



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

---

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA  
EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL. UNIDAD OAXACA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES  
ÁREA: PROTECCIÓN Y PRODUCCIÓN VEGETAL

“EVALUACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS COMO FUENTE DE  
FERTILIZACIÓN PARA LA PITAHAYA (*Hylocereus spp*)”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A:

OMAR SALAIS LIRA

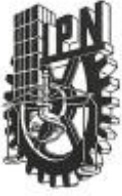
DIRECTOR DE TESIS:

DRA. YOLANDA DONAJÍ ORTIZ HERNÁNDEZ



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD OAXACA

SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN, OAXACA. MAYO DE 2011



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 13 del mes de abril del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **"Evaluación de materiales orgánicos, como fuente de fertilización para la pitahaya (*Hylocereus spp*)"**.





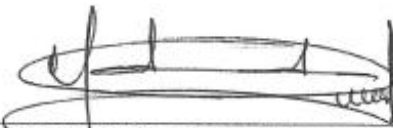
Presentada por el alumno:

<b>Salais</b> Apellido paterno	<b>Lira</b> materno	<b>Omar</b> nombre(s)							
		Con registro: <table border="1"><tr><td>A</td><td>0</td><td>9</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	A	0	9	0	2	5	6
A	0	9	0	2	5	6			

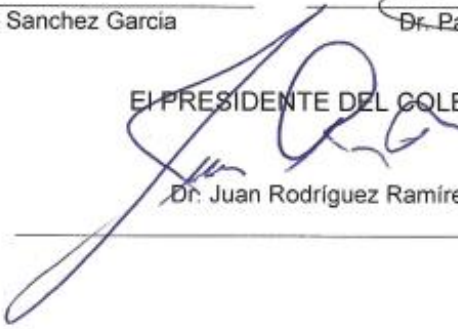
aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISION REVISORA Director de tesis

 _____ Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez	 _____ Dra. Yolanda Donaji Ortiz Hernández	 _____ M. en C. Laura Martínez Martínez
 _____ Dr. Jose Antonio Sanchez Garcia	 _____ Dr. Pastor Teodoro Matadamas Ortiz	

### EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Rodríguez Ramírez





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **13** del mes de **abril del año 2011**, el que suscribe **Salais Lira Omar**, alumno del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A090256**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. Yolanda Donají Ortiz Hernández** y cede los derechos del trabajo titulado: "**Evaluación de materiales orgánicos como fuente de fertilización para la pitahaya (*Hylocereus spp*)**", producto derivado del proyecto SIP-IPN20110546 "Efecto de la fertilización orgánica en plantas de pitahaya establecidas en campo", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [salais\\_25@live.com.mx](mailto:salais_25@live.com.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Salais Lira Omar



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

## Resumen

La fertilización inorgánica es empleada para el cultivo de la pitahaya; sin embargo, existe fuentes diversas de materiales orgánicos como fuente de fertilización orgánica, pero su investigación es incipiente para el cultivo de la pitahaya. El presente trabajo, tuvo como objetivo, evaluar el efecto de cuatro materiales orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plantas adultas así como en estacas de pitahaya (*Hylocereus* spp.). En el primer experimento se usó un diseño completamente al azar con arreglo 2x5, donde se evaluaron dos ecotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus* tipo solferina e *Hylocereus polyrhizus* tipo espinuda) con cinco factores de fertilización orgánica (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca, estiércol de cabra, humitec y agua), durante dos ciclos de producción (2009 y 2010). En el segundo experimento se evaluó el ecotipo *H. undatus* tipo amarilla, se usó un diseño con arreglo factorial 2x2x5, donde se emplearon cinco sustratos, dos combinaciones (72:25 y 50:50 de la mezcla de tierra-materiales orgánicos), con riego y fertirriego. En el primer experimento se observó que los materiales orgánicos y riegos de auxilio, modificaron días a floración y fructificación y rendimiento por planta. En el experimento dos, los sustratos ejercieron efecto sobre el número y longitud de brotes vegetativos, volumen de raíz así como en el peso fresco de los brotes.

**Palabras clave:** cactus trepador, desechos orgánicos, fertirrigación, manejo agronómico, respuesta fenológica.

## Abstract

The use of inorganic fertilizers is used in the cultivation of pitahaya; however, there exist various sources of organic materials as a source of organic fertilization but its use in the cultivation of pitahaya is just beginning to appear. The present work had as its objective the evaluation of four organic materials in the growth and development of adult plants as well in cuttings of pitahaya (*Hylocereus* sp.). In the first experiment, a completely random design was used with a 2X5 arrangement to evaluate two ecotypes of pitahaya (*Hylocereus undatus*, solferina type, and *Hylocereus polyrhizus*, spiny type) with five organic fertilization factors (red worm castings, cow manure, goat manure, humitec and water) during two production cycles (2009 and 2010). In the second experiment the ecotype *H. undatus*, yellow type, was evaluated using a factorial 2X2X5 design where five substrates, two combinations (72:25 and 50:50 mixtures of soil and organic materials) with irrigation and fertilized irrigation. In the first experiment it was observed that the organic materials and auxiliary watering modified the days to flowering and fruiting and yield per plant. In the second experiment the substrates exercised an effect on the number and length of the vegetative shoots, the volume of roots and the weight of the fresh shoots.

**Key Words:** climbing cactus, organic waste, fertilized irrigation, agricultural management.



## ***Agradecimientos***

*A todos los Mexicanos (as) que pagan impuestos, quienes a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), financiaron parte de mi formación académica.*

*Al Instituto Politécnico Nacional por los apoyos otorgados mediante la beca PIFI y proyecto SIP-IPN20110546 "Efecto de la fertilización orgánica en plantas de pitahaya establecidas en campo", que a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca), me dio la oportunidad de crecer profesionalmente y brindarme la educación y los conocimientos necesarios para alcanzar una más de las metas de mi vida.*

*A mi comité tutorial, un singular agradecimiento*

*Dra. Yolanda Donají Ortiz Hernández, por el apoyo brindado en la presente investigación, por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo, y el apoyo que me brindo, pero sobre todo por la infinita paciencia para conmigo.*

*Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez, por su excelente codirección, sus invaluables consejos, comentarios, recomendaciones y paciencia en la realización del presente trabajo.*

*Dr. José Antonio Sánchez García, por todo su apoyo y sugerencias para la realización del presente trabajo.*

*M. en C. Laura Martínez Martínez, por su apoyo, comentarios y sugerencias en el presente trabajo de investigación.*

*Dr. Pastor Teodoro Matadamas Ortiz, por su apreciable colaboración, comentarios y sugerencias para la elaboración de este trabajo.*

*A todos y cada uno de los catedráticos que contribuyo con su valioso conocimiento en mi formación académica durante el posgrado.*

*A mis compañeros de generación: Ninfa Santiago, Mariana Espinosa, Gricel Domínguez, Edgar Eduardo Mendoza, Julián Hernández y Carlos Granados.*

*Al personal administrativo: por el apoyo brindado con la papelería durante mi estancia en el CIIDIR Unidad-Oaxaca.*

*A todos... Gracias.*

## ***Dedicatorias***

*A Dios; por colmar de bendiciones mi vida, iluminar mi camino, y mostrarme siempre su inmensa bondad.*

*A mí:*

*Mamá: Clara Sandra Salais Lira, gracias por ser la mejor madre del mundo y por ayudarme siempre a salir adelante y nunca dejarme solo en los momentos más importantes de mi vida, Te Quiero Mucho.*

*Abuelita: Leobarda Lira Islas, por sus sabios consejos y bendiciones que tanto me sirvieron y que aun llevo presentes.*

*Hermanos:*

*Pablo y familia, porque de una u otra forma siempre me han apoyado y han traído grandes momentos a mi vida.*

*Jonathan y Alexis Guadalupe, por todos esos bellos recuerdos de la infancia, pero sobre todo por ser los mejores hermanos del mundo.*

*A mis amigos y compañeros Juan Elías, Mariana, Alicia, Trinidad, Diana Roció, Cecilia, Irma, Gricel, Ninfa, Luis, Edgar, Julián y Carlos que durante el todo este tiempo me brindaron su amistad.*

*En especial a Aurora Méndez Ramos, por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, por motivar mi vida moral y profesionalmente.*

*Fue por todos ustedes... Gracias.*

**O. Salais.**

## Índice general

	Pág
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
Agradecimientos.....	XI
Dedicatorias.....	XII
Índice general.....	XIII
Índice de cuadros.....	XIV
Índice de figuras.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1.    Objetivo general.....	3
2.2.    Objetivos particulares.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1.    Origen y distribución de las cactáceas.....	5
4.2.    Importancia de las cactáceas.....	5
4.3.    Importancia de la pitahaya del género <i>Hylocereus</i> .....	6
4.4.    Características de la pitahaya.....	9
4.5.    Manejo del cultivo.....	12
4.5.1.    Riego.....	12
4.5.2.    Fertilización.....	13



4.5.3.	Fertilización orgánica.....	15
4.6.	Fertilización inorgánica-orgánica en nopal.....	16
4.7.	Fertilización orgánica en otras cactáceas y especies de madera suave	20
4.8.	Sustratos.....	21
4.9	Clasificación de los materiales utilizados como sustratos.....	23
4.9.1.	Materiales orgánicos.....	23
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5.1.	Ubicación geográfica del experimento.....	26
5.2.	Experimento I. Evaluación de dos ecotipos de <i>Hylocereus spp.</i> bajo condiciones de campo.....	27
5.2.1.	Selección de plantas material vegetativo.....	27
5.2.2.	Variables a evaluar.....	27
5.3.	Descripción de la toma de variables.....	28
5.3.1.	Variables productivas.....	28
5.3.2.	Variables morfológicas.....	29
5.3.3.	Variables de calidad.....	31
5.4.	Diseño experimental.....	33
5.5.	Croquis del experimento .....	34
5.6.	Establecimiento del experimento .....	35
5.7.	Prácticas culturales.....	35
5.7.1.	Abonado.....	35
5.7.2.	Riegos.....	35
5.7.3.	Control de maleza.....	36

5.7.4.	Podas.....	36
5.8.	Experimento II. Evaluación de tallos de <i>Hylocereus spp.</i> en bolsa y bajo maya sombra.....	36
5.8.1.	Selección de material vegetativo.....	36
5.8.2.	Tratamientos.....	36
5.8.3.	Variables a evaluar.....	37
5.9.	Descripción de la toma de variables.....	38
5.10.	Diseño experimental.....	38
5.11.	Croquis del experimento.....	39
5.12.	Establecimiento del experimento.....	40
5.13.	Prácticas culturales.....	40
5.13.1.	Riego.....	40
5.13.2.	Control de maleza.....	41
5.14.	Análisis de materiales orgánicos y suelo.....	41
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
6.1.	Experimento I. Evaluación de dos ecotipos de <i>Hylocereus spp.</i> bajo condiciones de campo.....	44
6.2.	Experimento II. Evaluación de tallos de <i>Hylocereus spp.</i> en bolsa y bajo maya sombra.....	57
VII.	CONCLUSIONES.....	62
VIII.	LITERATURA CONSULTADA.....	64

## Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Formas de uso e industrialización de la pitahaya.....	8
Cuadro 2. Respuesta del nopal a la aplicación de fertilizantes.....	17
Cuadro 3. Variables (experimentos I).....	28
Cuadro 4. Distribución de los tratamientos (experimento I).....	33
Cuadro 5. Tratamientos (experimento II).....	37
Cuadro 6. Variables (experimento II).....	37
Cuadro 7. Solución nutritiva de Steiner.....	40
Cuadro 8. Principales características fisicoquímicas del suelo antes y después de establecer el experimento.....	41
Cuadro 9. Composición química de los materiales orgánicos empleados en los experimentos.....	42
Cuadro 10. Cuadrados medios de la fertilización orgánica en los ecotipos de pitahaya en los ciclos 2009 y 2010.....	44
Cuadro 11. Respuesta de los dos ecotipos de pitahaya a la fertilización orgánica durante los ciclos 2009-2010.....	47
Cuadro 12. Efecto de los tratamientos en otras variables de flores, frutos y brotes de <i>Hylocereus undatus</i> tipo solferina para los años 2009 y 2010.....	51
Cuadro 13. Respuesta a los materiales orgánicos para <i>Hylocereus undatus</i> tipo solferina durante los ciclos 2009-2010.....	54
Cuadro 14. Cuadrados medios de <i>Hylocereus undatus</i> tipo amarilla....	57
Cuadro 15. Respuesta de plantas de <i>Hylocereus undatus</i> tipo amarilla al factor fertirriego.....	58
Cuadro 16. Comparación de medias de las plantas de <i>Hylocereus undatus</i> tipo amarilla al factor combinación.....	59
Cuadro 17. Respuesta de plantas de <i>Hylocereus undatus</i> tipo amarilla al factor sustrato.....	60

## Índice de figuras

	Página
Figura 1	Planta de pitahaya ( <i>Hylocereus</i> spp.)..... 11
Figura 2	Macrolocalización del CIIDIR-IPN-unidad Oaxaca..... 26
Figura 3	Croquis del diseño experimental (experimento I)..... 34
Figura 4	Croquis del diseño experimental (experimento II)..... 39
Figura 5	Temperatura y precipitación 2008-2010..... 43
Figura 6	Figura comparativa de la respuesta a la floración y fructificación de los dos ecotipos de pitahaya de acuerdo a la fertilización orgánica, riego, precipitación y temperatura..... 46
Figura 7	Efecto de los tratamientos en el número de brotes, botones florales, amarre de flores y frutos durante el año del 2009.... 48
Figura 8	Efecto de los tratamientos en el número de brotes, botones florales, amarre de flores y frutos durante el año del 2010.... 49
Figura 9	Rendimiento y peso de fruto por tratamiento durante el año 2009 para <i>Hylocereus undatus</i> tipo solferina..... 50

## I. INTRODUCCIÓN

En México la pitahaya (*Hylocereus* spp.) forma parte de la selva baja caducifolia y del bosque tropical caducifolio, es una cactácea de amplia distribución y gran diversidad genética (Castillo *et al.*, 1997; Ortiz, 2000). Su cultivo representa una estrategia productiva para estas zonas, porque puede proporcionar gran variedad de productos para el consumo humano y animal, además de que el manejo adecuado permite contribuir a la conservación de la biodiversidad de los sistemas donde esté presente la planta (Ortiz, 2000). Se considera un cultivo alternativo con alto potencial comercial que se puede establecer con éxito a corto plazo (Ortiz, 1999), porque es una fuente de empleo y de ingresos (Meraz *et al.*, 2003). El fruto es altamente apreciado en los mercados nacional e internacional, donde alcanza precios atractivos.

Debido a la importancia ecológica y económica que adquirió esta planta a partir de los años noventa, se hizo primordial realizar investigaciones que determinen las necesidades nutricionales en diferentes etapas fenológicas de la planta, ya sea de manera orgánica o artificial (Martínez-González *et al.*, 1999).

A nivel nacional e internacional las investigaciones sobre nutrición en esta especie son muy escasas (SAGARPA, 2009). Actualmente la fertilización empleada en la mayoría de las plantaciones se basa en experiencias propias de los productores. Siendo la fertilización química la más usada, sin tener un conocimiento técnico



sobre la eficiencia y manejo de los fertilizantes (López y Guido, 2009). Esto trae consigo un grave deterioro en el suelo, en los mantos acuíferos y al ecosistema en general, ciertos agroquímicos repercuten en la producción, calidad de los frutos, propician la caída de flores y dañan la planta (Ortiz, 2000).

Resultado de estos problemas, se observó un creciente interés en el uso de materiales orgánicos como fuente de fertilización para este cultivo, ya que constituyen una alternativa factible (SAGARPA, 2009). Su uso trae consigo grandes ventajas como la reducción del daño ambiental o riesgos a la salud (Félix-Herrán *et al.*, 2008). Por ello es necesario realizar investigaciones en el cultivo de pitahaya, donde se determine la fuente de fertilización orgánica que exprese mayores resultados fisiológicos y beneficios ecológicos (OIRSA, 2009).

Por todo lo expuesto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo conocer el efecto de la fertilización orgánica sobre el crecimiento y desarrollo de tres ecotipos pitahaya (*Hylocereus* spp).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo de la pitahaya (*Hylocereus* spp).

### 2.2. Objetivos particulares

1. Evaluar el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plantas de cinco años de edad, en dos ecotipos de pitahaya, (*Hylocereus undatus* tipo solferina e *Hylocereus polyrhizus* tipo espinuda) durante dos ciclos productivos (2009-2010), en condiciones de campo.
2. Evaluar el efecto de cuatro materiales orgánicos en estacas de *Hylocereus undatus* tipo amarilla con en dos tipos de combinaciones (72:25 y 50:50), riego y solución nutritiva.

### III. HIPÓTESIS

Hipótesis 1. Ho: Los tratamientos generan diferente respuesta en el crecimiento y desarrollo de las plantas de pitahaya de acuerdo a la .fertilización orgánica.

