



**INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO
INTEGRAL REGIONAL UNIDAD-OAXACA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES
AREA: PROTECCIÓN Y PRODUCCIÓN VEGETAL.**

**“RELACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE MANEJO CON
LA FLORACIÓN DE LA PITAHAYA (*HYLOCEREUS
UNDATUS*)”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS.**

P R E S E N T A :

Juan Elias Sabino López

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca., Diciembre de 2010.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 29 del mes de octubre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **“Relación de las prácticas de manejo con la floración de la pihahaya (*Hylocereus undatus*.)”**

Presentada por el alumno:

Sabino

Apellido paterno

López

materno

Juan Elías

nombre(s)

Con registro:

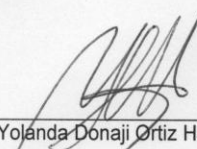
B	0	8	1	4	4	3
---	---	---	---	---	---	---

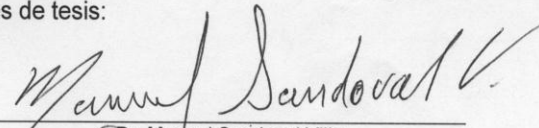
aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**


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

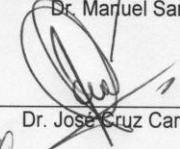
LA COMISION REVISORA


Directores de tesis:


Dra. Yolanda Donaji Ortiz Hernández

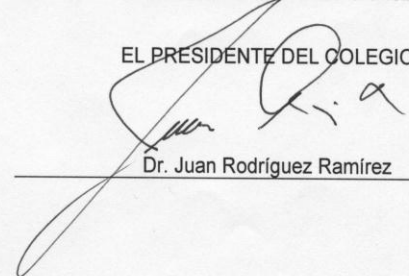

Dr. Manuel Sandoval Villa


Dr. José Antonio Sánchez García


Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

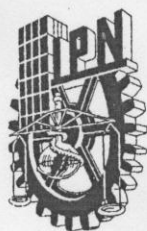

M.en C. Laura Martínez Martínez

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


Dr. Juan Rodríguez Ramírez



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



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 29 del mes de octubre **del año 2010**, el (la) que suscribe **Sabino López Juan Elías** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B081443**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los Drs. Yolanda Donaji Ortiz Hernández y Manuel Sandoval Villa y cede los derechos del trabajo titulado: **“Relación de las prácticas de manejo con la floración de la pitahaya (*Hylocereus undatus*.)”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó juanelias_sab@hotmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Sabino López Juan Elías



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

RESUMEN.

La importancia económica y ecológica de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) ha incrementado el interés en cultivar esta planta de manera comercial. Debido a la problemática de la estacionalidad de la producción, se ha adoptado por utilizar técnicas que consisten en emplear prácticas de manejo agronómico. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación del efecto de la poda, el riego y la fertilización con la incidencia de la floración, rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). En un primer experimento se usó un diseño con dos factores, poda y riego con dos y tres niveles, respectivamente, en plantas adultas de *Hylocereus undatus*, durante ciclos de producción (2009 y 2010). En el experimento dos se usó un diseño factorial 2 x 2 x 2, con dosis de fertilización y dos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. En el primer experimento se observó que el factor riego tuvo efecto significativo en el primer ciclo de producción con un adelantó de la floración de 85 días y fue 83.3 % mayor el número de flores con respecto al testigo, éste comportamiento no se observó en el segundo ciclo debido a que la floración inicio al mismo tiempo en todos los tratamientos, aunque se observó que las plantas con riego fueron 65.6 % mayor el número de flores, reflejándose en el rendimiento. De manera general, la mayoría características morfológicas de los frutos y la calidad no se vieron afectadas. En el experimento dos, no hubo diferencias en el número y longitud de brotes vegetativos de las diferentes dosis de fertilización evaluadas.

ABSTRACT

The economic and ecological importance of the dragon fruit (*Hylocereus undatus*) has increased the interest in cultivating the plant commercially. Due to the problems of seasonality of production, has been adopted for use techniques that involve use of agronomic management practices. For this reason, the objective of this study was to evaluate the effect of pruning, irrigation and fertilization with the incidence of flowering, yield and fruit quality in growing dragon fruit (*Hylocereus undatus*). In a first experiment used a design with two factors, pruning and irrigation with two and three levels, respectively, in adult plants of *Hylocereus undatus* during production cycles (2009 and 2010). In experiment two factorial design using $2 \times 2 \times 2$ with rates of fertilization and two levels of nitrogen, phosphorus and potassium respectively. In the first experiment showed that the irrigation factor had significant effect on the first production cycle with a forward from the flowering of 85 days was 83.3% higher than the number of flowers compared with the control, this behavior was not observed in the second cycle due to start flowering at the same time in all treatments, although it was noted that plants with irrigation were 65.6% higher than the number of flowers, reflected in performance. In general, most fruits morphological characteristics and quality were not affected. In experiment two, there was no difference in the number and length of vegetative shoots of different fertilizer doses evaluated.

AGRADECIMIENTOS.

Al Instituto Politécnico Nacional a través de Centros Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Oaxaca, por permitirme realizar mis estudios de maestría en sus aulas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al los grupo de catedráticos que integro mi comité tutorial y que hicieron posible la culminación del presente trabajo.

A mis amigos: Guillermina, Edgar, Hermenegildo y Omar, por su compañerismo, amistad.

A todos aquellos que me apoyaron y que hasta el momento han creído en mí.

Gracias.

Dedicatoria.

A Dios, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y aprender de ella.

A mis abuelitos Juan e Irene, gracias porque siempre han sido los dos pilares importantes para que me desarrolle como una persona de bien.

A mi: Mamá Socorro, por darme la vida y por brindarme su apoyo.

A mis: hermanos Francisco y Alfonso, por su compañía y porque cuando los necesito se que cuanto con ellos.

A Mari por su comprensión, su amistad, su compañía y por todo su apoyo incondicional.

En especial..... a mi pedacito de cielo, Ethan, quien me ha devuelto las fuerza y la motivación para seguir adelante y tratar de ser mejor cada día.

Fue por todos ustedes..... Gracias.

Índice general

	Pág.
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Agradecimientos	VI
Dedicatoria.....	VII
Índice general.....	VIII
Índice de cuadros.....	IX
Índice de figuras.....	X
I. Introducción.....	12
II. Objetivos.....	15
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
2.3. Hipótesis.....	15
III. Revisión de literatura.....	16
3.1. Generalidades de la pitahaya.....	16
3.2. Importancia de la pitahaya	16
3.3. Descripción botánica.....	19
3.3.1. Raíz.....	19
3.3.2. Tallo.....	21
3.3.3. Flor.....	21
3.3.4. Fruto.....	22
3.4. Labores culturales requeridas.....	22
3.4.1. Poda.....	22
3.4.2. Riego.....	25
3.4.3. Fertilización.....	25
IV. Materiales y métodos.....	33
4.1. Localización del experimento.....	33
4.2. Selección de plantas y establecimiento de tratamientos en campo.....	33
4.3. Poda.....	34
4.4. Sistema de riego	35
4.5. Riegos.....	35
4.6. Fertilización.....	36
4.7. Variables a medir.....	36
4.7.1. Contenido relativo de agua y días de floración.....	36
4.7.2. Número de botones florales.....	38
4.7.3. Longitud botones florales.....	38
4.7.4. Número de flores.....	38
4.7.5. Días a la antesis del botón floral.....	38
4.7.6. Número de brotes.....	38
4.7.7. Rendimiento en peso de fruto.....	39

4.8. Características morfológicas de frutos.....	39
4.8.1. Diámetro longitudinal.....	39
4.8.2. Diámetro ecuatorial.....	39
4.8.3. Número de escamas (brácteas).....	40
4.8.4. Longitud de escamas.....	40
4.8.5. Ancho de escama.....	40
4.8.6. Profundidad del ombligo.....	40
4.8.7. Diámetro del ombligo.....	40
4.8.8. Peso total de fruto.....	40
4.8.9. Peso de cáscara.....	40
4.8.10. Ancho de cáscara.....	41
4.8.11. Peso de la pulpa.....	41
4.9. Calidad de fruto.....	41
4.9.1. °Brix.....	41
4.9.2. Determinación de azúcares reductores totales (método de Lane-Eynon).....	41
4.9.3. Acidez titulable.....	42
4.10. Establecimiento de plantas de pitahaya en hidroponia.....	42
4.11. Trasplante.....	42
4.12. Tutoreo.....	43
4.13. Instalación del sistema fertirrigación.....	43
4.14. Diseño experimental.....	43
4.15. Riegos y fertilización.....	44
4.16. Variables evaluadas.....	44
4.16.1. Número de brotes.....	44
4.16.2. Longitud de brotes.....	44
V. Resultados y discusión.....	45
5.1. Contenido relativo de agua y días a floración.....	45
5.2. Variables productivas del experimento en campo (ciclo 2009-2010).....	48
5.3. Características morfológicas de frutos.....	53
5.4. Calidad de frutos.....	56
5.5. Plantas de pitahaya en hidroponia.....	59
VI. Conclusiones.....	61
VII. Bibliografía.....	62

Índice de cuadros	
	Pág.
Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el 2009 y 2010.....	34
Cuadro 2. Dosis de fertilización empleadas en plantas de pitahaya en hidroponía.....	43
Cuadro 3. Fechas de floración y contenido relativo de agua (CRA) en plantas de <i>Hylocereus</i> con diferentes practicas de manejo.	45
Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables productivas de <i>Hylocereus undatus</i> en los ciclos 2009 y 2010.....	48
Cuadro 5. Respuesta de las variables productivas de plantas de <i>Hylocereus</i> a la poda.....	49
Cuadro 6. Respuesta de las variables productivas de plantas de <i>Hylocereus undatus</i> al riego.....	51
Cuadro 7. Cuadrados medios características morfológicas de frutos de <i>Hylocereus undatus</i> en el ciclo 2009 y 2010.....	53
Cuadro 8. Respuesta de las características morfológicas de frutos de <i>Hylocereus undatus</i> al factor poda en los ciclos 2009 y 2010	54
Cuadro 9. Respuesta de las características morfológicas de fruros de <i>Hylocereus undatus</i> al riego en los ciclos 2009 y 2010.....	55
Cuadro 10. Cuadrados medios de los parámetros de calidad en frutos de <i>Hylocereus undatus</i> con poda y riego.....	56
Cuadro 11. Parámetros de calidad de frutos de plantas de <i>Hylocereus undatus</i> con poda.....	57
Cuadro 12. Parámetros de calidad de frutos de plantas de <i>Hylocereus undatus</i> con riego.....	58
Cuadro 13. Respuesta de plantas de pitahaya a diferentes dosis de fertilización.....	59

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización del experimento.....	33
Figura 2. Poda.....	34
Figura 3. Sistema de riego en plantas de pitahaya en campo.....	35
Figura 4. Contenido relativo de agua (CRA).....	37
Figura 5. Número y longitud de botones florales.....	38
Figura 6. Características morfológicas de frutos.....	39
Figura 7. Distribución de la precipitación en el ciclo de producción 2009.....	46
Figura 8. Distribución de la precipitación en el ciclo de producción 2010.....	47

I. INTRODUCCIÓN.

Las especies del género *Hylocereus* conocidas comúnmente como pitahayas, son plantas perennes, que crecen y se reproducen de forma silvestre sobre árboles vivos, troncos secos, piedras y muros (Crane y Balerdi, 2005). En México se encuentran distribuidas principalmente en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Baja California (López y Guido, 1998). Desde el punto de vista ecológico, cultural y económico el género *Hylocerus* es considerado uno de los grupos de plantas más importantes en el continente americano. Las frutas son ricas en antioxidantes, los cuales pueden prevenir o retrasar el daño oxidativo de lípidos, proteínas y ácidos nucleídos. Por otro lado, la cascara del fruto tiene propiedades que se usan en la industria alimentaria (Norziah *et al.*, 2008). Además, de acuerdo con Meraz *et al.* (2003), la pitahaya tiene un alto potencial productivo, ya que, por su amplia tolerancia al estrés ambiental pueden ser cultivadas en zonas no aptas para otros cultivos agrícolas. La importancia y el potencial productivo de las pitahayas, también radican en su gran variabilidad genética, amplia distribución, alta rentabilidad y por la gran demanda en los mercados local e internacional (Rodríguez, 2000).

