espinas centrales generalmente

3; 2 divergentes hacia arriba y una dirigida hacia abajo, algo más gruesa y largas que las radiales, a veces hasta de más de 5 cm de largo, grisáceas; en las areolas floríferas suele haber además algunas espinas setosas. Flores en el ápice de las ramas, a veces en corona, diurnas, color rosa pálido; tubular-campanuladas, de 5 a 6 cm de largo. Fruto globoso, de 3 cm de diámetro, rojo, con espinas setosas caducas. Semillas pequeñas, con testa negra, verrucosas (Bravo, 1978).

Nopalea sp. Sam-Dick.

Planta con tronco bien definido, muy ramosas, las ramas se han transformado en artículos (Bravo, 1978), lisos, carnosos y después estrechos (Backenberg, 1977) llevan hojas pequeñas, subuladas o cilíndricas, caducas, las areolas poseen lana blanca, glóquidias y espinas (Bravo, 1978), estas últimas se producen solos o en grupo (Backenberg, 1977), difieren del género Opuntia en que sus flores tienen las piezas del perianto erectas, en que los estambres son más largos que los pétalos y en que el estilo excede en longitud a los estambres, el fruto es más o menos tuberculado, jugoso, rojo (Bravo, 1978).

Opuntia ficus-indica Linnaeus -

Es una planta arbustiva, aunque puede llegar a ser arborescente, alcanza una altura de 5m. La parte superior del cuerpo del tallo es muy ramificado. La planta tiene artículos lisos, oblongos u ovoides que alcanzan hasta 40 cm de largo, son gruesos y carnosos. Las areolas son pequeñas y usualmente le faltan espinas, aunque esta tiene un gran número de glóquidias amarillas y estos se van cayendo conforme envejece el tallo. Las flores son generalmente largas y amarillas, con estambres ligeramente amarillos. el fruto es el más comestible de los frutos de las cactáceas. La pulpa es del color de la epidermis y contiene un gran número de semillas (Pizzetti, 1985).

## 2.8. Injertos

Los medios asexuales de propagación se practican para obtener árboles idénticos genéticamente (Ryugo, 1993). Dentro de estos, el injerto es una de las técnicas más utilizadas (Kramer et al., 1975), entendiéndose como injerto la unión de dos o más piezas de tejido vivo de una planta y posteriormente esta crezca como una planta sola (Preston y Serrano, 1993).

De acuerdo con Baldini (1992) dentro de las finalidades que se persiguen al injertar están:

Adaptar los árboles a las diferentes condiciones pedológicas; regular el desarrollo y la entrada en fructificación de los árboles; prevenir ataques parasitarios o enfermedades mediante la utilización de patrones resistentes; introducir polinizadores; sustituir cultivares, controlar el vigor de las plantas, mantener una adecuada iluminación en todo el árbol (Nieto, 1994), incrementar el rendimiento por unidad de superficie (Bose et al. 1992), obtener formas especiales del crecimiento, cambio rápido de cultivares, reparación de árboles con corteza o raíces dañadas (Preston y Serrano, 1993). También es usado como una importante herramienta en el estudio del desarrollo anatómico (Gebhart y Goldbach, citados por Preston y Serrano, 1993), reguladores del crecimiento de las plantas (Sachs, Jones, citados por Preston y Serrano, 1993), senescencia y stress fisiológica (Feucht, citado por Preston y Serrano, 1993).

El éxito del injerto depende de numerosos factores, en primer lugar de la evolución normal de los procesos fisiológicos que tienen lugar en la zona del punto de unión del injerto y que son la base fundamental de la unión de portainjerto e injerto. Estos no solamente deben quedar unidos de manera firme y duradera sino que además deben establecer entre sí relaciones fisiológicas gracias a la formación de un único sistema conductor de la planta (Baldini, 1992).

En la formación de la unión del injerto se suscitan una serie de eventos que a continuación se mencionan (Ryugo, 1993) (Hartman y Kester, 1988).

1.- El tejido recién cortado de la púa, con capacidad de actividad meristemática, se coloca en contacto con tejido similar recién cortado del patrón, de manera que las regiones cambiales de ambos estén en estrecho contacto.

2.- Las capas externas expuestas de células de la región cambial, tanto de la púa como del patrón, producen células de parénquima que pronto se unen, formando callo.

3.- Algunas células de este callo de nueva formación que están en la misma dirección de la capa de cambium de la púa y el patrón intactos se diferencian en nuevas células cambiales.

4.- Estas células cambiales producen nuevo tejido vascular, xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, estableciendo así conexión vascular entre la púa y el patrón. Un requisito para el éxito de la unión de injerto.

A la capacidad de dos plantas diferentes, injertadas entre sí para producir con éxito una unión y desarrollarse satisfactoriamente como una planta compuesta, se le denomina *compatibilidad* (Hartman y Kester, 1988) y al parecer esta genéticamente controlada por múltiples genes con efectos aditivos (Copes, citado por Preston y Serrano, 1993), en cambio, la *incompatibilidad* Gourley y Hawlett (1957) la definen como un antagonismo inherente, o asociación discordante entre ciertos portainjertos e injertos.

## **2.9. Efectos de Incompatibilidad**

La incompatibilidad de los injertos, causa una pérdida de vigor o mata al árbol, debido a que la unión, no se forma entre el injerto y el portainjerto cuando no están taxonómicamente relacionados, se restringe el transporte, no son capaces de metabolizar

sustancias que arriban ya sea del injerto o del portainjerto, se deterioran como resultado de una infección por un patógeno o por metabolito tóxico; (5) es anatómicamente débil y se rompe (Ryugo, 1993).

## **2.10. Injertos en Cactáceas.**

Se utiliza en las cactáceas para ayudar a aquellas que tienen dificultades para vivir directamente en el suelo (Reyes y Arias, 1995), en aquellas que crecen muy lentamente (Barthlott, 1979), que presentan un débil sistema de raíces (Pizzetti, 1985) o para acelerar la floración y obtener ejemplares llamativos (Oudshoorn, 1978). Es interesante esta técnica para salvar especies en peligro de extinción, ya que puede ayudar al crecimiento de plantas que han perdido el sistema radicular (Reyes y Arias, 1995). Lozano (1958) indica que en cactáceas el injerto no solo es posible realizarlo entre distintas variedades y especies sino también entre géneros.

Los sistemas de injertos más utilizados para las cactáceas son de caras planas, de cuña y el lateral (Reyes y Arias, 1995) y estos varían de acuerdo a las características del injerto y del portainjerto (Borg, 1976).

Teóricamente una cactácea puede ser injertada en cualquier otra especie de cactácea (Borg, 1976). Pero se toma como regla general que el portainjerto sea más vigoroso que el injerto (Pizzetti, 1985; Borg, 1976; Ballester, 1978), procurando que el vigor del primero le sea transmitido a el injerto (Barthlott, 1979), con esto la especie menos vigorosa mejorara su vigor y la especie vigorosa mostrará debilitamiento del sistema radical. De lo contrario, cuando se injerta una especie vigorosa en una de menor vigor generalmente tiene un desarrollo débil (Borg, 1976).

Para la realización de injertos también es necesario considerar la escala de afinidad, ya que algunas especies se unen mejor y crecen mejor cuando se injertan en un tallo que en otro (Borg, 1976).

### 2.10.1. Injertos de caras planas

Al portainjerto se le da un corte horizontal recto con un cuchillo afilado al igual que a la sección a injertar (Pizzetti, 1985). El contorno del patrón se recorta oblicuamente y se procede a unir las dos secciones (Oudshoorn, 1978). Se debe procurar que el tejido del portainjerto este completamente limpio (Barthlott, 1979), asegurar que en la unión no haya presencia de burbujas de agua o aire entre las dos superficies cortadas (Barthlott, 1979), que el injerto quede en la parte central, procurando que queden lo más cercano a los haces vasculares, de ese modo entran en contacto con los canales conductores (Hagge, 1963).

Para facilitar el proceso de unión y evitar que el vástago se caiga, se puede fijar el conjunto por medio de una o dos cintas elásticas. La unión se producirá en el plazo de unos pocos días y las cintas podrán retirarse al cabo de una o dos semanas (Oudshoorn, 1978; Pizzetti, 1985).

Este tipo de injerto se realiza en Cephalocereus sobre tallos gruesos de Oracereus, Epostoas, Browningia. Para, la mayoría de las especies de Echinocactus, Coryphantha, Lobivia, Melocactus, etc. los mejores portainjerto y más usado es Trichocereus macrogonus, T. spachianus, T. shickendantezii y Harrisa jusberti (Borg, 1976).