Hipótesis 2. Ho: El material orgánico, la solución nutritiva y el riego generan mejor respuesta al vigor y enraizamiento de la estaca de pitahaya.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Origen y distribución de las cactáceas

Las cactáceas son un grupo natural que evolucionó en los últimos 80 millones de años, a partir de formas no suculentas, algunas hipótesis indican que este tipo de plantas se originaron en la zona tropical seca de Sudamérica, otras mencionan que México es el centro de origen (Arias, 1997).

Sin embargo, el centro de origen primario de las cactáceas es el continente americano, siendo las regiones áridas y semiáridas las de mayor número de especies en nuestro país, la porción sureste del desierto Chihuahuense, y la zona árida Querétaro-Hidalguense, la diversidad de especies es sobresaliente, fuera de estas regiones su diversidad disminuye drásticamente. En América existen algunas otras regiones relativamente ricas en especies de cactáceas, como el suroeste de los Estados Unidos de América, el noreste de Brasil y la porción norte de Argentina junto con algunas regiones de Bolivia y Perú (Bravo y Scheinvar, 1995).

### 4.2. Importancia de las cactáceas

La familia de las cactáceas está representada en México por 67 géneros y cerca de 925 especies y es un grupo conspicuo de la flora nativa de nuestro país especies reconocidas; del total de géneros que existen en nuestro país, 15 están estrictamente restringidos a sus límites territoriales y 20 más son casi endémicos.

Así mismo, en esta familia se encuentran plantas cuyo valor evolutivo, ecológico, histórico-cultural y económico es incuestionable (Bravo, 1997). Los frutos, néctar y polen son básicos para la permanencia de otras especies que son parte fundamental de muy complejos ensamblajes biológicos; algunas especies son altamente aprovechables (Villavicencio, 2002).

En la familia Cactaceae existen alrededor de 35 especies que tienen potencial como cultivo para la obtención de frutos, vegetales o forraje (Nerd y Mizrahi, 1997) como en el caso de *Hylocereus* spp. (pitahaya). Las especies de este género están consideradas con alto potencial frutícola para nuestro país por la International Society for Horticultural Science (ISHS, 1989).

#### 4.3. Importancia de la pitahaya del género *Hylocereus*

La pitahaya es originaria de América, en México se encuentra en forma silvestre y domesticada. Existe tradición en su uso y consumo desde antes de la llegada de los españoles al continente americano; en el presente siglo se trasladaron como un componente más de los diversificados huertos familiares de los estados de la república mexicana de climas subtropicales, y desde principios del año 1990 empezaron a manejarse como cultivo principalmente con *Hylocereus undatus* que son frutos de color rosa mexicano en su exterior y de color blanco en su interior (ASERCA, 2000). Otras especies que producen frutos de pulpa roja y cáscaras que varían de color desde rosa a rojo son *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. monacanthus*, *H. purpusii* e *H. ocamponis*. (Ramírez, 2007).



A nivel mundial, la producción de pitahaya del género *Hylocereus* se encuentra distribuida desde las costas de Florida hasta Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguay, Perú, Brasil, Ecuador, El Salvador, México, Guatemala, Nicaragua y, Colombia. Sin embargo, los países productores son: Israel, Nicaragua, Vietnam y Malasia, los que han desarrollado tecnologías modernas de cultivo (Ortiz, 2000; Nerd *et al.*, 2002).

La existencia de una amplia diversidad de pitahayas, le confiere un alto potencial al cultivo de esta planta, debido a la variabilidad genética, que posibilita ofertar frutas con distintas características o bien obtener variedades con cualidades definidas por los consumidores o requeridas en los procesos de industrialización (Santacruz *et al.*, 2009).

La demanda de las pitahayas es importante y creciente en los mercados regionales de las zonas en que se producen y su aceptación es cada vez mayor en el mercado internacional, en donde ya son reconocidas como una exquisita y exótica fruta tropical. (ASERCA, 2000; Santacruz *et al.*, 2009).

Las distintas partes de las pitahayas (plantas, tallos, flores, frutos, cáscara) y las variadas formas de uso (alimenticio, ornamental, medicinal), así como la posibilidad de ampliarlas mediante procedimientos de industrialización, permitiría ofertar mayor cantidad de productos, tener disponibilidad de algunos de ellos durante todo el año, mantener en operación permanente los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle mayor valor al producto

agrícola, todo lo cual debería redundar en mayores beneficios para los productores y las zonas de cultivo (ASERCA, 2000).

El fruto de la pitahaya es rico en vitamina C, K y azúcares y deliciosa fuente de agua (Argüello y Jiménez, 1997). Por otra parte, el valor energético de los tallos es superior al de algunas verduras comunes (zanahoria, lechuga) y el contenido de hierro es similar al que se encuentra en las espinacas crudas (Castillo-Martínez, 2000).

Las plantas de pitahaya y las partes que la forman se destinan a diferentes usos: ornamentales, barreras protectoras, medicinales y alimenticios, que incluso pueden compatibilizarse con su función productiva.

Cuadro 1. Formas de uso e industrialización de la pitahaya

<b>Parte</b>	<b>Usos</b>	<b>Industrialización</b>
Planta	Ornamental Cercos vivos	
Tallos	Alimentación humana Alimentación animal Medicinal Cosmetológico	Guisos Forraje Medicamentos Champús y jabones
Flores	Ornamental Medicinal Cosmetológico	Medicamentos Esencias
Frutos	Ornamental Alimentación humana	Pulpa congelada Jugos Jarabes Licores Salsas

	Alimentación animal	Liofilizados
	Medicinal	Forraje
	Industrial	Medicamentos (por ejemplo la captina)
		Colorantes
Cáscara	Industrial	Colorantes
		Pectinas

Fuente: Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA, 2000).

#### 4.4. Características de la pitahaya

La pitahaya botánicamente forma parte de la familia Cactácea y de la subfamilia Cereoidae, que comprende el género *Cereus* y dentro de éste la especie *Cereus undatus* Haworth, misma que se puede encontrar con el sinónimo de *Hylocereus undatus* Haworth, conocida con diversos nombres comunes dependiendo del país o estado de la república mexicana (Rodríguez, 1993; Ortiz, 1999) siendo la más común pitaya o pitahaya.

Las pitahayas tienen dos tipos de raíces; las primarias que se encuentran en el suelo y las secundarias o adventicias que se desarrollan principalmente fuera del suelo. Las raíces primarias crecen siguiendo el nivel del suelo, profundizan de 5 - 25 cm y su área de expansión es de aproximadamente 30 cm de diámetro. Esta información debe tomarse en cuenta al planear los aporques a las plantas, fertilización, control de malezas y establecimiento de otros cultivos en los primeros años del crecimiento de la planta. Las raíces secundarias se producen después de una prolongada sequía siendo sus funciones el fijar y sostener las plantas a su tutor y absorber sustancias nutritivas y agua del ambiente (SAGARPA, 2009).

Presentan tallos triangulares o triados, con costillas más o menos onduladas. Estos tallos emiten raíces aéreas y las areolas pueden tener una o varias espinas cortas cuando son jóvenes, con pelos serosos (Ortiz, 1999). Dependiendo de las condiciones ambientales y de la especie de *Hylocereus*, la longitud de sus tallos puede medir desde unos cuantos centímetros hasta más de 35 metros (Reyes, 1995; citado por Ortiz, 1999). Los tallos son fotosintéticos mediante el metabolismo de ácido crasuláceo (Ortiz, 1999a), maduros son de color verde oscuro, en tanto que los tallos jóvenes y los brotes pequeños son de color verde claro, el tallo cumple las funciones de fotosíntesis; sobre el margen de la costilla hay un borde muy delgado de color café (Rodríguez, 1997).

Las areolas donde están alojadas las espinas, se desarrollan en las ondulaciones de las costillas del tallo, la distancia entre areolas así como el número de espinas es variable (Rodríguez, 1997; Castillo *et al.*, 1996).

La flor es tubular, hermafrodita, blanca o de color rosado, con numerosos estambres, son grandes y vistosas y su apertura es nocturna debido a ella es conocida como “reina de la noche” (Ortiz, 1999).

El fruto es una baya de forma ovoide, redondeada o alargada, hasta más de 10 centímetros de diámetro; la cáscara tiene brácteas u “orejas” escamosas de consistencia carnosa y cerosa; la cantidad y tamaño de las brácteas y el color de cascara y pulpa depende de la variedad (Ortiz, 2000; SAGARPA, 2009), debido a

la presencia de escamas foliáceas, en los países orientales se le relaciona con la figura mítica del dragón. Dependiendo del tipo de pitahaya, del manejo, de la polinización, del suelo y del microclima, los frutos pueden pesar desde 50 hasta más de un kilogramo (Ortiz, 1999).

Las semillas son numerosas y pequeñas (1 a 2 mm), con funículo largo, esta última estructura une a la semilla con la pared interna del fruto. Las semillas están distribuidas en toda la pulpa, tienen la testa negra, brillante y lisa, están rodeadas por una sustancia pegajosa (Castillo *et al.*, 1996).



**Figura 1. Planta de pitahaya (*Hylocereus* spp.)**



La mayoría de las áreas de producción de pitahaya son de huerto familiar, donde se reproducen a través de semilla o estacas. La plantación empieza a producir al segundo año cuando las plantas provienen de estacas, es mayor el tiempo cuando las plantas provienen de semilla. Las labores culturales que requiere la planta de pitahaya son: podas, riego, control de plagas y enfermedades y fertilización (Meraz *et al.*, 2003).

#### 4.5. Manejo del cultivo

##### 4.5.1. Riego

El agua en las plantas se le conoce como la disponibilidad hídrica óptima en los cultivos. Este es un concepto dinámico por lo que se trata de asegurar el continuo equilibrio entre la velocidad de flujo de salida de vapor de agua por los estomas de las hojas (transpiración) y la velocidad del flujo de entrada del agua desde el suelo hacia la raíz de la planta (absorción). Sólo en esta condición de equilibrio dinámico, los nutrientes minerales del suelo y los que son aplicados en el agua de riego podrán ser utilizados en forma óptima por el cultivo, alcanzando el máximo potencial productivo en las plantas (Carrillo, 2005).

En la actualidad no se determinaron las necesidades de agua para el cultivo de la pitahaya, investigaciones en Israel sugieren aplicar 120 mm/año/planta durante el crecimiento vegetativo por otra parte Mizrahi *et al.*, (2007); Castillo *et al.*, (1996) sugieren aplicar en cada riego 3.0 litros por planta y 4.5 litros durante la producción. Los riegos deben aplicarse cuando las lluvias escasean. Se sugiere

regar por goteo o microaspersión; la segunda forma es más recomendable cuando se tienen cultivos intercalados entre la pitahaya.

#### 4.5.2. Fertilización

La fertilización es una actividad muy importante porque favorece el desarrollo de las plantas y las mantiene vigorosas y productivas (Castillo *et al.*, 1996). Aunque del 93 al 99 % del tejido vegetal está conformado por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), los cuales son tomados del agua y el aire; pero en raras ocasiones limitan el crecimiento de las plantas. Con frecuencia, los elementos nutrimentales que las plantas obtienen del suelo son los que en general limitan el desarrollo de las plantas cultivadas. Invariablemente, muchos suelos agrícolas del mundo son deficientes en uno o más de los nutrimentos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas sanas (Bonilla, 2001).

Valdez y Blanco (2002) señalan que cuando el suelo no provee suficientes cantidades de los nutrimentos esenciales para las plantas, es imprescindible aplicar fertilizantes al suelo para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo y maximizar el rendimiento. Sin embargo, los suelos varían mucho en su capacidad de suplementar nutrimentos; de forma que para conocer las cantidades aprovechables de los nutrimentos es necesario realizar análisis de fertilidad de los suelos.

Cuando no se tienen los análisis de suelo, la recomendación de cuál, cómo y cuánto fertilizante debe aplicarse a éste, se basa en la experiencia con el cultivo y

tipo de suelo, pero se corre el riesgo de sobre-fertilizar con algunos nutrimentos y subfertilizar con otros (Valdez-Cepeda *et al.*, 2007).

Como en otros cultivos, el nitrógeno aumenta el desarrollo de los tallos, el fósforo ayuda a la floración y el potasio aumenta el grosor de la corteza de los tallos en la pitahaya (SAGARPA, 2009). En diversas investigaciones se demostró que el mejor intervalo de pH del suelo recomendable para la pitahaya es de 5.3 a 6.7, debido a que con esta amplitud hay mejor disponibilidad de nutrimentos y mayor actividad microbiológica (Castillo *et al.*, 1996).

La fertilización empleada en la mayoría de las plantaciones se basa en experiencias propias de los productores, sin tener un conocimiento técnico sobre las eficiencias y manejo de los fertilizantes, estos se aplicaron de 100-200 kg de N/ha, 60-100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 30-60 kg K<sub>2</sub>O/ha, dependiendo del nivel económico del productor y no de los requerimientos nutricionales del cultivo, teniendo como consecuencias incremento en los costos de producción. Lo anterior indica que toda información obtenida en experimentos de fertilidad es de mucha importancia para el desarrollo del cultivo (López y Guido, 2009).

Es conveniente indicar que hasta la fecha existe conocimiento limitado sobre el manejo práctico de fertilización química, y en el aspecto de fertilización orgánica en pitahaya se desconoce.

#### 4.5.3 Fertilización orgánica

En proyectos productivos que se realizaron en el estado de Yucatán, Rodríguez (2000) mencionó que para fertilizar las pitahayas con fertilizantes orgánicos utilizaron como fuente estiércol de cerdo, gallinaza, bagazo de henequén y estiércol de bovino, obteniendo un desarrollo aceptable de las plantas en vivero.

Castillo *et al.*, (1996) mencionan que los abonos más utilizados son la gallinaza y en segundo término el estiércol de ganado vacuno, porcino, bovino, caprino y equino, en producción de traspatio.

Los abonos orgánicos pueden aplicarse en lugar de los fertilizantes químicos, pero es necesario verificar que los abonos estén bien descompuestos para evitar quemaduras en la raíz y disminuir los daños por patógenos, su uso también puede alternarse con la aplicación de fertilizantes químicos (SAGARPA, 2009); los meses más recomendables son marzo y octubre, en el último mes es muy benéfico porque los abonos son ricos en compuestos nitrogenados que favorecen el crecimiento vegetativo (Castillo *et al.*, 1996).

Gunasena *et al.*, (2006) recomiendan hacer aplicaciones de 4 kg de fertilizante orgánico por planta durante cuatro meses, suplementando con algún fertilizante comercial 16-16-16 NPK. Por otra parte la SAGARPA (2009) comenta que las plantas responden bien a la aplicación de gallinaza descompuesta. Pohlan *et al.*, (2007) exponen que una buena fertilización se logra aplicando cuatro toneladas de composta de estiércol de caprinos y ½ tonelada de gallinaza/ha. a la siembra y al

segundo mes de establecido el cultivo se fertiliza con dos kg por planta de bocashi, compost, estiércol maduro o lombrihumus. A partir del segundo año se hacen dos aplicaciones durante la época lluviosa a razón de dos a tres kg por planta.

#### 4.6. Fertilización inorgánica-orgánica en nopal

En el caso del nopal cultivado para producción de tuna, nopalito (verdura) y penca para consumo animal y propagación vegetativa, los estudios de fertilización y nutrición son mayores que en el género *Hylocereus* spp., pero relativamente pocos en comparación con especies como el maíz, frijol, soya, papa, duraznero y guayabo, entre otros. En general las investigaciones se refieren a la fertilización química, las dosis aplicadas en parcelas de nopal han sido diferentes (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) por ejemplo: 160-0-0 (Nobel *et al.*, 1987), 20-0-0 y 40-0-0 (Mondragón y Pimienta, 1990b), 30-0-0, 60-0-0, 120-0-0 y 60-20-35 (Nerd y Mizrahi, 1992) y 224-0-0 y 224-112-00 (González y Everitt, 1990).

Se encontraron respuestas positivas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, dichas respuestas se han manifestado en términos de número de brotes vegetativos o cladodios nuevos en *Opuntia engelmannii* (Nobel *et al.*, 1987) y *O. ficus-indica* variedad "Esmeralda" (Mondragón y Pimienta, 1990b), producción de yemas florales en *O. ficus-indica* (Nerd *et al.*, 1991; Nerd y Mizrahi, 1992), materia seca de planta en *O. engelmannii* y *O. rastrera* (Nobel *et al.*, 1987).



El incremento de N en los cladodios induce brotación vegetativa y floral (Nerd *et al.*, 1991; Valdez-Cepeda *et al.*, 2002a) y mayor producción de tuna (Nerd y Mizrahi, 1992). También, Gathara *et al.* (1989) reportaron que a mayores concentraciones de N en los cladodios, el crecimiento vegetativo se incrementa pero se reduce la producción de tuna en *O. engelmannii*. Las evidencias señaladas permitieron a Valdez-Cepeda *et al.*, (2002a) concluir que con fines de producción de tuna, los requerimientos de nitrógeno son menores que los correspondientes a producción de nopalitos (verdura) y cladodios para propagación y consumo animal.