En los últimos años se ha incrementado el interés en cultivar pitahaya de manera comercial en diferentes partes del mundo, sin embargo, los principales países productores son: Nicaragua, Colombia, México, Guatemala y actualmente, Israel en el que está adquiriendo gran importancia, tanto en el aspecto de mejoramiento genético como de manejo de cultivo (Martínez, 2007). Al igual que en otros cultivos, la estacionalidad de la producción disminuye significativamente el precio de la fruta, por consiguiente, se ha optado por utilizar técnicas que consisten en el uso de riego y fertilizantes nitrogenados, aplicados después de la cosecha (Zegbe y Mena, 2006). Sin embargo, los estudios realizados hasta la fecha sobre el manejo del cultivo (labores culturales y requerimientos de riego y fertilización) son muy escasos.

La fertilización es una actividad muy importante porque favorece el desarrollo de las plantas y las mantiene vigorosas y productivas. Se ha demostrado que la pitahaya es eficiente en la absorción y asimilación de elementos menores y micronutrientes (Castillo *et al.*, 1996). López y Guido (1998), encontraron que la pitahaya responde favorablemente a las aplicaciones orgánicas así como a la fertilización nitrogenada foliar. Por otro lado, Mata (1997), no observó respuesta a las aplicaciones de fertilizantes en los tallos de *Hylocereus undatus*, por lo que, es pertinente indicar que todavía hay un conocimiento limitado sobre el manejo práctico que podrían tener los fertilizantes sobre este cultivo (Castillo, 2006).

En cuanto a reportes sobre el efecto que tiene la aplicación de riego en pitahaya, se ha observado, que el riego regular es muy importante, porque permite a la planta la acumulación de reservas suficientes para construir no sólo flores en el momento más favorable, sino también garantiza el desarrollo de los frutos (Le Bellec *et al.*, 2006). De acuerdo con Zee *et al.* (2004), los requerimientos de precipitación anual en pitahaya varían de 25 a 50 milímetros y el exceso de agua conduce a una disminución de flores e induce la pudrición de frutos. Aunado a esto se ha observado que el riego doble por semana es esencial durante la producción, ya que, cuando se requieren frutos de buena calidad, se necesita un buen abastecimiento de agua (Le Bellec *et al.*, 2006).

Finalmente, las plantas de pitahaya son de rápido y amplio crecimiento y si no se realizan podas, se produce una masa muy densa de tallos que reduce la penetración de la luz, afectando de manera directa el rendimiento y la producción (Crane y Balerdi, 2005). Barcenás-Abogado *et al.* (2002), observaron que si se realizan podas después de la época de producción, se estimula el crecimiento de nuevos brotes productivos y se mejoran las condiciones de manejo en *Hylocereus undatus* en Tehuacan Puebla. Por otro lado en algunos países suele hacerse una poda de producción, observándose como respuesta una abundante floración; sin embargo, falta determinar cómo afecta esto la vida productiva de la planta (Castillo 2006).

La importancia económica y ecológica de la pitahaya, su adaptabilidad a los diversos climas, su creciente demanda en el mercado internacional y la creciente necesidad de encontrar un producto sustituto a los cultivos tradicionales de escaso margen de utilidad, hacen de esta planta una excelente opción para el desarrollo de la sociedad rural mexicana que habita en las zonas de producción marginal, por lo que en esta investigación se pretende determinar el efecto de la aplicación de la fertilización nitrogenada, en combinación con el riego y podas tanto sanitarias como de formación, con la finalidad de experimentar y observar las repuestas en la expresión de la floración y producción en plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

Evaluar la relación del efecto de la poda, riego y fertilización con la incidencia de la floración, rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta de la floración, rendimiento y calidad al manejo de la poda en plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Evaluar la respuesta de la floración, rendimiento y calidad al manejo del riego y la fertilización en plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización en plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

2.3. Hipótesis

H1: La poda, riego y fertilización no tendrá ningún efecto en la de floración, rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

H2: La poda, riego y fertilización tendrá efecto en la incidencia de floración, rendimiento y calidad de fruto del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

H3: Las diferentes dosis de fertilización no tendrán un efecto sobre las variables productivas en plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

I. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades de la pitahaya.

La familia de las cactáceas se originan en el Norte, centro y sur de América, se distribuyen ampliamente desde las zonas costeras, montañas altas y selvas tropicales. Su aspecto es muy variado desde especies del tamaño de un dedal, hasta enormes especies columnares y especies epifitas trepadoras, que son muy adaptables a nuevos ambientes. Son plantas capaces de tolerar sequia, calor, frio y suelos pobres (Casas, 2002).

Según Meráz *et al.*, (2003), el origen exacto de la pitahaya es incierto, ya que se mencionan diferentes lugares, entre los que están Centroamérica, México, Indias Orientales, Colombia y América del sur, ya que ahí se han encontrado los géneros más primitivos. La pitahaya es una planta perenne, que crece de forma silvestre sobre árboles vivos, troncos secos, piedras y muros. Aunque su fruta es de sabor suave, es apreciada por sus características refrescantes, sobre todo en las regiones calurosas donde se produce. Actualmente se cultiva de manera comercial en países como Vietnam, Tailandia, Israel, Colombia, Nicaragua y se ha iniciado en otros tantos más. En México se encuentra de forma silvestre principalmente en los estados de Yucatán. Quintana Roo, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Baja California (López y Guido, 1998).

La pitahaya presenta una fruta considerada exótica, por su llamativo aspecto. Es originaria del continente americano, pero se ha difundido a diversos países de los otros cuatro continentes a partir de la conquista, sin embargo en los últimos años se ha incrementado el interés en cultivarla con fines comerciales. Esta fruta ha sido aprovechada desde tiempos anteriores a la colonia española por los nativos de América, conocida como “Cuahnochtli” en las culturas Mexica, como Sacwob o Chacwob en la cultura Maya de la península de Yucatán, takrab´aj y b´anuk en

algunos pueblos indígenas de Centroamérica y como pitahaya en las Antillas, donde los españoles entraron en contacto por primera vez con este tipo de fruta y razón por la cual se difundió este nombre en el resto de las regiones donde se conocía (Ramírez, 2007).

3.2. Importancia de la pitahaya

El tipo de pitahaya más difundido pertenece a la especie *Hylocereus undatus*, que son frutos de color rosa mexicano en su exterior y de color blanco en su interior. Otras especies que producen frutos de pulpa roja y cáscaras que varían de color desde rosa a rojo son *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. monacanthus*, *H. purpusii* y *H. ocamponis*. Otra especie que también es denominada pitahaya y que pertenece a otro género es la llamada pitahaya amarilla es *Selenicereus megalanthus* (Ramírez, 2007).

El género *Hylocereus* es de importancia agrícola debido a los frutos comestibles. Sin embargo, la selección para mejorar las variedades hortícolas y su cultivo a escala ha traído más complicaciones en la comprensión de las delimitaciones específicas, ya que es difícil para explicar si un determinado modelo (o población) representa un taxón silvestre o un cultivar (Cálix, 2005).

Meraz *et al.*, (2003), menciona que la planta de pitahaya tiene un alto potencial productivo, ya que por sus bajos requerimientos de agua puede ser cultivada en zonas de baja precipitación o con periodos de sequía estacionales. Son un importante recurso genético vegetal nativo de América, con amplia distribución y variación; también son un nuevo cultivo con gran potencial para el desarrollo agrícola y económico de amplias áreas de México y varios países de Centroamérica. La importancia y el potencial de las pitahayas radican en su gran variabilidad genética, su adaptabilidad a condiciones ambientales diversas, sus múltiples usos, su productividad, su rentabilidad y su demanda en los mercados local e internacional (Rodríguez, 2000).

Según Norziah, *et al.*, 2008, las frutas son ricas en antioxidantes que pueden prevenir o retrasar el daño oxidativo de los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. La cascara del fruto tiene propiedades que pueden contribuir a la buena salud y son muy necesarias en la aplicación de la industria alimentaria.

La pitahaya se siembra en cualquier época del año, se propagan por estaca presentando mayor rapidez en el desarrollo total de la planta, se desarrolla fácilmente sobre árboles vivos y muertos, sobre rocas, tejados o sobre paredes de concreto. Se adapta a clima caliente/seco hasta fresco agradables con un rango de temperatura amplio se desarrolla en forma silvestre. Se cosecha durante el período de mayo a octubre (Villalobos, 2006).

Según Lebellec *et al.*, 2006, los rendimientos varían en función de los elementos nutritivos ofrecidos. El sistema radicular de la pitahaya es superficial y puede incluso asimilar rápidamente la mayor cantidad de nutrientes. El mercado europeo se analiza para las diversas especies cultivadas de *Hylocereus* (importando la cantidad, el segmento de mercado, el origen de la producción, etc) y sus perspectivas de evolución son evocados. Con este análisis se pone de relieve el hecho de que el interés mostrado en estas pitahayas es reciente y, por estas razones, un conocimiento más detallado sobre estas especies es necesario (agronómicos, genéticos y tecnológicos).

Las características de la pitahaya, su diversidad de colores, su adaptabilidad a los diversos climas, su creciente demanda en el mercado internacional, su rentabilidad y la necesidad de encontrar un producto sustituto a los cultivos tradicionales de escaso margen de utilidad, hacen de este fruto una excelente opción para el desarrollo de la sociedad rural mexicana que habita en las zonas de producción marginal (Ramírez, 2007).

A diferencia de la mayoría de los cultivos frutales, plantas de los géneros *Hylocereus* comienzan a producir a los dos o tres años después de la siembra y alcanzar la plena producción después de cinco años (Jacobs, 1999). Esto devuelve resultados rápidamente a los agricultores que tienen un alto costo inicial de instalación de este tipo de cultivos (Merten, 2003).

La mayoría de las áreas de producción de pitahaya son de huerto familiar, donde se reproducen a través de semilla o esquejes. La plantación por esquejes empieza a producir al segundo año. El cultivo a base de semilla pasa por un periodo improductivo de 4 a 7 años. La densidad por hectárea es de 1,000 a 1,200 plantas. Al inicio del ciclo de lluvias se siembran las estacas enraizadas o enteras, puestas directamente en el campo. Las labores culturales que requiere la planta de pitahaya son: podas, fertilización y amarre de los tallos (Meráz *et al.*, 2003). La problemática incide en los bajos rendimientos y falta de uniformidad en la calidad de la fruta, así como del periodo de producción de frutos y cantidad de frutos por planta (Castillo, 2006).