Hutchinson (1980) indica que en este tipo de injertos existe una mayor posibilidad de obtener que la planta injertada desarrolle menor número de espinas. También es utilizado para dar la tonalidad roja, rosa, violeta, naranja, amarillo y marrón en Gymnocalycium milhanovichi y Chamaecereus silvestri, debido a que estos no poseen clorofila por lo que requieren de un tallo verde para sobrevivir (Shimomura y Fujihara, 1980). Pizzetti (1985), indica que este método es utilizado cuando las cactáceas globulares y cilíndricas se injertan sobre Hylocereus undatus.

### 2.10.2. Injerto de cuña.

La sección del injerto es cortada en forma de cuña y esta es insertada en una hendidura hecha en la parte superior del portainjerto. Se debe procurar que el diámetro del injerto sea igual al del portainjerto y que la cuña no sea muy larga y no muy estrecha. El injerto es mejor insertarlo en la parte central del patrón, así el haz vascular del centro del tallo de ambos patrón y sección pueden entrar en contacto (Borg, 1976).

Especies de Selenicereus, Aporocactus y Wilcoxia son injertadas sobre algunas especies de Selenicereus y la más recomendable es Selenicereus macdonaldiae, S. hamatus, S. kunthianus, S. pleranthus (Borg, 1976). También algunas especies de Zygocactus, Epyphyllanthus, Epiphyllum y Schlumbergera son injertadas en S. macdonaldie con excelentes resultados (Barthlott, 1979). Pizzetti (1985) menciona que este método es utilizado en Schlumbergera cuando es injertado sobre Hylocereus undatus.

En Nopal Maldonado y Zapien (1977) recomendaron usar Opuntia rastrera como portainjerto por su alto vigor, injertando variedades ó especies más productivas, tanto de forraje como de fruto. Aunque Pimienta (1992) indica que cuando se injerta nopal las yemas que se encuentran en la fracción injertada brotan en pocos casos.

### 2.10.3. Injerto lateral

Se realiza principalmente en especies de Hylocereus undatus cortando la parte superior del margen de una o más costillas e insertando profundamente en cada hendidura la sección a injertar (Borg, 1976).

Este tipo de injerto se realiza con especies de Schlumbergera, Chiapasiasia y muchas especies de Epiphyllum y Nopalxochia, también es realizado con especies de Chamaecerus, Pterocactus, Peniocereus y Wilcoxia sobre especies de tallo cilíndrico y

delgado de Opuntias, principalmente Opuntia ficus-indica o en otras especies como Cleistocactus o Nyctocereus (Borg, 1976).

De la revisión se puede concluir que: el uso de injertos en frutales es una practica común sobre la cual se ha generado numerosa información sin embargo; su uso en cactáceas, a pesar de que no es algo novedoso se ha aplicado principalmente en especies ornamentales; que el problema de incompatibilidad entre especies y géneros de la familia de las cactáceas no es fuerte como en otras, no existe información sobre el uso como portainjertos de pitahaya de las especies y géneros que se usaron en este trabajo, para la realización de los injertos, los criterios o parámetros para medir su éxito, pueden variar con respecto a los usados en otros frutales ya que el cambium no se localiza y distribuye de igual forma.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Experimento 1

##### 3.1.1. Localización geográfica

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México.

##### 3.1.2. Material vegetal

Se utilizaron 6 especies como portainjertos Opuntia robusta Wendland, Pfeif; Hylocereus undatus Haworth; Stenocereus griseus Haworth; Stenocereus stellatus Riccobono; Nopalea sp. Sam-Dick; Opuntia ficus-indica Linnaeus.

Las dos especies del género Opuntia, así como Nopalea, fueron colectados en el Campo Agrícola Experimental de la UACH, las características que reunían éstas para ser colectadas era que fueran crecimientos de un año y que no presentaran ataque de plagas y enfermedades. Para S. griseus esta especie fue propagada por semilla y presentaba una edad promedio de tres años. S. stellatus así como H. undatus fueron colectadas en la región de Tehuacán, Puebla, presentando las características para S. stellatus de 50 cm. de altura y fueron cortados de la parte superior de la planta. En H. undatus se utilizaron estacas que ya habían terminado con un periodo de crecimiento.

El material de H. undatus utilizado par injertar fué colectado de Tehuacán, Puebla y las características que presentaban éstas eran: buen vigor, de crecimientos finalizados y además que no presentaban problema fitopatológico alguno.

### **3.1.3. Diseño experimental**

Se uso un diseño experimental completamente al azar con 8 repeticiones, donde la unidad experimental la constituyó una planta.

### **3.1.4 Establecimiento y manejo del lote experimental.**

Excepto para S. griseus, las demás especies pasaron por un periodo de secado de corte de 15 días (01 de diciembre de 1994), después de esto se realizaron los trasplantes a bolsas de plástico negro de 20 kg (17 de diciembre de 1994) y se les proporcionó un riego para provocar el enraizamiento; 24 días después el material fue injertado (11 de enero de 1995).

Riego. Se le aplicaron riegos con un intervalo de 15 días y la cantidad de agua era alrededor de 1 lt por unidad experimental.

Labores. No se permitió crecer los brotes en el portainjerto para eliminar competencia al injerto.

### **3.1.5. Metodología usada para injertar**

Se utilizó el de hendedura (similar al utilizado en árboles frutales), ya que se facilitó su aplicación en todos los tratamientos para todos los portainjertos.

Preparación de la sección injertada. Se cortaron estacas de 15 cm, procurando que estas tuvieran un mínimo de 3 yemas; en su parte basal se elimino el tejido hasta dejar descubiertos los haces vasculares; a éstos últimos se les hicieron cortes laterales, dejándolos en forma de cuña para facilitar la inserción. Estos cortes se deben realizar tratando de no dañar la médula, las varetas se tomaron de secciones intermedias de los tallos para tener grosores intermedios de los haces vasculares ya que las partes basales

son bastante gruesos y se dificulta formar la cuña. En cambio, en las partes terminales son muy delgados y se doblan al tratar de insertarlos dentro del tejido del portainjerto.

Preparación del portainjerto. En las especies de los géneros Opuntia y Nopalea, en su parte superior del tallo se realizó un pequeño corte, similar al tamaño de la base del portainjerto, y una pequeña ranuración en el tejido para que se pudiera insertar el injerto al portainjerto. Para los portainjertos de las especies del género Stenocereus se hicieron cortes transversales, cortando la totalidad de la parte superior de la planta, y se le realizó una pequeña incisión en la parte donde se localizan los haces vasculares para que por ahí se insertara el injerto. Para Hylocereus el corte fue similar al anterior y debido a que los haces vasculares de este son rígidos, la ranuración se hizo con mayor profundidad para asegurar su proximidad.

Una vez que el portainjerto y el injerto estaban preparados este último se insertaba en el portainjerto, procurando no dañar la médula del injerto, y se sujetó con cinta maskintape y no se movieron después.

### **3.1.6. Variables evaluadas**

- a) Tiempo a brotación. Este parámetro se evaluó con inspecciones semanales de las plantas, si una planta presentaba brotación se consideraba dentro del mes que se diera ésta.
- b) Longitud de brotes. Se hicieron mediciones mensuales con cinta métrica, si una planta presentaba más de un brote la longitud de éstos se sumaba.
- c) Síntomas visuales. Dentro de las visitas semanales se hacían inspecciones generales y se hacían las anotaciones acerca de su sintomatología.

d) Grosor de injertos. A partir del mes de abril se evaluó la deshidratación de las secciones injertadas, marcando dos puntos en el tallo, donde se midió el grosor de éste con un vernier, esto se realizó mensualmente.

e) Índice de crecimiento. Para este parámetro se tomaron sólo dos plantas de cada tratamiento, ya que en los tratamientos que presentaron brotación, la más baja fue de dos plantas la evaluación se hizo restando el crecimiento inmediato anterior de cada mes dividiendo entre cuatro para que nos diera el crecimiento semanal de los brotes.

## 3.2. Experimento 2.

### 3.2.1. Portainjertos utilizados

A partir de las observaciones del experimento 1 se inició otro donde sólo se utilizaron cladodios de Q. robusta y estos fueron recolectados en el campo de la Nopalera en el Campo agrícola Experimental de la UACH.

Se usaron cladodios desarrollados en el año anterior (un año de edad) y los desarrollados en el mismo año (aproximadamente 6 meses). Se cortaron en el mes de julio, y fueron llevados al interior de un invernadero para favorecer el secado del corte, en el mes de Agosto fueron transplantados a bolsas que contenían sustrato (tierra del Campo Agrícola de la UACH) previamente desinfectado (20 Kg).

Para este experimento se utilizaron dos tamaños de púa, con 15 y 20 cm; en la parte basal de éstas se eliminó el tejido parenquimatoso para dejar descubiertos los haces vasculares, en una longitud de 5 cm, distancia que penetró en la hendidura del portainjerto.

