



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional Unidad Michoacán**

**CIIDIR IPN UNIDAD MICHOACÁN**

**"DESARROLLO VEGETATIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) EN  
RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOST Y FERTIRRIEGO "**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**PRESENTA:**

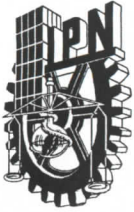
**YIRUBA MORALES AYALA**

**DIRECTORES DE TESIS:**

**DR. LUIS FERNANDO CEJA TORRES**

**DR. JOSÉ TEODORO SILVA GARCÍA**

**JIQUILPAN DE JUÁREZ, MICHOACÁN, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2017**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Jiquilpan, Michoacán siendo las 12:00 horas del día 17 del mes de Noviembre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR Unidad Michoacán para examinar la tesis titulada:

“Desarrollo vegetativo de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en respuesta a la aplicación de vermicompost y fertirriego”.

Presentada por el alumno:

Morales

Ayala

Yiruba

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre

Con registro:

B	1	5	1	3	1	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

**Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable**

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

### LA COMISIÓN REVISORA Directores de tesis

Dr. Luis Fernando Ceja Torres

Dr. José Teodoro Silva García

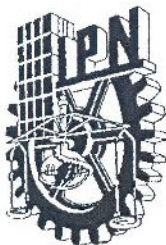
Dr. José Venegas González

Dr. Carlos Méndez Inocencio

M. en C. Salvador Ochos Estrada

**Dra. Hortencia Gabriela Mena Violante**  
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES





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

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de Jiquilpan de Juárez, Michoacán, el día **29** del mes de **Noviembre** del año **2017**, la que suscribe **Yiruba Morales Ayala** alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable, con número de registro **B151313**, adscrita al **CIIDIR IPN Unidad Michoacán**, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Luis Fernando Ceja Torres** y **Dr. José Teodoro Silva García** ceden los derechos del trabajo titulado **Desarrollo vegetativo de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en respuesta a la aplicación de vermicompost y fertirriego**, 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 de la autora y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones [yiru.morales@gmail.com](mailto:yiru.morales@gmail.com) [lfceja@ipn.mx](mailto:lfceja@ipn.mx) [tsilva09@hotmail.com](mailto:tsilva09@hotmail.com) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

Yiruba Morales Ayala

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la pitahaya .....	3
2.1.1. Taxonomía.....	3
2.1.2. Morfología .....	3
2.1.3. Fenología.....	4
2.1.4. Características fisiológicas.....	6
2.1.5. Composición nutrimental .....	6
2.1.6. Precios y mercado .....	7
2.2. Cultivo de la pitahaya .....	8
2.3. Manejo de cultivos .....	9
2.3.1. Riego .....	9
2.3.2. Fertilización y fertirriego.....	10
2.3.2.1. Nutrientes esenciales para la planta.....	11
2.3.3. Uso de sustratos orgánicos e inorgánicos en cultivos.....	12
2.4. Agricultura orgánica .....	13
III. ANTECEDENTES.....	15
3.1. Requerimientos climáticos y edáficos.....	15
3.2. Uso de riego y fertilización en cultivos de pitahaya .....	16
3.3. Fertilización orgánica en cultivos de pitahaya.....	19
3.4. Fertilización orgánica e inorgánica en el nopal.....	19
3.5. Composición mineral de tallos de pitahaya.....	22
IV. JUSTIFICACIÓN.....	23
V. OBJETIVOS.....	24
5.1. Objetivo general.....	24
5.2. Objetivos específicos.....	24

VI.	HIPÓTESIS.....	25
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
	7.1. Ubicación del área experimental .....	26
	7.2. Material vegetativo de pitahaya .....	26
	7.3. Diseño experimental y tratamientos.....	26
	7.4. Aplicación de tratamientos.....	27
	7.5. Variables en estudio.....	27
	7.6. Análisis estadísticos.....	29
VIII.	RESULTADOS.....	30
	8.1. Caracterización física y fisicoquímica del suelo, del sitio experimental.....	30
	8.2. Caracterización del vermicompost.....	31
	8.3. Variables de estudio.....	31
	8.3.1. Número de brotes de tallos en pitahaya de pulpa roja ( <i>H. ocamponis</i> ).....	31
	8.3.2. Número de brotes de tallos en pitahaya de pulpa blanca ( <i>H. undatus</i> ).....	32
	8.3.3. Longitud total de tallos de pitahaya de pulpa roja ( <i>H.</i> <i>ocamponis</i> ).....	33
	8.3.4. Longitud total de tallos de pitahaya de pulpa blanca ( <i>H. undatus</i> ).....	34
	8.3.5. Altura máxima de las plantas de pitahaya de pulpa roja ( <i>H. ocamponis</i> ).....	35
	8.3.6. Altura de las plantas de pitahaya de pulpa blanca ( <i>H.</i> <i>undatus</i> ).....	36
	8.4. Composición mineral de tallos de pitahaya.....	37
	8.4.1. Composición mineral de tallos de pitahaya de pulpa roja ( <i>H. ocamponis</i> ).....	37
	8.4.2. Composición mineral de tallos de pitahaya de pulpa blanca ( <i>H. undatus</i> ).....	39
IX.	DISCUSIÓN.....	41
	9.1. Variables medidas en campo.....	41
	9.2. Contenido nutrimental en campo.....	43

X.	CONCLUSIONES.....	46
XI.	LITERATURA CITADA.....	47
XII.	ANEXOS.....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Composición nutricional de pitahaya amarilla y pitahaya roja, por 100 g. de fruta (55 g. de parte comestible).....	7
<b>Cuadro 2.</b> Composición mineral de tallos tiernos de <i>Acanthocereus</i> spp. e <i>Hylocereus</i> sp. (100 g de materia seca).....	22
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos experimentales en el cultivo de pitahaya.....	27
<b>Cuadro 4.</b> Características físicas y fisicoquímicas del suelo del sitio experimental de pitahaya, pulpa blanca (muestra 1) y pulpa roja (muestra 2).....	30
<b>Cuadro 5.</b> Características fisicoquímicas del vermicompost de estiércol de bovino.....	31
<b>Cuadro 6.</b> Número de brotes de tallo en plantas de pitahaya de pulpa roja ( <i>Hylocereus ocamponis</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.....	32
<b>Cuadro 7.</b> Número de brotes de tallos en plantas de pitahaya de pulpa blanca ( <i>Hylocereus undatus</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos. de vermicompost o fertirriego. ....	33
<b>Cuadro 8.</b> Longitud total (cm) de tallos en plantas de pitahaya de pulpa roja ( <i>Hylocereus ocamponis</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.....	34
<b>Cuadro 9.</b> Longitud total (cm) de tallos en plantas de pitahaya de pulpa blanca ( <i>Hylocereus undatus</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.....	35
<b>Cuadro 10.</b> Altura máxima (cm) de las plantas de pitahaya de pulpa roja ( <i>Hylocereus ocamponis</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicomposta y/o fertirriego...	36
<b>Cuadro 11.</b> Altura máxima (cm) de plantas de pitahaya de pulpa blanca ( <i>Hylocereus undatus</i> ), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego. ...	37

<b>Cuadro 12.</b> Composición mineral de tallos inmaduros de pitahaya de pulpa roja ( <i>Hylocereus ocamponis</i> ) base seca. ....	38
<b>Cuadro 13.</b> Composición mineral de tallos inmaduros de pitahaya de pulpa blanca ( <i>Hylocereus undatus</i> ) base seca .....	40



## RESÚMEN

En los últimos 20 años el interés por cultivar pitahaya, se ha incrementado en varios países como Vietnam, Colombia, Nicaragua, Israel, Taiwán y México. En este país se cultiva principalmente la especie *Hylocereus undatus* en la Península de Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Baja California. Estas plantas se caracterizan por ser cactáceas trepadoras de climas semicálidos que producen frutos ovalados con escamas externas. El cultivo de estas plantas, se siguen ampliando debido a su gran adaptación, a la poca cantidad de agua que requiere y al alto valor de venta que puede adquirir. En Santiago Tangamandapio, Michoacán es un cultivo de reciente introducción, por lo que se desconoce su manejo y adaptación. En esta investigación se evaluó el desarrollo vegetativo de pitahaya en respuesta a la aplicación de vermicompost y fertirriego. Por lo que se estableció un experimento de 160 plantas de dos especies (*Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*) 80 de cada una, en un diseño completamente al azar, con 8 tratamientos y 10 repeticiones, los cuales constan de: 100 ppm de N, P y K, vermicompost (50, 100 y 150 t ha<sup>-1</sup>), su combinación y un testigo con solo riego. Como variables de respuesta se evaluaron mensualmente, altura de la planta, número de brotes de tallos y longitud total de tallos, además se evaluó el contenido nutrimental del tallo. Obteniendo como resultados la eficacia de dos tratamientos; 50 t ha<sup>-1</sup>+100 ppm de NPK y 150 t ha<sup>-1</sup>+100 ppm de NPK, que estimularon la aparición de brotes, elongación de los tallos y altura de las plantas. Asimismo, las plantas de pitahaya con aplicación de la combinación de vermicompost más fertilizante inorgánico, tuvieron mayores concentraciones en tallo de macro y micronutrientes, principalmente potasio, calcio y nitrógeno. En conclusión las plantas de *Hylocereus* spp., responden a la aplicación de enmiendas orgánicas y fertirriego.

Palabras clave: Vermicompost, Fertirriego, *Hylocereus undatus*, *H. ocamponis*.

## ABSTRACT

In the last 20 years, the interest in growing pitahaya has increased in several countries such as Vietnam, Colombia, Nicaragua, Israel, Taiwan and Mexico. In this country, the species "*Hylocereus undatus*" is mainly cultivated in the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit and Baja California. These plants are characterized by to be climbing cactuses, from semi-warm climates, that produce oval fruits with external scales. The crop of these plants, are in continuing expansion due to their great adaptation, to the small amount of water they require and the high sale value of acquisition. In Santiago Tangamandapio, Michoacan state it is a recent introduced crop, so its management and adaptation is unknown. In this research, the pitahaya vegetative development was evaluated, to answer the use of vermicompost and fertigation. For this purpose, it was set an experiment with 160 plants, coming from 2 species (*Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*) 80 from each one, in an entirely random design, 8 treatments and 10 replications by which consist in: 100 ppm of N, P and K, vermicompost (50,100 and 150 ton per hectare), its combination and a control with only water. It was evaluated monthly the height of the plant, the number of stems buds and the total stems length, It was evaluated too the nutrimental content of stems. As a result, was obtained the effectiveness of two treatments (50 t ha<sup>-1</sup> + 100 ppm of NPK) and (150 t ha<sup>-1</sup> + 100 ppm of NPK), that helped to speed up the bud development, the stem elongation and, height of the plant. In the other hand, the plants that were applied the treatments, composed by the mix of vermicompost plus a chemical fertilizer, were those that had the highest concentrations of macro and microelements, mainly potassium, calcium and nitrogen. In conclusion, these plants respond to the application of organic amendments and fertigation.

Keywords: Vermicompost, Fertigation, *Hylocereus undatus*, *H. ocamponis*.

## I. INTRODUCCIÓN

El origen de la pitahaya se sitúa a América tropical, sin embargo la han encontrado en forma silvestre en; México, Centro América y el Caribe (Cálix, 1996). La palabra pitahaya deriva del Taino, una lengua de los pueblos indígenas en los países caribeños, la cual significa fruta escamosa (Suárez, 1996). La pitahaya, también es conocida como fruta dragón, flor de cáliz, tasajo, reina de la noche, entre otros. Las pitahayas son plantas silvestres que se han recolectado y aprovechado durante cientos de años, desde antes de la llegada de los españoles (Ortiz, 1999). Las etapas en el aprovechamiento y cultivo de las pitahayas en América ha sido; recolección, 1500-2000; huertos familiares, 1900- 2000; plantaciones, 1980- 2000. Debido a la excesiva variación entre ellas en: color, forma, disposición de la areolas y espinas, color, forma y tamaño, se han clasificado en cuatro grandes grupos para fines prácticos, que son: pitahaya amarilla cultivada en Colombia; pitahaya roja de pulpa roja cultivada en Nicaragua, Guatemala, México y El salvador; pitahayas rojas de pulpa blanca, cultivada en Vietnam, Taiwan y recientemente en Israel y pitahaya blanca de pulpa amarilla, que se cultiva en Nicaragua y México (Rodríguez, 2000).

La importancia de cultivar estas plantas, radica en su capacidad de adaptación a distintas condiciones ecológicas, además de necesitar poca agua para su desarrollo, por ejemplo, se han encontrado plantas desde climas subtropicales hasta climas semiáridos, tanto al nivel del mar como hasta 1800 msnm, en suelos pobres y pedregosos hasta suelos con alto contenido de materia orgánica (OIRSA, 2000; Gunasena *et al.*, 2006; Wünsche y Albrigo, 2012). Es por ello, que en la actualidad, aumenta el interés por cultivar pitahaya en países, como son; Vietnam, Colombia, Nicaragua, Israel y México. En éste último se iniciaron plantaciones desde 1995, en la Península de Yucatán, donde la principal especie cultivada es (*Hylocereus undatus*), que se caracteriza por ser de pulpa blanca y cáscara roja. Actualmente en México, existen huertos familiares y cultivos especializados en los estados de; Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Baja California (Ortiz 1999).

México cuenta con los recursos genéticos necesarios para la producción de pitahaya, por lo que es conveniente definir técnicas de producción y manejo, que permitan su explotación a nivel comercial.