3.3. Descripción botánica

3.3.1. Raíz

La pitahaya presenta dos tipos de raíces; las primarias que se encuentran en el suelo y las secundarias o adventicias que se desarrollan principalmente fuera del suelo y sin tocarlo. Las primarias crecen siguiendo el nivel del suelo a una profundidad de 5 a 25 centímetros y su área de expansión es de aproximadamente 30 centímetros de diámetro. Las secundarias se producen después de una prolongada sequía y cumplen funciones de sostén y fijación de las plantas a su tutor y absorber sustancias nutritivas y agua del ambiente (SAGARPA, 2008).

Tienen un sistema radicular fibroso muy superficial y parece que responden bien cuando la porción superior del suelo se mantiene continuamente húmedo (Merten, 2004).

Las raíces de las plantas y los pelos radiculares de éstas están en un íntimo contacto con la superficie de los coloides del suelo. La absorción de nutrientes por las plantas tiene lugar a través de sus raíces tanto en la superficie de los coloides del suelo como a través de la propia solución de éste. Los iones se intercambian entre los coloides del suelo y la solución del mismo, este movimiento de iones tiene lugar entre la superficie de las raíces de las plantas y los coloides del suelo, así como entre estas raíces y la solución del suelo en una y otra dirección. Cualquiera que sea el mecanismo de absorción del agua y los iones minerales, absorción está regulada por la capa de células endodérmicas que se encuentran alrededor de lo que podría llamarse cuerpo de la raíz, el cual constituye una barrera que evita el libre movimiento del agua y de los solutos a través de la célula. Existe una capa cérea. La capa de Casparian, alrededor de cada una de las células endodérmicas, la cual aísla la parte inferior de la raíz, de las regiones epidérmicas exteriores y corticales, en las cuales el agua y los diversos minerales pueden moverse con relativa libertad (Resh, 2001).

El agua se absorbe a través de los pelos radiculares y por las lenticelas de las raíces suberificadas. La absorción pasiva es el mecanismo responsable de la absorción de la mayor parte de agua por la planta; la transpiración produce una tensión negativa en las tráqueas del xilema que se compensa mediante la entrada de agua del suelo. Así mismo, la absorción pasiva de sustancias minerales a favor de un gradiente de concentración es en parte responsable de la absorción de estas sustancias. Los mecanismos de absorción activa suponen un gasto de energía metabólica y solo tienen importancia cuantitativamente en la absorción de sustancias minerales (Coletto, 1994).

3.3.2. Tallo

La pitahaya es una planta epífita, el tallo conocido comúnmente como penca, es articulado y crece en todas las direcciones, el tallo presenta tres aristas aunque algunas veces presenta de 4 a 5 aristas. Esta planta carece de hojas pero en los bordes de cada arista tiene pulvinulos foliares por lo regular tormentosos y en conjuntos de 5 y 8 espinas (Calix, 2005).

De acuerdo con Luttge (2008), a pesar de la baja productividad general de las plantas CAM en general, los tallos de plantas CAM pueden mostrar una elevada productividad en determinadas circunstancias y también pueden responder a las concentraciones elevadas de CO₂ en la atmósfera del medio ambiente con un mayor crecimiento.

3.3.3. Flor

Las flores son hermafroditas, sin embargo, algunas especies de pitahaya y cultivares son auto incompatibles. Son flores muy vistosas, comestibles, de color blanco (rosa en otras especies) son muy grandes, muy fragantes, nocturnas, en forma de campana y puede ser de 14 pulgadas de largo (36 cm) y 9 pulgadas de ancho (23 cm). Los estambres y estigmas son lobulados de color crema (Crane y Balerdi, 2005)

Estudios fenológicos realizados por Pushpakumara *et.al.*, (2005), reveló que la floración de las especies de *Hylocereus* fueron estacionales y se produjeron entre abril y noviembre con 7.4 ciclos por año. La fase de anthesis del botón floral tomó cerca de 30 días. Las flores bisexuales abrieron desde las 6.30 horas y cerraron antes de las 10.00 horas del mismo día. Sin embargo, las que no fueron polinizadas permanecieron abiertas hasta las 12.00 horas del día siguiente.

Los antecedentes y objetivos de la fenología de la floración es un rasgo fundamental de historia de vida que influye en el éxito reproductivo. Se ha demostrado que la genética, clima y otros factores como el tamaño de la planta afectan el momento de la floración y su duración. En algunos cactus columnares como *Stenocereus thurberi*, el tamaño de la planta afecta la fecundidad de la planta así como el tiempo de floración (Bustamante y Burquez, 2008). La emisión floral de la pitahaya está relacionada con las condiciones climáticas de humedad, luz, temperatura y estado nutricional de la planta. Si estos factores están equilibrados se produce una buena floración y consecuentemente una buena producción (Gonzales y Alvarado, 2004).

3.3.4. Fruto

El fruto es de aspecto escamoso de color rojo o purpúreo y tiene intensamente forma ovoidea y es abayado, contiene de 6000-7000 semillas muy pequeñas y de color negro. La semilla tiene poder germinativo (Villalobos, 2006).

3.4. Labores culturales requeridas.

De acuerdo con Pimienta-Barríos (1994), en otras especies de cactus, como el nopal (*Opuntia spp.*), los bajos rendimientos en México se debe en parte al hecho de que la mayoría de los productores no utilizan prácticas culturales como la fertilización y poda. Como resultado de esta falta de atención, las plantas tienen crecimiento deficiente y bajos rendimientos. Aparentemente la falta de prácticas culturales crean una condición de debilidad fisiológica, que hace que la planta sea más sensible a los daños causados por plagas, enfermedades y estrés ambiental (sequía y baja temperatura).

3.4.1. Poda

La poda es la eliminación racional de cualquier parte vegetativa, es una importante operación cultural para los árboles frutales, ya que en ocasiones tiende a

prolongar la edad del árbol, debido a que en cada cultivar tiene diferentes necesidades de poda en función de su productividad y fuerza vegetativa (Blumenfeld, 1995).

Según Velarde, desde el punto de vista estrictamente técnico, toda operación en la que, mediante un corte efectuado con cualquier útil, se elimina una parte cualquiera de un árbol, es una operación de poda. Al conjunto de las operaciones que se realizan en un momento determinado sobre un árbol concreto, se les denomina poda del árbol; este conjunto de operaciones, puede ser más o menos complejo, realizarse de distintas formas y en distintas épocas y en definitiva, la poda de árbol frutal es sumamente variable, cuyo estudio y caracterización permite y precisa una serie de clasificaciones y definiciones parciales.

De acuerdo con lo reportado por Pimienta-Barrios y Nobel 1994, en *Stenocereus queretaroensis* la poda puede controlar la altura de la planta (a menos de 3 m) y longitud de la rama, lo que facilita la recolección de fruta, pero la mayoría de las plantas no se podan.

Casas *et al.*, 1997, mencionaron que en *Stenocereus stellatus*, las ramas son cortadas para alimentación del ganado y se observa que las plantas inician con relativa rapidez la producción de mas ramas que pueden crecer de 20 a 40 centímetros por año.

Según Zegbe y Mena (2008), la eliminación de yemas vegetativas y florales en *Opuntia ficus-indica* antes de la floración, indujo un segundo rebrote abundante de yemas vegetativas y en menor proporción de yemas florales a los ocho días después de haber realizado esta actividad.

De acuerdo con estudios realizados sobre nopal por Nerd y Mizrahi (1994), donde se estudió el efecto de la fertilización (NH_4NO_3) y la eliminación de las flores y los cladodios jóvenes en la primavera y la eliminación de frutos en el verano sobre el rebrote en nopal (*Opuntia ficus-indica*), cultivar "Often". Se indujo la formación de

nuevos botones florales por la eliminación de flores en primavera y se incrementó aun mas cuando los cladodios jóvenes fueron eliminados.

Existen pocos reportes sobre el efecto de la poda en plantas de pitahaya. Crane y Balerdi (2005), mencionan que las plantas de pitahaya son de rápido y amplio crecimiento y si no se realiza la poda, eventualmente habrá una masa muy densa de tallos que reducirá la penetración de la luz e interferir con la recolección de los frutos. Además, una densa maraña de tallos puede resultar en un aumento de incidencia de problemas de insectos y enfermedades, por lo cual es recomendable el realizar una poda sanitaria y de producción, que implica la eliminación de los tallos dañados, enfermos o muertos y los que llegan al suelo. También la eliminación de tallos que interfieren con las prácticas culturales y cosecha, que consiste en la selección de tallos sanos y fuertes.

La poda en pitahaya consiste en eliminar todos los tallos dañados que se derivan de la planta, además de los que se enredan entre sí. La poda después de la cosecha estimula el crecimiento de nuevos brotes jóvenes que llevan a la producción de flores al año siguiente (Le-Bellec *et al.* 2006).

Las plantas pitahaya generalmente son vigorosas y pueden requerir la poda de una a tres veces por año, los cortes pueden ser tratados con un fungicida para reducir la incidencia de pudrición del tallo ó pueden ser llevados a un lugar lejos del campo y ser composteados. También la poda induce floración y ramificación del eje principal, por lo que es recomendable una poda rápida después de la cosecha (Crane y Balerdi, 2005).

Observaciones directas en Tehuacán, Puebla, han permitido identificar las ventajas de esta práctica sobre *Hylocereus undatus* cuando se realiza después de la época de producción, ya que estimula el crecimiento de nuevos brotes productivos y mejora las condiciones de manejo (Barcenas-Abogado *et al.*, 2002).

Según reportes de Luders y McMahon (2006), en la mayoría de los casos en *Hylocereus* se realiza la poda de las puntas que permitan un fácil acceso al huerto, a la flor y al raleo de frutos, manteniendo un dosel abierto, manejable y productivo por lo corto de los tallos. En el primer año una planta debe tener 30 tallos, aumentando a 130 tallos en el cuarto año. Después de la cosecha, la planta se poda a un número máximo de 50 tallos principales, con uno o dos tallos secundarios en un tallo principal.

3.4.2. Riego

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

Amézquita (1999), reportó que el agua es el principal constituyente de los seres vivos. Una planta verde posee en su constitución entre un 90% y un 95% de agua. De esta distribución biológica surge el principio de la esencialidad del agua para las plantas. El exacto porcentaje de esta dependerá de su especie, así como de la turgencia de la planta en el momento de la toma de la muestra, lo cual será el resultado de la hora del día, de la cantidad de humedad existente en el suelo, de la temperatura, de la velocidad del viento y de otros factores (Resh, 2001).

Un aspecto importante para lograr rendimientos altos y estables, es el abastecimiento de agua del suelo a las plantas para satisfacer la demanda atmosférica (García y Docampo, 2004).

La alta eficiencia del uso del agua de los cactus en general es proporcionada por su actividad fotosintética única, mediante la vía del metabolismo ácido-crasuláceo (CAM). En las plantas CAM, los estomas abiertos y la absorción de CO₂ tiene lugar durante la noche, cuando la evaporación es baja. Entre las cactáceas, existen alrededor de 35 especies que tienen un potencial para el cultivo de frutas, vegetales, o especies de cultivo par forraje (Casas, 2002).