### 3.2.2. Diseño experimental

Se hicieron las combinaciones de dos edades de portainjerto y dos tamaños de secciones injertadas para formar los siguientes tratamientos:

#### Tratamiento

- 1 Tallos que crecieron en el año anterior con injerto de 10 cm
- 2 Tallos que crecieron en el año anterior con injerto de 15 cm
- 3 Tallos que crecieron en el mismo año con injertos de 10 cm
- 4 Tallos que crecieron en el mismo año con injertos de 15 cm

Se realizaron 15 injertos de los 4 tratamientos y se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar.

Las labores culturales consistieron en proporcionar riegos a intervalos de 15 días, a partir de que se colocaron los portainjertos en las bolsas, deshierbar y eliminar brotes que desarrollaron en los portainjertos.

### 3.2.3. Realización de la injertación

El portainjerto tuvo una preparación como la realizada en el experimento uno, la diferencia básica consistió en que en la sección a injertar se utilizaron dos tamaños, una de 10 cm y la otra de 15 cm. Los injertos para esta evaluación fueron realizados el primero de septiembre.

Este experimento fue hecho de la misma manera de la realizada en O. robusta en el Experimento 1, la diferencia es que cuando se hizo la injertación de las secciones de 15 cm, se dio mayor tamaño a los haces vasculares, para que esté no se rompiera.

### **3.2.4. Variables evaluadas**

- a) Tiempo a brotación. Se realizaron anotaciones semanales.
- b) Grosor de injerto y portainjertos. Se cuantificó igual que en el experimento 1 sólo que se evaluó desde el momento de realización de injerto.
- d) Longitud de brotes. Se hicieron evaluaciones mensuales y se utilizó la misma metodología del experimento 1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Experimento 1

Por la cantidad de prendimientos de los injertos, no fue posible analizar la información mediante el diseño experimental planeado y los resultados se presentan en base a medias y porcentajes.

#### 4.1. 1. Brotacion

Este parámetro es uno de los que se toman para determinar la compatibilidad entre injerto y portainjerto, en el Cuadro 1 encontramos los valores obtenidos en la brotación después de un año de realizados los injertos.

Cuadro 1. Porcentaje de brotación de injertos de pitahaya (*H. undatus*) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

PORTAINJERTO	Número de injertos	Porcentaje de brotación	Porcentaje de injertos no brot. y no murieron	Total de yemas en las púas.	Porcentaje de yemas brotadas
<i>Opuntia robusta</i>	8	82.5	12.5	31	38.70
<i>Hylocereus undatus</i> (testigo)	8	100	0	43	27.70
<i>Stenocereus griseus</i>	8	37.5	62.5	37	8.10
<i>Stenocereus stellatus</i>	8	25	75	35	5.71
<i>Nopalea</i> sp.	8	0	87.5	36	0
<i>Opuntia ficus-indica</i>	8	0	50	32	0

Podemos observar que al injertar *Hylocereus undatus* sobre la misma especie logró el 100 % de brotación de los injertos realizados, pero cuando se considera el porcentaje de yemas brotadas del total de las que se dejaron en la púa, este fue de 43, sólo se presentó brotación en 12 de ellas esto nos indica que en 6 (75%) injertos hubo brotación de 1 sola

yema y en 2 (25%) injertos hubo brotación de 2 yemas. Todas las yemas brotadas presentaron desarrollo vegetativo.

De los injertados sobre Q. robusta, de las 8 unidades, brotaron 7 (87.5%), en este tratamiento casi la totalidad de yemas brotadas correspondieron a yemas florales, excepto 2 que fueron vegetativas y representaron 28.57%. Aunque hubo una alta brotación de yemas florales estas no desarrollaron, ya que sólo crecieron alrededor de 1 cm de largo y se desprendían del injerto. En esta combinación, la suma total de yemas fue de 31 y hubo brotación en 12 de ellas (38.70%), de las anteriores, 10 (83.33%) fueron yemas florales y el resto 2 (16.66%) fueron yemas vegetativas. Sobre esta especie se observó que hubo un efecto en la brotación de yemas florales, y posiblemente el efecto anterior pudo ser provocado por tres situaciones 1) que las varetas de donde se tomaron las secciones utilizadas sobre esta especie, se había presentado la diferenciación de yemas. Aunque la distribución de las secciones no se hizo en forma totalmente aleatoria, en ninguna de las especies injertadas las secciones correspondían exclusivamente a una vareta. Esto disminuye la posibilidad de que la brotación de yemas florales se presentara por que las yemas de las púas ya estaban diferenciadas, pero no la elimina. 2) la segunda es que el adelanto en la brotación fué por efecto del portainjerto, ya que como Oudshoorn (1978) menciona, utilizando portainjertos en cactáceas se adelanta la floración o 3) por toda una serie de factores que la favorecieron.

Sobre S. griseus, hubo una brotación en 3 plantas de 8 injertos realizados (37.5%). El porcentaje de yemas brotadas es de 8.10%, es decir, de 37 posibles sólo brotaron 3 de éstas. Para esta especie las brotaciones que se dieron fueron en su totalidad de vegetativas. El bajo porcentaje de brotación se podría indicar como un síntoma de incompatibilidad, como mencionan Hartman y Kester (1988), pero como lo observamos en el Cuadro 4 el grosor del injerto fue mayor al que se presentó en la primera evaluación lo cual nos indica que la sección injertada no está muerta y que existió alguna forma que le permitió al portainjerto incorporar agua, otra posibilidad del retraso de la brotación es que la colocación y unión de los haces vasculares de ambas especies fue deficiente.

Sobre S. stellatus, todos los injertos están vivos y turgentes (Cuadro 4), aunque solo se presentó brotación vegetativa en dos de ellos (25%). De un total de 35 yemas, sólo hubo brotación en tres de ellas (5.71%) y fueron exclusivamente vegetativas. En esta especie se presenta un bajo porcentaje de brotación, lo cual indicaría que podría ser un síntoma de incompatibilidad. Aunque esta no es total ya que los injertos que no brotaron no murieron y los que emitieron brotes presentaron crecimientos, aunque este fue menor al del testigo.

Nopalea sp. Sobre esta especie no hubo brotación de yemas y de acuerdo al Cuadro 4 se dio una deshidratación gradual de la sección lo cual indicaría que no existió la unión de injerto y portainjerto, la sección injertada fue perdiendo sus reservas al no tener de donde absorberlas. Lo anterior, pudo ser resultado de que los haces vasculares de ambas especies no quedaron lo suficientemente cerca para que se diera la unión; ya que debido al grosor de los tallos de Nopalea sp. se dificulta la hechura del injerto. De acuerdo a Gibson y Nobel (1986) se señala que la disposición de sistemas vasculares en estas especies es diferente, lo cual podría dificultar la unión. Aunque los síntomas y desarrollo del experimento nos inclina a pensar que existe incompatibilidad entre estas especies.

Sobre Opuntia ficus-indica, no se brotó ningún injerto (Cuadro 1), para el mes de julio se deshecho el 50% de ellos, debido a que presentaron una deshidratación total y cayeron del portainjerto, lo que nos indica que no se dio la unión de haces vasculares, lo más probable es que se trate de un problema de incompatibilidad entre estas especies de acuerdo a lo señalado por Hartman y Kester (1988), quienes indican que cuando el injerto falla en formar unión en un gran porcentaje de casos es incompatibilidad.

De lo anterior podemos indicar que lo más probable es que H. undatus no tenga compatibilidad con Opuntia ficus-indica y Nopalea sp. y menos probable que influyera una mala colocación de los injertos.

#### 4.1.2. Tiempo a brotación

En el siguiente Cuadro se observan los meses, en los cuales se presentó la brotación de los diferentes injertos:

Cuadro 2 Brotación de injertos de pitahaya (H. undatus) sobre diferentes especies y géneros de cactaceas, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

PORTAINJERTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
<u>Opuntia robusta</u>		2*			4*	1*		3*	1		1
<u>Hylocereus undatus</u>				8					4		
<u>Stenocereus griseus</u>		1						1	1		
<u>Stenocereus stellatus</u>				2							
<u>Nopalea sp.</u>											
<u>Opuntia ficus-indica</u>											

\* Brotación de yemas florales.