Hasta la fecha en Michoacán, no se ha realizado investigación sistemática sobre los requerimientos de riego y fertilización de pitahaya. Mientras tanto, se recomienda que los cactus epífitos se rieguen con 150 mm/año de agua y se fertilicen con 35 ppm de NPK. Algunos agricultores emplean sus propias fórmulas y pueden regar hasta 250 mm/año de agua (Mizrahi y Nerd, 1999). Es por ello que en este trabajo, se pretende evaluar el desarrollo vegetativo de un cultivo de pitahaya (*Hylocereus* spp.) en respuesta al uso de distintos tratamientos de vermicompost y vermicompost más fertirriego, esto con la finalidad de disminuir el uso de productos químicos, tomando en cuenta que los fertilizantes minerales o químicos han conducido durante décadas a la contaminación de los recursos naturales y el almacenamiento de sustancias tóxicas en distintos tejidos de las plantas, además de que los productos denominados orgánicos siguen teniendo auge en varios países, por lo que se han convertido en un fuerte potencial de divisas para los agricultores en diferentes estados de la república (Pohlan, 2007). Pudiendo ser la pitahaya orgánica una frutilla con gran potencial de comercio nacional e internacional.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de la pitahaya

#### 2.1.1. Taxonomía

Las pitahayas forman parte del orden Cactales, la familia Cactaceae, la subfamilia Cereoidae, la tribu Hylocereeae, la subtribu Hylocereinae y los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus* (Sánchez, 1978 y Becerra, 1994). Según los estudiosos de las cactáceas existen 27 especies del género *Hylocereus* (Evanich, 1989, citado por Cáliz, 1996), de las cuales solo 19 están descritas taxonómicamente. Los países con mayor número de especies son: México, 12; Colombia, 8; Guatemala y Panamá, 6, Costa Rica, 5; Venezuela, 4; Nicaragua, Cuba y República Dominicana, 3. Castillo, (Cáliz y Rodríguez, 1996).

#### 2.1.2. Morfología

Se sabe que las plantas de pitahaya, son epífitas (trepadoras) que necesitan de tutores para su crecimiento y desarrollo. Las cuales se caracterizan por tener:

- Raíces

Estas plantas poseen dos tipos de raíces: una raíz principal (de fijación) y raíces secundarias o adventicias muy ramificadas que se producen sobre los lados planos de los tallos; éstas al crecer se introducen en la tierra (Centurión, 2008).

- Tallos

Los tallos son filocladodios (con aspecto de hoja), de color verde, triangulares, con 3 aristas que rodean al tallo leñoso, estos presentan areolas, las cuales pueden tener distintas formas con base a la especie y variedad, además en los bordes de las areolas surgen espinas que forman grupos y pueden medir de 2 a 4 mm. de longitud, estos sirven de receptores y reguladores del agua, además de participar en la fotosíntesis (Ortiz, 1999).

- Flores

Las flores del género (*Hylocereus undatus*) presentan forma de tubo o trompeta con brácteas verdes y pétalos blancos. Por el día cuando está cerrada, adquiere una forma conocida como cuello de ganso que puede medir hasta 46 centímetros de longitud. Son hermafroditas, su ovario se encuentra en la parte inferior, contienen un solo lóbulo, una cámara nectarial, son aromáticas, éstas se abren entre las 18 y 19 h, su longitud oscila entre los 26 a 36 cm. de largo, su peso oscila entre 138 a 286 g. Cada tallo o penca madura es capaz de producir hasta 10 flores (Álvarez *et al.*, 2002).

- Fruto

El fruto se caracteriza por ser una baya globosa, de pulpa dulce, cubierta con escamas foliáceas y brácteas distribuidas helicoidalmente. Su diámetro varía, según la especie, de 10 a 15 cm, es verde antes de madurar. En la etapa de madurez, cambia el color de algunas variedades, puede ser de color rojo púrpura, mientras que en otras es rosa mexicano o blanca. El fruto de la pitahaya colombiana posee espinas, las cuales se desprenden fácilmente al madurar. El fruto pesa aproximadamente entre 200 a 350 g, y contienen alrededor de 650 semillas por fruto. En el caso de la especie amarilla colombiana (Rodríguez, 2000).

- Semillas

En las pitahayas del género *Hylocereus*, las semillas son de tamaño pequeño y su longitud varía entre 4 a 6 mm. Son de color café oscuro en su desarrollo, cuando el fruto está completamente maduro, adquieren el color negro mate lustroso (Ortiz, 1999).

### **2.1.3. Fenología**

Tomando en cuenta que la fenología es la ciencia que estudia los diferentes eventos que se producen sobre un ser vivo a lo largo del tiempo y su relación con los cambios climáticos estacionales. Castillo y Ortiz reportan en 2006, que el inicio reproductivo de la pitahaya se manifiesta mediante el hinchamiento de ciertos puntos a lo largo de las areola de los tallos, donde se localizan las

espinas, a partir de los cuales se desarrollan las yemas reproductivas. Después de la emergencia, los brotes se desarrollan rápidamente hasta llegar a la antesis, donde las flores pierden el perianto; a partir de esta fase transcurren de forma aproximada cinco o seis días para que se presente el amarre de fruto e inicie su desarrollo.

En las pitahayas cultivadas, la etapa reproductiva (desarrollo de flores y frutos), puede ocurrir desde el primer año. El número de flores y por consiguiente de frutos es muy reducido al principio, pero durante los siguientes años, la producción aumenta paulatinamente, hasta estabilizarse entre los seis y siete años. Las plantas de los huertos especializados pueden mantenerse productivas hasta los 15 o 20 años (Cáliz *et al.*, 2005).

En una misma planta pueden coincidir en un momento determinado varias fases de desarrollo: frutas maduras, frutas con 12 a 20 días de desarrollo, flores a punto de abrirse, flores con 2 días después de la floración y yemas florales recién iniciadas. (Barbeau, 1990). Teóricamente el ciclo reproductivo dura aproximadamente 125 días, durante los cuales pueden darse de 4 a 5 ciclos de floración, por causas nutrimentales o climáticas (Nobel, 1994). El derrame de las flores, es un fenómeno importante y se desconocen sus causas, aplicaciones de fertilizantes foliares, parecen reducirlo (Barbeau, 1997).

Estas plantas tienen un sistema radical que responde rápidamente a la presencia de humedad proveniente de lluvia, formando raíces absorbentes con la finalidad de aprovechar al máximo la humedad. Sin embargo esta raíz es muy sensible a encharcamientos constantes y muy duraderos, los cuáles provocan la putrefacción de la misma. Poseen el metabolismo del ácido crasuláceo (MAC), y sus tallos cuentan con una cutícula gruesa, características que limitan la pérdida de agua (Pimienta, 2004).

#### **2.1.4. Características fisiológicas**

La especie *Hylocereus undatus* muestra una respuesta positiva a valores de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, e identifican a esta especie como tolerante a la sombra y fotosintéticamente eficiente a condiciones ambientales estresantes. (Raveh *et al.*, 1993).

Cuando el contenido relativo de agua en los tallos es de 60% *Hylocereus Undatus* tiende a presentar su máxima tasa de intercambio de CO<sub>2</sub>, al finalizar la noche, y cuando el contenido relativo de agua es de 34 % tienden a mostrar el metabolismo CAM-reducido, que es cuando los estomas permanecen cerrados día y noche y por lo tanto evitan la pérdida de agua por transpiración y sólo utilizan el CO<sub>2</sub> proveniente de la respiración para continuar con su metabolismo (Ortiz, 1995).

Tienen un sistema radical, principalmente superficial, y responden rápidamente a la presencia de humedad formando raíces absorbentes, tan solo unas horas después de que ha llovido, con la finalidad de aprovechar al máximo dicha humedad. Sin embargo esta raíz es muy sensible a encharcamientos constantes, los cuáles provocan putrefacción de la raíz. Posee metabolismo del ácido crasuláceo (MAC), y sus tallos cuentan con una cutícula gruesa y cerosa, ambas características limitan la pérdida de agua (Osuna, 2006)

La floración es efímera y nocturna; aproximadamente a las 18 h, inicia la floración y posteriormente en 3 horas se hace presencia de agentes polinizadores como son; murciélagos nectarívoros, colibríes, las mariposas nocturnas y diversas especies de abejas, se puede aplicar polinización manual. (Pimienta, 1996; Loza *et al.*, 2003; Ramírez 2006).



### 2.1.5. Composición nutrimental

La pitahaya es una planta hidratante y de alto valor nutritivo. En el cuadro 1, se describe el factor nutricional y su contenido en dos variedades:

Cuadro 1. Composición nutricional de pitahaya amarilla y pitahaya roja, por 100 g. de fruta (55 g. de parte comestible).

Pitahaya amarilla		Pitahaya roja	
Factor Nutricional	Contenido	Factor Nutricional	Contenido
Ácido ascórbico	4 mg	Ácido ascórbico	25 mg
Agua	85.4 g	Agua	89.4 g
Calcio	10 mg	Calcio	6 mg
Calorías	50	Calorías	36
Carbohidratos	13.2 g	Carbohidratos	9.2 g
Cenizas	0.4 g	Cenizas	0.5 g
Fibra	0.5 g	Fibra	0.3 g
Fósforo	16 mg	Fósforo	19 mg
Grasa	0.1 g	Grasa	0.1 g
Hierro	0.3 mg	Hierro	0.4 mg
Niacina	0.2 mg	Niacina	0.2 mg
Proteínas	0.4 g	Proteínas	0.5 g

Fuente; ICBF. Sexta edición. 1992. INCAP y FAO.

### 2.1.6. Precios y mercado

Con base al sistema nacional de información e integración de mercados (SNIIM, 2017) y el sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), en el mercado nacional, se pagan \$ 680.00 por caja de 18 kg de pitahaya. Por el hecho de que la pitahaya no tiene fracción arancelaria propia, sino que está agrupada conjuntamente con el maracuyá y carambola, es imposible conocer que cantidades están demandando los países importadores.

Los precios de importación varían por tipo de pitahaya y país de origen. Por ejemplo Alemania importa pitahaya con un precio de 7.4 dólares por

kilogramo, mientras que Dinamarca importa a 7.82 dólares por kilogramo, Francia 8.01 dólares por kilogramo y Suecia 5.26 dólares por kilogramo.

Michoacán es un estado donde los frutales son colectados y cultivados para consumo local y para su venta en mercados nacionales y de exportación (Ortiz, 1999).

## **2.2. Cultivo de la pitahaya**

Hoy en día, se encuentran cultivos especializados de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en: Vietnam, Colombia, Nicaragua, México e Israel. Otros países que han adoptado estos cultivos son; Hong Kong, Italia, Taiwán (Centurión *et al.*, 2008).

La pitahaya crece en forma silvestre en 20 estados de la República Mexicana, aunque sólo se cultiva con fines comerciales en algunas regiones de Tabasco, la Península de Yucatán, la Mixteca Poblana y la Mixteca Oaxaqueña. A partir de 1995, ya existían cultivos especializados de pitahaya, en distintos estados de la república como Yucatán, 220 ha; Tabasco 15 ha.; Quintana Roo, 15 ha., Campeche, 10 ha. y Puebla 5 ha. (Reyes, 1995; Ortiz, 1999).

Se estima que en todo el país existen 100 hectáreas cultivadas de pitahaya, en huertos familiares, superficie en la que se obtienen aproximadamente 300 toneladas al año, de las cuales la mitad de la superficie y del volumen de la producción corresponden a la península de Yucatán. Michoacán es un estado donde los principales frutales colectados son introducidos (Ortiz, 1999).

Las prácticas de un cultivo tradicional de la pitahaya se basan en una reproducción en forma sexual y asexual. Las plantas provenientes de semillas tienen un crecimiento lento y el inicio de la floración es muy tardado, y que duran hasta siete años en producir (Rodríguez, 2000). El esqueje o tallo es el material más usado para establecer plantaciones comerciales, ya que las plantas presentan un mayor crecimiento y desarrollo (López y Guido, 2009). Para el establecimiento de la plantación se realizan las siguientes labores: Limpieza y

preparación del terreno, trazado de surcos en curvas de nivel y siembra de tutores. El uso de tutores en el cultivo de la pitahaya es indispensable, pues facilita el crecimiento y desarrollo de la planta sirviendo de soporte. Los “tutores muertos” pueden ser postes de concreto, troncos de árboles o muros de piedra (Pohlan *et al.*, 2007; Rodríguez, 2000). Por otra parte, (Cáliz y Castillo, 2000) mencionan que las especies más usadas como tutores vivos son: *Spondias purpurea* L., *Bursera simaruba* L. *Crescentua cujete* L. y *Cordia dentata* Poiret.

## **2.3. Manejo de cultivos**

### **2.3.1. Riego**

El riego agrícola es una de las prácticas más antiguas utilizadas por el hombre, de acuerdo con la Biblia el riego se originó al mismo tiempo que el hombre y en el mismo lugar (Génesis, 2:10). El riego es definido como la aplicación de agua a suelos agrícolas con el propósito de regar los cultivos, haciendo un uso eficiente de éste, donde los principales problemas que pueden surgir de un riego deficiente son: pérdidas de agua por escurrimiento superficial cuya causa puede ser el uso de grandes caudales o tiempos de riego muy largos, otro tipo de pérdidas se puede deber al proceso de percolación profunda bajo las raíces de las plantas esto se puede deber al uso de unidades de riego superficial muy grandes asociadas a largos tiempos de aplicación. Otros problemas derivados de las prácticas de riego son la erosión y salinidad (Gurovich, 1985).

Según (Gurovich, 1985) los métodos de riego, se agrupan en tres categorías: riego superficial o riego por gravedad, riego mecánico o riego a presión (presurizado) y riego subsuperficial.

- El riego superficial

Como su nombre indica hace alusión al agua que fluye sobre la superficie del terreno gracias a la pendiente (topografía) por efecto de la gravedad. Bajo este método, el agua se aplica al terreno en su parte más alta y fluye hacia los puntos más bajos, disminuyendo en cantidad o volumen a medida que se infiltra en el suelo.

- Riego mecánico o riego a presión

Este hace alusión a los dispositivos mecánicos que se necesitan para llevar a cabo la aplicación de agua (tuberías a presión, aspersores, goteros, etc.). Cuando se habla de presión, debemos considerar que la fuente de energía puede ser una bomba o, como en algunas situaciones sucede, el aprovechamiento de una altura de carga debida a un desnivel en el terreno y generada así por la gravedad. Este último caso, no debe ser considerado en la categoría de riego por gravedad, a pesar de que esta fuerza es la que genera la presión necesaria para que funcione el mismo.

Como ejemplo se tiene:

Riego por goteo: que es un sistema caracterizado por ser una fuente eficiente de ahorro de agua, consiste en proporcionar la cantidad de agua justa a cada planta en la zona de influencia de las raíces por medio de un sistema de válvulas, tuberías y mangueras con emisores. Este sistema creado en Israel, también puede utilizarse de manera subterránea, consiguiendo ahorrar hasta un 40 % o más de agua. Puede ser utilizado en todos los tipos de suelos según textura y relieve, y en diferentes condiciones climáticas.