Hasta la fecha, no se ha realizado una investigación sistemática en los requisitos de riego y fertilización en pitahaya. Mientras tanto, se recomienda los cactus epifitos se rieguen con 150 mm de agua al año, pero en Israel, algunos agricultores pueden regar cuando mucho hasta 250 mm / año. Experimentos previos han demostrado grandes diferencias entre la respuesta de los cactus a las cantidades de agua, la comprensión de los efectos de las cantidades de agua sobre la fructificación y la calidad de la fruta es, obviamente, la de mayor importancia (Mizrahi y Nerd, 1999).

En algunas especies de cactus, como en el caso del cactus manzana (*Cereus* spp.), algunos autores (ElObeidy, 2006) recomiendan riegos de 2 litros por planta durante dos horas cada dos días.

Pimienta-Barrios y Nobel 1994, mencionaron que el riego en *Stenocereus queretaroensis*, aumenta vigor de la planta, la producción de flores y el tamaño del fruto, algunos huertos se riegan durante los períodos extremadamente secos (de enero a abril).

En *Stenocereus queretaroensis* crece satisfactoriamente con cantidades de agua muy bajas, ya que requiere cantidades de riego equivalentes a 45 mm de precipitación aplicados cada semana a plantas adultas de 20 años de edad, lo que equivale a 1260 mm de precipitación durante la estación seca. Esto disminuye la formación de flores y frutos. Aunque el riego incrementa el número de óvulos por flor y semillas por fruto. Esto no afecta el peso fresco de las semillas y frutos (Pimienta-Barrios *et al.*, 2004).

De acuerdo a lo anterior, riego regular en pitahaya es importante, porque permite a la planta la acumulación de reservas suficientes para construir no sólo a flores en el momento más favorable, sino también para garantizar el desarrollo de los frutos (Le Bellec *et al.* 2006).

De acuerdo con Luders y McMahon (2006), la mayoría de las raíces de la pitahaya se encuentran entre 15 a 30 cm de la parte superior del suelo en donde el riego es necesario para asegurar que no se seque por completo. El riego se utiliza para mantener los niveles de agua adecuados en el suelo durante el desarrollo del fruto para evitar partiduras.

El estado de Yucatán presenta un período de secas durante los meses de marzo, abril y parte de mayo, tiempo en el cual se recomienda suministrarle agua a la planta de pitahaya, en el caso de las plantaciones comerciales el riego es tanto a la pitahaya como al tutor. La aplicación de riegos en estos meses acelera la floración y fructificación, pudiendo obtener mejores precios del fruto por concurrir en fechas tempranas al mercado con la primera cosecha (Rodríguez *et al.* 1993).

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

Un riego doble por semana y cuidadoso suministro de agua es esencial durante la producción, la humedad desigual del suelo da como resultado frutos partidos. Incluso la pitahaya puede sobrevivir con muy baja precipitación y muchos meses de sequía, cuando se requieren frutos de buena calidad, se necesita un buen abastecimiento de agua (Le-Bellec *et al.*, 2006).

Nobel y De la Barrera (2002), reportan que el riego intermitente *Hylocereus undatus* en *Hylocereus undatus* requiere mucho menos agua que el riego

continuo, lo que resulta en el mantenimiento continuo de las condiciones de humedad y aparentemente no disminuye la absorción neta de CO₂, ocasionando además, la respuesta rápida de a la rehidratación que es coherente con las respuestas de las raíces jóvenes y viejas de otras especies de cactus hemiepífitos.

Por otra parte Lichtenzveig (2001) al evaluar la citología y sistemas de cruzamiento de tres especies de *Hylocereus* siguió el empleo de 2 litros por planta cada semana durante la temporada húmeda y fría (Noviembre-Abril) y dos veces por semana con 2.5 litros en la temporada de calor (Mayo a Octubre) con 70 ppm de nitrógeno, 9 ppm de fósforo y 70 ppm de potasio.

Otras investigaciones realizadas por Reveh *et al.* 1998, mencionaron que en *Selenicereus megalantus* y *Hylocereus polyrhizus* bajo estudio, se regaron con una solución de nutrientes que contenía 200 mg L⁻¹ de fertilizante (23N-7P-23K, más oligoelementos), los riegos se aplicaron una vez por semana en la estación fría (noviembre-marzo) y dos veces por semana durante la estación cálida (abril-octubre). La cantidad anual de riego empleada en sus trabajos fue de 60 mm (equivalente a 4 litros por planta por día), con una precipitación anual (solo en el invierno de 200 mm. Otros autores sugieren la aplicación de 5 litros por semana en verano y 2.5 litros en el invierno (Nerd *et al.* 1999).

La respuesta rápida de *Hylocereus undatus* a la rehidratación es consistente con la respuesta de las raíces jóvenes y adultas al vapor de agua, ocasionando que la conductividad hidráulica disminuya durante la sequía, pero se recupere totalmente en condiciones de humedad a los tres días después de la rehidratación (Nobel y De la Barrera, 2002).

La cantidad de agua dependerá del tipo de suelo, pero en un suelo arenoso (granito descompuesto) en el sur de California, las plantas jóvenes respondieron bien a 1 litro por día por riego por goteo (Merten, 2004).

El riego regular en pitahaya es importante ya que permite a la planta acumular reservas suficientes no sólo para florecer en el momento más favorable, sino también para garantizar el desarrollo de los frutos (Le-Bellec *et al.*, 2006).

3.4.3. Fertilización

Casas *et al.*, 1997, menciona que bajo condiciones de manejo de cultivo de *Stenocereus stellatu* se obtienen rendimientos mucho más grandes que de manera silvestre se evaluó y comparó la productividad de frutos por individuo y por población. Algunos de los elementos minerales que tienen su efecto en los procesos fisiológicos de las plantas, son precisamente aquellos que en forma natural se encuentran en el suelo, aunque en ciertos casos, algunos de estos elementos se encuentran en cantidades inferiores a las que requieren las plantas, o bien debido a ciertos factores del suelo que no permiten que los elementos estén disponibles (Velasco y Nieto, 2006).

Según Bhugaloo (1998), existe un agotamiento constante en la cantidad de el nitrógeno disponible en el suelo a través de la absorción por las plantas, la fijación en el suelo, la lixiviación y la volatilización, el elemento mineral a disposición de las plantas debe ser restaurado. La fertilización desempeña un papel muy papel importante en el manejo de cultivos. Las necesidades de nitrógeno son más beneficiosas si se aplican durante el crecimiento de la hoja, es decir, antes de la aparición de la inflorescencia. Bajo estas condiciones, los suministros tendrán poco efecto sobre la calidad del fruto. La nutrición nitrogenada es uno de los principales factores que determina el crecimiento de las plantas y peso de los frutos de la de piña. Sin embargo, tiene un marcado efecto sobre la calidad del fruto. La fertilización con nitrógeno es esencial, pero es debe efectuarse con cuidado con respecto a la dosificación y la fase del ciclo de cultivo.

La aplicación de nitrógeno suministrado como NH_4NO_3 (120 kg ha^{-1}) para *O. ficus-indica* en campo aumenta el nivel de N en los cladodios e induce botones florales dentro de dos semanas (Nerd *et al.*, 1993).

Ochoa y Uhart (2006), al evaluar los efectos de la deficiencia o excesos de nitrógeno sobre la acumulación de materia seca aérea y sus principales componentes, cladodios y frutos producción de nopal con riego y fertilización con nitrógeno bajo (16 t ha^{-1} de sacarosa para inmovilizar nitrógeno), nitrógeno medio (100 y 150 t ha^{-1}) y nitrógeno alto 200 y 300 t ha^{-1}), reportaron que a fertilización nitrogenada con riego incrementó la materia seca aérea.

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.

Según lo reportado por Dubeux *et al.*, (2006), en el noroeste de Brasil en dos poblaciones de plantas (5000 y $40000 \text{ plantas ha}^{-1}$), fertilizadas con N (0 , 75 , 150 , 225 , and $300 \text{ Kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y P (0 and $33 \text{ Kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) se obtienen mayores producciones de nopal *Opuntia ficus-indica*. La fertilización con fósforo aumentó el rendimiento de materia seca sólo cuando el P del suelo fue $<10 \text{ mg kg}^{-1}$. La fertilización nitrogenada aumentó linealmente el rendimiento de materia seca en la población mayor (5000 plantas), pero no hay respuesta a N se observó con $5000 \text{ plantas ha}^{-1}$. La fertilización nitrogenada también incrementó la concentración de N y la eficiencia en el uso lluvia.

Según Celemente *et al.* (2000), el nitrógeno es el elemento de mayor influencia en el crecimiento de cualquier cultivo, al realizar estudios para detectar la cinética de la absorción de los iones NO_3^- y NH_4^- en *Opuntia ficus-indica* en función de la fuente nitrogenada de la solución nutritiva, obtuvieron que las plantas en condiciones de hidroponía, absorbieron mas nitrógeno cuando este elemento fue suministrado en forma de NO_3^- , que con sales de NH_4^- , lo que resulto en una

mayor producción de materia seca en brotes vegetativos. Por otra parte, Vázquez *et al.* (2009), al evaluar la producción de cuatro cultivares (Villanueva, COPENA-V1, COPENA-F1 Y Jalpa) de nopal (*Opuntia ficus-indica*) de hidroponía utilizando agua con elevado contenidos de sales y utilizando una solución nutritiva (Robind, 1946) para proporcionar a las plantas los elementos necesarios para su desarrollo, obtuvieron que no hubo diferencias significativas entre los rendimientos obtenido en cada una de los cultivares

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 NPK a partir de abono orgánico, limo y fertilizaciones foliares durante el periodo de fructificación.

Hasta la fecha, no se ha realizado investigación sistemática sobre los requerimientos de riego y fertilización en pitahaya. Mientras tanto, se recomienda que los cactus hepifitos se rieguen con 150 mm/año de agua y fertilizado con 35 ppm de N con el fertilizante 23N-7P-23K. Algunos agricultores emplean sus propias formulas y pueden regar hasta 250 mm/año de agua (Mizrahi and Nerd, 1999).

Por otra parte, Luders y McMahon (2006), reportan que 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⁻¹, misma que puede ser aplicada después del primer mes de haberse realizado la plantación y este puede ser en grano o 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 nitrógeno aplicado, que pueden tener un mayor impacto sobre la fructificación, que en el cactus *Opuntia ficus-indica* que se cultiva en forma masiva por su fruto. En

esta investigación el objetivo fue examinar el efecto de la aplicación de nitrógeno sobre las concentraciones de nitrógeno en el tallo y niveles de clorofila que pueden afectar la capacidad de absorción neta de CO₂ y por lo tanto el crecimiento. Después de 9 semanas, Después de 9 semanas, el total de la captación neta diaria de CO₂ de *Hylocereus undatus* fue sólo un 26% menos con la concentración de N relativamente baja de 0,32 mM contra 8 mM de N (la concentración de N en 5 % de la solución Hoagland). Todos los otros nutrientes se mantuvieron en su concentración en una solución Hoagland al 2 %. Tanto el contenido de clorofila y el nivel de N por unidad de área del tallo de *Hylocereus undatus* fueron altamente correlacionadas con la capacidad de absorción neta de CO₂ de y/o bien podría ayudar a evaluar el estado fisiológico de este cactus.