En el Cuadro 2, elaborado por Valdez-Cepeda *et al.*, (2010) se presentan evidencias de efectos de la incorporación de fertilizantes en suelos cultivados con nopal.

Cuadro 2. Respuesta del nopal a la aplicación de fertilizantes

Nutrimento(s) Fertilizante	Efectos positivos	Referencia(s)
N	Número de brotes vegetativos	Nobel <i>et al.</i> (1987), Mondragón y Pimienta (1990b)
N	Número de yemas florales	Nerd <i>et al.</i> (1991), Nerd y Mizrahi (1992)
N	Kg materia seca	Nobel <i>et al.</i> (1987)
N, P y K+ (+ sequía)	Yemas florales	Nerd <i>et al.</i> (1991)
N y P	Kg materia seca	González y Everitt (1990)
N, P, K <sup>+</sup> y Ca <sup>2+</sup>	Rendimiento tuna	Claaessens y Wessels (1997)
N, P, K <sup>+</sup> y Ca <sup>2+</sup>	Kg materia fresca	Valdez-Cepeda <i>et al.</i> (2002a)
N, P, K <sup>+</sup> y Ca <sup>2+</sup>	Kg cladodio	Valdez-Cepeda <i>et al.</i> (2002a)
N, P, K <sup>+</sup> y Ca <sup>2+</sup>	Número de cladodios	Valdez-Cepeda <i>et al.</i> (2002a)

Por otra parte, los resultados de un experimento de fertilización en una plantación de 19 años, al usar diferentes fuentes orgánicas (estiércol de bovino, ovino y

gallinaza) de nitrógeno (N) ( $150 \text{ kg/ha}^{-1}$ ) y la dosis 150-80-60 [ $\text{kg/ha}^{-1}$  de N, pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), respectivamente] elaborada con urea, superfosfato de calcio triple y sulfato de potasio, indicaron que los contenidos de N y P en los cladodios disminuyeron conforme maduraron las pencas, mientras que Ca y Mg se incrementaron y los de K se mantuvieron casi constantes (Lara *et al.*, 1990a). Lo anterior sugiere un efecto de dilución de N y P, o bien demanda de dichos nutrimentos y K por parte de los frutos, ya que esas pencas produjeron frutos (tunas).

Es de esperarse que, en nopal, los primeros brotes vegetativos (en primavera) tengan un crecimiento mayor en términos de velocidad de crecimiento, grosor y materia seca que los brotes de verano, por la competencia de recursos entre estos últimos y los frutos (Valdez-Cepeda *et al.*, 2010). Lara *et al.*, (1990a) concluyeron que no hubo diferencias entre fuentes y dosis de fertilización respecto a los micronutrimentos; ello pudo deberse a que no se manifestó la respuesta diferencial en el mismo ciclo que se estableció el experimento, y sugiere que este tipo de experimentos deben de conducirse durante un mayor número de estaciones de crecimiento. Al respecto, los resultados de Mondragón y Pimienta (1990b) sugieren que los efectos de la fertilización en huertos de nopales jóvenes y viejos no se manifestaron en el primer año de la aplicación de los fertilizantes.

Lara *et al.*, (1990b) encontraron que la fertilización inorgánica (dosis  $150\text{-}80\text{-}60 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente) promovió un incremento de la concentración de Mn con respecto a la fertilización orgánica. Por su parte,

Mondragón y Pimienta (1990a) reportaron que la aplicación de  $40 \text{ kg/ha}^{-1}$  de gallinaza +  $40 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N se asocia con el mayor número de cladodios y rendimientos a los dos años de iniciar un experimento con fertilizantes en un suelo migajón arcilloso, ligeramente ácido, extremadamente pobre en materia orgánica y contenidos muy altos de potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y medianos en Fósforo (P), en Dolores Hidalgo, Guanajuato. Fernández *et al.*, (1990) señalaron que  $300 \text{ t ha}^{-1}$  de estiércol de bovino +  $120$  y  $100 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N y  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente, provocaron un mayor número de brotes vegetativos y nopalitos, y peso de nopalitos en el ciclo primavera-verano en Milpa Alta, D.F., con respecto a otros tratamientos de fertilización. Parece ser que el N mejora el efecto de la remoción de órganos sobre la producción de cladodios. En este contexto, Nerd y Mizrahi (1994) reportaron que la fertilización nitrogenada en primavera y verano, en combinación con la remoción de frutos y cladodios jóvenes o tiernos (nopalitos), produjo un gran número de cladodios en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.

En la región del Cañón de Juchipila, Zacatecas, México se efectúa una aplicación de abono orgánico (estiércol de bovino) en el mes de septiembre, aplicando la cantidad de tres camiones de nueve metros cúbicos de abono al año. Se efectúan dos aplicaciones de abono inorgánico a base de nitrógeno ( $150 \text{ kg/ha}^{-1}$  cada una); la primera aplicación se realiza un mes antes de iniciada la época de mayor demanda (septiembre) y la segunda en el mes de diciembre (Blanco-Macías *et al.*, 2008).

En Marín, Nuevo León se estudió la adaptación y la productividad de cultivares de nopal verdura (“Villanueva” y “Jalpa”) por efecto de tres niveles de estiércol vacuno (200, 400 y 600 t ha<sup>-1</sup>). Los resultados obtenidos sugieren que las altas dosis de estiércol tienen sus mejores efectos en el segundo año; quizás esto se deba a que en el primer año, la mineralización de la materia orgánica es incompleta, y en el segundo año se aporta una gran cantidad de nutrientes, a lo que se suman los efectos benéficos colaterales de la materia orgánica en el suelo (Vázquez *et al.*, 2004).

#### 4.7. Fertilización orgánica en otras cactáceas y especies de madera suave

Por otra parte Pimienta-Barrios y Nobel (1994), mencionan que en *Stenocereus queretaroensis* los fertilizantes son rara vez aplicados, en parte para evitar la quema de las raíces. Por otro lado, aplicación de estiércol mejora el crecimiento de *Stenocereus queretaroensis* y *Stenocereus griseus* en Puebla y Oaxaca.

Spironello *et al.*, (2004) en base a estudios realizados sobre el efecto de la fertilización NPK en piña, reporta que el rendimiento, tamaño y calidad de fruto están influenciados por la fertilización de nitrógeno y potasio. Las aplicaciones de fósforo no tienen efecto en la producción.

Betancourt (2005) mencionó para el cultivo de la piña, que esta presentó respuesta a la fertilización nitrogenada aplicada en diferentes dosis (100, 200 y 300 kg/ha<sup>-1</sup>) para el parámetro producción de fruto en kg/ha<sup>-1</sup>, en donde se observaron diferencias significativas entre los tratamientos respecto al testigo con

un aumento en el rendimiento (6520, 15823 y 10247 kg/ha<sup>-1</sup>). A pesar de que no observaron diferencias significativas entre las dosis de 100, 200 y 300 kg de nitrógeno aplicadas, la de 200 kg/ha<sup>-1</sup> superó en rendimiento en 18 y 31% a las dosis de 300 y 100 kg/ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Este resultado reflejó una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, y los valores obtenidos en cuanto a rendimiento fueron superiores a los promedios nacionales.

Quezada *et al.*, (2007), al realizar estudios en frambuesa, dónde se aplicaron tres dosis de nitrógeno en la forma de urea equivalentes a 25, 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup> mediante dos frecuencias de fertirrigación: permanente y única, además de un testigo sin aplicación, reportaron, que la fertirrigación permanente fue aplicada durante toda la temporada en cada riego (43 parcialidades) y la fertirrigación se aplicó al inicio de la temporada en noviembre. La dosis de 100 kg/ha<sup>-1</sup> aplicada como fertirrigación única resultó ser el mejor tratamiento tanto en rendimiento como en volumen de fruta exportable, mientras que el tratamiento con fertirrigación permanente a igual dosis de nitrógeno presentó el mayor peso y calibre de fruto.

#### 4.8. Sustratos

El término "sustrato" se aplica a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo in situ, que colocado en un contenedor, puro o en forma de mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta (Abad *et al.*, 2005;

Abad *et al.*, 2004; Terés, 2001). El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. (Cadahía, 2005).

El sustrato es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO<sub>2</sub> del entorno radicular (Lemaire *et al.*, 2005). Esto hace que resulte necesario conocer las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues condicionan en mayor medida los cultivos en contenedor y determinan posteriormente su manejo.

El sustrato de cultivo está constituido por un material poroso, en el que se desarrolla el sistema radicular de la planta, y del que ésta toma el agua y los nutrientes que necesita para su desarrollo y el oxígeno necesario para el funcionamiento correcto del sistema radicular. Para Michelot (1999; citado por Masaguer y Cruz, 2007), el soporte del cultivo (suelo o sustrato) cumple cuatro funciones: a) Asegura el anclaje mecánico de la planta; b) Constituye la reserva hídrica de la que las raíces toman el agua para cubrir las necesidades de la planta; c) Las raíces son órganos aerobios. El sustrato debe proporcionar el oxígeno que necesitan para su correcto funcionamiento y d) Debe asegurar la nutrición mineral de la planta.

Por otra parte Abad y Noguera (2000) concuerdan que las funciones más importantes de un sustrato son, proporcionar un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces (aportar agua, aire y nutrimentos), construir una base adecuada para el anclaje y soporte a la raíz. Mientras que Abad *et al.*, (2005) sugieren que la finalidad de los sustratos en cualquier cultivo es producir una planta/cosecha de calidad, en período corto de tiempo, con bajos costos de producción sin provocar un grave impacto ambiental.

#### 4.9. Clasificación de los materiales utilizados como sustratos

Los criterios para clasificar los sustratos, se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, entre otros. Sin embargo, la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad, 1995; Burés, 1998; Abad y Noguera, 2000).

##### 4.9.1. Materiales orgánicos

La atención mundial está enfocada hacia el uso de materiales orgánicos de diversos orígenes como fertilizantes, para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad (SAGARPA, 2000). Entre los Materiales o abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos (Castellanos *et al.*, 1982). Los materiales orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos (Cruz, 1986).

Antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única manera de abastecer nutrimentos a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos (SAGARPA, 2000).

Este cambio del uso de abonos orgánicos por abonos químicos en la fertilización de cultivos, actualmente está propiciando que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutrimental, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad y capacidad productiva (Ruiz, 1966).

Los materiales orgánicos, por las propias características en su composición son formadores del humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (López, 1979).

La mayoría de los cultivos muestra una clara respuesta a la aplicación de los abonos orgánicos, de manera más evidente bajo condiciones de temporal y en suelos sometidos al cultivo de manera tradicional y prolongada (Ruiz, 1966). No en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo



(Castellanos *et al.*, 1982). Es cierto que, en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos (Trinidad, 1987).

En los ensayos tradicionales de la aplicación de abonos orgánicos, se reportan respuestas superiores con éstos, que con la aplicación de fertilizantes químicos que aporten cantidades equivalentes de nitrógeno y fósforo; éste es, en resumen, el efecto conjunto de factores favorables que proporcionan los abonos orgánicos al suelo directamente y de manera indirecta a los cultivos (SAGARPA, 2000).

Los materiales orgánicos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo; su uso permite aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos; esto es, apoya al desarrollo de la que se considera como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva sin el uso de insumos de síntesis comercial (Trinidad, 1987). Los productos obtenidos bajo este sistema de agricultura consideran un sobreprecio por su mejor calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud (SAGARPA, 2000).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación geográfica del experimento

Las investigaciones del presente trabajo se realizaron en el campo experimental de pitahaya del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN- Unidad Oaxaca), localizado en Santa Cruz Xoxocotlán Oaxaca y geográficamente entre los paralelos  $15^{\circ} 38'$  de latitud norte y  $93^{\circ} 38'$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1550 metros sobre el nivel del mar (msnm). Con clima dominante  $Bs_1 (h^1)$  descrito por García (1990) como cálido seco con lluvias en verano y el  $(A) c (W^1)$  semicálido con lluvias también en verano. La temperatura media mensual varía ligeramente de  $18.7^{\circ} C$  a  $21.8^{\circ} C$  y la precipitación pluvial entre 561 y 776 mm anuales.



**Figura 2. Macrolocalización del CIIDIR-IPN-unidad Oaxaca**

Se realizaron dos experimentos, el primero se estableció en campo durante los años 2009 y 2010, donde se evaluaron materiales orgánicos como fuente de fertilización para dos ecotipos de *Hylocereus* spp. de más de cinco años de edad.

El segundo experimento fue establecido con estacas de pitahaya en macetas bajo condiciones de campo pero, evaluando diversas combinaciones de tierra con materiales orgánicos, con malla sombra, riego y solución nutritiva.

## **5.2 Experimento I. Evaluación de dos ecotipos de *Hylocereus* spp. bajo condiciones de campo**

### **5.2.1. Selección de plantas material vegetativo**

Se utilizaron 30 plantas del genero *Hylocereus* 15 del ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) y 15 plantas del ecotipo 2 (*Hylocereus polyrhizus* tipo espinuda) de más de cinco años de edad, establecidas en el campo experimental de pitahaya, dicho experimento se estableció el 13 de febrero de 2009 y concluyó el 29 de octubre de 2010.

### **5.2.2. Variables a evaluar**

En la presente investigación se consideró importante evaluar variables productivas, morfológicas y de calidad, enunciadas a continuación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables (experimentos I)

Número	Variable
Variables productivas	
1	Número de brotes vegetativos
2	Número de botones florales
3	Número de flores amarradas
4	Número de frutos
5	Días a floración
6	Días fructificación
7	Rendimiento
Variables morfológicas	
8	Peso del fruto (g)
9	Longitud del fruto (cm)
10	Diámetro de fruto (cm)
11	Longitud de brotes vegetativos (cm)
12	Longitud de botones florales (cm)
Variables de calidad	
13	Grados Brix
14	Azúcares reductores totales
15	Acidez titulable

### 5.3. Descripción de la toma de variables

#### 5.3.1. Variables productivas

##### Número de brotes vegetativos

Se contaron los brotes vegetativos emitidos en cada planta durante los meses en que se aplicaron los tratamientos para los dos ciclos de producción.

#### Número de botones florales

Se contó el número de botones florales por planta, que se presentaron durante cada ciclo.

#### Número de flores amarradas

Se contó el número de flores amarradas por planta y tratamiento, para cada ciclo de floración.

#### Número de frutos

Se contó el número de frutos por planta y tratamiento, para cada ciclo de floración.

#### Días a floración

Se contaron los días transcurridos, desde que se observó la presencia del botón floral hasta el día de la apertura floral.

#### Días fructificación

Fueron los días transcurridos, desde que se observó la presencia del botón floral hasta la maduración comercial de los frutos.

### 5.3.2. Variables morfológicas

Las variables morfológicas se registraron al momento de la cosecha, seleccionando al azar seis frutos por tratamiento.

#### Peso de fruto

Consistió en el pesado de cada uno de los frutos obtenidos por unidad experimental y tratamiento con la finalidad de cuantificar la variable rendimiento obtenido en cada una de las plantas, se pesó en una balanza granataria marca Ohaus ® con aproximaciones de un gramo.

#### Longitud de fruto

Se realizó la medición longitudinal de los frutos seleccionados de cada tratamiento cuando estos llegaron a su madurez comercial. Desde la base del fruto hasta la cicatriz de abscisión del perianto, con un vernier marca Truper ® con escala de precisión de un mm.

#### Diámetro de fruto

Al igual que en el procedimiento anterior se realizó la medición del diámetro ecuatorial de los frutos seleccionados de cada tratamiento, con un vernier marca Truper ® con escala de precisión de un mm.

#### Longitud de brotes vegetativos

Esta variable se obtuvo, midiendo con un flexometro marca Truper ® con escala de precisión de un mm. el crecimiento longitudinal de los brotes vegetativos desde la base, hasta el máximo valor alcanzado durante el ciclo. Dicha medición se realizó cada 5 días.

### Longitud de botones florales

Consistió en la medición longitudinal de los botones florales, desde su aparición hasta un día antes de la apertura floral, cada cinco días, para cuantificar el crecimiento semanal. Dicha medición se realizó con un vernier marca Truper ® con escala de precisión de un mm.

### 5.3.3. Variables de calidad

#### Grados Brix

Se efectuó con un refractómetro manual marca. ATAGO ® con escala 0 a 30° Bx. para esto fue necesario tomar muestras de pulpa por fruto de cada tratamiento.

#### Azúcares reductores totales

Debido a que los azúcares reductores tienen la capacidad de reducir soluciones alcalinas de cobre, por esta razón, en este método, el azúcar invertido reduce el cobre de la solución de Fehling a óxido de cobre (Rojo). El contenido de azúcar en la muestra se estima determinando el volumen de la solución de azúcar desconocido, requerido para reducir completamente un volumen determinado de solución Fehling.

$$\% \text{ A.R.} = \frac{(\text{FF})(\text{V})(100)}{(\text{B})(\text{C})}$$

Dónde:

FF= factor de Fehling (azúcar invertido necesario para reducir completamente el cobre de una cantidad determinada de solución de Fehling). (Fehlin "A" = 05 g)

V= volumen al que se aforó (ml); (matraz de 100 mL).