Le-Bellec *et al.* (2006), proponen un riego doble por semana durante la producción. Aunque indican que la pitahaya puede sobrevivir con muy baja precipitación y muchos meses de sequía. La cantidad de agua dependerá del tipo de suelo, por ejemplo en el sur de California, las plantas jóvenes respondieron bien a 1 litro de agua por día, en riego por goteo (Merten, 2003).

### **2.3.2. Fertilización y fertirriego**

La fertilización es una actividad muy importante ya que favorece el desarrollo de las plantas, las mantiene vigorosas y productivas (Castillo et al., 1996). Invariablemente, los suelos agrícolas del mundo son deficientes en uno o más de los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bonilla, 2001). La fertilización permite aumentar o mantener la disponibilidad de los elementos nutritivos orgánicos y minerales, en particular el

nitrógeno el fósforo y el potasio ayudan a corregir eventuales carencias debidas al clima o a la presión de los cultivos (Bartolini, 1989).

### **2.3.2.1. Nutrimientos esenciales para la planta**

Se conocen 18 elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, los cuales están divididos en dos grandes grupos: minerales y no minerales (INPOFOS, 1997)

- Nutrimientos no minerales son: el carbono, hidrógeno y oxígeno, los cuales se encuentran presentes en el agua y atmósfera, los cuales son utilizados en el proceso de la fotosíntesis
- Nutrimientos minerales son 13 y provienen del suelo, además de estar divididos en dos grupos;

#### Macronutrimientos

- Primarios como el: Nitrógeno, fósforo y potasio
- Secundarios como el: Calcio, magnesio y azufre

Micronutrimientos como: Boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, cobalto y zinc.

Valdez y Blanco (1999) 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 nutrimentales del cultivo y maximizar el rendimiento. Sin embargo, los suelos varían 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 (Valdez-Cepeda *et al.*, 2007). Ya que por ejemplo 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).

Los fertilizantes químicos se pueden aplicar a través del riego, método conocido como fertirriego, el cual consiste en la aplicación de fertilizantes sólidos (diluidos) o líquidos bajo sistemas de riego presurizados o por goteo (Gurovich, 1985).

### 2.3.3 Uso de sustratos orgánicos e inorgánicos en cultivos

El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. (Cadañá, 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, físicoquímicas, 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 radical 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 radical. 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.

Abad (1995); Burés (1998); Abad y Noguera (2000); clasifican a estos materiales en orgánicos e inorgánicos, depende de su origen. Los Materiales o abonos orgánicos, incluyen los estiércoles, composts, vermicompost, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos (Castellanos *et al.*, 1995). Los materiales orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrientes (Cruz, 1995). 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, quelación 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). En 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 (SAGARPA, 2000).

## **2.4. Agricultura orgánica**

Hoy en día existe la necesidad de transformar los sistemas de cultivo convencional a favor de sistemas ecológicos y sostenibles. Sin embargo Pohlen *et al.* (2007) y Gamboa (2005) mencionan algunas oportunidades y obstáculos de la agricultura orgánica:

### **Oportunidades**

- Inspección y certificación de áreas
- Los campesinos y productores tienen voluntad, interés y conciencia para cultivar de manera orgánica.
- Las áreas agrícolas necesitan el rescate de su fertilidad y productividad.
- El mercado internacional presenta condiciones admirables para productos orgánicos frescos y procesados

### **Obstáculos**

- Nuevas exigencias de los países importadores, en cuanto al cumplimiento absoluto de las normas externas
- Grado de dominio teórico- prácticos de la agricultura orgánica y de cultivos.
- Falta de estudios sobre la adaptabilidad de especies y variedades a las condiciones ecológicas de cada región
- Falta de costumbres y conocimientos en manejar sistemas integrales en manera regional.

- Indecisión a favor de nuevos procesos y el aumento de una pobreza rural (cambio de ideología).

El intenso crecimiento en las demandas de alimentos orgánicos, en la población de los países desarrollados ha establecido un nicho de mercado viable y con un valor agregado (Pohlan, 2001). La situación actual en la producción de pitahaya orgánica carece de intercambios prácticos y teóricos entre los actores sociales interesados en una agricultura orgánica. El gran desafío que se tiene para esta situación es la necesidad de transformar los sistemas convencionales y tradicionales a favor de sistemas ecológicos y sostenibles. Esto es un proceso innegable y necesario, sin embargo, la situación socioeconómica de los productores, la falta de iniciativa y creatividad han frenado la formación de nuevas estructuras de producción orgánica.

Actualmente la sociedad exige sistemas de cultivos libres de contaminantes. Esta situación coloca a la producción orgánica de pitahaya como una de las mejores alternativas de desarrollo sostenible del cultivo (Pohlan, 2001). La situación actual nos indica que no hay abundancia en sistemas dirigidos a la producción orgánica de esta cactácea (Lernoud, 2001; Pohlan, 2001; Mejía, 1999). Sin embargo, según estudiosos del tema, el uso de cobertura con abonos verdes (plantas de cobertura) como (*Canavalia ensiformis* L DC), (*Cajanus cajan*, L Millsp) y (*Vigna radiata* L Wilczek) en el cultivo de pitahaya se presentan grandes ventajas en el control de malezas debido a sus propiedades que impiden que dichas malezas (INTA, 1994).



### III. ANTECEDENTES

#### 3.1. Requerimientos climáticos y edáficos

La pitahaya se desarrolla desde los 0 hasta los 2000 msnm, aunque crece mejor entre los 1000 y 2000, con precipitaciones de 470 a 4000 mm, temperaturas de 18°C a 26°C en suelos con pH de 5 a 8.5 (Cruz, 1994). Rendzinas café-rojizas y negras, de textura media, se desarrolla mejor en suelos francos, arenosos o pedregosos de buen drenaje (Ortiz *et al.*, 1994) con periodos de seis meses de lluvias, con precipitación anual de 800 a 1500 mm. Se desarrolla bien en climas cálidos subhúmedos, pero también se adapta a los climas secos. En general, pueden crecer en diferentes tipos de suelos, además de ser resistentes a la sequía (Cáliz de Dios, 2000).

Barbeau (1990) menciona que la pitahaya es una cactácea de clima tropical muy resistente a la sequía, adaptada a medios con temperatura promedio de 21 a 29°C, precipitación de 600 a 1300 mm con alternancia de estación seca y húmeda, su producción es mejor en el rango altitudinal de 200 a 600 msnm; sin embargo se localiza desde los 0 a 1500 msnm. El exceso de lluvia provoca la caída y pudrición de las flores, por lo que se requiere de buena exposición al sol, fotoperiodo de 10 a 12 horas. Dado que sus tallos emiten raíces aéreas que les permite adherirse a un soporte. La pitahaya se desarrolla en suelos francos, arenosos o pedregosos y bien drenados; pH de 5.5- 6.5 y pendientes menores de 30%.

La pitahaya en México, crece desde los 0 a más de 1800 msnm, en áreas con precipitaciones que van desde los 400 a más de 2000 mm anuales. Su periodo reproductivo está comprendido entre los meses de mayo a septiembre, sin embargo se han obtenido pequeñas cantidades de fruta hasta el mes de noviembre (Sotelo *et al.*, 2005).

En 1993 en la universidad autónoma de Chapingo, se formuló la primera propuesta para el mejoramiento de la producción de pitahaya y el establecimiento de plantaciones. En ese año se publicó un libro en el que plantea

el potencial del cultivo para México, donde señala las experiencias desarrolladas en Tabasco. En 1999, Ortiz plantea que la pitahaya es un nuevo cultivo para México, pero más que en la producción, hace énfasis en aspectos ecofisiológicos y en la biología reproductiva de la planta.

### **3.2. Uso de riego y fertilización en cultivos de pitahaya**

Aún existe poca información respecto a fertilización mineral y orgánica para cultivos de cactáceas. Por ejemplo En plantaciones convencionales de algunas cactáceas como el nopal, que se encuentran existentes en Milpa Alta, México, la fertilización se hace entre hileras con una capa de 10 a 15 cm de estiércol, generalmente de bovino, cada dos o tres años. Algunos productores también aplican urea o sulfato de amonio de una a tres veces al año. En sistemas intensivos se aplican de 100 a 200 t de abono orgánico por hectárea, y adicionalmente de 100 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y de 80 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Flores, 2003). En un estudio realizado en *Opuntia ficus-indica*, encontraron que aplicaciones de 100 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino ocasionaron en los cladodios tiernos de consumo una mayor concentración de Mn, Cu, Zn y Fe (39.6, 18.9, 44.8, y 179.7 ppm, respectivamente), de P (0.56 %) y K (6.58 %), y en el suelo un incremento en el contenido mineral y de materia orgánica (Zúñiga *et al.* 2009).

Fernández *et al.* (2015), registraron concentraciones promedio de 2.2, 0.8, 5.7, 3.3 y 1.7 % en materia seca para N, P, K, Ca, y Mg, respectivamente, en nopalitos de la variedad Milpa Alta de 25 a 30 cm de longitud y 13 cm de ancho, cuando se fertilizaron con una solución nutritiva completa.

Lichtenzveig (1999), sugirió el empleo de 2 litros de agua por planta cada semana, durante la temporada húmeda y fría (noviembre- abril) y en la temporada de calor (mayo- octubre), propone aplicar 2.5 litros por planta, dos veces a la semana, con incorporación de nutrimentos como; N- 70 ppm, P- 9 ppm y K- 70 ppm. Este agregado de agua y nutrimentos lo propone se haga en riego por goteo.

Pimienta (2004), reporta que la pitahaya (*Stenocereus queretaoensis*) requiere cantidades de riego equivalentes a 45 mm de precipitación aplicados

cada semana a plantas adultas, lo que equivale a 1260 mm de precipitación durante la estación seca.

Según Zee *et al.* (2004), los requerimientos de precipitación anual para pitahaya son de 25 a 50 mm. El exceso de lluvia conduce a una disminución de flores y pudrición de frutos.

Le-Bellec *et al.* (2006), propone un riego doble por semana durante la producción. Aunque indican que la pitahaya puede sobrevivir con muy baja precipitación y muchos meses de sequía. La cantidad de agua dependerá del tipo de suelo, por ejemplo en el sur de California, las plantas jóvenes respondieron bien a 1 litro de agua por día, en riego por goteo (Merten, 2003).

Pimienta 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 la aplicación de estiércol mejora el crecimiento de (*Stenocereus queretaroensis*) y (*Stenocereus griseus*) en Puebla y Oaxaca.

Ochoa y Uhart (2006), reportaron que la fertilización nitrogenada con riego, incrementó la materia seca aérea de las plantas de pitahaya.

De acuerdo con lo reportado por Luders y McMahon (2006), muchos de los cactus frutales crecen en forma natural en áreas con alto contenido de minerales, limo y materia orgánica en descomposición. Razón por la que en *Hylocereus Undatus* se puede realizar una fertilización equilibrada de NPK a partir de abono orgánico, limo y fertilizaciones foliares durante el periodo de fructificación.

Luders y McMahon (2006), reportan que el nitrógeno es necesario durante el crecimiento vegetativo, pero se reduce normalmente durante las etapas de reposo y prefloración. Se sugiere un programa de fertilización de NPK en dosis de 100 g/planta, misma que puede ser aplicada después del primer mes de haberse realizado la plantación y este puede ser en grano a través del riego.

Nobel y De la Barrera (2002), plantearon la hipótesis de que (*Hylocereus undatus*) presenta adaptaciones más rápidas a los cambios en las concentraciones de nitrógeno aplicado.

Lebellec *et al.* (2006), mencionan que existen ventajas particulares cuando el suministro de los minerales en pitahaya se hace en forma orgánica y cuando se combina la nutrición, el efecto aún es más benéfico.

Rojas (2001), encontró que los elementos que más limitan el desarrollo de las plantas de pitahaya (*Hylocereus Undatus*) son; Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Calcio, los cuales aparecen en mayor medida como componentes de los tallos y frutos de la pitahaya.

Con base a un experimento que se montó en el Centro Experimental de Campo Azul durante 4 años, se estudiaron; 4 dosis de nitrógeno (0, 40, 80, 120 kg/ha.) y 3 dosis de fósforo (0, 20, 40 kg/ha.), aplicadas a plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) de dos años de edad, donde el autor obtuvo que las plantas tratadas con nitrógeno no mostraron cambios significativos en los frutos respecto al testigo. Por otro lado el fósforo tampoco ejerció efecto significativo durante todo el experimento, con respecto al testigo, y finalmente obtuvo que las plantas tratadas con 40 kg/ha de nitrógeno, tuvieron el mejor rendimiento en cuanto a tamaño, peso de las frutas y la medición de grados brix (López y Guido, 1998).

En otro experimento que se aplicó a plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), plantadas en suelos arcillosos de Tailandia, se evaluaron los siguientes tratamientos de fertilización; NPK 46-0-0, 0-46-0, 24-24-0, 16-16-16 y 12-24-12, más 2 kg. de estiércol por enrejado al mes. En este caso, todas las combinaciones de fertilizantes químicos más estiércol, aumentaron significativamente el número de flores por enrejado, sin embargo las fórmulas: 46-0-0, 24-24-0 y 16-16-16 son las que lograron el mayor número de flores en las plantas, concluyendo que con una dosis muy baja de fertilización, se puede obtener un gran número de flores (Wünsche y Albrigo, 2012).

### **3.3. Fertilización orgánica en cultivos de pitahaya**

Rodríguez (2000), menciona que una de las principales fuentes orgánicas para fertilizar el cultivo de pitahaya son; estiércol de cerdo, gallinaza, bagazo de henequén y estiércol de bovino, obteniendo un desarrollo aceptable de las

plantas en vivero. Sin embargo 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 para la aplicación de abonos orgánicos son marzo y octubre, 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 en el 2009 comenta que las plantas responden bien a la aplicación de gallinaza descompuesta. Pohlen *et al.* (2007) exponen que una buena fertilización se logra aplicando cuatro toneladas de compost de estiércol de caprinos y ½ tonelada de gallinaza/ha, mientras que a partir del segundo año se deben hacer dos aplicaciones durante la época lluviosa a razón de 2 a 3 kg por planta.