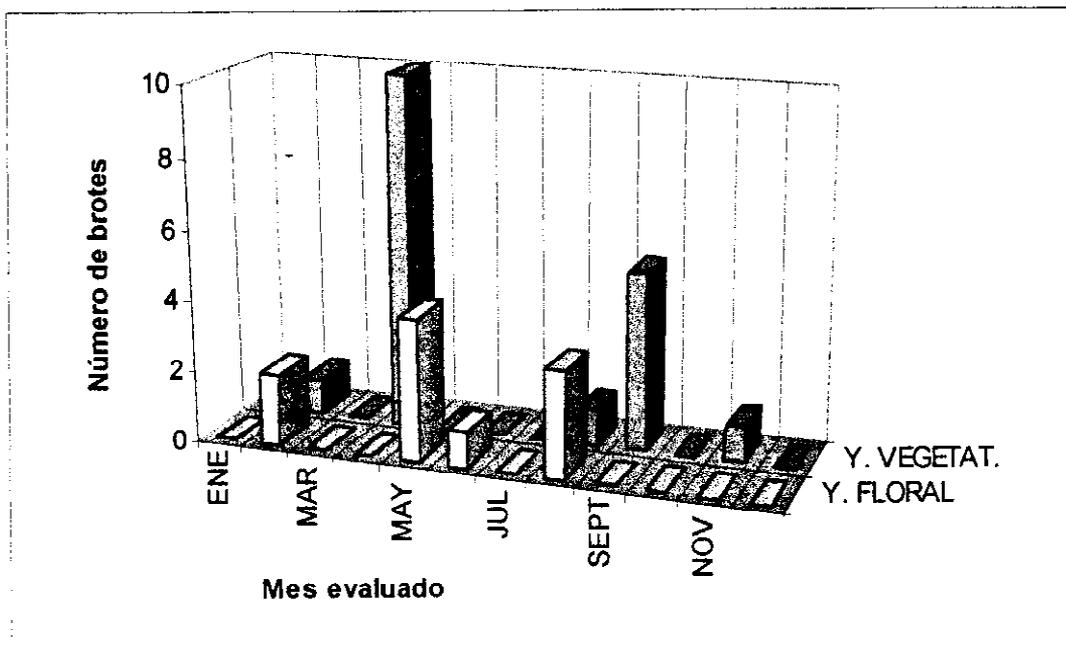
En el Cuadro 2 se observa que presentó brotación de yemas florales sobre O. robusta y en la Figura 1 se muestra que la brotación de éstas se dio en tres períodos: El primero en el mes de febrero con el 20%, el segundo para los meses de mayo-junio, que es donde se da la mayor brotación y la última se dio en el mes de agosto con un 30%. Este comportamiento podría estar relacionado con lo indicado por Castillo et al. (1994) y Weiss (1993). En el sentido de que los períodos de floración en pitahaya son muy constantes en las fechas que ocurren aún en climas diferentes.

En el Cuadro 2 se puede ver que H. undatus sobre la misma especie (testigo) presentó dos períodos bien definidos de brotación, abril y septiembre, lo cual coincide con lo que se ha observado en campo, donde la especie presenta épocas de brotación que no son afectadas por condiciones ambientales.

En el Cuadro 2 se observa como las primeras brotaciones se empezaron a producir 25 días después de realizada la injertación en S. griseus y O. ficus-indica y 90 días después en H. undatus y S. stellatus.

La brotación de yemas vegetativas ocurrió en cuatro períodos, el primero en el mes de febrero y correspondió al 5.26% de la brotación total, el segundo en abril y fue donde se registró la mayor cantidad de brotes (52.63%), el tercero en agosto-septiembre con el 36.84% y el último se presentó en el mes de noviembre con el 5.26% del total. De acuerdo a lo señalado por Buenabad (1995), quien indica que el crecimiento es indeterminado y que la brotación se presenta cuando se tiene presencia de humedad, esto para condiciones de campo, este no es el comportamiento que se encontró, ya que en este trabajo las condiciones de humedad fueron uniformes, lo cual nos indica que la brotación es definida por características propias de la planta.

Figura 1 Brotación vegetativa y floral de pitahaya (H. undatus) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.



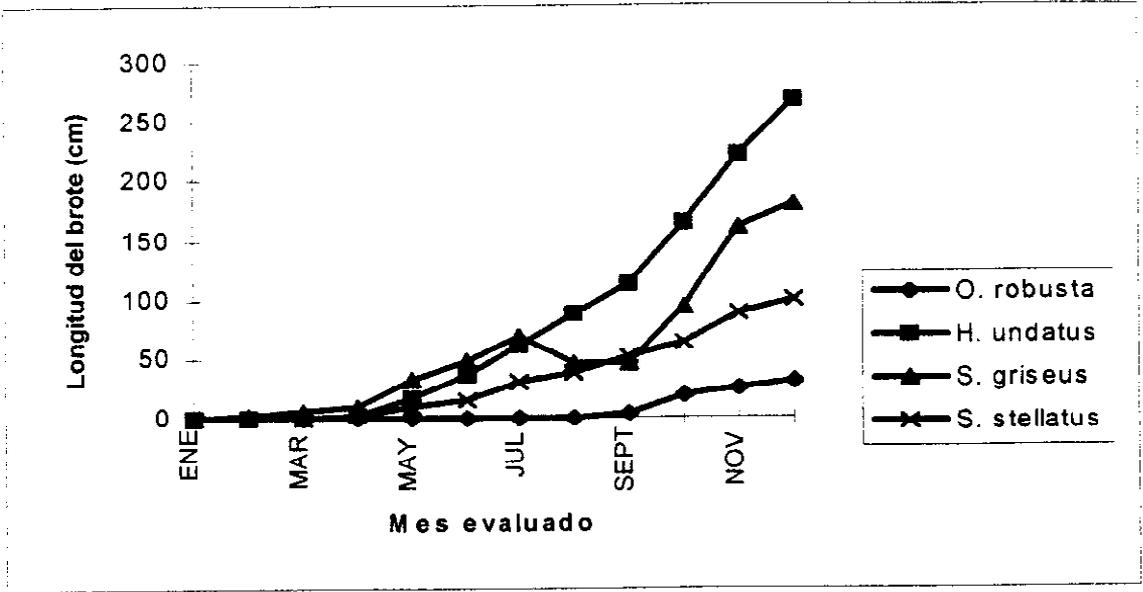
#### 4.1.3. Longitud de brotes

De acuerdo a los datos que se muestran en el Apéndice 1A se puede ver que los brotes de las secciones injertadas sobre H. undatus alcanzaron la mayor longitud al término de las evaluaciones (267.8 cm), le siguieron los producidos sobre S. griseus y en un tercer sitio S. stellatus. Se evalúan estos tres debido a que presentan un tiempo de desarrollo similar. En el mismo Cuadro se observa que sobre O. robusta la brotación se dio más tarde, comparada con las presentadas sobre los anteriores, aunque el crecimiento de los brotes presentó un desarrollo similar al logrado sobre las especies de Stenocereus.

Una de las características que señalan autores como Borg (1976), Ballester (1978) y Pizzetti (1985) es que el portainjerto debe ser de mayor vigor que la sección injertada, para que el vigor del primero sea transmitido al segundo, si observamos en la Figura 2 esto no se cumple cuando se utiliza como portainjerto Stenocereus, ya que se esperaría que la longitud de los brotes fuese mayor y esto no ocurre así, ya que el crecimiento de éstos se da en forma lenta, lo que hace suponer que pudiera estar afectada por la velocidad de crecimiento del portainjerto o por falta de compatibilidad entre las especies.

Hay que señalar que la reducción en vigor del injerto también puede ser una ventaja, en otras especies frutales; ha sido una de las características más buscadas en los portainjertos, ya que facilitan las prácticas de manejo tal y como lo señalan Bose et al. (1992) y Nieto (1994).

Figura 2 Longitud de brotes en injertos de pitahaya (*H. undatus*) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.



#### 4.1.4. Grosor de secciones injertadas

Una característica en cactáceas que ayuda mucho para dar idea de la pérdida de agua en los tallos es su deshidratación; Nobel (1988) indicó que las cactáceas durante un período de sequía de 4 a 6 meses pierden el 50% del agua almacenada. Esto y la fisiología de las cactáceas explica la deshidratación gradual en los injertos sobre *Nopalea* sp. y *O. ficus-indica*.

De acuerdo a los resultados del Apéndice 2A podemos observar que la deshidratación de los injertos sobre *O. robusta*, *H. undatus*, *S. griseus* y *S. stellatus* no se dio una disminución en el grosor de la sección injertada, incluso sobre *Stenocereus* aumentó, en comparación con la primera evaluación. Lo anterior podría estar relacionado al hecho de que en estas especies hubo muy baja brotación (Cuadro 1) y que al no brotar yemas vegetativas el agua y nutrimentos absorbidos por los portainjertos los almacenaron

en la parte aérea y dio como resultado que en la prueba de Tukey (Cuadro 3) en estas dos especies es donde se presenta el mayor grosor de las secciones injertadas.

En el Cuadro 3 se observó que las secciones de H. undatus mostraron síntomas de deshidratación debido al desarrollo de los brotes. En la Figura 5 se puede apreciar que a mayor índice de crecimiento menor grosor de la sección injertada esto nos indica que el crecimiento de los brotes consumió el agua y las reservas, de la sección colocada, lo cual también puede ser indicativo de que la cantidad de agua usada para regar no fue suficiente.