B= volumen de la solución de la muestra utilizado en la titulación (mL gastados)

C= peso de la muestra.

#### Acidez titulable

Se determinó la acidez titulable en frutos de pitahaya según el método de The Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

Consistió en tomar 10 g de muestra molida de pulpa del fruto, esta se diluye en 50 mL de agua previamente hervida y neutralizada. La determinación se hace por titulación con una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N, usando como indicador de dos a tres gotas de fenolftaleína. El punto final de la titulación se obtiene hasta que se observa el cambio a un color rosa tenue. La acidez titulable se expresa como el porcentaje de ácido cítrico y es calculado mediante la fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(V_{\text{NaOH}}) (N_{\text{NaOH}}) (\text{Meq. Ac. Cítrico}) (100)}{\text{Peso de la muestra}}$$

Dónde:

g = gasto de NaOH

N = normalidad de NaOH

Meq = miliequivalentes del ácido cítrico = 0.064

m = gramos de muestra



## 5.4. Diseño experimental
















Para este experimento se empleó un diseño completamente al azar con arreglo 2x5, donde se evaluaron dos ecotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus* tipo solferina e *Hylocereus polyrhizus* tipo espinuda) con cinco factores de fertilización orgánica (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca, estiércol de cabra, humitec y agua). Y esto nos arrojó un total de 20 tratamientos (Cuadro 4), con tres repeticiones cada uno, la unidad experimental fue una planta. El análisis de varianza se realizó utilizando el paquete estadístico de SAS ® y siguiendo las indicaciones de Reyes (1999).

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos (experimento I)
















	<b>Tratamiento</b>	<b>Factor A (ecotipo)</b>	<b>Factor B (materiales orgánicos)</b>
<b>Año 2009</b>	T <sub>1</sub>	<i>H. undatus</i>	Desechos de hormiga arriera
	T <sub>2</sub>		Estiércol de vaca
	T <sub>3</sub>		Estiércol de cabra
	T <sub>4</sub>		Humitec
	T <sub>5</sub>		Agua
	T <sub>6</sub>	<i>H. polyrhizus</i>	Desechos de hormiga arriera
	T <sub>7</sub>		Estiércol de vaca
	T <sub>8</sub>		Estiércol de cabra
	T <sub>9</sub>		Humitec
	T <sub>10</sub>		Agua
<b>Año 2010</b>	T <sub>11</sub>	<i>H. undatus</i>	Desechos de hormiga arriera
	T <sub>12</sub>		Estiércol de vaca
	T <sub>13</sub>		Estiércol de cabra
	T <sub>14</sub>		Humitec
	T <sub>15</sub>		Agua
	T <sub>16</sub>	<i>H. polyrhizus</i>	Desechos de hormiga arriera
	T <sub>17</sub>		Estiércol de vaca
	T <sub>18</sub>		Estiércol de cabra
	T <sub>19</sub>		Humitec
	T <sub>20</sub>		Agua

5.5. Croquis del experimento
















Una vez en campo se seleccionó las plantas necesarias de los dos ecotipos y se les asignó al azar un tratamiento, quedando estos distribuidos como se muestra en la Figura 3.

			<i>Hylocereus undatus</i> tipo solferina				
Ciclo 2009			Desechos de hormiga arriera	Estiércol de vaca	Estiércol de cabra	Humitec	Agua
	Repetición	1					
		2					
		3					

			<i>Hylocereus polyrhizus</i> tipo espinuda				
Ciclo 2009			Desechos de hormiga arriera	Estiércol de vaca	Estiércol de cabra	Humitec	Agua
	Repetición	1					
		2					
		3					

			<i>Hylocereus undatus</i> tipo solferina				
Ciclo 2010			Desechos de hormiga arriera	Estiércol de vaca	Estiércol de cabra	Humitec	Agua
	Repetición	1					
		2					
		3					
















			<i>Hylocereus polyrhizus</i> tipo espinuda				
Ciclo 2010			Desechos de hormiga arriera	Estiércol de vaca	Estiércol de cabra	Humitec	Agua
	Repetición	1					
		2					
		3					

Figura 3. Croquis del diseño experimental (experimento I)

## 5.6. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en el huerto de pitahaya con más de cinco años de edad del CIIDIR-Oaxaca, donde se encuentra el material vegetal en condiciones de campo.

## 5.7. Prácticas culturales

### 5.7.1. Abonado

El abonado consistió en la aplicación de materiales de origen orgánico (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca, estiércol de cabra y humitec) previamente composteados a cada una de las plantas bajo experimentación quince días antes del primer riego. Se aplicó 3 kg de abono por planta en el primer ciclo (28 de febrero de 2009) y 2 kg durante el segundo ciclo (28 de enero de 2010).

### 5.7.2. Riegos

La aplicación de los riegos de auxilio consistió en la aportación de 3.8 L de agua por planta por hora en intervalos de siete días. Iniciándose el primer riego el 16 de marzo de 2009.

Se utilizaron goteros con un gasto de  $3.8 \text{ L h}^{-1}$  y manguera de poliducto de media pulgada. El sistema de riego consistió en el establecimiento de líneas regantes, de manera que los goteros fueron colocados en la base de las plantas sometidas a riego. El suministro de agua se realizó con una bomba de  $\frac{1}{2}$  caballo de fuerza (hp) y con una salida de 1 pulgada. Se suspendió el riego durante la temporada de lluvias.

### 5.7.3. Control de maleza

El control de malezas fue manual para cada una de las plantas, para el deshierbe de las calles se utilizó una podadora mecánica y/o azadón, evitando al máximo la presencia de maleza en el experimento.

### 5.7.4. Poda

Al principio del experimento se realizó una poda sanitaria (2 de marzo de 2009), que consistió en la eliminación de tallos afectados por bacterias y hongos, así como de tallos secos y una poda de formación, cuyo objetivo fue homogenizar el tamaño de las plantas bajo experimentación.

## **5.8. Experimento II. Evaluación de tallos de *Hylocereus* spp. en bolsa y bajo malla sombra**

### 5.8.1. Selección de material vegetativo

Este experimento se estableció el 13 de julio del 2010 y se concluyó el 18 de diciembre del mismo año, donde se emplearon 60 tallos de plantas de *Hylocereus undatus* tipo amarilla con más de dos años de enraizamiento.

### 5.8.2. Tratamientos

Consistió en la combinación de tierra con materiales orgánicos (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca, estiércol de cabra, humitec) y arena, en porciones 72:25 y 50:50, más dos tipos de riego uno con agua corriente y el otro con solución nutritiva (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tratamientos (experimento II)

Tratamiento	Factor A (riego)	Factor B (combinación)	Factor C (sustratos)
T <sub>1</sub>	Agua (1)	75:25 (1)	Desechos de hormiga arriera (1)
T <sub>2</sub>			Estiércol de vaca (2)
T <sub>3</sub>			Estiércol de cabra (3)
T <sub>4</sub>			Humitec (4)
T <sub>5</sub>			Arena (5)
T <sub>6</sub>		50:50 (2)	Desechos de hormiga arriera
T <sub>7</sub>			Estiércol de vaca
T <sub>8</sub>			Estiércol de cabra
T <sub>9</sub>			Humitec
T <sub>10</sub>			Arena
T <sub>11</sub>	Solución Nutritiva (2)	75:25 (1)	Desechos de hormiga arriera
T <sub>12</sub>			Estiércol de vaca
T <sub>13</sub>			Estiércol de cabra
T <sub>14</sub>			Humitec
T <sub>15</sub>			Arena
T <sub>16</sub>		50:50 (2)	Desechos de hormiga arriera
T <sub>17</sub>			Estiércol de vaca
T <sub>18</sub>			Estiércol de cabra
T <sub>19</sub>			Humitec
T <sub>20</sub>			Arena

## 5.8.3. Variables a evaluar

Para la evaluación de este experimento se consideró importante tomar en cuenta las variables que se mencionan a continuación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variables (experimento II)

Numero	Variable
1	Número de brotes vegetativos
2	Longitud de brotes vegetativos (cm)
3	Peso de brotes vegetativos nuevos (g)
4	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )

### 5.9. Descripción de la toma de variables

#### Número de brotes vegetativos

Se contaron los brotes vegetativos durante la fase de experimentación.

#### Longitud de brotes vegetativos

Se midió el crecimiento longitudinal de los brotes vegetativos desde la base, hasta el máximo valor alcanzado durante la investigación. Dichas mediciones se realizaron cada 5 días para observar el crecimiento semanal, con un flexometro marca Truper ® con escala de precisión de un mm.

#### Peso de brotes vegetativos nuevos

Consistió en el corte de los brotes vegetativos de cada planta por maceta y se pesó en una balanza granataria marca Ohaus ® con aproximaciones de un gramo.

#### Volumen de raíz

Para esta variable se desenterró la planta cuidadosamente, se lavó la raíz y se dejó escurrir para posteriormente sumergirla en un vaso de precipitados aforado con agua corriente y cuantificar el volumen desplazado.
















### 5.10. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial 2x2x5, donde se emplearon dos niveles con riego y fertirriego, dos combinaciones (72:25 y 50:50 de la mezcla de tierra-materiales orgánicos) y cinco sustratos, dando un total de 20
















tratamientos, con tres repeticiones cada uno. El análisis de varianzas (ANOVA) se realizó con el programa SAS ®.

5.11. Croquis del experimento
















El diseño experimental resultante se ilustra en el Figura 4.

Bloque I			Sustrato 75:25				
Agua	Repetición		Desechos de hormiga arriera	Estiércol de Vaca	Estiércol de Cabra	Humitec	Arena
		1					
		2					
		3					

Bloque II			Sustrato 50:50				
Agua	Repetición		Desechos de hormiga arriera	Estiércol de Vaca	Estiércol de Cabra	Humitec	Arena
		1					
		2					
		3					

Bloque I			Sustrato 75:25				
Solución Nutritiva	Repetición		Desechos de hormiga arriera	Estiércol de Vaca	Estiércol de Cabra	Humitec	Arena
		1					
		2					
		3					
















Bloque II			Sustrato 50:50				
Solución Nutritiva	Repetición		Desechos de hormiga arriera	Estiércol de Vaca	Estiércol de Cabra	Humitec	Arena
		1					
		2					
		3					

Figura 4. Croquis del diseño experimental (experimento II).

### 5.12. Establecimiento del experimento

Este experimento se estableció bajo malla sombra, se llenaron bolsas de vivero con capacidad de 15 L, con las combinaciones de tierra-materiales orgánicos antes mencionados, posteriormente se realizó el trasplante de tallos de pitahaya (*Hylocereus undatus* tipo amarilla) de más de dos años. Una vez trasplantadas se acomodaron y alinearon de acuerdo al diseño experimental.

### 5.13. Prácticas culturales

#### 5.13.1. Riego

Este consistió en la aplicación de agua, donde el experimento se dividió en dos niveles de riego la mitad de éste se regó con agua corriente y la otra parte con solución nutritiva. Aplicando 1 L cada tres días por planta. Dicha solución se preparó en un tambo de 80 litros, y el riego se hizo de forma manual.

La formulación química de la solución nutritiva utilizada, se originó a partir de la solución descrita por Steiner (1961) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Solución nutritiva de Steiner

Componentes (meq L <sup>-1</sup> )						
Solución	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Steiner	12.0	1.0	7.0	7.0	9.0	4.0

La preparación de la solución nutritiva se realizó de acuerdo a las recomendaciones de Sandoval (2003). Al momento de preparar la solución nutritiva se ajustó el pH del agua a 5.5 mediante la adición de ácido sulfúrico al



98% (66 mL/1 100 L agua), actividad que es indispensable para evitar precipitados y eliminar la mayor parte de bicarbonatos presentes. Se preparó la solución nutritiva por cantidades de 80 L.

#### 5.13.2. Control de maleza.

Se realizó control de malezas de forma manual en cada una de las macetas, evitando al máximo la presencia de maleza en el experimento.

#### 5.14. Análisis de materiales orgánicos y suelo

Se realizó un análisis del estado físico-químico del suelo antes y después del experimento (Cuadro 8), así como de los materiales orgánicos utilizados en la presente investigación (Cuadro 9), usando la metodología de acuerdo a la AOAC.

Cuadro 8. Principales características fisicoquímicas del suelo antes y después de establecer el experimento

Determinación	Valores del suelo		Método utilizado
	Antes	Después	
pH	8.15	8.12	Relación 1:2 Potenciómetro
Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	0.38	0.39	Conductímetro
Materia Orgánica %	0.825	0.878	Walkey y Black
Nitrógeno %	0.041	0.056	Estimado a partir de materia orgánica
Fosforo mg/kg	9.520	9.687	Bray <sup>1</sup>
Cationes intercambiables meq/100g	Sodio 0.447	Sodio 0.580	NH <sub>4</sub> OAc 1N Espectrofotometría de absorción atómica
	Potasio 0.210	Potasio 0.327	
	Calcio 16.867	Calcio 17.414	
	Magnesio 2.450	Magnesio 2.711	
Acidez intercambiable meq/100g	No detectable		Titulación con NaOH valorado
Textura	% Arena 67.28	% Arena 66.34	Boyocous
	% Arcilla 2.16	% Arcilla 3.51	
	% Limo 30.56	% Limo 30.15	
<b>Franco Arenoso</b>			

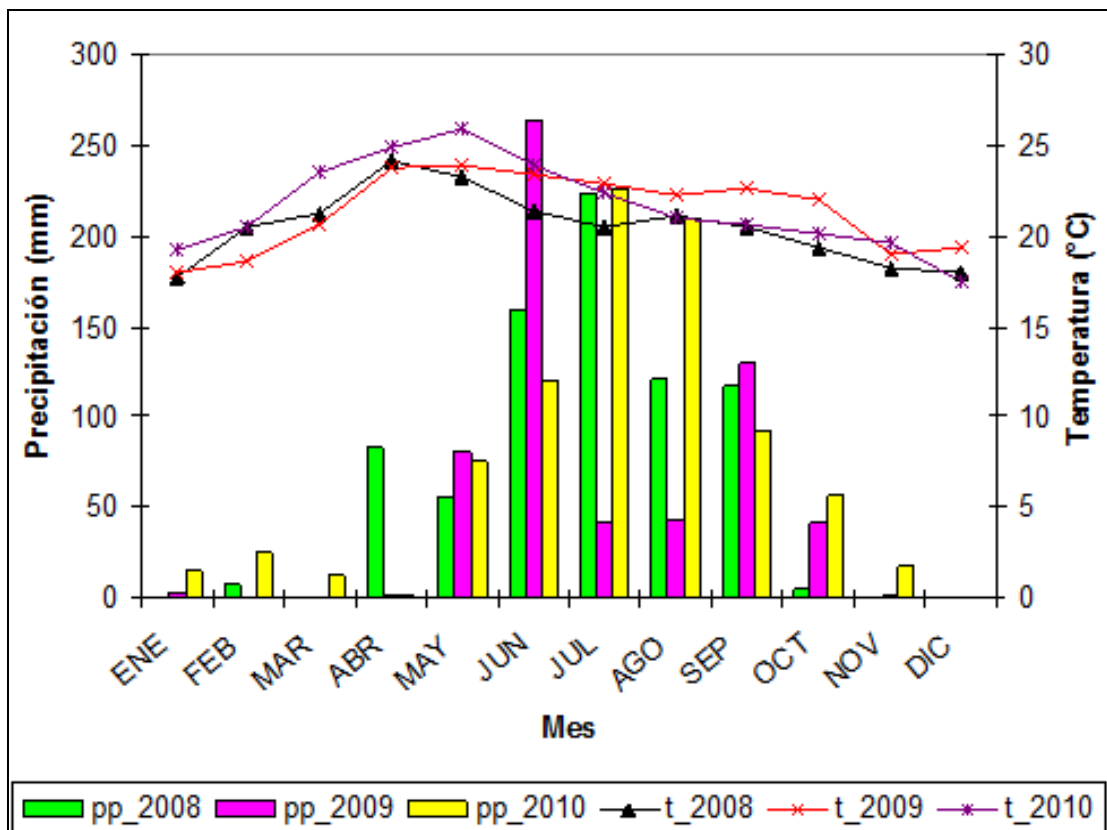
Cuadro 9. Composición química de los materiales orgánicos empleados en los experimentos

Determinación	Estiércol de vaca	Estiércol de chivo	Abono de arriera	Humitec (gallinaza)	Método utilizado
Nitrógeno %	1.65	1.80	1.37	2.65	Microkjendalh
Fosforo %	0.34	0.46	0.27	1.27	Dig. HNO <sub>3</sub> /HClO <sub>4</sub> Vanadomolibdico
Potasio %	1.82	2.05	2.47	0.83	Dig. HNO <sub>3</sub> /HClO <sub>4</sub>
Calcio %	0.62	1.31	2.07	4.83	Espectrometría de absorción atómica
Magnesio mg/kg	0.834	0.624	0.557	0.786	
Zinc mg/kg	130	235	100	575	
Manganeso mg/kg	264	265	403	500	
Hierro mg/kg	6354	3000	10625	1125	
pH	8.0	7.7	7.6	7.6	
Relación C/N	16	19	15	15	
Las determinaciones se realizaron sobre muestra seca					mg/kg=ppm

Los resultados de los Cuadros 8 y 9 fueron obtenidos en el laboratorio de suelos, perteneciente al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán Oaxaca el 10 de noviembre de 2010.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 5 se muestran las condiciones de temperatura promedio y la precipitación mensual que prevalecieron durante los años del 2008 al 2010. En el año 2009 llovió 603.5 mm y en el 2010 llovió 848.7 mm. En junio del 2009 llovió el 43 % de la precipitación anual, mientras que en el año 2010 el 51 % de la precipitación anual ocurrió durante los meses de julio y agosto. Asimismo, durante el año 2010, de enero a junio, se registró el mayor índice de temperatura mensual respecto al 2008 y 2009.