### **3.4. Fertilización orgánica e inorgánica en el nopal**

Las investigaciones han propuesto distintas dosis de NPK, para el cultivo de las cactáceas conocidas como nopal. Por ejemplo Nobel *et al.* (1987) propusieron dosis de, 20-0-0 y 40-0-0 de NPK, mientras que Mondragón y Pimienta (1990), proponen dosis de, 30-0-0, 60-0-0, 120-0-0 y 60-20-35, por otro lado Nerd y Mizrahi (1992) proponen dosis de 224-0-0 y 224-112-00. 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*.

Por otra parte, los resultados de un experimento de fertilización en una plantación de tunas de 19 años, al usar diferentes fuentes orgánicas de estiércol de bovino y ovino (150 kg ha<sup>-1</sup>) y la dosis 150-80-60 (kg ha<sup>-1</sup>) de N, 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.*, 1991). 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). Por otro lado Lara *et al.* (1991) 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.

Por otro lado Mondragón y Pimienta (1990), observaron que los efectos de la fertilización en huertos de nopales jóvenes y viejos no se manifiestan en el primer año de la aplicación de los fertilizantes.

Lara *et al.* (1990), encontraron que la fertilización inorgánica en dosis 150-80-60 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, promovieron un incremento de la concentración de Mn con respecto a la fertilización orgánica.

Por su parte, IPN CIIDIR-Oaxaca reportaron que la aplicación de 40 kg ha<sup>-1</sup> de gallinaza más 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 arcilloso, ligeramente ácido, extremadamente pobre en materia orgánica y contenidos muy altos de potasio, Calcio y Magnesio y medianos en Fósforo.

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, 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.).

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 9 metros cúbicos de abono al año. Se efectúan dos aplicaciones de abono inorgánico a base de nitrógeno (150 kg ha<sup>-1</sup> 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 el IPN CIIDIR-Oaxaca se estudió la adaptación y la productividad de cultivares de nopal verdura por efecto de tres niveles de estiércol vacuno (200, 400 y 600 ton/ha). 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 aportan grandes cantidades de nutrimentos, a lo que se suman los efectos benéficos colaterales de la materia orgánica en el suelo (Vázquez *et al.*, 2004).

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.

### **3.5. Composición mineral de tallos de pitahaya**

Con base a Juárez- Cruz *et al.* (2012) el contenido mineral en pitahaya (*H. undatus* C-171) y (*H. undatus* CP. 182) fue similar a los reportados para nopal (*Opuntia* sp.) por Córdoba *et al.* (2000), Rodríguez-García *et al.* (2007), Hernández-Urbiola *et al.* (2010) y Stintzing y Carle (2005) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición mineral de tallos tiernos de *Acanthocereus* spp. y *Hylocereus* sp. (100 g de materia seca).

<b>Componente</b>	<b>Nopal (A. tetragonus)</b>	<b>Nopal (A. subinermis)</b>	<b>Pitahaya (H. undatus) CP-171</b>	<b>Pitahaya (H. undatus) CP-182</b>
P (%)	0.35	0.40	0.20	0.24
K (%)	2.80	2.42	4.82	2.31
Ca (%)	2.31	1.62	0.43	0.48
Mg (%)	0.65	0.62	0.70	0.58
Na (%)	0.17	0.95	0.10	0.07
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	5.86	6.35	8.99	16.00
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	28.16	22.80	7.53	28.80
Mn (mg Kg <sup>-1</sup> )	118.24	50.61	30.48	40.01
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	29.18	25.76	9.12	34.02

FUENTE: Juárez- Cruz *et al.*, 2012



#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

El cultivo de pitahaya es altamente redituable ya que alcanza altos precios de venta, tanto en el mercado nacional y de exportación, tomando en cuenta que esta frutilla ha tenido buena aceptación debido a su sabor delicadamente dulce y a sus propiedades asignadas.

Hasta la fecha, no se ha realizado suficiente investigación sistemática sobre los requerimientos de riego y fertilización orgánica e inorgánica de pitahaya. Por lo que estudiosos del tema, recomiendan que los cactus epífitos se rieguen con 150 mm/año de agua, y se fertilicen con 35 ppm de NPK. Algunos agricultores emplean sus propias fórmulas y pueden regar hasta 250 mm/año.

México cuenta con los recursos genéticos necesarios para la producción de pitahaya, por lo que es conveniente definir dosis nutrimentales así como técnicas de producción y manejo que permitan su explotación a nivel comercial.

Por otro lado, las características climáticas y edáficas del municipio de Santiago Tangamandapio Michoacán, se adaptan al rango de condiciones requeridas por éste cultivo, con base a modelos ya establecidos, además la rusticidad y adaptabilidad de estas plantas, les ha permitido prosperar bajo distintas condiciones ecológicas, siendo este cultivo una buena alternativa para la futura escasez de agua.

Finalmente para lograr disminuir la contaminación por productos químicos en cultivos se requiere desarrollar investigación de dosis óptimas de nutrición que puedan contribuir a hacer un uso moderado y no excesivo de éstos productos minerales que además dañan el suelo, logrando una producción eficiente de los cultivos orgánicos.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

Evaluar el desarrollo vegetativo y la nutrición del cultivo de esquejes de pitahaya (*Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*) con respuesta al uso de vermicompost y fertirriego, en Santiago Tangamandapio, Michoacán.

### 5.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de vermicompost sobre el número de brotes y la longitud total de tallos en esquejes de pitahaya (*H. undatus* e *H. ocamponis*).

Evaluar el efecto de fertirriego sobre el número de brotes y la longitud total de tallos en esquejes de pitahaya (*H. undatus* e *H. ocamponis*).

Evaluar el efecto de riego por goteo sobre el número de brotes y la longitud total de tallos en esquejes de pitahaya (*H. undatus* e *H. ocamponis*).

Evaluar el contenido nutrimental de brotes de tallos de pitahaya (*H. undatus* e *H. ocamponis*) en respuesta al uso de vermicompost y fertirriego.

## VI. HIPÓTESIS

Hipótesis 1,  $H_0$ : La respuesta en características biométricas durante el desarrollo vegetativo de esquejes de pitahaya serán similares con la aplicación de diferentes dosis de vermicompost y (vermicompost más fertirriego) en comparación con el testigo.

Hipótesis alternativa,  $H_1$ : El uso de vermicompost y fertirriego, adelantan la aparición de tallos y la elongación de los mismos, además favorecen una mayor acumulación de nutrimentos en los mismos.

## **VII. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1. Ubicación del área experimental**

El experimento se estableció los días 28 y 29 de mayo del 2016 en el Rancho Alicia, ubicado en la región conocida como bordo grande, que pertenece al municipio de Santiago Tangamandapio, Michoacán, en las coordenadas 19°47' de latitud norte; 102°21' de longitud oeste. Este sitio, se encuentra a una altitud de 1600 msnm, con clima semicálido y lluvias en verano (INEGI, 2005).

### **7.2. Material vegetativo de Pitahaya**

A partir de plantas madre de 3.5 años de edad, que fueron traídas del invernadero de la universidad Autónoma de Chapingo y actualmente ubicadas en el mismo terreno donde se estableció el experimento (Rancho Alicia). Se colectaron esquejes de 30 cm de longitud, 80 de la variedad de pulpa blanca (*Hylocereus Undatus*) y 80 de la variedad de pulpa roja (*Hylocereus Ocamponis*), los cuales fueron colocados a una distancia de un metro entre esquejes y de dos metros entre surcos, se colocaron 40 plantas por surco, por lo que el experimento se estableció en cuatro surcos.

### **7.3. Diseño experimental y tratamientos**

En éste experimento se utilizó un diseño completamente al azar, conformado por 8 tratamientos y 10 repeticiones. Los tratamientos se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos experimentales en el cultivo de pitahaya.

Tratamientos	Abreviatura
1 Testigo (plantas con riego)	T
2 Fertilización (100 ppm de NPK)	F
3 Plantas con riego + 50 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost	V-50
4 Plantas con riego + 100 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost	V-100
5 Plantas con riego + 150 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost	V-150
6 Plantas con riego + 50 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost + fertilización	V-50+F
7 Plantas con riego + 100 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost + fertilización	V-100+F
8 Plantas con riego + 150 t ha <sup>-1</sup> de vermicompost + fertilización	V-150+F

#### 7.4. Aplicación de tratamientos

El riego y la fertilización se realizaron cada 7 días, mediante riego por goteo, esto a partir del 3 de septiembre del 2016, excepto en la temporada de lluvia. En cuanto al riego, se aplicaron 5 litros de agua por planta (riego ligero). La dosis de fertilización fue 100 ppm de NPK en los tratamientos correspondientes; el fertilizante que se utilizó fue marca Ultrasol, lote: 25072016, con la fórmula 18-18-18 de NPK.

La aplicación de vermicompost de gallinaza se hizo a razón de 5, 10 y 15 kilogramos por planta.

#### 7.5. Variables en estudio

Para cada tratamiento, se midieron cada mes distintas variables de respuesta con base al desarrollo de la planta como: número de brotes de tallos por planta, longitud total de los tallos y altura máxima de la planta, además se evaluó el contenido nutrimental del cultivo por medio de análisis de tallo, utilizando las metodologías de Alcántar (1999); Bremmer (1978); Braga y Defelipo (1974).

Las determinaciones que se hicieron, en el análisis de tallo son:  
Macronutrientes: (N, P, Mg, Ca, K)

- Nitrógeno total, por método Kjeldhal
- Fósforo, por prueba colorimétrica
- Magnesio, Calcio y Potasio, por absorción atómica

Micronutrientes: (Zn, Mn, Cu, Na y Fe), por absorción atómica.

También se realizó un análisis de suelos, con base a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

- AS- 01 preparación de la muestra
- AS- 02 pH medido en agua
- AS- 03 densidad aparente
- AS- 05 Contenido de humedad del suelo
- AS- 07 Contenido de materia orgánica
- AS- 09 Textura
- AS- 14 Contenido de micronutrientes disponibles (Fe, Mg, Cu)
- AS- 15 Determinación del contenido de boro
- AS-16 Obtención del extracto de saturación para medir conductividad

Así como un análisis de vermicompost, con base a la NMX-FF-109-SCFI-2007 Humus de lombriz (lombricompost) - Especificaciones y métodos de prueba.

- AS-01 Preparación de la muestra
- AS-02 pH medido en agua
- AS-07 Contenido de materia orgánica
- AS- 18 Determinación de conductividad eléctrica
- AS- 31 Revisión de materiales extraños

## **7.6. Análisis estadísticos**

Los datos obtenidos de las variables en estudio, se sometieron a un análisis de varianza, mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0 y se realizó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.001$ ) para comparar las medias.

En el caso de los análisis de tallo, los valores son promedio de tres repeticiones por tratamiento con desviación estándar  $\pm 0.05$ .

### XIII. RESULTADOS

#### 8.1. Caracterización física y fisicoquímica del suelo, del sitio experimental

Con base a la norma oficial mexicana NOM-021-recnat- 2000, las dos muestras de suelo, presentan características muy similares: pH moderadamente ácido, conductividad eléctrica relativamente baja considerando efectos despreciables de salinidad, son suelos de textura arcilla con alto contenido de materia orgánica y debido a los rangos obtenidos para la capacidad de intercambio catiónico se concluye que son suelos de reserva nutrimental abundante (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características físicas y fisicoquímicas del suelo del sitio experimental de pitahaya, pulpa blanca (muestra 1) y pulpa roja (muestra 2).

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	NOM-021-recnat- 2000
*pH	5.6	5.75	Moderadamente ácido
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0.22	0.11	Efectos despreciables de salinidad
Textura (%)	Arcilla (54) Arena (24) Limo (22)	Arcilla (59) Arena (23) Limo (18)	Textura: arcilla
M.O. (%)	4.95	3.88	Alto contenido de M.O
Dap (g/cm <sup>3</sup> )	1.04	1.13	Rango; suelos arcillosos
CIC (Cmol(+)-Kg <sup>-1</sup> )	25.67	63.84	Arcilla Esmectitas- Reserva nutrimental abundante

\*Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad eléctrica (CE), Materia orgánica (M.O), Densidad aparente (Dap), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).



## 8.2. Caracterización del vermicompost

Con base a la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, el vermicompost que se utilizó en el experimento se encuentra dentro de los rangos establecidos, a excepción del pH, por estar 0.1 arriba del límite superior (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características fisicoquímicas del vermicompost de estiércol de bovino.

Parámetros	Unidades	NMX-FF-109-SCFI-2007
*pH	8.6	5.5 a 8.5
CE	2.5 ms m <sup>-1</sup>	≤ 4 ds m <sup>-1</sup>
M.O	24 %	De 20 % a 50% (base seca)
M.A	-	Ausente

\*Potencial de hidrógeno (pH), Conductividad eléctrica (CE), Materia orgánica (M.O), Materiales adicionados (M.A).

## 8.3. Variables de estudio

Respecto a las variables medidas en campo, al realizar el ANVA con prueba de Tukey ( $p \leq 0.001$ ) para comparar promedios; se obtuvo que durante los primeros meses de evaluación (septiembre 2016 – enero 2017) del cultivo de esquejes de pitahaya, no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Figuras del Anexo, 1a – 6a), razón por la cual se describen diferencias significativas a partir de febrero del 2017.

### 8.3.1 Número de brotes de tallos en pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*)

Con base en el ANVA se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.0001$ ) entre los distintos tratamientos, a través del tiempo. En los meses de febrero y marzo, los promedios variaron de 4 a 18 brotes; en abril de 5 a 19 brotes y, en mayo y junio de 8 a 24 brotes. Los mejores tratamientos fueron aquellos a los que se les aplicó V-50+F y V-150+F, siendo estadísticamente iguales, con 23.6 y 19.8 brotes, respectivamente. A estos tratamientos les sigue V-100,

estadísticamente diferente al resto de los tratamientos 1 (T), 2 (F), 3 (V-50), 5 (V-150) y 7 (V-100+F) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número de brotes de tallo en plantas de pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*), con respuesta a distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.