Lebellec *et al.*, (2006), menciona que existen ventajas particulares cuando el suministro de los minerales en pitahaya se hace en forma orgánica y cuando se combina la nutrición (39N, 44P, 45K), su efecto es aún más beneficioso.

IV. MATERIALES Y METODOS.

4.1. Localización del experimento.

El experimento se realizó en el lote de experimentación del IPN-CIIDIR-OAXACA, En Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca (Figura 1)..

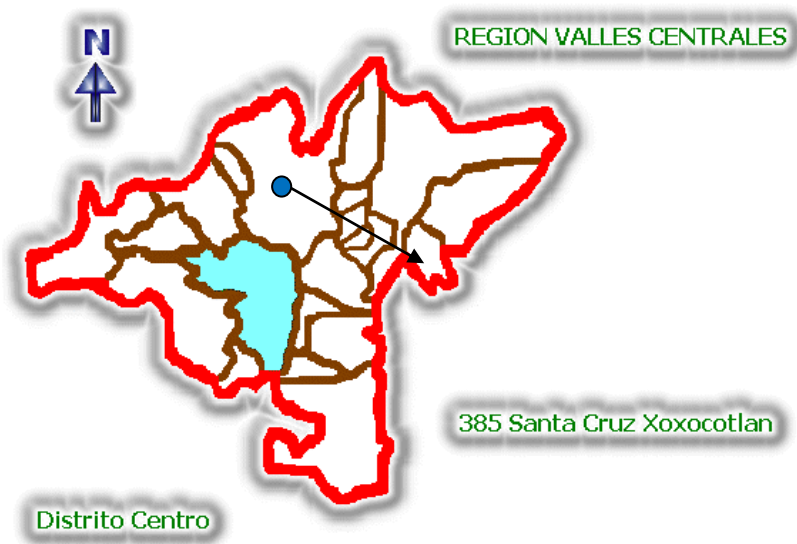


Figura 1. Mapa de localización del experimento

Se realizaron dos experimentos, el primero consistió en evaluar los ciclos de producción durante los años 2009 y 2010 de plantas adultas de pitahaya de 10 años de edad establecidas en campo. El segundo experimento consistió en la evaluación de plantas jóvenes en maceta con fertiriego.

4.2. Selección de plantas y establecimiento de tratamientos en campo.

Para el primer experimento se realizó la selección de plantas de objeto de estudio, las que fueron etiquetadas de acuerdo a las prácticas de manejo (tratamientos)

que se determinaron aplicar y evaluar de acuerdo a lo propuesto por Ortiz (2008), datos no publicados. El ensayo consistió en un arreglo factorial 2 x 3, en el que se emplearon el factor poda con dos niveles (con poda y sin poda) y el factor riego con tres niveles (con riego, sin riego y riego con fertilización), en el que se establecieron tratamientos con tres repeticiones, cada repetición consistió en un lote de aproximadamente 3 metros lineales con tres plantas adultas. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en los ciclos de producción 2009 y 2010.

Número	Tratamientos	Repeticiones
T1	Poda	3
T2	Poda + riego	3
T3	Poda + riego + fertilización	3
T4	Riego + fertilización	3
T5	Riego	3
Testigo	Sin tratamiento alguno	3

4.3. Poda.

Para esta práctica se utilizaron tijeras para podar, con las que se realizó la poda de tallos adultos a las plantas que fueron sometidas a esta práctica, realizando cortes de los tallos, dejándolos a una longitud de 40 a 60 cm de. Al mismo tiempo se realizó una poda sanitaria, que consistió en la eliminación de tallos afectados por bacterias y hongos, así como de tallos secos y deteriorados (Figura 2), esta práctica se realizó en la segunda quincena de diciembre del 2008. En el 2009 se relazó nuevamente la poda más severa un mes antes que el año anterior.



Figura 2. Poda.

4.4. Sistema de riego.

Para esta práctica se utilizaron goteros con un gasto de 3.8 L.Hora^{-1} y manguera de poliducto de media pulgada. El sistema de riego consistió en el establecimiento de líneas regantes con los materiales antes mencionados, de manera que los goteros fueron colocados en la base de las plantas sometidas a riego. El suministro de agua se realizó con una bomba de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza (HP) y con una salida de 1 pulgada (Figura. 3). El riego dio inicio la última semana de diciembre del 2008 y se concluyó la última semana de mayo del 2009. Para el segundo ciclo de producción, el riego se inició la primera semana de diciembre del 2009 y finalizó la segunda última semana de mayo del 2010.



Figura 3. Sistema de riego en plantas de pitahaya en campo.

4.5. Riegos.

La aplicación de riegos de auxilio se realizó solamente a las plantas que forman parte de los tratamientos con riego, actividad que consistió en la aportación de 3.8 litros de agua por planta en intervalos de 7 días, de diciembre del 2008, a partir del día 13 de marzo del mismo año se duplicaron los riegos por semana, finalizando en mayo del 2009 que fue cuando dio inicio la temporada de lluvias.

A partir de la primera semana de diciembre del 2009 se inició nuevamente con el riego ahora con el aporte de 7 L semana^{-1} en las mismas plantas.

4.6. Fertilización.

Para la fertilización se utilizó el fertilizante formulado 17-17-17 y consistió en el aporte de 4 gramos por planta de dicho fertilizante en los tratamientos (3 y4) sometidos a esta práctica de manejo (Figura 4). La fertilización se inició el 29 de diciembre del 2008 hasta la última semana de mayo del 2009, una vez que termino el periodo de producción y un periodo de descanso se reanudo nuevamente la fertilización, a partir del la primera semana de enero del 2010 se inicio la fertilización incrementando la dosis de fertilizante al doble, lo que quiere decir que ahora se realizó la aplicación de 8 g planta⁻¹.

4.7. Variables.

Para la evaluación de las prácticas de manejo establecidas en este ensayo se consideró importante la evaluación de las variables productivas como las que se mencionan a continuación.

4.7.1. Contenido relativo de agua y días a floración.

Para ello se utilizó una balanza digital, tijeras para podar y bolsas de papel estraza. Esta actividad se realizó en las fechas en que dio inicio la floración en los tratamientos evaluados y en el mes en que se suspendieron los tratamientos (junio) durante los ciclos de producción 2009 y 2010. Esta variable se utilizó con la para tener referencias de la cantidad de agua con la que se presentó la floración y consistió en tomar muestras de aproximadamente 3 centímetros de tallo representativo de cada unidad maestra. Posteriormente, cada una de las muestras su sumergieron en un contenedor con agua durante 24 horas, para que estas se saturaran.

Al término de las 24 horas, las muestras fueron extraídas del agua y secadas completamente para ser pesadas y obtener el peso después de las condiciones a las que fueron sometidas dichas muestras.

Enseguida, las muestras fueron colocadas en bolsas de papel estraza y sometidas a un proceso de secado, que consistió en alojarlas en la estufa a 75 °C durante 48

horas. Posteriormente, las muestras fueron nuevamente pesadas para la obtención del peso seco (Figura 4). Finalmente se utilizó la fórmula para calcular el Contenido Relativo de Agua (CRA) presente en los tallos de *Hylocereus* y de esta manera observar y tener una referencia de agua presente en las plantas al momento que expresaron floración.



Figura 4. Contenido relativo de agua (CRA).

El cálculo se realizó utilizando la fórmula para el contenido relativo de agua.

$$\text{CRA} = \frac{(\text{PESO INICIAL} - \text{PESO SECO})}{(\text{PESO FRESCO} - \text{PESO SECO})} \times 100$$

4.7.2. Número de botones florales.

Para la toma de esta variable fue necesario contabilizar del número de botones florales que se presentaron en el transcurso del experimento, identificando la fecha de emisión del botón floral, el número de botones diferenciados, el número de botones florales que abortaron durante el desarrollo de estos hacia la apertura floral.

4.7.3. Longitud botones florales.

Para la toma de esta variable, una vez que se observó que el botón estaba próximo a la apertura floral, se realizó la medición de la longitud máxima alcanzada previo a la antesis. Esta actividad se realizó utilizando regla o flexómetro con la que se midió desde la base hasta la parte apical del botón floral. Así mismo se toma en cuenta la fecha de apertura del botón (Figura 5).



Figura 5. Número y longitud de botones florales.

4.7.4. Número de flores.

Para la obtención de esta variable se realizó la cuantificación de las flores que se presentaron durante los ciclos de floración de las plantas evaluadas en cada tratamiento.

4.7.5. Días a la antesis del botón floral.

Consistió en contabilizar los días transcurridos en el que se observó la presencia del botón floral hasta el día en que llegó a la apertura floral.

4.7.6. Número de brotes.

Se realizó el conteo de brotes vegetativos emitidos durante los meses en que se aplicaron los tratamientos (diciembre-junio) en los dos ciclos de producción.

4.7.7. Rendimiento en peso de fruto.

Para ello se empleo una báscula digital con la que se realizó el pesado de frutos, previa cosecha, con la finalidad de la cuantificación del rendimiento obtenido en las plantas sometidas a las prácticas de manejo.

4.8. Características morfológicas de frutos.

Para obtener las características morfológicas de los frutos se realizó el muestreo al azar de seis frutos en cada tratamiento (Figura 6), cuando estos alcanzaron su madurez comercial.



Figura 6. Características morfológicas de frutos.

4.8.1. Diámetro longitudinal.

Utilizando un vernier digital se realizó la medición del diámetro longitudinal (polar) de los frutos seleccionados de cada tratamiento cuando estos llegaron a su madurez comercial.

4.8.2. Diámetro ecuatorial.

Para esta variable, igual que en el procedimiento anterior se utilizó un vernier digital para realizar la medición del diámetro ecuatorial de los frutos seleccionados de cada tratamiento cuando estos llegaron a su madurez comercial.

4.8.3. Numero de escamas (brácteas).

Consistió en contabilizar el total de escamas (brácteas) presentes en cada uno de los frutos.

4.8.4. Longitud de escamas.

Primeramente se realizó al azar la selección de una escama, de las más cercanas a la base de donde se desprendió la flor, posteriormente con un vernier se realizo, la medición de la longitud.

4.8.5. Ancho de escama.

La misma escama a la que fue medida su longitud, también le fue medido el ancho con un vernier.

4.8.6. Profundidad del ombligo.

Este procedimiento se realizó con el vernier, que fue colocado en la hendidura del fruto donde se desprendió la flor, para medir la profundidad.

4.8.7. Diámetro del ombligo.

Con el apoyo del vernier se realizó la medición del diámetro de la hendidura dejada por la caída de la base de la flor.

4.8.8. Peso total de fruto.

Para esta variable los mismos frutos seleccionados a los que se midieron las variables anteriores, se realizó el registro de su peso correspondiente.

4.8.9. Peso de cáscara.

Este proceso consistió en separar la cáscara de cada uno de los frutos seleccionados en todos los tratamientos para registrar el peso de cascara correspondiente.

4.8.10. Ancho de cascara.

Una vez que la cáscara fue separada del fruto, se realizó la medición de su espesor con un vernier en la parte intermedia.

4.8.11. Peso de la pulpa.

Esta variable consistió en registrar el peso de la pulpa (parte blanca en interior del fruto) de cada uno de los frutos evaluados.