Datos obtenidos de la estación meteorológica 767755 (MMOX) de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca perteneciente a la Comisión Nacional del Agua Organismo de la Gerencia Regional Pacifico Sur.

**Figura 5. Temperatura y precipitación 2008-2010**

### 6.1. Experimento I. Evaluación de dos ecotipos de *Hylocereus* spp. bajo condiciones de campo

De acuerdo al análisis de varianza para los datos de los ciclos 2009 y 2010 para *Hylocereus undatus* tipo solferina (ecotipo 1) e *H. polyrhizus* (ecotipo 2), se observa un incremento en los valores para el ciclo 2010 respecto al ciclo 2009, donde el ecotipo 1 fue altamente significativo con relación al ecotipo 2 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Cuadrados medios de la fertilización orgánica en los ecotipos de pitahaya en los ciclos 2009 y 2010

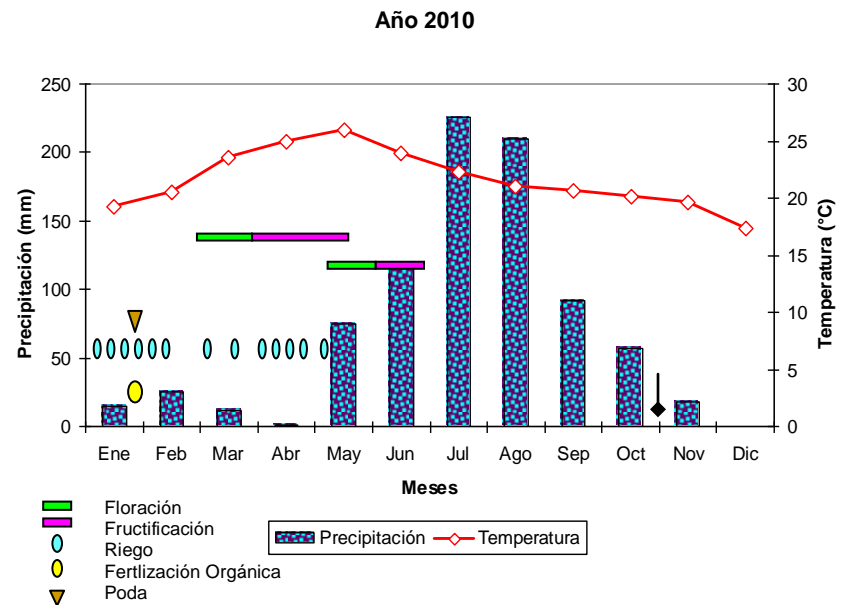
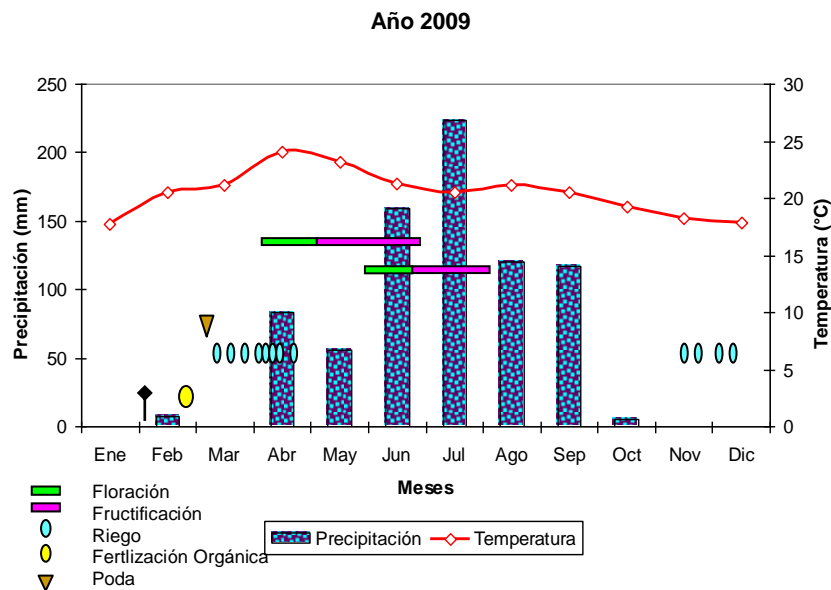
Ciclo	2009					2010				
	Fuentes de variación			$\bar{X}$	CV	Fuentes de variación			$\bar{X}$	CV
ANDEVA	E	B	E*B			E	B	E*B		
Variables productivas										
No. Brotes Vegetativos	<b>197.63 **</b>	<b>9.38 ns</b>	<b>55.38 ns</b>	13.10	17.64	<b>7648.03 **</b>	<b>19.86 ns</b>	<b>44.70 ns</b>	27.03	14.74
No. Botones Florales	<b>5440.53 **</b>	<b>84.58 ns</b>	<b>60.78 ns</b>	22.66	18.08	<b>11329.6 **</b>	<b>41.71 ns</b>	<b>80.88 *</b>	26.43	9.40
No. Flores Amarradas	<b>1032.53 **</b>	<b>34.11 ns</b>	<b>7.28 ns</b>	12.13	12.12	<b>7207.50 **</b>	<b>69.28 ns</b>	<b>83.41 ns</b>	20.03	15.51
No. Frutos	<b>246.53 **</b>	<b>18.30 ns</b>	<b>5.03 ns</b>	6.93	15.00	<b>2253.33**</b>	<b>13.46 ns</b>	<b>4.83 ns</b>	11.26	12.69
Días a Fructificación	<b>13230.0 *</b>	<b>0.91 ns</b>	<b>0.91 ns</b>	22.00	5.24	<b>13483.2 **</b>	<b>0.78 ns</b>	<b>0.78 ns</b>	22.20	4.86
Días a Floración	<b>3307.50 **</b>	<b>0.08 ns</b>	<b>0.08 ns</b>	11.50	8.09	<b>3265.63 **</b>	<b>0.55 ns</b>	<b>0.55 ns</b>	11.43	7.65
Rendimiento (g)	<b>16275766 **</b>	<b>295008 ns</b>	<b>295008 ns</b>	737.56	14.49	<b>16940763 **</b>	<b>37127 ns</b>	<b>37127 ns</b>	752.46	16.08
Variables morfológicas										
Peso de fruto	<b>154212 **</b>	<b>1373 ns</b>	<b>1373 ns</b>	72.69	9.76	<b>57596.1 **</b>	<b>40.09 ns</b>	<b>40.09 ns</b>	44.81	13.49
Diámetro de fruto	<b>365.40 **</b>	<b>0.32 **</b>	<b>0.32 **</b>	4.49	5.25	<b>353.35 **</b>	<b>0.092 ns</b>	<b>0.092 ns</b>	4.43	6.98
Longitud de	<b>409.22 **</b>	<b>0.003 ns</b>	<b>0.003 ns</b>	4.69	3.14	<b>360.67 **</b>	<b>0.019 ns</b>	<b>0.019 ns</b>	4.46	5.19

fruto										
Longitud de botones florales	<b>5176.63 **</b>	<b>0.13 ns</b>	<b>0.13 ns</b>	14.13	2.61	<b>5150.39 **</b>	<b>0.52 ns</b>	<b>0.52 ns</b>	14.10	3.65
Longitud de brotes vegetativos	<b>7818.21 **</b>	<b>23.22 ns</b>	<b>188.90 ns</b>	60.25	8.91	<b>7549.36 **</b>	<b>47.14 ns</b>	<b>288.23 ns</b>	57.75	8.04
Variables de calidad										
° Brix	<b>970.60 **</b>	<b>0.80 ns</b>	<b>0.80 ns</b>	6.68	10.02	<b>990.84 **</b>	<b>0.68 ns</b>	<b>0.68 ns</b>	6.74	8.64
Azucares reductores totales %	<b>287.06 **</b>	<b>0.03 ns</b>	<b>0.03 ns</b>	4.09	6.03	<b>292.34 **</b>	<b>0.015 ns</b>	<b>0.015 ns</b>	4.12	2.83
Acides titulable %	<b>0.27 **</b>	<b>0.00 ns</b>	<b>0.00 ns</b>	1.09	1.30	<b>0.28 **</b>	<b>0.00 ns</b>	<b>0.00 ns</b>	1.09	0.77

E=Ecotipo B=Biofertilizante E\*B=Ecotipo\*Biofertilizante

ns no significativo; \* significativo; \*\* altamente significativo

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante los años 2009 y 2010 más los riegos y tratamientos, ocasionaron desfases en la floración y fructificación para los dos ecotipos, siendo más evidente ese desfase durante el año del 2010 (Figura 6), lo cual resulta una ventaja para adelantar la floración.



**Figura 6. Figura comparativa de la respuesta a la floración y fructificación de los dos ecotipos de pitahaya de acuerdo a la fertilización orgánica, riego, precipitación y temperatura.**

El efecto del riego y lluvia indujo la floración para *H. undatus* tipo solferino en los primeros días de abril y en *H. polyrhizus* a fines del mes de mayo. Por otra parte, la cosecha de frutos para el tipo solferino fue a fines del mes de junio mientras que para *H. polyrhizus* fue a inicios del mes de agosto (Figura 6). La aplicación de riego a fines del 2009 y a principios del 2010 adelantó la floración en ambas especies. Sin embargo, el exceso de lluvias provocó una excesiva caída de yemas florales, afectando el ciclo de floración y fructificación de *H. polyrhizus*. Asimismo, el exceso de lluvia impidió la emisión subsecuente de yemas florales para ambos ecotipos.

El Cuadro 11 y las Figuras 7 y 8 muestran la respuesta de las variables obtenidas de los dos ecotipos de *Hylocereus*, donde estadísticamente *Hylocereus undatus* tipo solferina fue superior en la mayoría de las variables en ambos ciclos de producción (2009-2010).

Cuadro 11. Respuesta de los dos ecotipos de pitahaya a la fertilización orgánica durante los ciclos 2009-2010

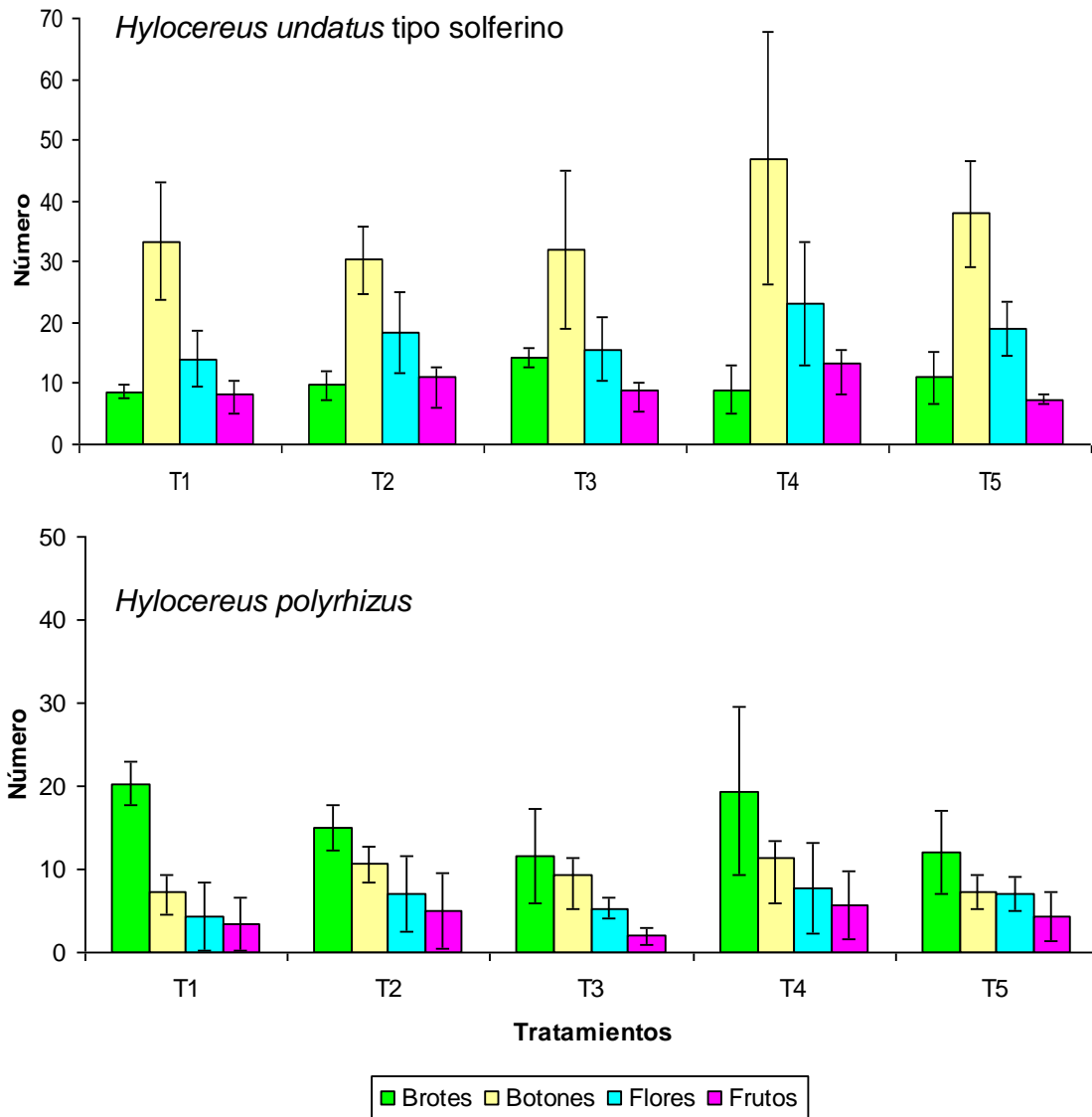
Ciclo	2009		2010	
ANDEVA	Fuentes de variación			
Variable \ Especie	Ecotipo 1	Ecotipo 2	Ecotipo 1	Ecotipo 2
No. brotes vegetativos	<b>10.5 b</b>	<b>15.6 a</b>	<b>43.0 a</b>	<b>11.0 b</b>
Longitud de brotes vegetativos	<b>76.3 a</b>	<b>44.1 b</b>	<b>73.6 a</b>	<b>41.8 b</b>
No. botones florales	<b>36.1 a</b>	<b>9.20 b</b>	<b>45.8 a</b>	<b>7.0 b</b>
No. flores amarradas	<b>18.0 a</b>	<b>6.2 b</b>	<b>35.5 a</b>	<b>4.5 b</b>
No. frutos	<b>9.8 a</b>	<b>4.0 b</b>	<b>19.9 a</b>	<b>2.6 b</b>
Días a fructificación	<b>43.0 a</b>	△	<b>43.4 a</b>	△
Días a floración	<b>22.0 a</b>	△	<b>21.9 a</b>	△
Rendimiento (g)	<b>1474.1 a</b>	△	<b>1503.9 a</b>	△
Peso de fruto	<b>144.3 a</b>	△	<b>88.6 a</b>	△
Diámetro de fruto	<b>7.98 a</b>	△	<b>7.8 a</b>	△
Longitud de fruto	<b>8.3 a</b>	△	<b>7.9 a</b>	△
Longitud de botones florales	<b>27.2 a</b>	△	<b>27.2 a</b>	△
° Brix	<b>12.3 a</b>	△	<b>12.4 a</b>	△
Azúcares reductores totales %	<b>7.18 a</b>	△	<b>7.2 a</b>	△
Acidez titulable %	<b>1.18 a</b>	△	<b>1.19 a</b>	△

Ecotipo 1= *Hylocereus undatus* Ecotipo 2= *Hylocereus polyrhizus*

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

△= Los frutos no llegaron a su madurez fisiológica. En el año 2009 fue por deficiencia en la polinización y en el año 2010 se pudrieron fue por exceso de lluvias