Tratamientos		Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	6.4 cd	6.4 c	6.4 c	9.0 c	12.0 dc
2	F	3.8 d	4.6 c	5.4 c	12.8 bc	12.8 c
3	V-50	6.8 cd	6.8 c	6.8 c	10.8 c	11.0 dc
4	V-100	11.0 bc	12.2 b	13.2 b	17.6 ab	19.0 b
5	V-150	4.8 d	4.8 c	5.0 c	7.8 c	8.4 d
6	V-50+ F	13.8 ab	12.0 b	14.8 ab	22.8 a	23.6 a
7	V-100+ F	6.2 d	6.4 c	7.8 c	11.6 c	13.2 c
8	V-150+ F	17.0 a	18.0 a	19.0 a	18.8 a	19.8 ab

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50ton/ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

### 8.3.2 Número de brotes de tallos en pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*)

Con base en el ANVA se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.0001$ ) entre los distintos tratamientos, presentándose un incremento de brotes a través del tiempo. Los resultados fueron muy similares a los obtenidos en el experimento de pitahaya de pulpa roja. Los tratamientos 6 (V-50+F) y 8 (V-150+F) mostraron las mayores tendencias a través de los meses, presentando en junio los mayores promedios; 19.8 y 16.8, respectivamente con significancias estadísticas iguales. En este caso les sigue el tratamiento F con 14.8 brotes. Los menores promedios en cuanto al número de brotes fueron 8.2 (V-100) y 9.4 (T) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Número de brotes de tallos en plantas de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*), con respuesta a distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.

	Tratamientos	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	3.6 bc	4.6 b	4.6 b	5.6 d	9.4 d
2	F	2.6 c	5.6 b	5.6 b	10.4 bc	14.8 bc
3	V-50	4.0 bc	4.0 b	6.8 b	8.0 cd	11.8 cd
4	V-100	5.4 bc	5.6 b	5.6 b	6.2 d	8.2 d
5	V-150	5.8 b	6.8 b	7.0 b	7.4 cd	11.0 cd
6	V-50+ F	10.4 a	11.4 a	11.6 a	12.4 ab	19.8 a
7	V-100+ F	4.2 bc	5.6 b	6.4 b	9.2 bcd	12.4 bcd
8	V-150+ F	10.2 a	12.2 a	13.4 a	14.6 a	16.8 ab

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

### 8.3.3 Longitud total de tallos de pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*)

En los primeros meses (febrero y marzo) el tratamiento más sobresaliente respecto a la longitud de tallos fue el tratamiento 6 V-50+F (236.4 cm) y el que menos longitud promedio tuvo fue el tratamiento 5 V-150 (105.04 cm). En los meses subsecuentes (abril a junio), las plantas tratadas con V-150+F mostraron el mayor crecimiento de los tallos (414.8 cm), aunque fue estadísticamente igual que el tratamiento V-50+F, V-100+F, V-100 e incluso el Testigo (334.5 cm), entre los cuales se aprecian solo diferencias numéricas. Los tallos que menos crecieron fueron los tratados con V-150 (192.7 cm) y los fertilizados con 100 ppm (281.8 cm) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Longitud total (cm) de tallos en plantas de pitahaya de pulpa roja (*Hylocereus ocamponis*), con respuesta a distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.

	Tratamientos	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	140.6 c	141.6 bc	183.0 bc	303.0 abc	334.5 ab
2	F	127.8 cd	129.4 bc	191.2 bc	269.4 bcd	281.8 bc
3	V-50	102.6 d	147.2 b	185.4 bc	236.2 bcd	288.8 b
4	V-100	197.8 b	217.0 a	244.8 ab	325.2 ab	332.2 ab
5	V-150	105.0 d	105.0 c	130.4 c	190.0 d	192.7 c
6	V-50+ F	236.4 a	236.4 a	242.6 ab	378.4 ab	402.6 a
7	V-100+ F	156.3 c	159.3 b	194.4 abc	225.6 cd	335.6 ab
8	V-150+ F	193.8 b	203.8 a	265.2 a	383.4 a	414.8 a

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

#### 8.3.4 Longitud total de tallos de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*)

En la pitahaya de pulpa blanca, el tratamiento que estimuló mayor longitud de tallos fue el 6 (V-50+F) desde febrero hasta junio, en este periodo creció 237 cm más comparado con la longitud de los tallos del tratamiento testigo. También V-50+F obtuvo diferencias significativas con respecto a los tratamientos 8 (V-150+F), 7 (V-100+F) y 2 (F). En el mes de junio, numéricamente el testigo tiene los menores valores, aunque presentó igual significancia estadística con respecto a los tratamientos en los que se incorporó 5, 10 y 15 kg de vermicompost por planta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Longitud total (cm) de tallos en plantas de pitahaya de pulpa blanca (*Hylocereus undatus*), con respuesta a distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.

	Tratamientos	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	86.0 de	86.0 de	91.6 e	98.1 g	147.8 c
2	F	110.5 cd	110.5 cd	117.1 de	207.0 cd	271.7 b
3	V-50	77.0 e	77.9 e	127.6 de	182.5 ed	187.2 c
4	V-100	90.6 de	92.2 de	94.8 e	130.4 fg	167.6 c
5	V-150	135.9 bc	137.8 bc	141.6 cd	156.0 ef	177.1 c
6	V-50+ F	195.6 a	199.6 a	249.4 a	317.3 a	384.8 a
7	V-100+ F	94.5 de	99.6 de	178.0 bc	263.2 b	268.1 b
8	V-150+ F	160.6 b	163.8 b	187.6 b	240.8 bc	265.2 b

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

### 8.3.5 Altura máxima de las plantas de pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*)

Con base en el ANVA se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.0001$ ) entre los distintos tratamientos. El tratamiento 6 (V 50+F) fue el que mostró el mayor crecimiento a través de los meses evaluados, presentando en junio la mayor altura promedio (54.8 cm), mientras que los menores promedios fueron entre 37.4 y 45 cm, los cuales fueron significativamente iguales (tratamientos 4, 3, 5 y 7), pero diferentes del tratamiento 6 (Cuadro 10). Es decir los tratamientos que incluyeron vermicompost mejoraron con la adición de 100 ppm de fertilizante (N,P,K).

Cuadro 10. Altura máxima (cm) de las plantas de pitahaya de pulpa roja (*Hylocereus ocamponis*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicomposta y/o fertirriego.

	Tratamientos	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	37.0 cd	38.6 bcd	41.0 bc	43.8 b	46.0 bc
2	F	40.2 bc	41.8 b	44.0 b	43.4 b	53.0 ab
3	V-50	33.6 e	34.0 e	37.8 cd	37.8 c	40.0 cd
4	V-100	34.6 de	35.4 cde	36.0 d	36.2 c	37.4 d
5	V-150	34.0 de	34.4 de	35.2 d	36.4 c	40.4 cd
6	V-50+ F	47.0 a	48.6 a	51.2 a	52.6 a	54.8 a
7	V-100+ F	40.4 b	40.8 b	43.4 b	43.8 b	45.0 cd
8	V-150+ F	38.4 bc	39.4 bc	41.4 bc	42.2 b	54.6 a

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

### 8.3.6 Altura máxima de las plantas de pitahaya de pulpa blanca (*Hylocereus undatus*)

Con respecto a la altura de las plantas de pitahaya de pulpa blanca, en la mayoría de los casos no hubo diferencias significativas en los meses de febrero a mayo. Aunque las plantas más altas fueron las que incluyeron V-100+F, V-150+F, F (100 ppm NPK) y V-150, los cuales crecieron alrededor de 40 cm más que el testigo, quien tuvo un crecimiento de solo 30 cm entre febrero y junio (Cuadro 11); por lo tanto en este caso, son evidentes las diferencia significativas.

Cuadro 11. Altura máxima (cm) de plantas de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*), con respuesta a distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego.

	Tratamientos	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	T	39.4 c	41.6 c	45.6 b	57.1 c	69.4 e
2	F	50.8 abc	50.8 abc	62.2 a	83.8 ab	92.2 abc
3	V-50	49.4 abc	52.6 abc	53.0 ab	68.6 bc	72.8 de
4	V-100	59.0 a	63.0 a	66.4 a	74.4 bc	76.4 cde
5	V-150	48.8 abc	49.0 bc	57.4 ab	81.5 ab	88.8 abcd
6	V-50+ F	46.0 bc	47.2 bc	57.6 ab	77.5 abc	79.0 bcde
7	V-100+ F	58.8 a	58.8 ab	64.4 a	95.9 a	97.5 a
8	V-150+ F	56.2 ab	56.2 ab	65.0 a	88.2 ab	94.8 ab

Medias  $\pm$  desviación estándar (Tukey,  $p \leq 0.001$ ). Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

#### 8.4. Composición mineral de tallos de pitahaya

En el cuadro 12 y 13 se muestran las concentraciones de macronutrientes como el nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Calcio; así como las concentraciones de micronutrientes como el Hierro, Zinc y Cobre, en 2 especies de pitahaya.

##### 8.4.1. Composición mineral de tallos de pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*)

Los macronutrientes de mayor concentración en los tallos de pitahaya de pulpa roja fueron el “potasio” con 3.02 % obtenido del tratamiento 5(V-150) el cual es significativamente igual al tratamiento 6(V-50 + F), seguido del “calcio” con un promedio de 2.67 %, obtenido de los tallos del tratamiento 4(V-100) el cual fue significativamente diferente al resto de los tratamientos; continuando con el “nitrógeno” (1.79 %) promedio obtenido de tratamiento 2 (F) que es

significativamente igual a los tratamientos 3(V-50), 4(V-100), 5(V-150), 7(V-100+F) y 8(V-150+F). Mientras que los de menor concentración fueron el “magnesio” con 0.75 %, obtenido del tratamiento 2(F) y el “fósforo” con 0.49 %, promedio obtenido del tratamiento 6(V-50+F) el cual es significativamente igual a los tratamientos 2(F), 4(V-100), 7(V-100+F) y 8(V-150+F).

En el caso de los micronutrientes, el de mayor concentración fue el “hierro” con un promedio de 169.75 mg kg<sup>-1</sup>, presentado por tallos del tratamiento 2(F) seguido del “zinc” con 35.86 mg kg<sup>-1</sup> presentado por el tratamiento 3(V-50) y finalmente el “cobre” con un promedio de 41.36 mg kg<sup>-1</sup> obtenido del tratamiento 8(V-150+F) el cual es significativamente diferente al resto de los tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Composición mineral de tallos inmaduros de pitahaya de pulpa roja (*H. ocamponis*) base seca.

Tratamientos	Elementos			
	Fósforo (%)	Potasio (%)	Nitrógeno (%)	Calcio (%)
1 T	0.18 b	0.96 c	1.01 c	1.84 e
2 F	0.33 ab	1.73 bcd	1.79 a	2.15 c
3 V- 50	0.18 b	1.10 c	1.46 abc	1.85 f
4 V- 100	0.35 ab	1.88 bcd	1.74 a	2.67 a
5 V- 150	0.22 b	3.02 a	1.61 ab	1.10 h
6 (V-50) + F	0.49 a	2.64 ab	1.26 bc	1.62 g
7 (V-100) + F	0.32 ab	1.76 bcd	1.39 abc	2.19 b
8 (V-150) + F	0.35 ab	1.90 bcd	1.63 ab	2.11 d



Continuación de Cuadro 12.

Tratamientos	Elementos			
	Magnesio (%)	Fierro (mg kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	Zinc (mg kg <sup>-1</sup> )
1 T	0.71 a	92.55 f	29.93 b	25.71 f
2 F	0.75 a	169.75 a	9.86 d	26.36 ef
3 V- 50	0.15 b	113.55 d	26.56 b	35.86 a
4 V- 100	0.15 b	123.95 c	9.50 d	27.63 cdef
5 V- 150	0.12 b	91.58 f	20.4 c	27.36 def
6 (V-50) + F	0.14 b	103.70 e	16.53 cd	30.20 bcd
7 (V-100) + F	0.18 b	104.01 e	16.66 cd	31.90 b
8 (V-150) + F	0.15 b	133.01 b	41.36 ab	29.63 bcd

Promedios de 3 repeticiones por tratamiento: Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

#### 8.4.2. Composición mineral de tallos de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*)

Los macronutrientes de mayor concentración en los tallos de pitahaya de pulpa blanca fueron el “potasio” con un promedio de 4.4 %, obtenido del tratamiento 8(V-150+F), y el “calcio” con 2.35 % obtenido del tratamiento 7(V-100+F) los cuales fueron significativamente diferentes al resto de los tratamientos; les sigue el “nitrógeno” con 1.43 % presentado por el tratamiento 2(F) el cual es significativamente igual a los tratamientos 5(V-150), 6(V-50+F) y 8(V-150+F). Mientras que los de menor concentración fueron el “magnesio” con 0.56 % obtenido del tratamiento 1(T) y el “fósforo” con 0.43 % obtenido del tratamiento 4(V-100), el cual es significativamente igual a los tratamientos 5(V-150) y 6(V-50+F).

En el caso de los micronutrientes, el de mayor concentración fue el “fierro” con un promedio de 121.2 mg kg<sup>-1</sup>, presentado por tallos del tratamiento 5(V-150), seguido del “cobre” con 33.18 mg kg<sup>-1</sup> presentado por el tratamiento 3(V-50), el cual es significativamente igual al tratamiento 2(F) y finalmente el “zinc” con un

promedio de 30.75 mg kg<sup>-1</sup> obtenido del tratamiento 6(V-50+F) el cual es significativamente diferente al resto de los tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Composición mineral de tallos inmaduros de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*) base seca.

Tratamientos		Elementos			
		Fósforo (%)	Potasio (%)	Nitrógeno (%)	Calcio
1	T	0.29 d	1.53 d	1.01 bcd	1.26 f
2	F	0.32 cd	1.71 d	1.43 a	2.22 b
3	V- 50	0.21 3e	1.12 e	0.78 cd	1.18 g
4	V- 100	0.43 a	2.37 b	0.65 d	2.11 d
5	V- 150	0.39 ab	2.09 bc	1.10 abc	1.10 h
6	(V-50) + F	0.39 ab	2.11 bc	1.25 ab	1.74 ef
7	(V-100) + F	0.38 b	2.04 c	1.01 bcd	2.35 a
8	(V-150) + F	0.35 bc	4.40 a	1.35 ab	2.12 c

Continuación de Cuadro 13.