4.9. Calidad de frutos

4.9.1. °Brix

La determinación de este parámetro se realizó utilizando un refractómetro, para esto fue necesario tomar muestras de pulpa de los frutos bajo observación y colocarlos en el equipo de medición.

4.9.2. Determinación de azúcares reductores totales (Método de Lane-Eynon).

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

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

FF= Factor de Fehling (azúcar invertido necesario para reducir completamente el cobre de una cantidad

determinada de solución de Fehling). (Fehlin "A" = .05 g)

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

B= Volumen de la solución de la muestra utilizado en la titulación (ml gastados)

C= Peso de la muestra

4.9.3. Acidez titulable.

Se determinó la acidez titulable en frutos de pitahaya según el método de The Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 942.15 (1990).

Que consiste en tomar 10 gramos de muestra molida del fruto y se diluyen en 50 ml de agua previamente hervida y neutralizada. La determinación se hace por titulación con una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N, usando como indicador de 2 a 3 gotas de fenolftaleína. El punto final de la titulación se obtiene hasta que se observa el vire a un color rosa tenue. La acidez titulable se expresa como el porcentaje de ácido cítrico y es calculado mediante la fórmula:

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

Donde:

g = Gasto de NaOH

N = Normalidad de NaOH

Meq = Miliequivalentes del ácido cítrico = 0.064

m = gramos de muestra

Los valores obtenidos fueron ordenados y sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), empleando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

4.10. Establecimiento de plantas de pitahaya en hidroponía.

Para el segundo experimento se seleccionó arena como el sustrato para medio de sostén para las plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

4.11. Trasplante.

Para el presente experimento se realizó el trasplante de plantas de pitahaya de un año en bolsas con arena. El trasplante se realizó el día once de noviembre del 2009, utilizando plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) de un año de edad.

4.12. Tutoreo.

Para evitar la caída de las plantas y que no tuvieran contacto con el suelo, se instalaron tutores en las macetas para el soporte de las plantas.

4.13. Instalación del sistema fertirrigación.

El sistema de riego consistió en turbinas insertados a un costado de la base de las plantas, conectados a una tubería de poliducto de ½ pulgada que funciona como línea regante conectada a tambos de 19 L, con el que se abastecen 6 macetas. Para lo que fueron necesarios 8 tambos para la preparación de soluciones nutritivas.

4.14. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño arreglo factorial, Los tratamientos aplicados emplearon dosis de NPK alto y bajo (Cuadro 2) a partir de la fórmula universal de Steiner, teniendo 8 dosis de fertilización y un testigo con agua sin fertilizante y un testigo sin agua, con seis repeticiones, considerando como unidad de muestra una planta.

Cuadro 2. Dosis de fertilización empleadas en plantas de pitahaya en hidroponía.

Tratamientos	Macroelementos en MeqL ⁻¹					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg	SO ₄ ⁻
1	12	1	7	9	4	7
2	12	1	4	9	4	7
3	12	.5	7	9	4	7
4	12	.5	4	9	4	7
5	6	1	7	9	4	7
6	6	1	4	9	4	7
7	6	.5	7	9	4	7
8	6	.5	4	9	4	7
9	Agua sin fertilizante					
10	Sin agua					

4.15. Riegos y fertilización.

Esta actividad consistió en la preparación de la solución nutritiva en contenedores de 19 L mediante la mezcla de fertilizantes solubles que aportan lo sugerido por la fórmula nutrimental para cada tratamiento.

La solución es suministrada a través de sistema de riego se realizó cada tercer día, destinando un volumen aproximado de 3 L de solución nutritiva por planta. Los riegos se iniciaron a partir del dieciséis de enero del dos mil diez. El testigo fue regado únicamente con agua (sin ninguna dosis de fertilización).

4.16. Variables evaluadas:

4.16.1. Numero de brotes: Consistió en el conteo del número total de brotes emitidos.

4.16.2. Longitud de brotes: Al término del experimento se midió la longitud máxima alcanzada en los brotes.

V. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Contenido relativo de agua y días a floración.

La cantidad de agua suministrada a la planta mediante riegos o a través de las precipitaciones son un factor que determinan el Contenido Relativo de Agua (CRA) en el interior de los tallos de *Hylocereus undatus* y los tiempos de floración de acuerdo a los datos obtenidos en la presente investigación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de floración y contenido relativo de agua (CRA) en plantas de *Hylocereus undatus* con diferentes prácticas de manejo.

CICLO 2009				
Prácticas de manejo	CRA (%)	CRA (%)	Fechas de inicio de floración	Días a floración
	Marzo	Junio		
Poda	40.9	86.7	14/06/2009	165
Poda+Riego	63.7	82.1	29/03/2009	88
Poda+Riego+Fertilización	65.3	81,5	30/03/2009	89
Riego+Fertilización	69.3	76.3	27/03/2009	86
Riego	60.6	87	27/03/2009	86
Testigo	40.2	90.9	14/06/2009	165
CICLO 2010				
	CRA (%)	CRA (%)	Fechas de inicio de floración	Días a floración
	Abril	Junio		
Poda	48.8	78.91	14/04/2010	105
Poda+Riego	79.9	82.78	14/04/2010	105
Poda+Riego+Fertilización	71.47	77.47	14/04/2010	105
Riego+Fertilización	74.53	82.51	14/04/2010	105
Riego	82.4	83.74	14/04/2010	105
Testigo	46.4	83.44	14/04/2010	105

En el cuadro anterior se observan los valores del contenido relativo de agua (CRA) en tallos de *Hylocereus undatus* correspondiente a los meses en que dió inicio la floración en los ciclos de producción 2009 y 2010, en dónde se muestra que en los tratamientos con riego, el contenido relativo de agua presentó una tendencia mayor al 80% con respecto al testigo durante los primeros 86 días de haber iniciado el riego. Fue a partir de esa fecha cuando inició la floración, aunque en muy bajas cantidades, mientras que en el testigo y el tratamiento con poda y sin

riego la presencia de las primeras y única floración se observaron en el mes de junio del 2009, temporada en que se manifestó la mayor cantidad de precipitaciones (Figura 7) que ocasionó el aumento en el contenido relativo de agua (CRA) del testigo y el tratamiento con poda sin riego.

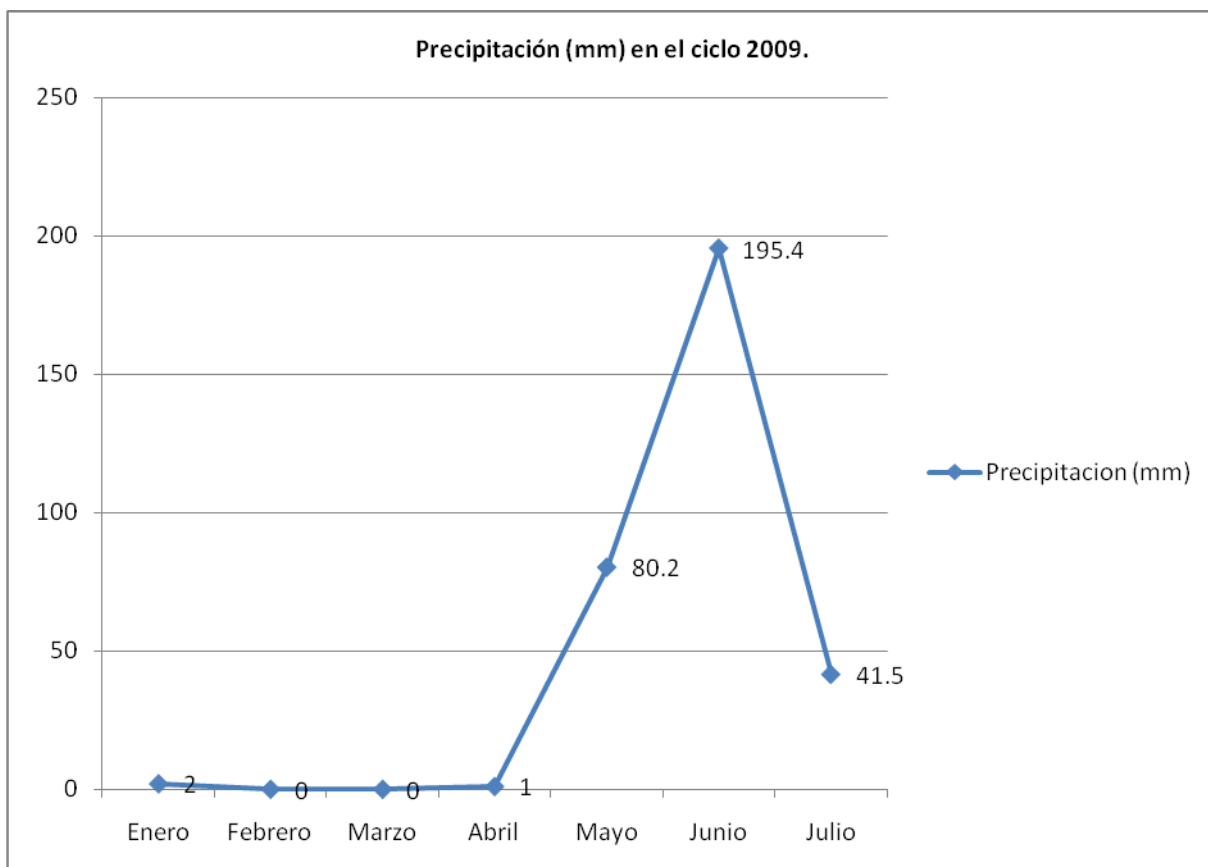


Figura 7. Distribución de la precipitación en el ciclo de producción 2009.

En el ciclo 2010 el comportamiento de la floración en relación al contenido relativo de agua fue diferente con respecto al primer ciclo de producción, esto se debió a que los tallos de los tratamientos sin riego presentaron valores de contenido relativo de agua superior al 45% a los 105 días del inicio del experimento, momento en que se presentó la primera generación de flores en los tratamientos con riego y el testigo, esto posiblemente por la presencia de precipitaciones en los meses de enero, febrero y marzo (Figura 8), que influyó en la emisión de botones florales, coincidiendo con la emisión de botones florales en los tratamientos con riego.