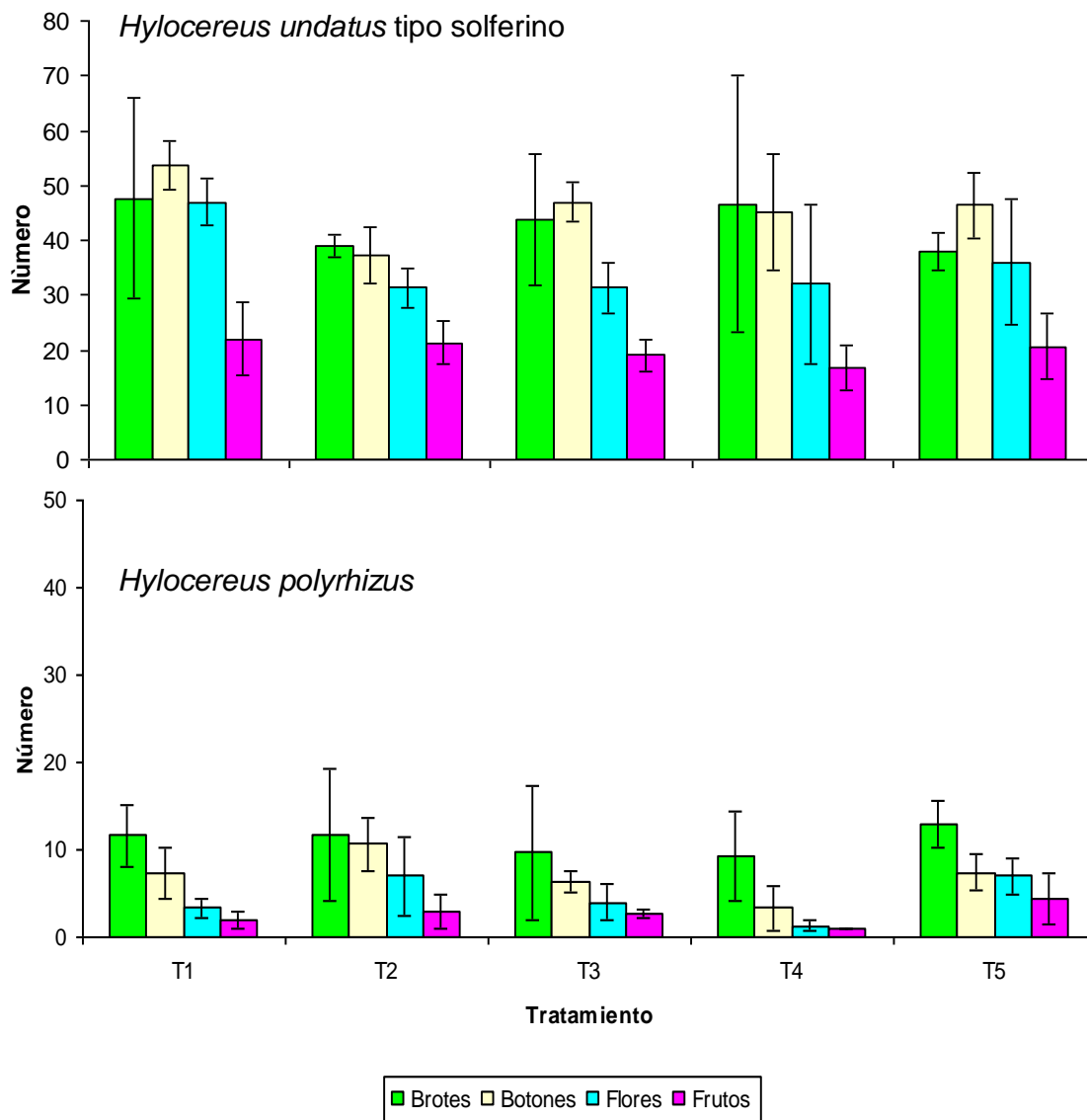
Sin embargo, la desviación estándar de los botones florales de *Hylocereus undatus* tipo solferino (ecotipo 1) presentó mayor variación para el año 2009, en cambio para el 2010 lo fue para los brotes vegetativos (Figuras 7 y 8).



T1= abono de hormiga arriera, T2= Estiércol de vaca, T3 = Estiércol de cabra, T4= Humitec y T5= Agua.

**Figura 7. Efecto de los tratamientos en el número de brotes, botones florales, amarre de flores y frutos durante el año del 2009.**



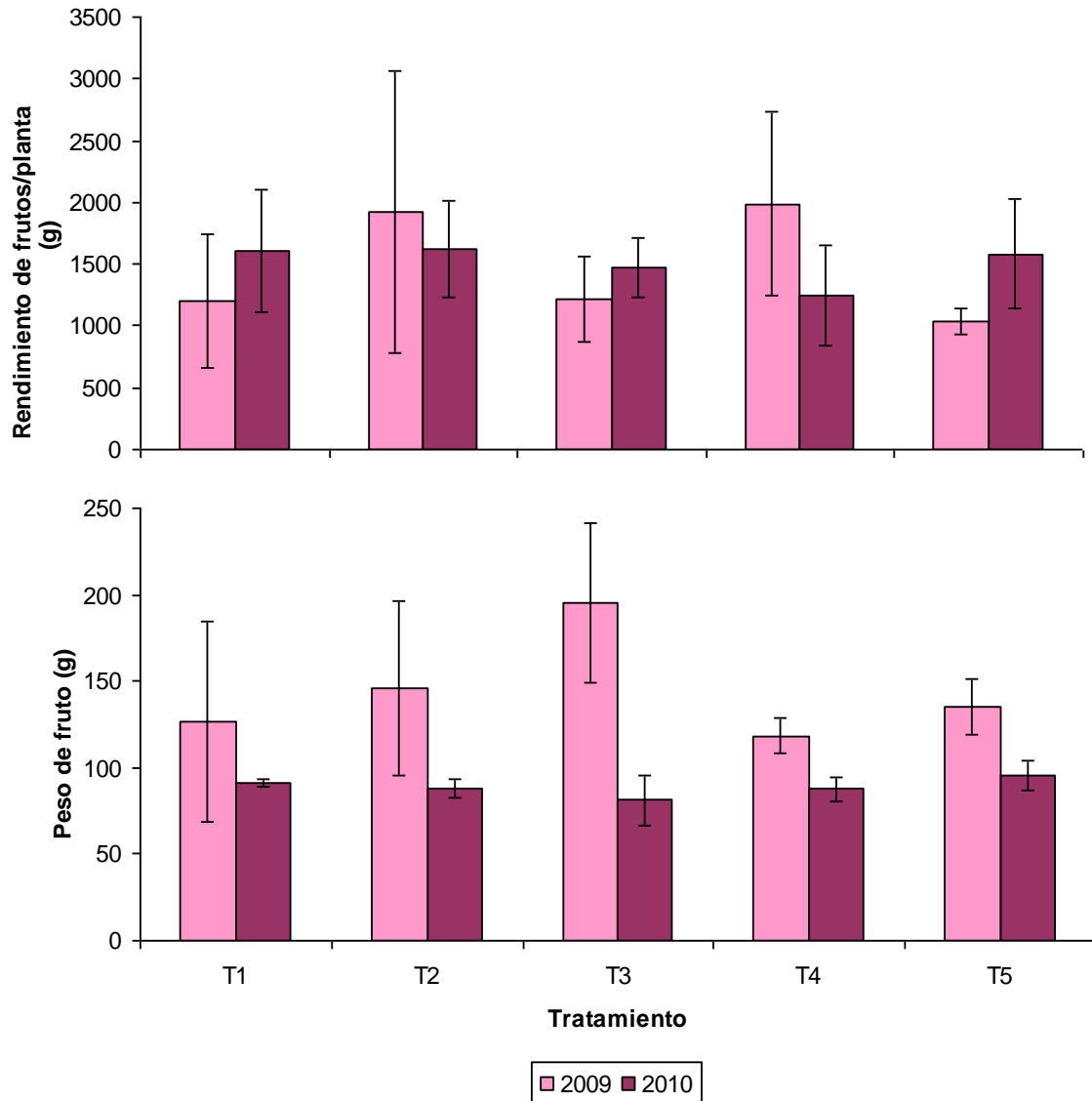


T1= abono de hormiga arriera, T2= Estiércol de vaca, T3 = Estiércol de cabra, T4= Humitec y T5= Agua.

**Figura 8. Efecto de los tratamientos en el número de brotes, botones florales, amarre de flores y frutos durante el año del 2010.**

*Hylocereus undatus* tipo solferino (ecotipo 1) produjo frutos tanto en el año 2009 y 2010. Siendo mayor el rendimiento cuando se aplicó estiércol de vaca (T2); sin

embargo, también fue donde se presentó mayor desviación estándar. En cuanto al tamaño del fruto, para el año 2009, éste fue mayor cuando se aplicó estiércol de cabra en cambio para el año 2010 no hubo diferencia significativa entre tratamientos (Figura9).



T1= abono de hormiga arriera, T2= Estiércol de vaca, T3 = Estiércol de cabra, T4= Humitec y T5= Agua.

**Figura 9. Rendimiento y peso de fruto por tratamiento durante el año 2009 para *Hylocereus undatus* tipo solferina.**

En el Cuadro 12 se muestran otras variables morfológicas y de calidad, que a excepción de la longitud de brotes vegetativos, no tuvieron diferencias significativas en ambos ecotipos para los dos años.

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos en otras variables de flores, frutos y brotes de *Hylocereus undatus* tipo solferina para los años 2009 y 2010.

	DF	DFRUT	DFRU (cm)	LFRU (cm)	LBOT (cm)	LBROT (cm)	° Brix	ART (%)	AT (%)
2009									
T1	22.0 ± 1.0	42.3 ± 2.1	8.7 ± 0.2	8.3 ± 0.1	27.4 ± 0.7	83.4 ± 1.1	13.5 ± 1.0	7.1 ± 0.1	1.2
T2	22.0 ± 1.7	42.7 ± 1.5	8.0 ± 0.2	8.4 ± 0.3	27.1 ± 0.5	77.3 ± 15.1	12.6 ± 1.3	7.3 ± 0.4	1.2
T3	22.0 ± 1.0	42.3 ± 1.2	7.4 ± 0.4	8.4 ± 0.1	27.2 ± 0.4	81.6 ± 6.1	11.5 ± 1.1	7.1 ± 0.3	1.2
T4	21.7 ± 1.5	43.7 ± 2.1	8.1 ± 0.5	8.4 ± 0.3	27.7 ± 0.4	73.8 ± 7.1	12.3 ± 0.5	7.0 ± 0.5	1.2
T5	22.3 ± 1.2	44.0 ± 1.0	7.8 ± 0.3	8.4 ± 0.2	27.0 ± 0.4	65.9 ± 5.1	12.0 ± 0.4	7.4 ± 0.1	1.2
2010									
T1	22.7 ± 0.6	43.7 ± 1.5	8.3 ± 0.0	8.0 ± 0.1	27.8 ± 0.9	72.9 ± 7.2	13.6 ± 0.9	7.3 ± 0.1	1.2
T2	22.3 ± 0.6	43.3 ± 2.1	7.7 ± 0.6	8.1 ± 0.3	27.1 ± 0.5	86.1 ± 10.2	12.6 ± 1.2	7.1 ± 0.0	1.2
T3	21.3 ± 1.5	44.3 ± 1.5	7.6 ± 0.2	8.0 ± 0.4	26.7 ± 0.5	76.2 ± 11.2	11.9 ± 0.9	7.3 ± 0.1	1.2
T4	21.3 ± 1.5	42.3 ± 1.5	7.8 ± 0.7	7.8 ± 0.2	27.9 ± 0.4	66.2 ± 13.8	12.4 ± 0.4	7.2 ± 0.3	1.2
T5	21.7 ± 1.5	43.3 ± 0.6	7.9 ± 0.2	7.8 ± 0.5	26.6 ± 1.2	66.7 ± 6.5	12.0 ± 0.5	7.3 ± 0.1	1.2

DF= Días a floración, DFRUT=Días a fructificación, Dfru= Diámetro del fruto, Lfru= Longitud del fruto, Lbot= Longitud de botones florales, Lbrot = Longitud de brotes, ART= Azúcares reductores totales, AT= acidez titulable.

Los resultados obtenidos para las variables días a fructificación y días a floración, coincidieron con los reportados por Castillo *et al.*, (1994) Ortiz (1999) Meraz *et al.*, (2003) y Pohlen *et al.*, (2007) para el género *Hylocereus* encontrándose entre 43 días para el caso de días a fructificación y 22 días para la apertura floral.

Las variables diámetro de fruto, longitud de fruto, longitud de botones florales, en el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) se encuentran dentro de los valores mencionados por Castillo *et al.*, (1994) Ortiz (1999) Meráz *et al.*, (2003) y Pohlen *et al.*, (2007).

En cuando a grados Brix los resultados fueron similares para ambos ciclos (2009-2010) en el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina), coincidiendo con Ortiz (1999) y Cruz (1992), encontrándose dentro del rango promedio entre los 10 y 14 °Brix. En investigaciones realizadas por Pushpakumara *et al.*, (2005) indican valores de 12 a 18 grados brix en pulpa de frutos de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*. Por otra parte Vittini y Batista (2005) reportan en materiales de *Hylocereus tindauis* (cebra. rosa. lisa y orejona), *H. trianguluris* y los híbridos *H. purpuri*, *H. imdatus*, *H. purpuri* e *H. undatus*, que no existe diferencia en la cantidad de frutas por variedad los grados Brix promedio de todas las variedades correspondieron a 9.603. En investigaciones realizadas con *Stenocereus spp.* Casas *et al.*, (1997) los frutos presentan valores de 10.4 ° Brix y Torres *et al.*, (2009) 13.03° Brix.

Para el contenido de azúcares reductores totales (%) el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina), se encontraron valores de entre 7.1 y 7.2%, al respecto Pimienta-Barrios y Nobel 1994, indican para *Stenocereus queretaroensis*, valores de azúcares reductores totales de 10, 11, 9, 10 y 10 %, en las variedades amarilla, blanca, mamey, morada y roja, respectivamente. Casas *et al.*, (1997) mencionan

que en frutos de *Stenocereus* spp., los valores de azúcares reductores totales son de 8.1 y Torres *et al.*, (2009) valores de 0.07%.

En cuanto acidez titulable (%) los resultados fueron similares para ambos ciclos (2009-2010) en el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) con valores que coinciden con investigaciones realizadas por De la Peña *et al.*, (2008) donde reportaron valores de acidez para frutos recién cortados de *Hylocereus undatus* entre 0.575 y 0.376.

Por otra parte Casas *et al.*, (1997) mencionan para frutos de *Stenocereus stellatu*, valores en ácido cítrico de 0.64 g/100 ml. Mientras que para *Stenocereus queretaroensis*, valores de acidez (expresada en ácido málico) de 50, 18, 15, 29 y 17 % en las variedades amarilla, blanca, mamey, morada y roja, respectivamente.

El Cuadro 13 muestra la respuesta a los materiales orgánicos de los dos ecotipos de pitahaya dónde estadísticamente sólo se encontró diferencia significativa en la variable “diámetro de fruto” para el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) durante el ciclo 2009, por lo que respecta a las demás variables tuvieron un comportamiento similar en los ambos ciclos productivos.

Cuadro 13. Respuesta a los materiales orgánicos para *Hylocereus undatus* tipo solferina durante los ciclos 2009-2010

Ciclo	2009					2010				
ANDEVA	Fuentes de variación									
Variables	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
No. brotes vegetativos	29.6 a	25.3 a	26.6 a	28.0 a	25.5 a	64.0 a	73.4 a	98.2 a	59.7 a	68.0 a
No. botones florales	20.3 a	20.5 a	20.6 a	29.1 a	22.6 a	30.5 a	24.0 a	26.6 a	24.1 a	26.8 a
No. flores amarradas	9.16 a	12.6 a	10.5 a	15.3 a	13.0 a	25.1 a	19.1 a	17.6 a	16.6 a	21.5 a
No. Frutos	5.8 a	8.0 a	5.5 a	9.5 a	5.8 a	12.0 a	12.1 a	10.8 a	8.83 a	12.5 a
Días a fructificación	21.6 a	21.8 a	21.6 a	22.3 a	22.5 a	22.3 a	22.1 a	22.6 a	21.6 a	22.1 a
Días a floración	11.5 a	11.5 a	11.5 a	11.3 a	11.6 a	11.8 a	11.6 a	11.1 a	11.1 a	11.3 a
Rendimiento (g)	600.5 a	960.8 a	611.9 a	993.4 a	521.3 a	801.6 a	810.9 a	735.7 a	621.9 a	792.3 a
Peso de fruto	64.0 a	73.4 a	98.2 a	59.7 a	68.0 a	46.05 a	44.62 a	41.04 a	48.08 a	48.08 a
Diámetro de fruto	4.8 a	4.4 ab	4.1 b	4.5 ab	4.4 b	4.63 a	4.37 a	4.31 a	4.39 a	4.44 a
Longitud de fruto	4.6 a	4.6 a	4.7 a	4.7 a	4.6 a	4.48 a	4.53 a	4.50 a	4.41 a	4.40 a
Longitud de botones florales	14.2 a	14.0 a	14.0 a	14.3 a	13.9 a	14.37 a	14.04 a	13.86 a	14.43 a	13.79 a
Longitud de brotes vegetativos	61.9 a	60.0 a	62.4 a	57.7 a	59.1 a	59.73 a	59.25 a	58.90 a	58.03 a	52.86 a
° Brix	7.23 a	6.78 a	6.25 a	6.67 a	6.50 a	7.28 a	6.82 a	6.42 a	6.70 a	6.50 a
Azúcares reductores totales %	4.06 a	4.15 a	4.03 a	4.01 a	4.20 a	4.173 a	4.065 a	4.166 a	4.075 a	4.128 a
Acidez Titulable %	1.095 a	1.101 a	1.092 a	1.092 a	1.093 a	1.095 a	1.097 a	1.094 a	1.099 a	1.098 a

A=Desechos de hormiga arriera, B=Estiércol de Vaca, C=Estiércol de Cabra, D=Humitec, E=Sin Biofertilizante  
Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

De acuerdo al análisis de químico de los materiales orgánicos (Cuadro 9), donde humitec mostró el valor más alto para nitrógeno, fósforo y calcio (2.65, 1.27 y 4.83 % respectivamente), en cuanto a potasio los desechos de hormiga arriera y el estiércol de cabra mostraron los mayores valores con 2.47 y 2.05 %, se esperaban obtener diferencia estadística en cuando menos en las variables productivas, siendo que solo se observó en la variable diámetro de fruto cierta divergencia, respecto a las demás variables.