Tratamientos		Elementos			
		Magnesio (%)	Fierro (mg kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	Zinc (mg kg <sup>-1</sup> )
1	T	0.56 a	88.40 c	21.5 b	21.05 c
2	F	0.12 cde	87.60 c	33.15 a	21.10 c
3	V- 50	0.09 f	86.68 cd	33.18 a	25.83 b
4	V- 100	0.14 bcd	74.02 d	15.43 c	25.45 b
5	V- 150	0.12 def	121.2 a	13.53 cd	24.65 b
6	(V-50) + F	0.14 bcde	74.25 d	13.70 cd	30.75 a
7	(V-100) + F	0.15 bc	103.95 b	19.73 b	26.30 c
8	(V-150) + F	0.16 b	108.85 b	21.50 b	29.00 a

Promedios de 3 repeticiones por tratamiento: Testigo (T), Fertilización (F), Vermicompost 50 ton. /ha. (V-50), Vermicompost 100 ton. /ha. (V-100), Vermicompost 150 ton. /ha. (V-150), Vermicompost 50 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-50)+ F, Vermicompost 100 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-100)+ F, Vermicompost 150 ton. /ha. + Fertilización 100 ppm de NPK (V-150)+ F.

## IX. DISCUSIÓN

### 9.1. Variables medidas en campo

En esta investigación se evaluó el desarrollo durante las primeras etapas, de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*) cultivadas el 28 y 29 de mayo del 2016, con respuesta a ocho tratamientos compuestos por vermicompost, fertilizante (100 ppm de NPK) y la combinación de ambos.

Las variables “número de brotes” y “longitud total de tallos”, tuvieron mejor respuesta en las plantas de pitahaya *H. ocamponis* de pulpa roja, al presentar los mayores promedios de 23.6 para la primer variable y 414.80 cm para la segunda variable, mientras que para *H. undatus* el mayor promedio de “número de brotes” fue de 19.8, y la “longitud total de tallos” de 384.8 cm, valores establecidos en los tratamientos 6 (V-50+F) y 8 (V-150+F), significativamente iguales.

En cuanto a la variable “altura máxima” fue superior en plantas de la especie *H. undatus*, debido a que en los mejores tratamientos, crecieron en promedio 41 cm más que las plantas de *H. ocamponis*. El hecho de que la altura de las plantas sea mayor en *H. undatus*, puede adjudicarse a la morfología de cada especie, tomando en cuenta que los tallos de estas plantas son más largos en comparación con los de *H. ocamponis* (Ortiz, 1995).

Al considerar que los tratamientos 6 (V-50+F) y 8 (V-150+F) formados por vermicompost y fertilizante, son los más eficientes en el desarrollo de las tres variables anteriormente señaladas; se propone que la dosis nutrimental apropiada para este cultivo, en suelos arcillosos con alto contenido de materia orgánica y pH moderadamente ácido, puede ser la aplicación de 50 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost más 100 ppm de NPK adicionados en el riego, ya que tendría el mismo efecto que aplicar mayores cantidades. Sin embargo, también se propone la realización de más estudios sobre el efecto del vermicompost, considerando dosis más bajas. Algunos productores de pitahaya en Colombia, aplican 6 libras de gallinaza por planta, en una banda circular y a una distancia de 25 cm de la base de la planta (OIRSA, 2000). Es un hecho que el efecto en el crecimiento y

desarrollo de las plantas de pitahaya, se adjudica a la disponibilidad de macro y micronutrientes disponibles en el suelo; lo cual coincide con reportes de distintos autores (Weiss *et al.*, 1994; Raveh *et al.*, 1997; Mizrahi y Nerd, 1999; Lichtenzveig *et al.*, 2000; Rodríguez, 2000; Nobel y De la Barrera, 2002; Lebellec *et al.*, 2006; Pohlan *et al.*, 2007; Gunasena *et al.*, 2006; Wünsche y Albrigo, 2012), quienes concluyen que el cultivo de pitahaya presenta adaptaciones más rápidas, muestran un mayor desarrollo de brotes e incrementan la materia seca aérea con la aplicación de fertilizaciones equilibradas; formadas por materia orgánica en descomposición ya sea de estiércol o gallinaza y compuestos químicos de NPK. También es importante destacar lo reportado por Luders y McMahon (2006), al observar que cactus frutales crecen de forma natural en áreas con alto contenido de minerales, limo y materia orgánica en descomposición. En un experimento realizado en el Ecuador, propusieron utilizar una nutrición equilibrada, formada por 187 kg/ha de N, 66 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 198 kg/ha de K<sub>2</sub>O, en el tercer año de desarrollo de la planta (Jordan *et al.*, 2009).

Respecto a la cantidad de agua que se aplicó (5 litros/planta cada semana), excepto en la temporada de lluvias; es muy similar a la cantidad requerida por el cultivo, de acuerdo a lo indicado por distintos autores, por ejemplo; Raveh *et al.* (1997) propone 5 litros por planta a la semana en la estación caliente y 2 litros en la estación fría, mientras que Lichtenzveig *et al.* (2000) propone 5 litros por semana en el verano y 2.5 litros en el invierno. Por su parte Merten (2003) observó, que las plantas de pitahaya responden bien a 1 litro de agua por día. Sin embargo en este experimento, se observó un poco de agrietamiento 4 días después de aplicar el riego por goteo, lo cual se adjudica a la gran cantidad de arcillas en el suelo, por lo que la cantidad de agua dependerá del tipo de suelo. Aunque distintos autores como Le-Bellec *et al.* (2006) indican que la pitahaya puede sobrevivir con muy baja precipitación y muchos meses de sequía. Asimismo, la baja demanda de agua que requiere el cultivo de pitahaya, constituye una gran ventaja, no solo por el ahorro de agua de riego, sino porque se evita el daño ambiental originado por las grandes cantidades de agua que requieren otros cultivos comunes (Ricalde y Andrade, 2009).

Cabe señalar que después de un año que se estableció el experimento, algunas plantas de pitahaya, presentaron un poco de amarillamiento por la exposición directa al sol. Como lo mencionan Lezama *et al.* (s/f), este tipo de cactus es nativo de hábitats sombreados, por lo que requiere de tutores vivos durante el primer año de la plantación, los cuales tendrán la función de soportar las plantas adultas en plena producción y de proporcionarles algo de sombra. Sin embargo, los cultivos altos pueden provocar sombreados y competencia por luz e incluso pueden propiciar la incidencia de plagas y enfermedades para la pitahaya (Castillo, 2006). Al respecto, investigadores del Centro de Investigación Científica de Yucatán, en un estudio realizado con esquejes bajo malla-sombra, concluyeron que el nivel ideal de luz para el crecimiento óptimo de la pitahaya, ocurre cuando los tallos reciben el 60% de la luz solar, y que la deficiencia o el exceso de energía que reciben los tallos, pueden inhibir el crecimiento (Ricalde y Andrade, 2009).

## **9.2. Contenido nutrimental de tallos de pitahaya**

Los nutrimentos para las plantas, son un componente vital en cualquier sistema de agricultura sostenible (FAO, 1999). En este estudio, los macronutrimentos que se encontraron en mayor cantidad en los tallos de *Hylocerus ocamponis* e *H. undatus*, son el potasio, calcio, fósforo y el nitrógeno. Al respecto, Granados y Castañeda (1996), indican que en las cactáceas los componentes principales, son el calcio y el potasio. Sin embargo, en este análisis nutrimental, también el nitrógeno fue sobresaliente. Nobel y De la Barrera (2002), señalan que existen respuestas cuantificables de *H. undatus* a la concentración de nitrógeno y que este elemento es importante en el estado fisiológico general y en maximizar su crecimiento. El nitrógeno favorece el desarrollo de tallos y aumenta el porcentaje de flores “prendidas” y el potasio aumenta el grosor de la corteza (López y Guido, 2002). Sin embargo Roberts (1997), señala que el fósforo y el potasio, son dos de los nutrimentos primarios esenciales para el crecimiento de las cactáceas, por tanto no pueden ser reemplazados por otros nutrimentos.

Cabe indicar, que los estiércoles son una fuente importante de nutrimentos para los cultivos, entre los que la gallinaza se destaca, en comparación con otros, por

el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, además, la gallinaza aplicada en altas dosis, tiene propiedades intermedias con respecto a los fertilizantes inorgánicos y el estiércol de bovino, asegurándose un apreciable efecto residual, (Rivero y Carracedo, 1999).

Granados y Castañeda (1996), también señalan que además de los nutrimentos anteriormente señalados, los tallos de ambas especies, presentan pequeñas cantidades de magnesio, sílice, sodio, hierro, aluminio y manganeso, los cuales predominan en forma de carbonatos, cloruros, sulfatos y fosfatos. Aunque al determinarse el contenido nutrimental de las plantas, la edad o su estado fenológico es un factor de variación (Guzmán y Chávez, 2007).

Es importante señalar que los rangos de concentraciones tanto de macro como de micronutrientes en los tallos, fueron muy similares en ambas variedades de pitahaya. Sin embargo la variedad de pulpa roja superó ligeramente las concentraciones de nitrógeno (1.79%), calcio (2.67%), fósforo (0.49%), magnesio (0.75%), hierro (169.75 mg kg<sup>-1</sup>) y zinc (35.86 mg kg<sup>-1</sup>); comparada con la variedad de pulpa blanca, donde se obtuvo de nitrógeno (1.43%), calcio (2.35%), fósforo (0.43%), magnesio (0.56%), hierro (121.2 mg kg<sup>-1</sup>) y zinc (30.75 mg kg<sup>-1</sup>). La respuesta de los distintos tratamientos a estas concentraciones fue variable en algunos casos, sin embargo predominaron los tratamientos 2(F), 6(V-50+F) y 8(V150+F), lo que pudiera indicar la eficacia de agregar compuestos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos para obtener mejores respuestas en cuanto a la absorción de nutrientes. Pocos son los trabajos relacionados con la asimilación de nutrimentos en pitahaya, pero un estudio sobre la composición química de tallos de *Hylocereus undatus*, realizado por Juárez-Cruz *et al.* (2012), hace referencia a los altos contenidos de K (4.82 %) y Zn (34.02 mg kg<sup>-1</sup>), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, al determinarse valores de 4.4% y 30.75 mg kg<sup>-1</sup> de K y Zn respectivamente, en esa especie. Asimismo, estos valores son parecidos al contenido de macro y micro elementos para el caso de *Hylocereus ocamponis* (3.02% de K y 35.86 mg kg<sup>-1</sup> de Zn). Otros estudios sobre la aplicación combinada de fertilizante orgánico e inorgánico en el cultivo de alfalfa, favoreció a una mayor producción de forraje y una mejora en las propiedades químicas del

suelo (Flores-Aguilar *et al.*, 2012). En el cultivo de maíz, el abono orgánico de compost (20 a 30 t ha<sup>-1</sup>) mostró resultados similares, al de la fertilización inorgánica (120 N- 40 P- 00 K) en cuanto a rendimiento (López-Mtz. *et al.*, 2001).

Es importante destacar que las cantidades obtenidas de los elementos como; calcio, potasio, nitrógeno, fósforo, magnesio, fierro, cobre y zinc, son mayores en comparación con otras plantas superiores, tomando en cuenta los valores reportados por Salisbury y Ross (1994). Esto se puede adjudicar, a la gran capacidad de almacenamiento de nutrimentos que poseen las cactáceas; aun cuando éstas poseen diferentes hábitos de crecimiento radicular (Gibson y Nobel, 1986), y que en el caso de la pitahaya, la raíz secundaria es relativamente pequeña; lo cual también pudiera explicar, las diferentes respuestas de las especies de cactáceas, a las concentraciones de nutrimentos.

## X. CONCLUSIONES

Durante los primeros meses del cultivo de esquejes de pitahaya, no hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Durante los meses de abril a junio de 2017, *Hylocereus undatus* (pulpa blanca) mostró un aumento significativo en la altura de las plantas, en comparación con *H. ocamponis*.

Los tratamientos 6(V-50+F) y 8(V-150+F) fueron los más eficientes para promover mayor número y longitud total de brotes, así como altura máxima de la planta.

Los macronutrientes de mayor concentración en ambas especies fueron, el potasio, nitrógeno y el calcio; mientras que los de menor concentración fueron el fósforo y magnesio.

Los micronutrientes de mayor concentración en ambas especies fueron, el hierro y el cobre; mientras que el de menor concentración fue el zinc.

Respecto a las cantidades de macro y micronutrientes en el primer año de desarrollo de la pitahaya, son similares en ambas especies.

Las dosis combinadas de fertilización inorgánica con la orgánica, fueron mejores, que las dosis aplicadas por separado de vermicompost o de fertilización inorgánica.

Se considera que actualmente deben estudiarse y promoverse nuevos cultivos que puedan subsistir a las variaciones climáticas y a la erosión del suelo. Es por ello, la importancia y el potencial del cultivo de pitahaya, además de sus múltiples usos, rentabilidad y actual demanda en los mercados regionales, nacionales y de exportación.



## XI. LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo, Ediciones Mundi- Prensa; Madrid, España. 269 p.
- Álvarez, G. H., Valiente A. B. and Rojas, M. A. 1998. The role of speed dispersers in the population dynamic columnar cactus *neobuxbaumia tetetzo*. The Ecological Society of America. 83 (9): 2617-2629.
- Barbeau, G. 1990. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. Fruits 45: 141-147.
- Barbeau, G. 1997. Frutas Tropicales en Nicaragua Managua, NI, Dirección general de técnicas agropecuarias, MIDINRA. Ciencias Sociales. 397 p.
- Bartolini, R. 1989. La fertilidad de los suelos, Madrid España, Mundi-Prensa. 140 p.
- Becerra, O. L. A. 1994. El cultivo de la pitaya (*Selenicereus megalanthus*). Memorias de la primera reunión internacional y segunda reunión nacional, "Frutales nativos e inducidos con demanda nacional e internacional". Montecillo, Edo. de México.
- Bolaños, R. 1994. Maduración del fruto y producción de pitahaya. Primer encuentro nacional del cultivo de la pitahaya, San Marcos, Carazo, Nicaragua.
- Bonilla, R., Novo, E., Martínez, M. M., Galvis, A., Venegas, N., Parra, D. y Douglas, O. 2000. Generación de tecnologías para la utilización de la fijación no simbiótica de nitrógeno como alternativa de fertilización. Corpoica Regional tres, Boletín de investigación No. 5 Valledupar. Colombia. 40 p.
- Britton, N. L. and Rose, J. N. 1963. The Cactaceae: Descriptions and Illustrations of Plants of the Cactus Family. edit. Courier Corporation, 714 p. ISBN 978-0-486-21192-3.
- Burés, S. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 246 p.
- Cadahía, L. C., Eymar A. E., Marotta L. y José J. 2005. Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra. Edición, Madrid: Mundi-Prensa, 681 p.