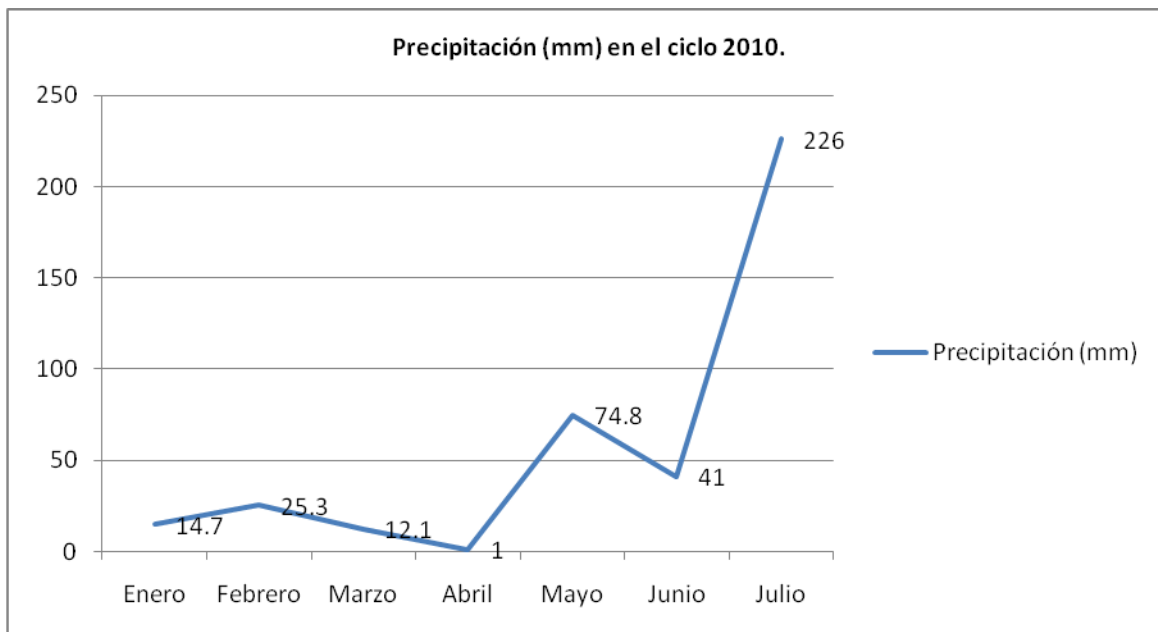


Figura 8. Distribución de la precipitación en el ciclo de producción 2010.

El periodo de lluvias presenta condiciones ambientales óptimas para la fotosíntesis de *H. undatus*, por las bajas temperaturas del aire y del déficit de presión de vapor por la noche (Andrade *et al.*, 2006).

Otras investigaciones, reportan que el monitoreo de la cantidad de agua en los tallos de *Hylocereus undatus*, incluyendo el grosor del tallo, no es un método adecuado para determinar cuándo se debe aplicar agua, para mantener la capacidad de absorción neta de CO₂, lo que no ayuda en el desarrollo de una estrategia de riego óptimo para este cactus hemiepífita en lo que respecta a la productividad biomasa vegetativa (Nobel y De la Barrera, 2002). Sin embargo, una disminución significativa en la capacidad de asimilación de CO₂ ocasionada por el incremento de la temperatura, indica que el riego continuo no es eficaz y solo puede dar lugar a pequeñas mejoras en la captación de CO₂, lo que se traduce en el incremento de la actividad fotosintética (Mizrahi *et al.*, 2007).

También señalan la posibilidad de que el desarrollo de los tallos en *Hylocereus undatus* es dependiente principalmente del transporte activo de agua en el floema para el desarrollo y madurez de los tallos, además se sabe que el desarrollo de frutos puede ser dependiente de los suministros de agua en el floema para su

crecimiento, pero la dependencia del crecimiento del tallo y suministro de agua especialmente durante la sequía no se ha reportado (Nerd y Neuman, 2004).

5.2. Variables productivas del experimento en campo (ciclo 2009-2010).

De acuerdo con el análisis de varianza del ciclo 2009 (Cuadro 4), se observó que el riego tuvo efecto significativo en el número de botones florales, número de flores, número de brotes vegetativos y en el rendimiento, de manera similar fue el efecto del factor riego sobre la respuesta de las variables productivas de *Hylocereus undatus* en el ciclo 2010. En lo que se refiere a la poda, ésta práctica no afectó ninguna de las variables evaluadas para ambos ciclos de producción.

Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables productivas de *Hylocereus undatus* en los ciclos 2009 y 2010

CICLO 2009						
Fuente de variación	Botones florales	Número de flores	Número de Brotes	Rendimiento (kg)	Longitud de boton floral	Días a la antesis
Riego	1248.72 *	811.72 *	5615.72 *	68.22 *	0.72 ns	3.72 ns
Poda	128 ns	346.72 ns	20.05 ns	2 ns	5.55 ns	0.5 ns
Riego + Poda	51.5 ns	159.38 ns	1248.72 ns	8.66 ns	9.72 ns	0.16 ns
Media	21.89	17.94	69.06	5.56	28.11	24.28
Coefficiente de variación	50.17	56.37	28.97	48.37	6.10	5.23
CICLO 2010						
Riego	1167.36 *	1167.36 *	1056.25 ns	141.64 *	0.96 ns	0.11 ns
Poda	589.38 ns	589.38 ns	2357.55 ns	95.68 ns	0.71 ns	0.06 ns
Riego + Poda	4.69 ns	4.69 ns	667.361 ns	0.01 ns	0.16 ns	0.11 ns
Media	21.39	21.39	73.67	8.78	27.81	25.61
Coefficiente de variación	68.47	68.47	33.90	59.84	2.07	2.09

^{ns} no significativo; * significativo; ** altamente significativo.

Aguilar (2005) afirma que el daño mecánico provocado por el anillado parcial en nopal, provocó un adelanto de la brotación floral y de la cosecha, esto debido a que el estrés ocasionado promueve la síntesis de etileno y que involucra respuestas de abscisión o senescencia, lo que generó el adelanto de la floración

de 55 y 51 días y obtuvo el doble del rendimiento (1200 gramos por planta de nopal). Sin embargo, un riego en marzo estimuló la brotación de yemas florales. Después, la aplicación de un segundo riego y la adición de fertilizante antes de la floración, seguido de otros dos riegos con intervalos de 20 días, fue suficiente para cosechar 35 días antes.

El cuadro 5, muestra la comparación de medias de las variables reproductivas obtenidas a partir del manejo de poda en plantas de *Hylocereus undatus* en los ciclos de producción 2009 y 2010. En el que se observa de manera general que no hubo diferencias estadísticas en las variables productivas en ambos ciclos. Solo en el ciclo 2010 se observó que hubo diferencia estadística en el número de brotes, afectado por la poda.

Cuadro 5. Respuesta de las variables productivas de plantas de *Hylocereus undatus* a la poda.

CICLO 2009							
Factor	Niveles	Botones florales	Número de flores	Número de brotes	Rendimiento (kg)	Longitud de boton floral	Dias a antesis
Poda	Con poda	19.22 a	13.55 a	70.11 a	5.22 a	27.55 a	24.11 a
	Sin poda	24.55 a	22.33 a	68 a	5.88 a	28.66 a	24.44 a
CICLO 2010							
Poda	Con poda	15.667 a	15.667 a	85.110 a	6.477 a	28.008 a	25.556 a
	Sin poda	27.111 a	27.111 a	62.22 b	11.088 a	27.610 a	25.667 a

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

En investigaciones realizadas en otras cactáceas (*Opuntia spp*), Zegbe y Mena (2008), reportaron que la eliminación de yemas vegetativas y florales antes de la floración indujo un segundo rebrote abundante de yemas vegetativas y en menor proporción de yemas florales, obtuvieron que la longitud de la segunda floración y la segunda cosecha fue menor en un 41 y 22 %, respectivamente con relación a la

primera floración, lo que condujo a un porcentaje de rebrote de yemas florales del 54 %, con un cuajado de fruto del 20 %.

Mizrahi *et al.* (2007), Reportaron de acuerdo a los resultados obtenidos en su investigación, que la cantidad de botones florales producidos por año en *Hylocereus* no presentaron diferencias significativas entre especies y que existe una tendencia de reducción de número de botones florales con la reducción del riego, dichos resultados tienen relación con los obtenidos en la presente investigación respecto a la influencia que tiene el aporte de agua sobre los tiempos de floración y el número de flores por año.

Otros investigadores reportaron en *Stenocereus queretaroensis* que la poda solo se realiza para facilitar la recolección de frutos ya que esta especie no responde a esta práctica de manejo (Nerd y Mizrahi, 1994) reportaron que el nitrógeno aumenta el efecto de la eliminación de órganos sobre la producción de cladodios en nopal. En el estudio de fertilización nitrogenada en verano combinada con la eliminación de frutos produjo el más alto número de cladodios, pero este fue mucho más bajo que el obtenido en el tratamiento más efectivo del estudio en primavera (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Mizrahi *et al.* (2007), reportaron que en especies de *Hylocereus* el régimen de riego más alto de 160 mm/año, no estuvo lejos del óptimo. Pero se requieren de más experimentos para confirmar esta sugestión. En los huertos comerciales donde estos experimentos fueron realizados, donde los granjeros utilizan regímenes de riego con goteros a 0.5 m de separación con riegos de 2 L h⁻¹ dos veces por semana incluso 120 mm año⁻¹ obtenido rendimientos de 30 a 40 ton ha¹.

Por otra parte el cuadro 6, muestra la comparación de medias de las variables productivas de *Hylocereus undatus*, en donde se puede observar que el factor riego si tuvo efecto sobre la mayoría de las variables. Lo que indica de manera general que para el caso del ciclo 2009 el riego si tuvo efecto sobre las variables productivas, en cambio en el ciclo 2010, solo se observa en el número de botones florales y de flores, lo cual repercutió en el rendimiento de fruto.

Cuadro 6. Respuesta de las variables productivas de plantas de *Hylocereus undatus* al riego.

CICLO 2009							
Factor	Niveles	Botones florales	Número de flores	Número de brotes	Rendimiento (kg)	Longitud de boton floral	Dias a antesis
Riego	Con riego	32.66 a	26.33 a	61.67 b	7.667 a	27.83 a	23.66 a
	Sin riego	5.5 b	4.66 b	42.83 b	1.66 b	28 a	25.16 a
	Con fertilizante	27.5 a	22.83 a	102.67 a	7.33 a	28.5 a	24 a
CICLO 2010							
Riego	Con riego	25.167 a	25.167 a	63.67 a	10.608 a	27.821 a	25.667 a
	Sin riego	10 b	10 b	62.83 a	4.815 a	28.1367 a	25.5 a
	Con fertilizante	29 a	29 a	94.5 a	10.923 a	27.47 a	25.6667 a

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

Raveh *et al.* 1998, reportan en *Hylocereus polyrhizus* valores cercanos a las 40 flores por planta y 10 flores por planta en *Selenicereus megalantus* en las mismas condiciones de riego pero diferentes porcentajes de sombreo.

En *Stenocereus queretaroensis* se observó que no existe un incremento en el peso de frutos de plantas con riego con respecto a los frutos obtenidos en plantas sin riego (120 y 102 gramos, respectivamente). Sin embargo se reporta que en plantas de *Stenocereus queretaroensis* sin riego, se obtiene mayor número de flores que iniciaron la diferenciación por planta (266 flores), con respecto a las obtenidas en las plantas con riego (170 flores). Lo mismo se observó en el número de frutos por planta sin riego (73 frutos) y con riego (23 frutos) Pimienta-Barrios *et al.* (2005).

Los datos obtenidos en este experimento también difieren a los reportados por Mizrahi *et al.* (2007), quienes no obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento al evaluar laminas de riego en *Hylocereus undatus* con tratamientos cercanos a 120 mm/año, que es la cantidad de agua empleada en los huertos por los productores en Israel y con la que logran rendimientos que oscilan entre las 30 y 40 ton ha⁻¹ de frutos de pitahaya. Aunque para este experimento no se logró la obtención de tal rendimiento, existe una relación en cuanto al incremento de la

producción mediante la aplicación de riegos en los huertos de pitahaya de acuerdo con lo reportado por los autores mencionados.