Además se observa que el efecto de los materiales orgánicos sobre los dos ecotipos de pitahaya no produjo crecimiento o desarrollo estadísticamente diferente, a diferencia de otras investigaciones con cactáceas. Nerd *et al.*, (1989 y

1991) mencionan que el abonado orgánico del nopal con alto contenido de nitrógeno (gallinaza), incrementan la producción de yemas florales y cladodios.

Cabe mencionar que el número de flores amarradas estuvo fuertemente ligado a la disposición de polen proveniente de otras plantas compartibles con las estudiadas, Le (2004) menciona que para *Hylocereus undatus* tipo solferina, el éxito en el amarre de flores depende en gran medida de la compatibilidad y disponibilidad de polen de otros ecotipos o especies de *Hylocereus*.

La variable número de frutos estuvo directamente ligada con el amarre de flores, para el ciclo 2010 se observó un ligero incremento en los valores de manera general, muy probablemente se deba al efecto retardado que conlleva el uso de los abonos orgánicos tal como lo demostró Vázquez *et al.*, (2004) cuyas investigaciones realizadas en nopal con fertilización orgánica, arrojaron efectos mejores el segundo año.

El rendimiento estuvo en relación directa al amarre de flores, al respecto los resultados de un experimento de fertilización en una plantación de nopal de 19 años, al usar diferentes fuentes orgánicas (estiércol de bovino, ovino y gallinaza) de nitrógeno (N) ( $150 \text{ kg/ha}^{-1}$ ), indicaron que los contenidos de N y P en los cladodios disminuyeron conforme maduraron las pencas, (Lara *et al.*, 1990a). Lo anterior sugiere un efecto de dilución de N y P, o bien demanda de dichos nutrimentos por parte de los frutos, ya que esas pencas produjeron frutos (tunas).

Investigaciones de Mondragón y Pimienta (1990a) reportan que la aplicación de 40 kg/ha<sup>-1</sup> de gallinaza + 40 kg/ha<sup>-1</sup> de N se asocia con el mayor número de cladodios y rendimientos a los dos años de iniciar un experimento con fertilizantes en un suelo migajón arcilloso, ligeramente ácido, extremadamente pobre en materia orgánica y contenidos muy altos de potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y medianos en Fósforo (P), en Dolores Hidalgo, Guanajuato. Fernández *et al.*, (1990) señalaron que 300 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino + 120 y 100 kg/ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, provocaron un mayor número de brotes vegetativos y nopalitos, y peso de nopalitos en el ciclo primavera-verano en Milpa Alta, D.F., con respecto a otros tratamientos de fertilización.

En cuanto a la variable de rendimiento, se observa que el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) mostró los mejores resultados en ambos ciclos productivos (2009-2010), de manera que tuvo un incremento del 102% para el ciclo 2010.

Para la variable peso de fruto, el ecotipo 1 (*Hylocereus undatus* tipo solferina) el peso varió 88.6 a 144.3 gramos, valores que se encuentran por debajo de los reportados por otros investigadores, lo cual es probable que se deba al carácter genético del ecotipo o a la interacción genotipo ambiente. Ortiz (2000), menciona que en *Hylocereus undatus* se obtienen frutos de 350 hasta un kilogramo; López y Guido (1998) señalan para *Hylocereus undatus*, frutos con peso promedio de 325.61 a 428.97 g; Vittini y Batista (2005), reportan frutos de 305 a 348 g en materiales de *Hylocereus tindauis*; Pushpakumara *et al.*, (2005), reportan valores de peso de frutos de *Hylocereus undatus* e *H polyrhizus* en el rango de 220 a 840



g, mientras otros reportes indican que los frutos de *Hylocereus undatus* de la región de Yucatán rebasan los 700 g. En la especie *Selenicereus setaceus* Torres *et al.*, (2009) señalan características físicas promedio de fruto de 70.25 g en peso de fruto y por otra parte Reveh *et al.*, (1998) reportan para *Selenicereus megalantus* e *Hylocereus polyrhizus* peso promedio de frutos de 157 y 190 gramos, respectivamente.

## 6.2. Experimento II. Evaluación de tallos de pitahaya en bolsa y bajo malla sombra

Con base en el análisis de varianza realizado a los datos obtenidos del experimento II con *Hylocereus undatus* tipo amarilla en bolsa, se obtuvieron diferencias altamente significativas en el factor fertirriego y sustrato, a diferencia del factor combinación, fertirriego por combinación y combinación por sustrato no hubo diferencia estadística (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cuadrados medios de *Hylocereus undatus* tipo amarilla

Fuente de variación	Ciclo 2010			
	Número de brotes vegetativos	Longitud de brotes vegetativos (cm)	Peso de brotes vegetativos nuevos (g)	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )
Fertirriego	<b>17.066 *</b>	<b>672.94 **</b>	<b>123651.4 **</b>	<b>4.27 ns</b>
Combinación	<b>0.60 ns</b>	<b>198.74 ns</b>	<b>6381.8 ns</b>	<b>57.50 ns</b>
Sustratos	<b>10.06 **</b>	<b>209.18 **</b>	<b>29913.8 **</b>	<b>120.47 *</b>
Fertirriego* combinación	<b>4.26 ns</b>	<b>41.76 ns</b>	<b>522.1 ns</b>	<b>23.28 ns</b>
Combinación* sustratos	<b>2.35 ns</b>	<b>8.00 ns</b>	<b>6380.3 ns</b>	<b>42.06 ns</b>
fertirriego*sustratos	<b>3.15 ns</b>	<b>31.89 ns</b>	<b>24131.3 **</b>	<b>52.99 ns</b>
fertirriego* combinación* Sustratos	<b>1.93 ns</b>	<b>27.08 ns</b>	<b>8144.2 **</b>	<b>55.36 ns</b>
Media	3.63	17.69	114.10	16.99
Coefficiente de variación	12.88	10.49	18.36	15.40

<sup>ns</sup> no significativo; \* significativo; \*\* altamente significativo

El Cuadro 15 muestra la comparación de medias de las variables a partir del análisis de varianza, en el que se observa que el fertirriego influyó en la longitud de brotes vegetativos y el peso de brotes vegetativos nuevos, en cambio la mezcla y los sustratos no tuvieron efecto significativo en la mayoría de las variables. En general, la interacción de la mezcla y los sustratos no afectaron el número de brotes vegetativos, ni el volumen de raíz. Siendo la solución nutritiva de Steiner la que mostró mejores resultados.

Cuadro 15. Respuesta de plantas de *Hylocereus undatus* tipo amarilla al factor fertirriego

Factor	Riego			
	Número de brotes vegetativos	Longitud de brotes vegetativos (cm)	Peso de brotes vegetativos nuevos (g)	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )
Riego Agua	<b>3.10 b</b>	<b>14.34 b</b>	<b>68.70 b</b>	<b>17.26 a</b>
Solución nutritiva	<b>4.16 a</b>	<b>21.04 a</b>	<b>159.50 a</b>	<b>16.73 a</b>

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 15 se detectó que hubo diferencias significativas entre el factor fertirriego para las variables número de brotes vegetativos, longitud de brotes vegetativos y peso de brotes vegetativos nuevos. Lo cual significa que el efecto de la solución nutritiva afecta de manera positiva estas variables. Al respecto en investigaciones realizadas por Zavaleta-Beckler *et al.*, (2001) encontraron que el fertirriego da lugar a rendimientos elevados de cladodios en *Opuntia spp.*

Los resultados obtenidos en la presente investigación también coinciden con los encontrados por Nerd y Mizrahi (1994b), quienes mencionan que en nopal la interacción de la fertilización con nitrógeno y fósforo afecta el número de cladodios

por planta, obteniendo mayor número de cladodios por planta de 12.3 con 75 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 33 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo con una densidad de 50,000 plantas por hectárea. Otras investigaciones demostraron que la fertilización nitrogenada incrementa la materia seca aérea (estandarizada por el número de cladodios), incrementa los órganos vegetativos más que los reproductivos en el primer año y a la inversa durante el segundo año (Ochoa y Uhart, 2006), esta tendencia del incremento de órganos vegetativos coincide con lo observado en el Cuadro 16.

En el Cuadro 16 se observa que no hubo diferencia estadística para las variables estudiadas.

Cuadro 16. Comparación de medias de las plantas de *Hylocereus undatus* tipo amarilla al factor combinación

Combinación.	Combinación			
	Número de brotes vegetativos	Longitud de brotes vegetativos (cm)	Peso de brotes vegetativos nuevos (g)	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )
50:50	<b>3.53 a</b>	<b>15.87 a</b>	<b>103.79 a</b>	<b>16.02 a</b>
75:25	<b>3.73 a</b>	<b>19.51 a</b>	<b>124.41 a</b>	<b>17.97 a</b>

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 17 se observa que para la variable número de brotes vegetativos, es estiércol de vaca y el estiércol de cabra, estadísticamente tuvieron los mejores valores, para longitud de brotes vegetativos el desecho de hormiga arriera presento diferencia significativa, en cuanto a peso de brotes vegetativos nuevos, desechos de hormiga arriera y estiércol de vaca fueron estadísticamente superiores al resto, para el volumen de raíz los mejores valores se obtuvieron con estiércol de cabra y humitec.

Cuadro 17. Respuesta de plantas de *Hylocereus undatus* tipo amarilla al factor sustrato

Sustrato	Sustrato			
	Número de brotes vegetativos	Longitud de brotes vegetativos (cm)	Peso de brotes vegetativos nuevos (g)	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )
Desechos de hormiga arriera	<b>3.41 ab</b>	<b>22.77 a</b>	<b>167.7 a</b>	<b>12.01 b</b>
Estiércol de Vaca	<b>4.41 a</b>	<b>21.16 ab</b>	<b>152.9 a</b>	<b>16.02 ab</b>
Estiércol de Cabra	<b>4.66 a</b>	<b>17.07 ab</b>	<b>125.2 abc</b>	<b>20.02 a</b>
Humitec	<b>3.25 ab</b>	<b>13.61 b</b>	<b>68.7 bc</b>	<b>19.13 a</b>
Arena	<b>2.41 b</b>	<b>13.83 b</b>	<b>55.8 c</b>	<b>17.80 ab</b>

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 17 se observa la respuesta del factor sustrato donde se encontró diferencia significativa en todas las variables, en cuando al número de brotes vegetativos, el sustrato con estiércol de vaca y de cabra obtuvo los valores más altos, al respecto en investigaciones realizadas por Fernández *et al.*, (1990) encontraron que 300 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino + 120 y 100 kg/ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, provocaron un mayor número de brotes vegetativos y nopalitos (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller).

Para longitud de brotes vegetativos, los valores más altos se encontraron con el sustrato combinado con desechos de hormiga arriera, al respecto Fortanelli y Servín (2001) en sus investigaciones encontraron que el uso de los desechos de hormiga arriera son superiores a los estiércoles convencionales utilizados, en cuanto al contenido de N 2.15% contra 1.38% del estiércol de vaca, empleándose

para fertilizar calabacita (*Cucurbita pepo* L.) y jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con resultados aceptables.

En cuanto al peso de brotes vegetativos nuevos, los sustratos combinados con desechos de hormiga arriera y estiércol de vaca, fueron significativamente diferentes del resto, para el volumen de raíz el valor más alto y estadísticamente diferente fue para el sustrato combinado con estiércol de cabra, al respecto en investigaciones con nopal García y Grajeda (1991) reportaron mayor incremento en la superficie radicular con la aplicación de estiércol de cabra.

## VII CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

1. La aplicación del riego y de materiales orgánicos (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca, estiércol de cabra y humitec) a plantas adultas de pitahaya adelantó la floración y fructificación en ambos años, siendo mayor para el año 2010.
2. La aplicación de los materiales orgánicos y riegos de auxilio produjo en *Hylocereus undatus* tipos solferino diferencias significativas respecto a *H. polyrhizus* en cuanto a longitud de brotes vegetativos, número de botones florales, número de flores y número de frutos. Para *H. polyrhizus* sólo hubo diferencia significativa en el número de brotes vegetativos, respecto a *H. undatus* tipo solferina.
3. El rendimiento para *Hylocereus undatus* tipo solferina mostró los mejores resultados en ambos ciclos productivos (2009-2010). Durante el 2010 aumentó en un 100%
4. La aplicación de los materiales orgánicos y riegos de auxilio a las plantas adultas de pitahaya no afectaron las variables morfológicas y químicas (°Brix, azúcares reductores totales, acidez titulable) de los frutos en los dos ciclos de producción.
5. En las estacas de pitahaya, los sustratos influyeron de manera significativa para todas las variables (Número de brotes vegetativos, longitud de brotes vegetativos, peso de brotes vegetativos nuevos, volumen de raíz).

6. El riego con solución nutritiva aplicado a las estacas de pitahaya, produjo mayor efecto significativo en todas las variables evaluadas, en comparación con el riego a base de agua.
  
7. La longitud y peso de brotes vegetativos, fue mayor cuando se aplicó abono de hormiga arriera, vaca o de cabra
  
8. El abono de hormiga generó el menor volumen de raíces en las estacas (12 cm<sup>3</sup>) el mayor valor lo produjo el abono de cabra (20 cm<sup>3</sup>).

## VIII. LITERATURA CONSULTADA

- ABAD, B. M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. Pp. 131-166. En: El cultivo del tomate. F. Nuez (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- ABAD, B. M. y M. P. NOGUERA. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Pp.137-185. En: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed). 2a ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- ABAD, B. M., M.P. NOGUERA y C. B. CAMÓN. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Pp. 113-158. En: Tratado de Cultivo sin suelo. Urrestarazu G.M. 3a edición. Mundi Prensa. Madrid, España.
- ABAD, B. M., M.P. NOGUERA y C. B. CAMÓN. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. Pp. 299-352. En: Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- ALCÁNTAR, G. G. y M. SANDOVAL V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 10 Chapingo, México. 156 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist) 1990. 15th. Ed. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. (<http://www.aoac.org/>). Fecha de consulta 29 de mayo de 2009.
- ARGÜELLO, P. E. y V. V. JIMÉNEZ. 1997. Períodos prolongados de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Hawort), Tesis profesional de ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia. 87 p.
- ARIAS, M. S. 1997. Distribución general de las cactáceas. Pp. 39-48. En: Rodríguez, P.L. (ed.). Mexicanas: Cactáceas. Suculentas México, D.F.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria), 2000. Pitahaya y Trigo. Ed. Abriendo surcos. Revista Claridades Agropecuarias No. 82. 44 p.
- BETANCOURT, Y. P., I. MONTILLA, C. HERNÁNDEZ y E. GALLARDO. 2005. Fertilización nitrogenada en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr) en el sector Páramo Negro, municipio Iribarren estado Lara. Rev. Fac. Agronomía. 22: 377-387
- BLANCO-MACÍAS, F., R.D. VALDEZ-CEPEDA, R.E. VÁZQUEZ-ALVARADO y P. ALMAGUER-SIERRA. 2008. Establecimiento y Manejo del Nopalito para Verdura. Pp. 1-17. En: Vázquez-Alvarado, R. E.; F. Blanco-Macías y R. D. Valdez-Cepeda (eds). Memorias del "VII Simposium Nacional: Taller de Producción y Aprovechamiento de Nopal en Noreste de México". Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L.