- Calix, H. y Rodríguez, C.A. 1996. Guía Técnica para el Cultivo de la Pitahaya. Chetumal, México: Universidad de Quintana Roo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y Universidad Autónoma Chapingo. 158 p.
- Cáliz, H. 2005. A new subspecies of *Hylocereus Undatus* (cactaceae) from Southeastern México. *Haseltonia* 11: 11-17.
- Cáliz de Dios, H. 2000. Cultivo de pitahaya (*Hylocereus spp*) sobre tutores vivos, Resúmenes del Simposio Internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Guadalajara, Jal. México.
- Castillo, M.R., Livera, M.M., Márquez, G.J., Engleman, M. y Brechu, F.A. 2000. Compatibilidad entre dos Tipos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) de la Península de Yucatán. En: Simposio Internacional sobre el Cultivo y Aprovechamiento de la Pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Universidad de Guadalajara.
- Castillo, M. R., Livera, M. M. and Márquez G.J. 2005. Morphological characterization and sexual compatibility of five pitahayas (*Hylocereus undatus*) genotypes. *Agrociencia* 39: 183–194.
- Centurión, Y.A.R., Solís, P.S.; Saucedo, V.C., Báez, S.R. y Sauri, D.E. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 1-5.
- Cruz, A. 1995. Fertilización nitrogenada de la pitahaya (*Hylocereus spp.*) en la Palma, estado de Hidalgo, Informe final de Servicio Social, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- 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.

- Casas, A., Pickersgill, B., Caballero, J. and Valiente-Banuet, A. 1997. Ethobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. *Economic Botany*. 51 (3): 279-292.
- Castillo, R. M., Livera, M. G. J. y Márquez, G. 2005. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia* 39: 183-194.
- Castillo, M. R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia* 1: 13-18.
- Castillo, M. R. y Cáliz de D. H. 1996. Contenido nutricional de tres especies de pitahaya (*Hylocereus*): A. Rodríguez C., 1997, Guía técnica para la producción de plantas de pitahaya en viveros, p 54.
- Centurión, A. R. S., Solís, C., Saucedo, R. y Báez, E. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 1–5.
- Chazdon, R. L. 2014. *Second Growth: The promise of tropical forest regeneration on age of deforestation*. The university of Chicago Press. 472 p. ISBN-1: 978-0-226-11791-1.
- Cruz, H. P. 1994. Situación actual de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en México. Memoria del Primer Encuentro Nacional del cultivo de la pitahaya. San Marcos, Nicaragua.
- FAO, 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma, FAO, 20 p.
- FAO, 2006, Evapotranspiración del cultivo, Roma, pp. 323. ISBN 92-5-304219-2.
- Fernández, M. J. 2015. Fertilización con potasio en arroz en suelos de alta intensidad agrícola, INIA TREINTA TRES- Estación experimental del este, Universidad de la república oriental de Uruguay.
- Flores-Aguilar, J.J., Vázquez-Rosales, R., Solano-Vergara, J.J., Aguirre-Flores, V., Flores-Pérez, F.I., Bahena-Galindo, M.E., Flores-Aguilar, J.J., Oliver-

- Guadarrama, R., Granjeno-Colín, A.E. y Orihuela-Trujillo, A. 2012. Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*. 30 (3): 213-220.
- Flores, P. S. 2009. Soluciones nutritivas en la producción de Injertos en cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Gamboa, W. 2005. Producción agroecológica una opción para el desarrollo del cultivo del chayote (*Sechium edule*). Comisión editorial de la Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 192 p.
- García, C. L., Salinas, M. Y. y Valle, G. S. 2012. Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). *Revista fitotecnia mexicana*. 35 (5): 1-5, ISSN 0187-7380.
- Gil, de Z. H. 2009. Blogs, journalism and political participation” In Papacharissi, Z. (Eds.) *Journalism and citizenship: New agendas in communication*, (pp. 108–123). New York: Routledge.
- Gunasena, H. P. M., Pushpakumara, D. K. N. G. and Kariyawasam, M. 2010. Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. edit. *World Agroforestry Center.*, New Delhi, India, pp. 110–142, ISBN 978-955-9224-33-4.
- Gurovich, L. A. 1985. Fundamentos y diseños de sistemas de riego. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 443 p.
- Gusman, L. D. y Chávez, J. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia Ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 73 (1): 41-45.
- Granados, D. S. y Castañeda, P. A. D. 1996. El nopal, historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Tillas. México, D.F. p 65.
- Hernández, U., Pérez, T. E. & Rodríguez, G. 2011. Chemical Analysis of Nutritional Content of organic Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 8 (5): 1287-1295, ISSN 1660-4601.

- INEGI. 2005. Sistema de consulta Geografía Mexicana. Estado de Campeche. <http://www.inegi.org.mx/>.
- INTA; Manual Técnico de Buenas Prácticas de Cultivo en Pitahaya, Nicaragua 2000.
- Jordan, D.; Vásconez, J.; VELIZ, C. 2009. Producción y exportación de la pitahaya hacia el mercado europeo. Guayaquil, EC. Facultad de economía y negocios, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 114 p.
- Juárez-Cruz, A., Livera-Muñoz, M., Sosa-Montes, E., Goytia-Jiménez. M. A., González-Hernández, V.A. y Bárcena-Gama. R. 2012. Composición química de tallos inmaduros de *Acanthocereus spp. e Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 35, no. 2, 2012, pp. 171 –175, ISSN 0187-7380.
- Lara, A. 1991. The dynamics and disturbance regimes of Fitzroya cupressoides forest in south-central Andes of Chile. Tesis de Doctorado, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA.
- Le Bellec, F. F. and Vaillant, E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. Fruits 61: 237–250.
- Lemaire, F., Dartigues, A., Riviere, L. M. Charpentier, S. y Morel, P. 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España, 210 p.
- Lernoud, P. 2001. Mercado de productos orgánicos: entre la preocupación del medio ambiente y la oportunidad para crecer. IFOAM. Buenos Aires.
- Lichtenzveig, J. 1996. Occurrence of self-incompatibility and semi-sterility in climbing cacti of the genera *Hylocereus* and *Selenicereus*. MSc thesis, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel.
- Lichtenzveig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N. and Mizrahi, Y. 1999. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. American Journal of Botany 87 (7): 1058-1065

- López, A., J. I., M. Rodríguez C., A. Olivera de los S. y V. W. González L. 1994. Áreas potenciales para el cultivo de maracuyá y pitahaya en Tabasco. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Edo. De Méx. pp 247-253.
- López, O. & Guido, A. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*hylocereus undatus*), en *Agronomía mesoamericana*, 9 (1): 66-71.
- López-Mtz., J.D., Díaz, E.A., Martínez, R.E. y Valdez, C.R.D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*. 19 (4): 293-299.
- Loza, C. S., T. Terrazas, L. López M., y C. Trejo. 2003. "Características morfo-anatómicas y metabolismo fotosintético en plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae): su significado adaptativo". *Interciencia*, 28: 83-89.
- Luders, L. y G. McMahon. 2006. The pitahaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *Agnote*, 778:1-4.
- Masaguer, A. y Cruz, M.S. 2007. Avances en sustratos para cultivos hortícolas, caracterización y manejo, 4to curso Internacional de Actualización en horticultura Protegida. Universidad Politécnica de Madrid, España. 44 p.
- Meraz, A. C. y R. Schwentesius. 2003. Pitahaya de México, Producción y Comercialización en el Contexto Internacional. *In: Pitayas y Pitahayas*. C A Flores V (ed). Universidad Autónoma Chapingo. pp 99–116.
- Merten, S. 2003. A Review of *Hylocereus* production in the United States. *J. Prof. Assoc. Cactus Develop.* 1:98-105.
- Merten, S. 2004. A review of *Hylocereus* production in the United States. *Yearbook. West Australian Nut and Tree Crops Association.* 27: 20-29.
- Mendoza, B., Merú, M. L., Almaso, L., y Rodríguez, V. 2014. Evaluación de dos métodos de digestión ácida, en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), departamento de química y suelos en UCLA, Venezuela.

- Mejía, A. L. M. 1999, Guía para el cultivo y aprovechamiento del arboloco o anime (*Montanoa quadrangularis* Shultz Bip. In K. Koch. Santafé de Bogotá: Convenio Andrés Bello, 48 p. (Serie Ciencia y Tecnología, 73) ISBN 958-9089-52-6.
- Mizrahi, Y. and Nerd, A. 1999. Climbing and Columnar Cacti: New Arid Land Fruit Crops. p. 358-366 In: J. Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Mondragón, J. C. 2001. Cactus pear breeding and domestication. *Plant Breed Rev.* 20: 135-166.
- Mosshammer, M. R., Stintzing, F. C. and Carle, R. 2005. Colour studies on fruit juice blends from *Opuntia* and *Hylocereus* cacti and betalain- containing model solutions derived therefrom, *Food Res. Int.*, 38: 975-981.
- Nerd, A. F. and Mizrahi, G. 1997. Reproductive biology of cactus fruit crops. *Hort. Rev.* 18: 321- 346
- Nerd, A. F. y Mizrahi, G. 1999. Ripening and postharvest behavior of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology Technology* 17:39-45.
- Nobel, P. S. 1991. Tansley Review No. 32. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants. *New Phytologist.* 119: 183-205.
- Nobel, P. S. and De la Barrera, E. 2002. Stem water relations and net CO<sub>2</sub> uptake for a hemiepiphytic cactus during short-term drought. *Environmental and Experimental Botany* 48:129- 137.
- Norma oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. En <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

NMX-FF-109-SCFI-2007 HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. En <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>

Ochoa, M. J. and Uhart, S. 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. 2000. Manual técnico buenas prácticas de cultivo en pitahaya, Nicaragua. 54 p.

OIRSA. 2001. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Nicaragua. Disponible en: <http://www.oirsa.org>.

Ortíz, H. Y., Livera, M. M. y Tirado, J. 1994. El cultivo de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) y sus perspectivas en México. Memorias de la Primer a Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional de Frutales Nativos e Introducidos. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

Ortíz, H. Y. D. 1995, *Avances en el conocimiento ecofisiológico de la Pitahaya (Hylocereus undatus)*, Tesis de doctorado, Programa de Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Ortiz-Hernández, Y. D. 1999. Pitahaya un nuevo cultivo para México. Limusa- IPN. México. 111 p.

Ortiz-Hernández, Y. D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus spp.*) IPN-SIBEJ-CONACYT-FMNCM. Oaxaca. México. 124 p.

Osuna, E. T., Ibarra, Z. M. E., Muy, R. M. D., Valdez T. J. B., Villareal, R. M. y Hernández V. S. (2011). Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez, *Rev. fitotec. Mex.* 34 (1): 63-72. ISSN 0187-7380.

Osuna, E. T. 2006. Validación de un huerto de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la zona centro de Sinaloa: fenología y determinación de madurez del fruto para cosecha. *In: Memoria Anual, Ejercicio Operativo 2004–2005. Fundación Produce Sinaloa, A. C. Culiacán, Sinaloa, México pp. 60-63.*



- Pimienta, B. and Nobel, P. S. 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): An ancient and modern fruit crop of México. *Economic Botany* 48: 76–83.
- Pimienta, B. and Nobel, P. S. 1995. Reproductive characteristics of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) and their relationship with soluble sugars and irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 1082-1086.
- Pimienta, B. and Nobel, P. S. 2004. Ecophysiology of the pitayo de Queretaro (*Stenocereus queretaroensis*). *Journal of Arid Enviromentals*. 59: 1-17.
- Pohlan, J. (2001). Reflexiones básicas en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses.
- Pohlan, H. A. J., Moya, G., Salazar, C. D. J., Marroquin, F. A., Janconese, M. J. J., Leyva, G. A., Guzmán C., Toledo, T. C. y Gómez A. R. 2007. Fruticultura orgánica en el trópico: situación y ejemplo de Mesoamérica. pp. 125-150.
- Ramírez, F. 2007. Manual para la producción y paquete tecnológico de Pitahaya en el Estado de Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México.
- Raveh, E., Weiss, J., Nerd, A. and Mizrahi, Y. 1993. Pitayas (Genues *Hylocereus*): a new fruit crop for the Negev Desert of Israel. *Proceedings of the second National Symposium*, John Wiley and Sons, Nueva York, pp. 491- 495.
- Reyes, R. N. de la P. 1995. El cultivo de la pitahaya y sus perspectivas de desarrollo en México. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 56 p.
- Rivero, C.; Carracedo, C. 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. *Revista Facultad de Agronomía* 25(2): 83-93
- Rodríguez, C. A. 2000. Pitahayas. Estado mundial de su cultivo y comercialización, Fundación Yucatán PRODUCE, A.C.-UACH. México.
- Rodríguez, R. D., Patiño, G. M., Miranda, L. D., Fischer, G. y Galvis, V. J. 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre

- el comportamiento en poscosecha de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Revista Facultad Nacional Agronomía 58 (2): 2837–2857.
- Rojas, A. 2001. Seed germination of wild and cultivated *stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán- Cuicatlan Valley Central México. Journal of Arid Environments, 49 (2): 279-287.
- Sabino, L. J. E. 2010. Relaciones de prácticas de manejo con la floración de la pitahaya (*hylocereus undatus*). Tesis de Maestría, Protección y Producción Vegetal. CIIDIR-IPN-UNIDAD Oaxaca.
- SAGARPA, 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.
- SAGARPA, 2010. SIACON. Sistema de información estadística agropecuaria de México. Versión 1.1. In: <http://www.sagarpa.gob.mx> y [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx) (17/02 /2011).
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Grupo Editorial Iberoamericano, México. 759 p.
- Sánchez, H., Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Volumen III Universidad Nacional Autónoma de México. 3ra. Edición. México, D. F. 643 p.
- SNIIM, 2017, <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/FrutasFec.asp>
- SIACON, <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Suárez, M. V. 1996. El español que se habla en Yucatán. Mérida Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, 3ª, ed. Corregida por M. Güemez, P.
- Sotelo, R. E. D., Ortiz, T. C. y Rizo, A. M. I. 2005. Areas potenciales para el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. & Rose) en el sur del estado de México. Rev. Ciencia Forestal en México. 30 (98): 87-97.
- Valdez, C. R. D., Blanco, M. F., Gallegos, V. C., Salinas, G. G. E. y Vázquez, A. R. E. 1999. Daños por helada en cultivos de nopal.