Sobre O. robusta la disminución en el grosor de las secciones coincide con la aparición de la última brotación de yemas florales, lo cual nos señala que al darse la brotación de éstas fue acompañada de un aumento del grosor de las secciones. Y que al aparecer los brotes vegetativos la disminución se da por el desarrollo de éstos Figura 4.

En el caso de las secciones injertadas en Nopalea sp. y en O. ficus-indica se observa en la Figura 3 que se dio una deshidratación mas lenta sobre el primero, a pesar de que en los dos portainjertos no se presentó unión de haces vasculares. Las secciones injertadas murieron después de 6 meses en O. ficus-indica y después 10 de meses en Nopalea sp. Gibson y Nobel (1986) señalaron que las cactáceas al deshidratarse pierden el agua almacenada en los tejidos de reserva, pero sobreviven con el agua contenida en el clorénquima al conjuntarlo con lo señalado por Cruz (1994a); quien indica que en H. undatus es mayor el clorénquima que el tejido de reserva; ésto nos da la pauta para señalar que la muerte de estas secciones se da en forma paulatina, en función a la cantidad de reservas almacenadas y condiciones ambientales donde se encuentre y es posible que sobre Nopalea, de alguna manera las púas hayan logrado incorporar algo de agua.

El comportamiento que se observó en O. ficus-indica no concuerda con lo señalado por Borg (1976); quien señala que esta especie es un buen portainjerto y de acuerdo a los

resultados obtenidos bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento no existe compatibilidad de esta especie con Hylocereus undatus.

Al analizar la deshidratación, mediante la pérdida de grosor de los injertos a 365 días después de establecido el experimento (Cuadro 3), se encontraron diferencias significativas o altamente significativas. En este Cuadro es notorio que los valores mayores no corresponden a los injertos sobre la misma especie, sino sobre el género Stenocereus y O. robusta.

Cuadro 3. Grosor de secciones injertadas de H. undatus, 365 días después de haber realizado los injertos sobre diferentes portainjertos en Chapingo, México.

TRATAMIENTO	GROSOR (mm)
S. griseus	14.87 a
S. stellatus	12.314 ab
O. robusta	11.267 ab
H. undatus	9.200 b
Nopalea sp.	4.093 c
O. ficus-indica	0.975 c

\* Tratamiento con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con P= 0.05. C.V. 37.1318 y DMS. 8.40.

Figura 3 Grosor de injertos de H. undatus sobre diferentes portainjertos en invernadero en Chapingo, México.

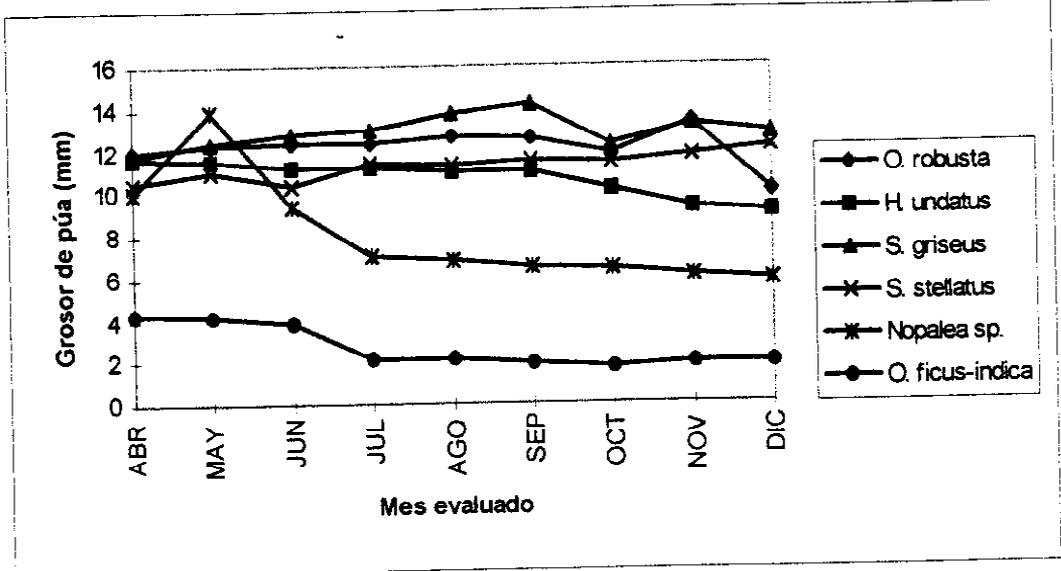


Figura 4 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre O. robusta bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

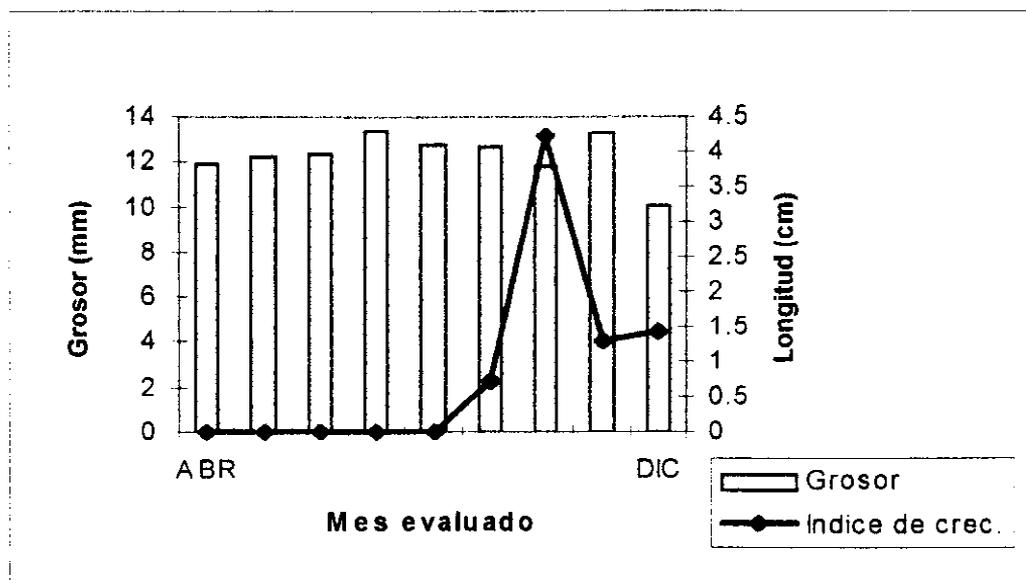


Figura 5 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas sobre H. undatus sobre la misma especie, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

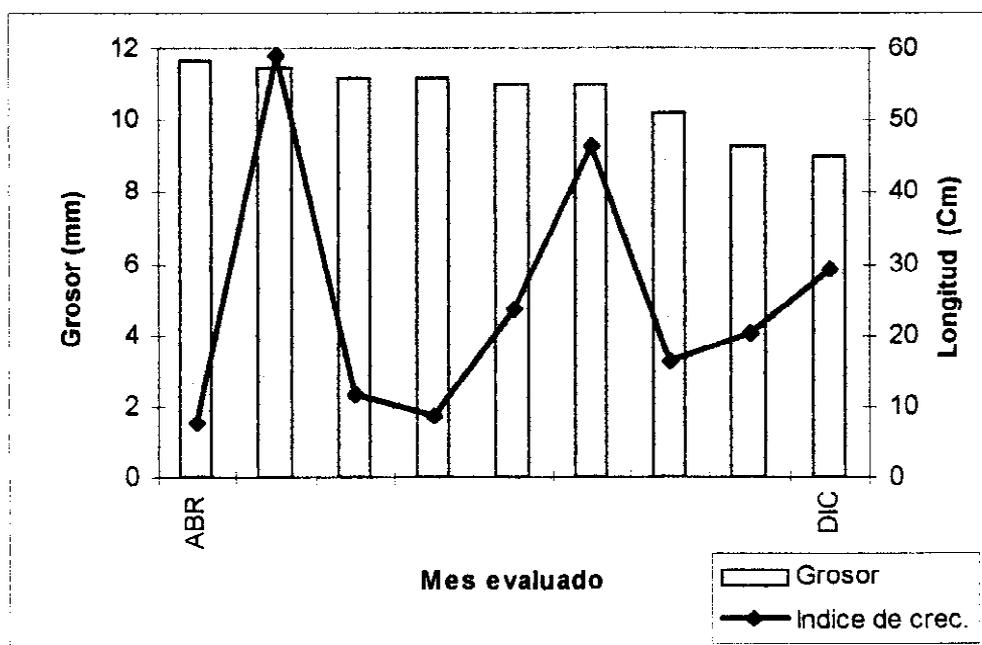


Figura 6 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas de *H. undatus* sobre *S. griseus*, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