- BONILLA, I. 2001. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. Pp. 83-97. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. y Edicions Universitat de Barcelona. Madrid, España.
- BRAVO, H. H. 1997. Suculentas mexicanas cactáceas. Ed. CVS-CONABIO-SEMARNAP-PROFEPA-UNAM. México. 143 p.
- BRAVO, H. y L. SHEINVAR. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México. 1043 p.
- BURÉS, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. Pp. 19-31. En: Pastor S., J.N. (ed). Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. Universitat de Lleida.
- CADAHÍA, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 681 p.
- CÁLIZ DE DIOS, H. y M. R. CASTILLO. 2000. Soportes vivos para pitahaya (*Hylocereus spp.*) en sistemas agroforestales. Pp. 21-25. En: Universidad de Quintana Roo. Ed. Agroforestería en las Américas Vol. 7 No. 28.
- CARRILLO R., J. C. 2005. Relación agua-suelo-planta-clima. Fundamentos básicos para la planificación del riego. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Núm. 23. Oaxaca. Mex. 98 p.
- CASAS, A., B. PICKERSGILL, J. CABALLERO y A. VALIENTE-BANUET. 1997. Ethobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. Economic Botany 52: 279-292.
- CASTELLANOS R. J. Z. y J. L. C. REYES. 1982. La utilización de los estiércoles en la agricultura. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey A.C. Sección Laguna, Torreón, Coah. México. 154 p.
- CASTILLO M., R. y H. CÁLIZ DE DIOS. 1997. Las pitahayas un recurso subaprovechado. Ed Ciencia y Tecnología. 52-57 Pp.
- CASTILLO M., R. y Y. D. ORTIZ H. 1994. Floración y fructificación de pitahaya en Zaachila, Oaxaca. Rev. Fitotecnia Mexicana 17:12-19.
- CASTILLO M., R., H. CÁLIZ DE DIOS y C. A. RODRÍGUEZ. 1996. Guía técnica para el cultivo de pitahaya. CONACyT, Qroo, INIFAP y UACH. 14 p.
- CASTILLO-MARTÍNEZ, R. 2000. Aportaciones al conocimiento y aprovechamiento de *Hylocereus*. Pp. 56-59. En: Resúmenes del Simposio Internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus*), Guadalajara, Jal. México.
- CENTURIÓN Y., A. R., S. SOLÍS P., C. SAUCEDO V., R. BÁEZ S. y E. SAURI D. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. Fitotecnia Mexicana. 31(001). 1-5.

- CRUZ-MEDRANO, S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, Edo. de México. 129 p.
- CRUZ, P. H. 1992. Fisiología de la pitahaya. Pp. 14-20. Trabajo presentado en el primer encuentro nacional del cultivo de pitahaya, San Marcos, Nicaragua.
- DE LA PEÑA, C., E. SAURI y A. CENTURIÓN. 2008. Relación entre el grado de madurez de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) y su contenido nutrimental. Revista fitotecnia mexicana. Vol. 1: 1-5.
- FÉLIX-HERRÁN, J.A., R.R. SAÑUDO-TORRES, G.E. ROJO-MARTÍNEZ, R. MARTÍNEZ-RUIZ y V. OLALDE-PORTUGAL. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai Vol. 4. Número 1. 57-67.
- FERNÁNDEZ M., M. R., J. VÁZQUEZ R. y J.A. VILLALOBOS. 1990. Fertilización preliminar de nopal para verdura en Milpa Alta, D.F. Pp. 29. In: Memorias del IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional Sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A. C., INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México.
- FORTANELLI M., J. y M. E. SERVÍN M. 2001. Refuse of Leaf-Cutting Ant (*Atta mexicana* Smith), an Organic Fertilizer for Vegetable Production. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Terra. Vol. 20 Num. 2.
- GARCÍA, E. 1990. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Ed. Ofset Larios, S.A. 4a Edición. México, D.F. 217 p.
- GARCÍA V., A. G. y J. E. GRAJEDA G. 1991. Cultivo de nopal para verdura. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 18 p.
- GATHARA, G. N., P. FELKER and M. LAND. 1989. Influence of nitrogen and phosphorus application on *Opuntia engelmannii* tissue N concentrations, biomasa production and fruit yield. J. Arid Environments 16: 337-347.
- GONZÁLEZ, C. L. and J.H. EVERITT. 1990. Fertilizer effects on the quality and production of prickly pear cactus and its wildlife value. Pp. 3-13. In: Proc. First Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, Texas.
- GUNASENA, H. P. M., D.K.N. PUSHPAKUMARA and G. M. KARIYAWASAM. 2006. Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Briton and Rose. Pp. 110-139. In: Field manual for extension workers. Council for Agricultural Policy. Wijerama Mawwatha, Colombo 7. Sri Lanka.
- LARA S., R., J.I. CORTÉS F., J.P. CRUZ H. y A. LÓPEZ J. 1990a. Dinámica nutrimental en nopal tunero (*Opuntia amyclaea* T.) con diferentes fuentes de fertilización. I. Macronutrientes. Pp. 23. En: Memorias de la IV Reunión Nacional y el II Congreso Internacional Sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A.C. INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México.

- LARA S., R., J.I. CORTÉS F., J.P. CRUZ H. y A. LÓPEZ J. 1990b. Dinámica nutrimental en nopal tunero (*Opuntia amyclaea* T.) con diferentes fuentes de fertilización. II. Micronutrientes. Pp. 24. En: Memorias de la IV Reunión Nacional y al II Congreso Internacional Sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A. C., INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México.
- LE, B.F. 2004. Pollination and fecundation of *Hylocereus undatus* and *H. costaricensis* in Reunion Island. Cirad/EDP Sciences. Fruits. Vol. 59 (6). 1-12.
- LEMAIRE, F., A. FATIGUES, L.M. REVIERE, S. CHARPENTIER y P. MOREL. 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 210 p.
- LEÓN, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Editorial Agroamérica. San José, Costa Rica. IICA. 79-80 Pp.
- LÓPEZ-CESATI, J., R. FERRERA C. y S. ALCALDE B. 1979. Efecto de la fertilización orgánica sobre la población microbiana en un suelo de Ando de la Sierra Tarasca. Pp. 49-58. En: Trinidad Santos, A. y O. Miranda (eds.). Suelos de Ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la Sierra Tarasca. INIA – CIAB y Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- LÓPEZ T., O. y A. GUIDO M. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agronomía Mesoamericana 9 (1): 66-71.
- MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, A., V.M. LÓPEZ-SANTIAGO, Y.D. ORTIZ-HERNÁNDEZ y F. ARCE G. 1999. Avances de la nutrición de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) bajo hidroponía e invernadero. Cactáceas y otras plantas suculentas. II Congreso Mexicano, I Congreso Latinoamericano y del Caribe. Oaxaca, México. 128 p.
- MASAGUER R., A. y F. CRUZ M. 2007. Avances en sustratos para cultivos hortícolas: caracterización y manejo. 4ª Curso Internacional de Actualización en Horticultura Protegida. Universidad Politécnica de Madrid (España). 44 p.
- MERAZ A., M.R., M. GÓMEZ C. y R. SCHEWENTESIUS. 2003. Pitahaya de México: Producción y comercialización en el contexto internacional. Ed CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. 175 p.
- MIZRAHI, Y., E. RAVEH, E. YOSSOV, A. NERD and J. BEN-ASHER. 2007. New Fruit Crops With High Water Use Efficiency. Research Grant no IS-3292-01R from BARD, The United States – Israel Binational Agricultural Research and Development Fund. 7 p.
- MONDRAGÓN J., C. y E. PIMIENTA B. 1990a. Corrección del “amarillamiento” del nopal tunero: Una posible deficiencia nutrimental. Pp. 26-27. En: Memorias de la IV Reunión Nacional y el II Congreso Internacional Sobre el

- conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A.C. INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México.
- MONDRAGÓN J., C. y E. PIMIENTA B. 1990b. Fertilización orgánica y química del nopal tunero en zonas semiáridas. In: Memorias del IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional Sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. SOMECH, A.C. INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac. México. 28 p.
- NERD, A. and P.M. NEUMANN. 2004. Phloem wáter transport Maintains stem Grow in a drought-stressed crop cactus (*Hylocereus undatus*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (4):486-490.
- NERD, A. and Y. MIZRAHI. 1992. Effects of fertilization on prickly pear production in Israel. Proceedings of the Third Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, TX, USA. 1-4 Pp.
- NERD, A. and Y. MIZRAHI. 1994a. Effects of fertilization on prickly pear production in Israel. Proceedings of the Third Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, TX, USA. 1-4 Pp.
- NERD, A. and Y. MIZRAHI. 1994b. Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Scientia Horticulturæ. 59(2): 115-122 Pp.
- NERD, A. and Y. MIZRAHI. 1997. Reproductive biology of fruit cacti. Hort. Rev. 18:322-346.
- NERD, A., N. TEL-ZUR and Y. MIZRAHI. 2002. Fruits of vine and columnar cacti. In: Cacti, Biology and Uses. Nobel P. (ed.). University of California Press. Berkeley, U.S.A. 185-197.
- NERD, A., A. KARADY and Y. MIZRAHI. 1989. Irrigation, fertilization and polyethylene covers in prickly pear influence bud development. HortScience 24:773-775.
- NERD, A., A. KARADY and Y. MIZRAHI. 1991. Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. HortScience 26 (5): 527-529.
- NOBEL, P.S., C.E. RUSSELI, P. FELKER, L. GALO and E. ACUÑA. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacto. Agron. J. 79(3): 550-555.
- NORZIAH, M. H., A.S. RURI, C.S.A. TANG and A. FAZILAH. 2008. Utilization of Red Pitaya (*H. polyrhizus*) Fruit Peels for Value Added Food Ingredients. Ed. International Conference on Environmental Research and Technology. 4 p.
- OCHOA, M. J. and S. UHART. 2006. Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): Effects on solar radiation use efficiency and dry matter accumulation. Acta Hort. (ISHS) 728:125-130.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2000. Manual técnico: Buenas prácticas de cultivo en pitahaya. Proyecto

- Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional-VIFINEX. Nicaragua. 54 p.
- ORTIZ H., Y. D. 1999. Pitahaya Un Nuevo Cultivo Para México. Ed. Limusa-Grupo Noriega Editores. México, D.F. 111 p.
- ORTIZ H., Y. D. 2000. Hacia el Conocimiento y Conservación de la Pitahaya. Ed. IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, Oaxaca, México. 124 p.
- ORTIZ H., Y. D., G. ALCÁNTAR G., L. ARÉVALO G. y J. Y. LÓPEZ C. 2003. La pitahaya del genero *Hylocereus*: Recurso filogenético de y para México. Pitaya (*Stenocereus*) y pitahaya (*Hylocereus*). Seminario Internacional. Guatemala. 95 p.
- PIMIENTA-BARRIOS, E. and P.S. NOBEL. 2004. Ecophysiology of the pitayo of Querétaro (*Stenocereus queretaroensis*). Journal of Arid Enviromentals 59: 1-17.
- PISSANI, J. F., M. MARTÍNEZ R., R. VÁZQUEZ A. y L. SAMANIEGO M. 2000. Efecto del lodo residual en el rendimiento del nopal forrajero *Opuntia spp.* variedad copena f. Universidad Autónoma de Nuevo León. 13 p.
- POHLAN, H. A. J., W.G. GAMBOA-MOYA, D.J. SALAZAR-CENTENO, F. MARROQUÍN-AGREDA, M.J.J. JANSSENS, A. LEYVA-GALÁN, E. GUZMÁN, E. TOLEDO-TOLEDO y R. GÓMEZ-ÁLVAREZ. 2007. El cultivo orgánico de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) en Nicaragua. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. Volumen 108. No. 2. 123-148.
- PUSHPAKUMARA, D. K. N. G., H.P.M. GUNASENA and M. KARYAWASAM. 2005. Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of dragon fruit (*Hylocereus spp.*). Sri Lankan J. Agric. Sci. 42. 81-91.
- QUEZADA, C., I. VIDAL, L. LEMUS and H. SÁNCHEZ. 2007, Effect of nitrogen fertilization on yield and fruit quality of raspberries (*Rubus idaeus* L.) under two fertigation programs. R. C. Suelo Nut. Veg. Numero 7 (3) 1-15.
- RAMÍREZ M., F. 2007. Monografía del cultivo de pitahaya. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 23 p.
- REYES, C. 1999. Diseños Experimentales Aplicados. Ed. Trillas. México. 348 p.
- REYES S., J., C. BRACHET I., J. PÉREZ C. y A. GUTIÉRREZ DE LA ROSA. 2004. Cactáceas y otras plantas nativas de la Cañada Cuicatlán, Oaxaca. Ed. UNNO México. 196 p.
- RODRÍGUEZ C., A. 1993. El cultivo de la pitahaya en Yucatán. Ed. UACH y Gobierno del estado de Yucatán. México. 14 p.
- RODRÍGUEZ C., A. 2000. Pitahayas. Estado mundial de su cultivo y comercialización. Maxcanú, Yucatán, Fundación Yucatán Produce A.C. y Universidad Autónoma Chapingo. 153 p.

- RUIZ-FIGUEROA, J. F. 1966. Agricultura orgánica: una opción sustentable para el agro mexicano. Coloquio UACH.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. El cultivo de la Pitahaya. Subsecretaría de Desarrollo Rural. DGADR. Ficha técnica Numero 3. 12 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2000. Abonos Orgánicos. Subsecretaría de Desarrollo Rural. DGADR. Ficha técnica Numero 6. 8 p.
- SALAZAR D., J. y J. POHLAN. 1999. Perspectivas para el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) en: Memorias del Diplomado Internacional en Fruticultura Sostenible. Ed. Talleres de Nacional Gráfica. México. 181-196.
- SANDOVAL V., M. 2003. Cultivos hidropónicos. Cuatrimestre de verano EDA-654. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- SANTACRUZ V., C., V. SANTACRUZ V. y V.M. HUERTA E. 2009. Agroindustrialización de pitaya. Ed. Universitaria. La Habana. 133 p.
- SAS, Institute Inc. 2002. SAS Cary, NC, USA. SAS/STAT® Software Users's Guide. Versión 9.0 for Microsoft Windows ® (Version trial 30-days). (<http://www.sas.com/software/sas9/>).
- STEINER, A. A. 1961 A universal method for preparing nutrient solution. Of a certain desired composition. Plant and soil XV: 134-154.
- TERÉS, V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal, Fitotecnia.
- TORRES, L. B. V., S.M. SILVA and L. P. FÉLIX. 2009. Fruit characterization of a *Selenicereus* c.f. *setaceus* native from Brejo micro región, Paraíba State, Brazil. Acta Hort. (ISHS) 811. 149-154.
- TRINIDAD-SANTOS, A. 1987. El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- VALDEZ C., R.D., F. BLANCO-MACÍAS, Y.R. RUÍZ-GARDUÑO, M. MÁRQUEZ-MADRID y F. J. MACÍAS-RODRÍGUEZ. 2002. Fertilización-nutrición en nopal. Informe de Investigación. PUIFRU 230308 (2001), Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México. 3 p.
- VALDEZ-CEPEDA, R.D. y F. BLANCO-MACÍAS. 2002. Fertilización-Nutrición en Nopal. pp. 5-13. In: Troyo-Diéguez, E., B. Murillo-Amador (Editores). Actualización en el Manejo del Cultivo del Nopal. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, B.C.S. México. 38 p.

- VALDEZ-CEPEDA, R.D., F. BLANCO-MACÍAS, A. BERNARDO-MURILLO, J.L. GARCÍA-HERNÁNDEZ y R. MAGALLANES-QUINTANAR. 2007. Fertilización-nutrición en nopal. 59-78 Pp. En: Arechiga-Flores, C. F., Aguilera-Soto, J. I., Urista-Torres, J, Valdez-Cepeda, R. D., Blanco-Macías, F., Reveles-Hernández, M. y Rubio Aguirre, F. A. (Eds.). El Nopal en la Producción Animal. Edit. UAZ. Zacatecas, Zac. México. 149 p.
- VALDEZ-CEPEDA, R. D., F. BLANCO-MACÍAS, R. MAGALLANES-QUINTANAR y R.E. VÁZQUEZ-ALVARADO. 2010. Avances en la nutrición del nopal en México. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal" RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Ed. Especial Numero 5. 14 p.
- VÁZQUEZ A., R.E., D.C. VALDEZ R. y G. SALINAS G. 2004. El nopal verdura, su uso potencial y explotación en el Noreste de la República Mexicana. En: Vázquez- Alvarado, R. E. y E. Gutiérrez-Ornelas (eds.). "Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México". Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México. 1-9 Pp.
- VILLAVICENCIO G., E. 2002. Técnicas de multiplicación para cactáceas ornamentales amenazadas o en peligro de extinción. Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico Forestal, Nicaragua.
- VITTINI, Y. y C.M. BATISTA. 2005. Comportamiento y desarrollo de materiales comerciales de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en la República Dominicana. Sociedad Hortícola Tropical. 48: 188-190.
- ZAVALETA-BECKLER, P., L.J. OLIVARES-OROZCO, D. MONTIEL-SALERO, A. CHIMAL-HERNÁNDEZ y L. SCHEINVA. 2001. Fertilización orgánica en xoconostle (*Opuntia joconostle* y *O. matudae*). Agrocienza Volumen 35, No. 6. 609-614.