- Valdez-Cepeda, R. D., Blanco-Macías F., Magallanes-Quintanar, R., Vázquez-Alvarado, R. E. and Méndez-Gallegos, S. 2013. Fruit weight and number of fruits per cladode depend on fruiting cladode fresh and dry weight in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variety 'Rojo Pelón'. *Scientia Horticulturae* 161: 165-169. doi: 10.1016/j.scienta.2013.06.009
- Vázquez, A. R. E., Olivares, S. E., Zavala, G. F. and Valdez, C. R. D. 2006. Utilization of manure and fertilizers to improve the productivity of cactus pear (*Opuntia* spp.) a review. Proceedings of the 5th International Congress on Cactus and Cochineal, Chapingo, Edo. de Mexico, Mexico, 2–7 August 2004. *Acta Horticulturae* 728: 151–158.
- Velázquez, J. Y. y Ortiz, S. C. A. 2010. Propuesta metodológica para la zonificación de pitahaya (*Hylocereus* spp.) en Puebla. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mex.
- Wünsche, J. N. and Albrigo, L. G. 2012, Application of Fertilizer for Pitaya (*Hylocereus undatus*) under Clay Soil, *Acta Hort.* (ISHS), 928: 151-154.
- Zee, F., Yen, C. and Nishina, M. 2004. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii at Manoa. p. 1-3.

## XII. ANEXOS

**Anexo 1.** Figuras donde se muestran las tendencias de las variable medidas en campo como son; número de brotes, longitud total de tallos y altura máxima de las plantas para dos variedades de pitahaya (*Hylocereus ocamponis* e *H. undatus*).

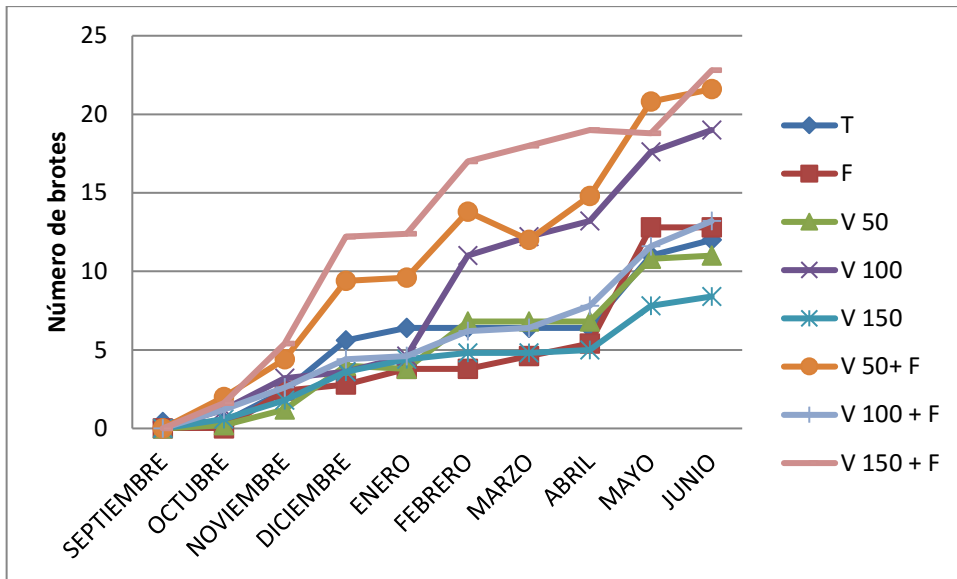


Figura 1a. Número de brotes de tallo en plantas de pitahaya de pulpa roja (*Hylocereus ocamponis*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertilizante

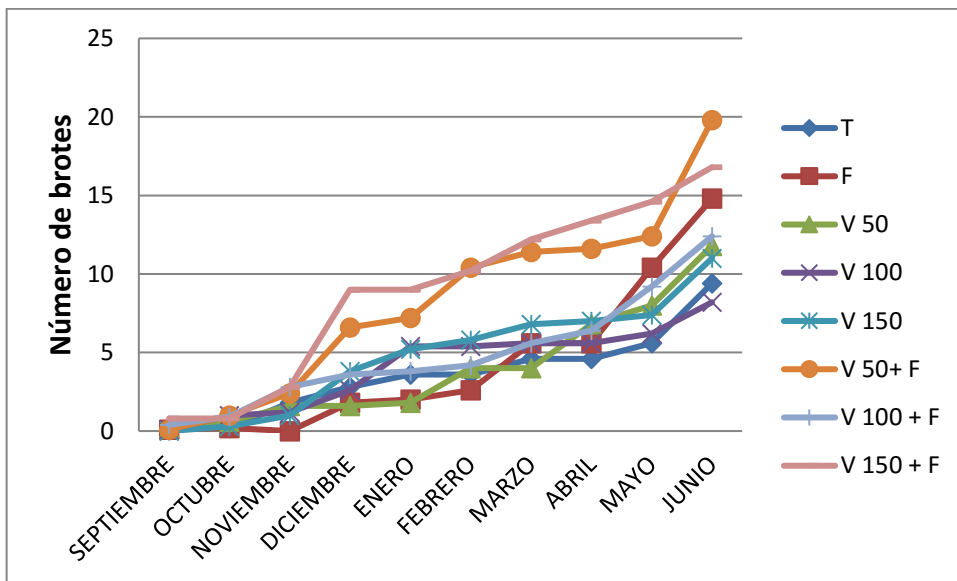


Figura 2a. Número de brotes de tallo en plantas de pitahaya de pulpa blanca (*Hylocereus undatus*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertilizante

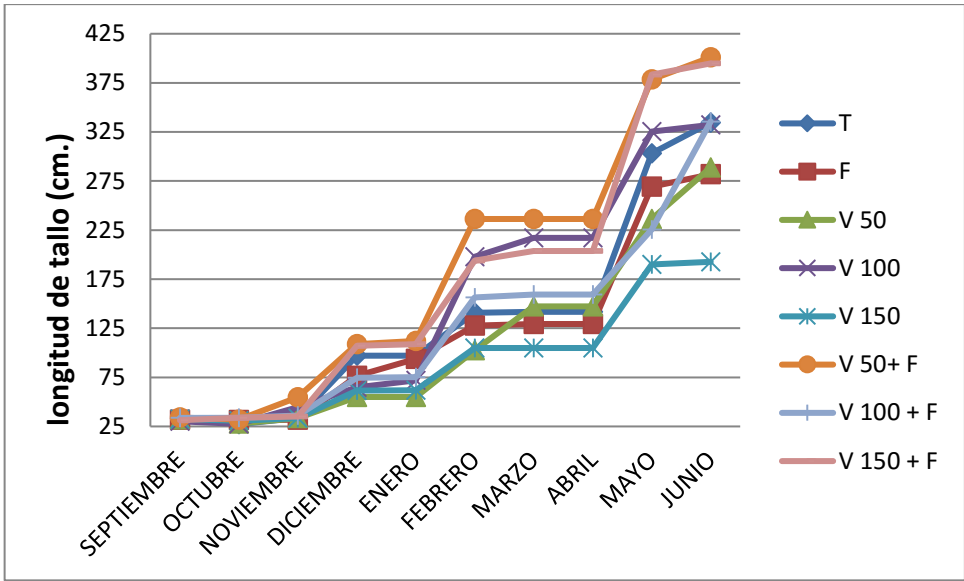


Figura 3a. Longitud total de tallos en plantas de pitahaya de pulpa roja (*Hylocereus ocamponis*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego

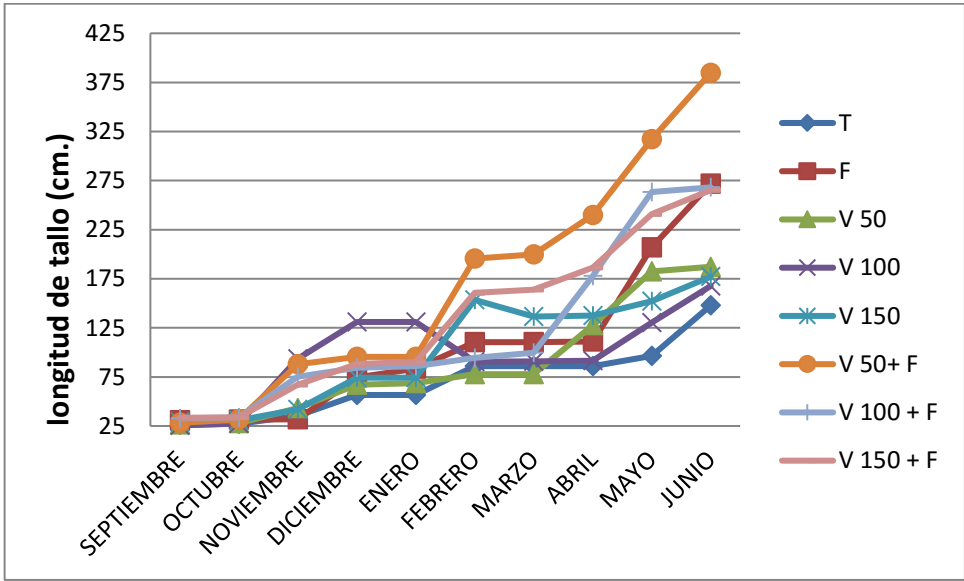


Figura 4a. Longitud total de tallos en plantas de pitahaya de pulpa blanca (*Hylocereus undatus*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertirriego

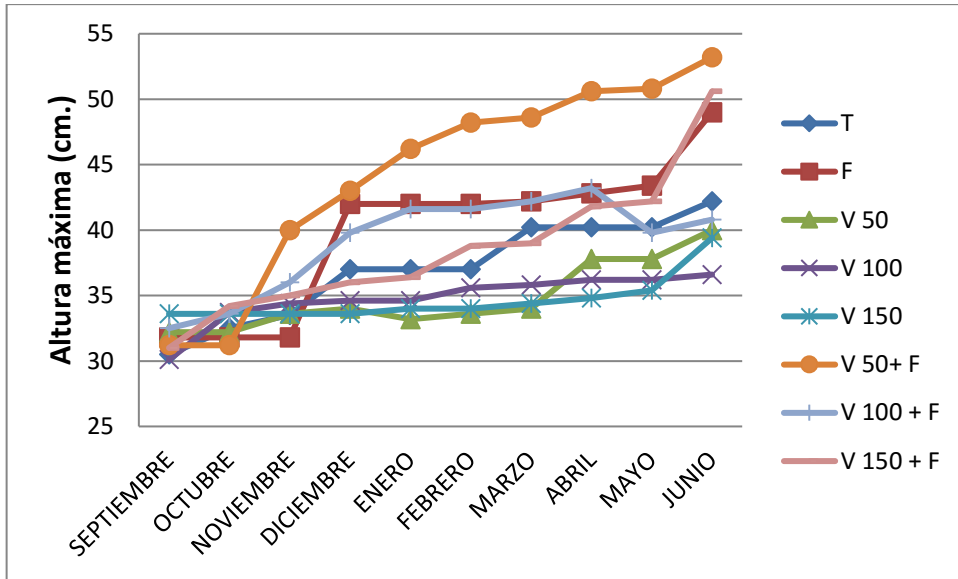


Figura 5a. Altura máxima de plantas de pitahaya de pulpa roja (*Hylocereus ocamponis*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertilizante

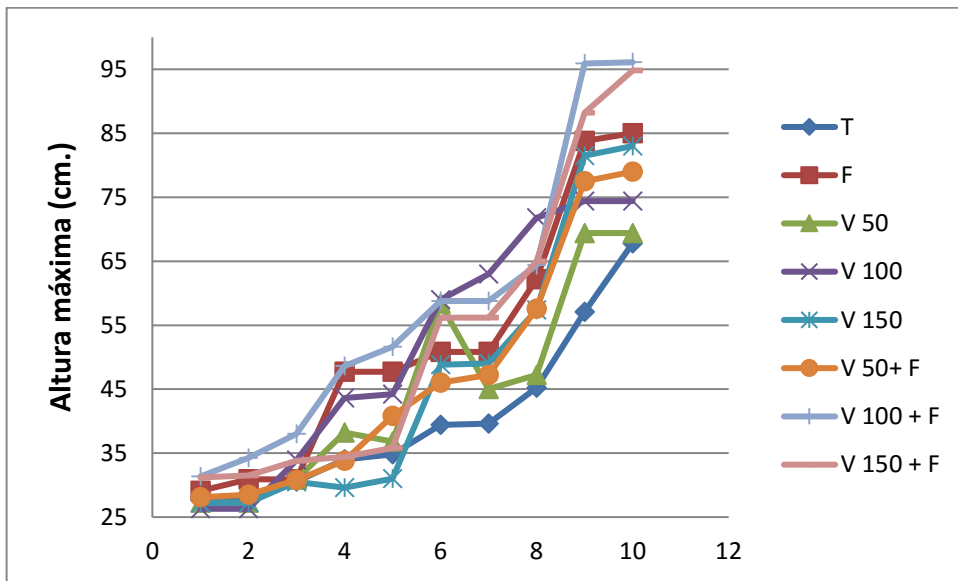


Figura 6a. Altura máxima de plantas de pitahaya de pulpa blanca (*Hylocereus undatus*), con respuesta a los distintos tratamientos de vermicompost y/o fertilizante

## Anexo 2. Análisis elemental de suelo del área experimental

ELEMENTO	CANTIDADES PRESENTES
N	31.92 mg·Kg <sup>-1</sup>
K	1560 mg·Kg <sup>-1</sup>
Na	1920 mg·Kg <sup>-1</sup>
P	3.58 mg·Kg <sup>-1</sup>
Mg	860.64 mg·Kg <sup>-1</sup>
Ca	3920 mg·Kg <sup>-1</sup>
Fe	66.50 mg·Kg <sup>-1</sup>
Cu	3.19 mg·Kg <sup>-1</sup>
Zn	3.05 mg·Kg <sup>-1</sup>
Mn	48.29 mg·Kg <sup>-1</sup>

Fuente: análisis desarrollados personalmente en el laboratorio de suelos, de la Universidad Autónoma de Chapingo