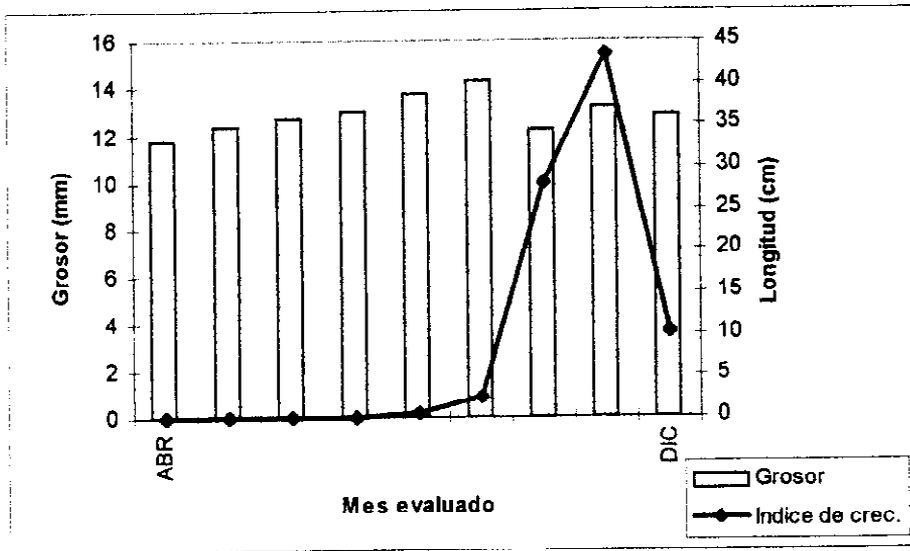
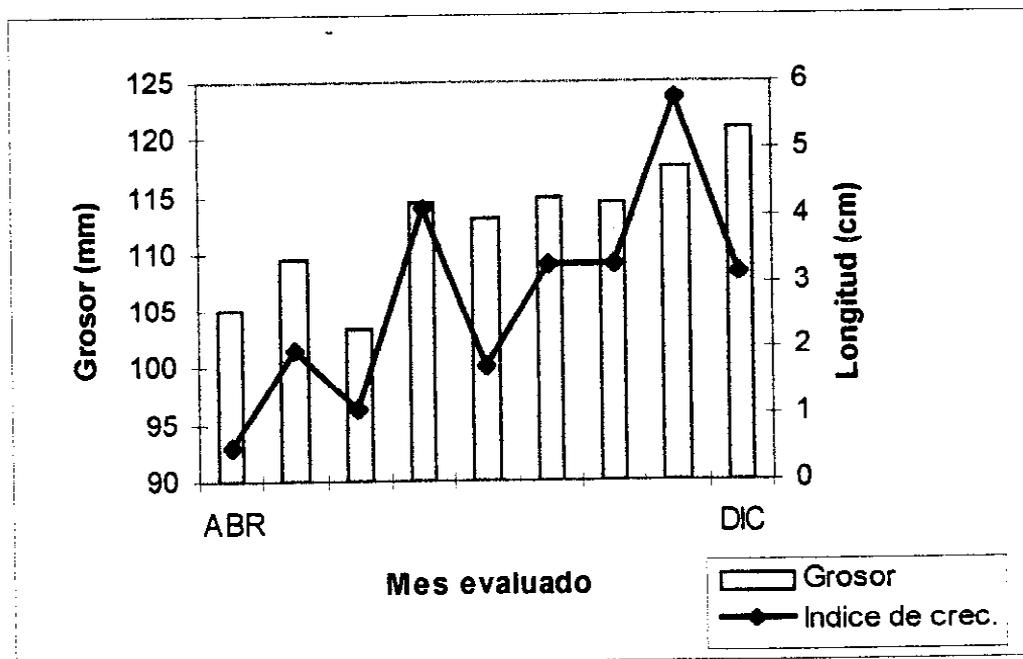


Figura 7 Índice de crecimiento de brotes y grosor de secciones injertadas de *H. undatus* sobre *S. stellatus*, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.



#### 4.1.5. Observaciones sobre los portainjertos

En los portainjertos utilizados en este experimento no se observó detención del crecimiento en ningún caso, en Opuntia y Nopalea se presentó una alta brotación de yemas vegetativas, en el caso específico de O. robusta fue acompañada de un engrosamiento marcado del portainjerto y en O. ficus-indica también presentó brotes florales. Cabe mencionar que las brotaciones de estas especies se presentaron en las partes superiores de los tallos, lo cual en ocasiones resultó desfavorable, ya que al brotar las yemas que están justo debajo del injerto al crecer ocasionaron que el injerto se moviera y pudo haber contribuido a un menor prendimiento de los injertos sobre todo en O. robusta.

En las especies de H. undatus, S. griseus y S. stellatus también continuaron su crecimiento, lo cual se manifestó en la emisión de brotes, aunque su crecimiento es mas lento, aparecieron en menor cantidad y por lo tanto fué más fácil eliminarlos.

Sobre H. undatus no se presentó problema alguno, ya que los haces vasculares fueros similares en diámetro, -lo cual facilitaba la hechura del injerto, también cabe mencionar que en esta especie las conexiones se establecen incluso entre tejido parénquimatoso.

#### S. griseus y S. stellatus

El gran contenido de tejido parenquimatoso facilita el injerto, sólo hay que tener cuidado de que los haces vasculares de la sección a injertar queden lo más cercanos a los haces del portainjerto. La disposición de éstos, facilita lo anterior y la hechura. Se observó que el portainjerto debido a que tiene en el corte superior una gran cantidad del tejido expuesto al medio ambiente, al paso de los días se va contrayendo por deshidratación y ocasionó la exposición de una pequeña parte de los haces vasculares, de la parte basal de la sección injertada.

#### 4.1.7. Observaciones

Los injertos realizados sobre H. undatus se presentaron la unión de tejidos similar a lo indicado por Hartman y Kester (1988) para frutales de clima templado, aunque también se presentó la unión de tejido parénquimatoso (Figura 8).

En O. robusta, S. griseus y S. stellatus existió unión de haces vasculares, pero no del tejido parenquimatoso; en S. griseus en algunos injertos se formó tejido de color café y consistencia corchosa, al aparecer para aislarse del tejido del portainjerto.

En S. stellatus se observó que de la base de la sección injertada de H. undatus aparecieron raíces que desarrollaron dentro del tejido parenquimatosos de portainjerto (Figura 9) y por sus características, hace suponer que éstas fueron capaces de incorporar agua; este fenómeno no se ha reportado en otras especies.

Figura 8 Detalle de unión de tejidos de conducción y parenquimatoso de H. undatus al ser injertada sobre la misma especie.



Figura 9 Detalle de emisión de raíces de secciones de H. undatus al ser injertada sobre S. stellatus.



Tanto en Nopalea sp. y O. ficus-indica simplemente no se presento conección de haces vasculares, en als dos especies se observa formación de una capa corchosa alrededor de los haces vasculares (Figura 10).

Figura 10 Formación de tejido corchoso en los haces vasculares de secciones de H. undatus al ser injertadas sobre tallos de O. ficus-indica y Nopalea sp.



## 4.2. Experimento 2

### 4.2.1. Porcentaje de brotación

Cuadro 4 Brotación de *H. undatus* de dos tamaños de injertos sobre tallos de dos edades de *O. robusta*, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

Edad del tallo de <i>O. robusta</i>	Tamaño de sección injertada (cm)	Porcentaje de Brotación	Porcentaje de plantas no brotadas y que no murieron	Porcentaje de brotación de yemas vegetativas.
1 año	10	60	40	100
1 año	15	40	60	100
6 meses	10	73.33	16.66	100
6 meses	15	80	20	100

Este parámetro se evaluó a los 150 días después de haber realizado los injertos.

En el Cuadro 4 se puede apreciar que existió un efecto de la edad del portainjerto, a los de 6 meses presentaron mayor porcentaje de brotación. En el tamaño de la púa, al parecer no se presentó efecto.

En el mismo Cuadro se observa que ninguna de las plantas que no brotaron murieron, lo cual nos indica que entre estas especies hay éxito en el prendimiento de los injertos y que las fallas podrían estar relacionadas con la mala colocación de las secciones dentro del portainjerto.

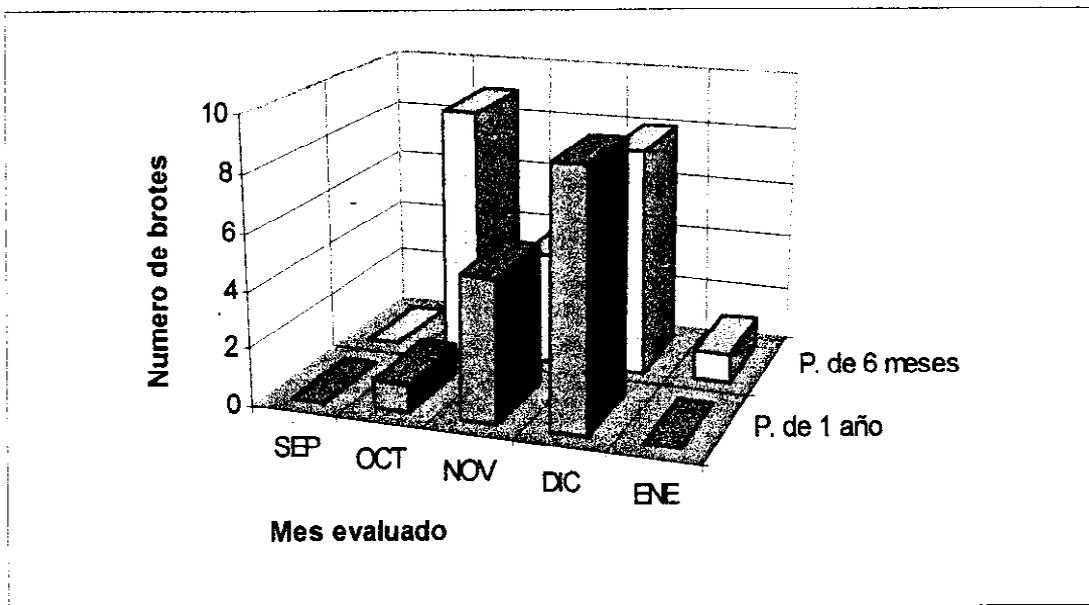
En este experimento ya no se presentó brotación de yemas florales, pero no podríamos deshechar, que la brotación floral es por efecto del portainjerto. Por que si comparamos tanto el Cuadro 1 de períodos de brotación de esta especie en el experimento 1 observaremos que la última brotación de la yema floral se dio en el mes de agosto y las yemas posteriores a este mes fueron vegetativas. Como observamos en la Figura 11 las primeras brotaciones que se dieron en el experimento 2 fueron en el mes de octubre

después de la última brotación de yemas florales, lo cual indica que pudiera ser un efecto de la época de brotación, aunque esto no se podría aseverar.

#### 4.2.2 Tiempo a brotación

Como se observa en la Figura 8 la brotación de yemas se dio en un solo período bien definido, que coincide con los resultados que se obtuvieron en el experimento 1, en el cual la brotación se dio en períodos definidos tal y como lo menciona Ramírez (1995), lo cual nos indica que la brotación de las yemas no precisamente están definidas por las condiciones de humedad. Debido a que el tiempo de evaluación fue muy corto sólo se encontró un solo período.

Figura 11 Periodos de brotación de injertos de pitahaya (*H. undatus*) sobre *O. robusta*, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.



La brotación se presentó en el mes de octubre (27.02%), en septiembre el 24.32%, en noviembre (45.94%) y en enero con 2.7027%.

Cuadro 5 Número de injertos brotados de *H. undatus* sobre tallos de *O. robusta* de dos edades, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

MES	Portainjerto de un año de edad	Portainjerto de 6 meses de edad
SEP	0	0
OCT	1	9
NOV	5	4
DIC	9	8
ENE	0	1
Total de yemas brotadas	15	22

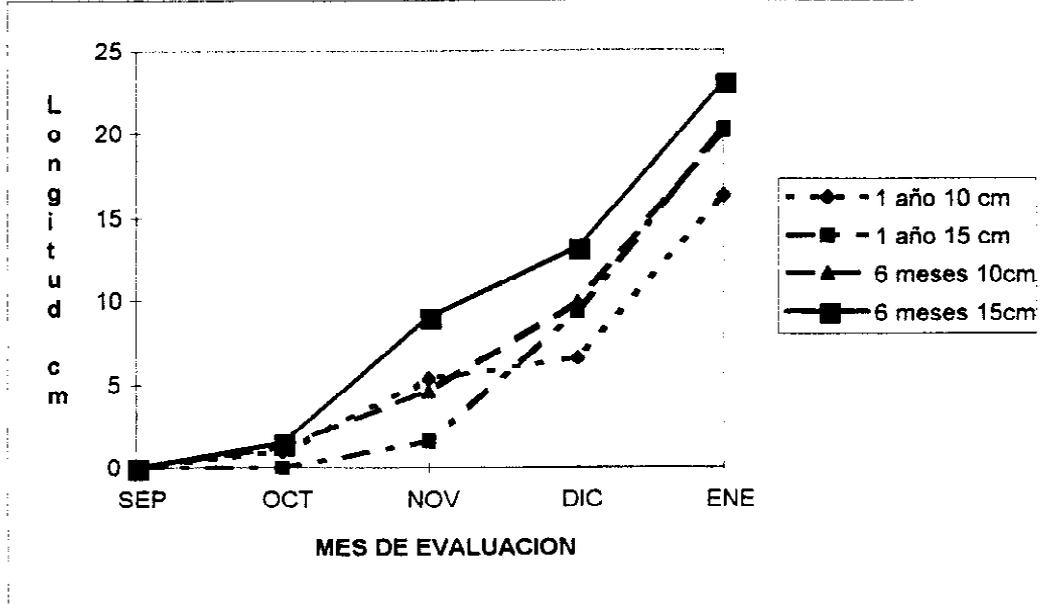
El Cuadro 5 indica que se dio una brotación mayor en menor tiempo en los injertos sobre *O. robusta* de 6 meses de edad que sobre los de 1 año; una posible explicación a lo anterior es que el cambium en haces vasculares de tallos jóvenes está más activo y por ello facilita la unión del injerto en menor tiempo.

**4.2.3. Longitud de brotes**

En el En el apéndice 4A se muestra que los tratamientos en los que se injertaron secciones de 15 cm produjeron brotes de mayor longitud, en comparación con las que se utilizaron secciones de 10 cm, lo cual indica que el tamaño de sección interviene en la longitud del brote, esto puede estar relacionado con un mayor contenido de reservas de la sección.

Si observamos el efecto del portainjerto en la longitud de los brotes encontramos que se dio mayor longitud en las secciones injertadas sobre tallos de menor edad y la explicación es porque al brotar primero, dispusieron de más tiempo para el crecimiento.

Figura 12 Longitud de brotes de injertos de pitahaya (*H. undatus*) sobre *O. robusta* bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.



En la Figura 11 se observa que se da un aumento progresivo en la longitud de brotes en todas las especies, aun cuando en todos los tratamientos se dan incorporaciones de nuevos brotes que al promediar disminuyen el promedio.

**4.2.4. Grosor de portainjerto e injerto**

Este parámetro es un indicador para detectar la unión entre injertos y portainjertos, ya que si no se da las secciones injertadas inician su deshidratación. Como se señala en el Cuadro 6 en los 5 meses de evaluación de las plantas en éstas no se presentó pérdida del grosor, lo cual nos señala que la planta si presenta una unión de tejidos.

Cuadro 6 Grosor de secciones injertadas (mm) de H. undatus y portainjertos de Q. robusta, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

Edad del tallo de <u>Q. robusta</u>	Tamaño de sección injertada (cm)	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
1 año		22.38	25.21	25.50	25.83	26.07
	10	4.32	4.69	5.22	5.67	5.99
1 año		22.70	24.99	25.6	26.72	27.00
	15	3.48	3.97	4.2	4.50	4.89
6 meses		13.38	15.28	16.44	16.62	16.44
	10	4.45	5.35	5.80	6.21	6.22
6 meses		13.90	14.90	15.11	15.27	15.5
	15	5.67	6.07	6.86	7.50	8.9

En el Cuadro 6 se indica como el grosor de las secciones va en aumento conforme pasa el tiempo.

## V. CONCLUSIONES

- Los injertos de H. undatus sobre la misma especie no presentaron problemas de prendimiento; sobre O. robusta, S. griseus y S. stellatus se logro la unión de injertos, pero en bajos porcentajes y sobre Nopalea sp. y O. ficus-indica fracasaron.

- En el experimento 2 se corroboró que los injertos de H. undatus sobre Opuntia robusta son exitosos.

- Se logro mayor prendimiento de injerto sobre tallos de Opuntia robusta de 6 meses de edad y no influyo el tamaño de la sección injertada.

- La brotación de yema florales en los injertos sobre Opuntia robusta en el experimento 1 no se explica únicamente por el tipo de portainjerto.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, P.M. 1992. Guía tecnológica para la producción de pitahaya (*H. undatus*) Proyecto de desarrollo de la producción agrícola en la zona de la Meseta. Nicaragua. 52 p.

Arreola, H. J. 1995. Taxonomía y distribución de las tribus *Hylocereae* y *Pachycereae*. Memorias, Primer Simposium Internacional sobre Pitayas y Frutos Afines. Chapingo, México. 18 p.

Backenberg, C. 1977. Cactus lexicon. First Published. Blandford Press. London England. 812 p.

Baldini, E. 1992. Arboricultura General. Traducción. Jose de la Iglesia G. Primera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 53-74.

Ballester, J. F. 1978. Los cactus y otras plantas suculentas. Editorial Roberto Guillen. Madrid, España. 172 p.

Barbeau, G. 1990. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. Fruits 45 (2): 141-147.

Barthlott, W. 1979. Cacti Botanical Aspects, Description and Cultivation. First Edition. ed. Stanley Thornes (Publishers). Great Britain. pp. 47-49.

Bose, T.K., S.K. Mitra and P.K. Chattopadhyay. 1992. Optimum plant density for some tropical fruit crops. Acta horticulturae 296. pp. 171-176.

Borg, J. M. 1976. Cacti. First Edition. Blandford Press. Great Britain. pp. 49-53.

Buenabad, C. E. 1995. Efecto de cuatro periodos de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH.

Bravo, H. 1978. Las Cactaceas de México. México- UNAM. Segunda Edición. 735 p.

Calix, de D. H. 1995. Distribución del género Hylocereus en México. Memorias del Primer Simposium Internacional sobre Pitayas y frutos afines. Chapingo México. 19 p.

Calix, de D, H. 1996. Primer curso teórico práctico sobre el cultivo de la pitahaya. Chetumal Quintana Roo. pp. 35-47.

Castillo, M.R, y Y.D. Ortiz H. 1994. Floración y fructificación de Pitahaya en Zaachila, Oaxaca. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 17:12-19.

Cruz H, J.P. 1994a. Métodos pertinentes al estudio de la fitodomesticación de pitayas (Stenocereus sp.) y pitahayas (Hylocereus sp.). Memorias del Primer Simposium Internacional sobre Etnobotánica en Mesoamerica " Efraín Hernández X". Universidad Autónoma Chapingo. pp. 59-66.

Cruz H., J.P. 1994b. Situación actual de la Pitahaya (Hylocereus undatus) en México. Memorias. Primer Encuentro Nacional del Cultivo de la pitahaya. San Marcos, Nicaragua. pp. 141-150.

Estévez, M. J. 1995. Caracterización del sistema radical de pitahaya (Hylocereus undatus Haworth). Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia.UACH.

Gibson, C.A. y P.S. Nobel. 1986. The Cactus Primer. First Edition. Harvard University Press. London England. pp. 46-73.

Gourley, U.J.H. y F.S. Hawlett. 1957. Modern Fruit Production. Décima impresión. The Macmillan Company. New York, USA. pp. 459- 463.

Haage, W. 1963. Cacti and Succulents. Firts de. Ed. E.P. Dutton and Co, Inc. New York. USA. pp 43-44.

Hartman, H.T. y D.E. Kester. 1988. Propagación de plantas. Segunda Edición. Ed. CECSA. México. D.F. 760 p.

Hutchinson, W.A. 1980. Plant Propagation and cultivation. First edition. De. AVI Publishing Company Inc.. West Port Connecticut. pp. 195-200.

Infante, G. S. 1996. Primer curso teorico práctico sobre el cultivo de la pitahaya. Chetumal Quintana Roo. pp. 17-34.

Kramer, S.; R. Achuricht. y G. Friedrich. 1975. Fruticultura. Segunda impresión. Editorial CECSA. México. pp. 14-23.

Lozano, G.M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del Nopal (Opuntia spp.). ESSAN. Buenavista Coahuila, México. pp. 95-109.

Maldonado, J.L. y M. Zapien B. 1977. El Nopal en México. México Ciencia Forestal 2(5): 36-53.

Mauseth, J.D. 1984. Introduction to cactus anatomy Part 7. Epidermis. Cactus and Succulent Journal. (Los Angeles) 56: 33-37.

Mizrahí, Y. y A. Nerd. 1992. The cactaceae Family a potencial candidate for the exotic fruit industry. HortScience 27(6): 604.

Moose, B. 1962. Graft Incomaptibility in fruit trees. Firts published. De. Commonwealth Agricultural Bureaux. Great Britain. 36 p.

Morton, J.F. 1987. Fruits of Warm Climates. Strawberry Pear. Media Incorporated. Printed in USA. pp. 347-348.

Nieto, A. R. 1994. Penetración y distribución de luz, en relación a la producción de fruto. Sin publicar.

Nobel, P.S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University. Cambridge. 270 p.

Ortíz H, Y. D.; M. Livera M. y J. L. Tirado T . 1994. El cultivo de la pitahaya (Hylocereus sp.) y sus perspectivas en México. Memoria de la Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional de Frutales Nativos e introducidos con demanda Nacional e Internacional. Colegio de Posgraduados. Montecillos México. pp. 111-121.

Oudshoorn, W.1978. 126 Cactus y plantas crasas en color. Primera edición. Ediciones Instituto Paramón. Barcelona, España. pp. 25-27.

Pimienta, B. E. 1992.- El Nopal Tunero. Primera Edición. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 246 p.

Pizzetti, M. 1985. Cacti and Succulent. Edited Stanley Schuler. pp. 42-49.

Ramirez, M . F.J. 1995. Respuesta de la pitahaya (Hylocereus undatus Haworth) a la aspersión de fertilización foliar. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Reyes, J. y S. Arias, M. 1995. Cactáceas de México: Conservación y Producción. Revista Chapingo. Serie Horticultura 3: 85-92.

Rodriguez, A. 1993. El Cultivo de pitahaya en Yucatan. Primera edición. Universidad Autonoma Chapingo- Gobierno del estado de Yucatan. Yucatan, México.

Ryugo, K. 1993. Fruticultura. Ciencia y Arte. Traducción. J. Rodriguez Alcazar. Primera Edición en Español. AGT Editor. S.A. México, D.F. 460 p.

Shimomura, T. y K. Fujihara. 1980. Simulation of axillary shoot formation of cuttings of Hylocereus trigonus (cactaceae) by pre-soaking in benzyl adenine solution. Amsterdam, Netherlands. Scientia Horticulturae. 13: 289-296.

Weiss, J. 1993. New Crops. Ed. John Wileyand Sons, New York. USA. 491-495 pp.

## VII. APENDICE

Apéndice 1A Datos promedio de longitud de brotes de pitahaya (Hylocereus undatus) sobre diferentes portainjertos bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

PORTAINJERTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Opuntia robusta</u>									3	20	25.2	31
<u>Hylocereus undatus</u> (testigo)				1.58	17.1	36.6	61.3	87	112.5	164.7	221.8	267.8
<u>Stenocereus griseus</u>		1.5	6.5	10	32	48	68	46.8	46.2	93.3	159.6	180
<u>Nopalea sp.</u>												
<u>Opuntia ficus-indica</u>												
<u>Stenocereus stellatus</u>				2.25	10.1	14.5	31	38	51	64	87	99.5

Apéndice 2A Datos promedio de deshidratación de injertos de pitahaya (Hylocereus undatus) sobre diferentes portainjertos, bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

PORTAINJERTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Opuntia robusta</u>	11.91	12.25	12.36	12.36	12.73	12.61	11.86	13.31	10.02
<u>Hylocereus undatus</u>	11.68	11.5	11.19	11.21	11.03	11.01	10.18	9.299	9.02
<u>Stenocereus griseus</u>	11.76	12.35	12.75	12.99	13.80	14.24	12.25	13.20	12.78
<u>Stenocereus stellatus</u>	10.50	10.94	10.33	11.45	11.30	11.5	11.45	11.74	12.11
<u>Nopalea sp.</u>	9.99	13.38	9.36	7.09	6.85	6.5	6.35	6.11	5.82
<u>Opuntia ficus indica</u>	4.31	4.14	3.84	2.11	2.17	1.96	1.74	1.9	1.96

Apéndice 3A Análisis estadístico y prueba de medias de deshidratación de injertos sobre diferentes portainjertos bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

Variable Dependiente: Grosor

Grupo	DF	Suma de cuadrados	Suma de raíces	F VALUE	PR>F
MODELO	5	983.48863	196.69772	20.19	0.0001
ERROR	36	350.72738	9.74242		
COR. TOTAL	41	1334.21601			
	R cuadrada.	C.V.	MSE	Media de grosor	
	0.7371128	37.13186	3.12128615	8.40595238	

Apéndice 4A Crecimiento de brotes de injertos de H. undatus (cm) sobre tallos de O. robusta de dos edades bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

Edad de tallo de <u>O. robusta</u>	Tamaño de sección de injerto (cm)	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
1 año	10	0	1	5.33	6.55	16.33
1 año	15	0	0	1.63	9.3	20.3
En crecimiento	10	0	1.25	4.6	9.88	20.2
En crecimiento	15	0	1.5	9	13.22	23.04