Raveh *et al.* 1998, reportan en *Hylocereus polyrhizus* y *Selenicereus megalantus* bajo condiciones de fertirriego y sombreado favorables, rendimientos alcanzados de 16 ton ha⁻¹ y 3.8 ton ha⁻¹, respectivamente, el rendimiento bajo de la segunda especie puede estar asociado al tamaño de la planta. Dichos resultados son contrastantes con los obtenidos en el presente trabajo.

Otras investigadores reportaron rendimientos en peso fresco de fruto de 14 toneladas ton ha⁻¹ en *Stenocereus grisaceus* y 17 ton ha⁻¹ para una variedad de *Stenocereus queretaroensis* (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Por otra parte Casas *et al.* 1997, reportaron en *Stenocereus stellatu*, rendimientos estimados en poblaciones cultivadas de 3000 y 3300 kg ha⁻¹ en dos regiones del Valle de Tehuacán y Mixteca baja, respectivamente, con un peso promedio de 72 gramos. Estos resultados también coinciden con los reportados por Barbeau (1993), quien reporta que a partir del quinto año los rendimientos obtenidos fluctúan entre 10 y 21 ton ha⁻¹.

En lo que refiere a longitud de las flores en *Hylocereus undatus*, la flor puede llegar a medir hasta 40 centímetros de longitud y 24 centímetros de diámetro de la corola. Hasta ahora, la longitud promedio que se ha encontrado de la flor fluctúa de 32 a 36 centímetros (Ortiz, 2000; Le-Bellec *et al.*, 2006; Meraz *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 1996), dichos valores difieren de los obtenidos en el presente experimento.

Por otro lado, Nerd y Mizrahi (1994), reportaron que la fertilización combinada con la eliminación de frutos obtuvo el más alto rendimiento de flores (68 flores por planta). Esto fue aproximadamente una tercera parte de de la producción de flores obtenida en el tratamiento más efectivo del estudio en primavera, es decir, la eliminación de flores junto con cladodios jóvenes. La producción de cladodios en el estudio en primavera fue inducida por la eliminación de flores, cladodios jóvenes y los dos a la vez, siendo este último el tratamiento más efectivo.

5.3. Características morfológicas de frutos.

El cuadro siete muestra los cuadrados medios de las variables a partir del análisis de varianza, en el que se observa que el riego influyó en el número de escamas, longitud de escamas, profundidad del ombligo y en el peso de la cáscara del fruto, en cambio, la poda no tuvo efecto significativo en la mayoría de las variables, únicamente influyó en el grosor de la cascara del fruto y en el peso de cáscara. En general, la interacción de la poda y el riego no afectaron las características morfológicas de los frutos evaluados en el ciclo 2009. Con respecto al ciclo 2010 no se observó las prácticas de manejo utilizadas influyera sobre las características morfológicas de los frutos evaluados.

Cuadro 7. Cuadrados medios de características morfológicas de frutos de *Hylocereus undatus* en el ciclo 2009 y 2010.

CICLO 2009											
Fuente de variación	Número de escamas	Longitud de escama (cm)	Ancho de escama (cm)	Longitud de fruto (cm)	Diametro de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Diametro de ombligo (cm)	Profundidad de ombligo (cm)	Ancho de cáscara (cm)	Peso de cáscara (g)	Peso de pulpa (g)
Riego	16.88 *	0.72 *	0.5 ns	1.16 ns	0.72 ns	30498.16ns	0.05 ns	0.077 *	0.001 ns	1073.38 *	6283.55 ns
Poda	0.5 ns	0.05 ns	0.22 ns	0.88 ns	0.5 ns	1643.55 ns	0.22 ns	0.005 ns	0.02 *	1073.38 *	13667.55ns
Riego + Poda	2.66 ns	0.38 ns	0.38 ns	0.72 ns	0.5 ns	9883.72 ns	0.38 ns	0.065 ns	0.005 ns	939.38 *	19480.22ns
Media	20.72	3.72	3.33	9.33	9.06	462.33	3.22	0.84	0.37	94.83	351.78
Coefficiente de variación	5.21	8.96	17.32	8.38	9.02	21.91	12.67	16.62	12.86	11.06	25.48
CICLO 2010											
Riego	0.003 ns	0.06 ns	0.003 ns	0.38 ns	0.19 ns	4804.80ns	0.01 ns	0.001 ns	0.00002 ns	175.08 ns	3145.71 ns
Poda	0.07 ns	0.01 ns	0.004 ns	0.02 ns	0.20 ns	3240.66 ns	0.03 ns	0.004 ns	0.00045 ns	171.62 ns	1920.35 ns
Riego + Poda	3.789 ns	0.04 ns	0.030 ns	0.02 ns	0.68 ns	63.47 ns	0.01 ns	0.0009 ns	0.00202 ns	355.01 ns	118.30 ns
Media	21.91	4.91	3.66	9.28	8.55	484.63	2.58	1.29	0.49	102.54	382.09
Coefficiente de variación	4.44	7.25	7.10	4.28	8.80	16.12	10.04	11.98	5.62	17.71	16.87

ns no significativo; * significativo; ** altamente significativo.

En cuadro 8, se observa la comparación de medias y su relación con la poda, en el ciclo 2009, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas para algunas de las características morfológicas de los frutos de planta *Hylocereus undatus* bajo el manejo de poda, las diferencias solo se observaron en la longitud del fruto, peso de cáscara y peso de pulpa, este comportamiento no se observó en

el segundo ciclo, en el que no hubo diferencias estadísticas en ninguna de las variables.

Cuadro 8. Respuesta de las características morfológicas de frutos de *Hylocereus undatus* al factor poda en los ciclos 2009 y 2010.

CICLO 2009												
Factor	Niveles	Número de escamas	Longitud de escama (cm)	Ancho de escama (cm)	Longitud de fruto (cm)	Dímetro de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Dímetro de ombligo (cm)	Profundidad de ombligo (cm)	Ancho de cáscara (cm)	Peso de cáscara (g)	Peso de pulpa (g)
Poda	Con poda	20.1667 a	3.87 a	3.3967 a	9.0083 b	8.7558 a	455.75 a	3.1625 a	0.78667 a	0.3425 a	84.438 b	317.19 b
	Sin poda	20.5 a	3.7075 a	3.3375 a	9.6975 a	9.2658 a	454.25 a	3.26 a	0.84667 a	0.39417 a	105.213 a	402.2 a
CICLO 2010												
Poda	Con poda	21.88 a	4.89 a	3.64 a	9.31 a	8.65 a	471.21 a	2.54 a	1.31 a	0.48 a	99.46 a	371.76 a
	Sin poda	21.92 a	4.94 a	3.68 a	9.25 a	8.44 a	498.05 a	2.61 a	1.28 a	0.49 a	105.63 a	392.42 a

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

Estos resultados son similares a los reportados por Centurión *et al.*, (2008), quienes obtuvieron frutos de 8.9 cm de diámetro polar, 8.2 cm de diámetro ecuatorial y 469.2 g de peso. También coinciden con los reportados por Castillo *et al.* (2005), quienes reporta frutos superiores a los 300 gramos, peso de pulpa de 251 gramos, longitud y diámetro de fruto de 11.1 y 9.7 cm, respectivamente, y longitud de brácteas de hasta 3.9 cm.

Torres *et al.*, (2009), reportan en *Selenicereus setaceus*, características físicas promedio de fruto de 70.25 g en peso de fruto, longitud de 5.7 cm y diámetro de 4.62 cm, 40.21 g en peso de pulpa y 30.04 g en peso de cascara. Por otra parte Reveh *et al.* 1998, reportan para *Selenicereus megalantus* y *Hylocereus polyrhizus* peso promedio de frutos de 157 y 190 gramos, respectivamente, valores que son inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

Por otra parte en el cuadro 9, se muestra la comparación de medias de las variables para el caso del factor riego, encontrándose diferencias estadísticas en las variable longitud de escama del fruto, profundidad del ombligo del fruto y en el peso de la cascara, durante el ciclo 2009.

Cuadro 9. Respuesta de las características morfológicas de frutos de *Hylocereus undatus* al riego en los ciclos 2009 y 2010.

CICLO 2009												
Factor	Niveles	Número de escamas	Longitud de escama (cm)	Ancho de escama (cm)	Longitud de fruto (cm)	Diametro de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Diametro de ombligo (cm)	Profundidad de ombligo (cm)	Ancho de cáscara (cm)	Peso de cáscara (g)	Peso de pulpa (g)
	Con riego	19.6111 a	3.9106 a	3.4406 a	9.2922 a	8.9667 a	543.49 a	3.2467 a	0.82889 a	0.37611 a	99.886 a	361.84 a
Riego	Sin riego	22.5 a	3.4233 b	3.1467 a	9.535 a	9.1433 a	425.5 a	3.105 a	0.78 a	0.345 a	79.642 a	353.26 a
	Con fertilizante	20.2778 a	3.8111 a	3.3456 a	9.5483 a	9.1744 a	470.1 a	3.1939 a	0.76333 b	0.35944 b	95.869 a	373.33 a
CICLO 2010												
	Con riego	22.06 a	4.74 a	3.65 a	9.44 a b	8.89 a	516.96 a	2.62 a	1.35 a	0.50 a	108.10 a	408.86 a
Riego	Sin riego	21.89 a	4.99 a	3.68 a	9.49 a	8.70 a	507.74 a	2.55 a	1.28 a	0.49 a	106.96 a	400.78 a
	Con fertilizante	21.78 a	5.01 a	3.66 a	8.92 b	8.06 a	429.20 a	2.56 a	1.24 a	0.48 a	92.58 a	336.62 a

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

Con relación al ciclo 2010 (Cuadro 9) solo se observaron diferencias estadísticas en la longitud de escamas del fruto, en el resto de las variables no hubo diferencias.

Algunos reportes indican que los frutos de *Hylocereus undatus* de la región de Yucatán rebasan los 700 gramos. En Oaxaca se ha encontrado un tipo de *Hylocereus undatus* que produce frutos de 350 a 400 gramos con buena brillantez y larga vida de anaquel (Ortiz, 2000). Otros investigadores han reportado frutos con peso promedio de 325.61 a 428.97 gramos (López y Guido, 1998).

Vitini y Batista (2005), reportan frutos de 305 a 348 g en materiales de *Hylocereus tindaui* (Cebra. Rosa. Lisa y Orejona). *H. trianguluris*. Los híbridos. *H. purpuri*. *H. imdatus* y *H.purpuri x H.undatus*, este valor es menor al peso promedio de fruto obtenido en el presente ensayo. Pushpakumara *et al.*, (2005), reportaron valores

de peso de frutos de *Hylocereus undatus* y *polyrhizus* en el rango de 220 a 840 g, longitudes de 10 a 20 cm, ancho de fruto de 7 a 12 cm y grosor de cascara de 2 a 4 mm.

Mizrahi *et al.* 2007 reportan que el peso del fruto se ve reducido con la reducción de riego en especies de *Hylocereus* y *Selenicereus*, aunque en general el riego no afecta las características físicas de los frutos.

5.4. Calidad de frutos.

En el cuadro 10, se observan los cuadrados medios de las variables de calidad de frutos, en donde se observan diferencias estadísticas significativas en azúcares reductores totales y en los grados brix.

Cuadro 10. Cuadrados medios de los parámetros de calidad en frutos de *Hylocereus undatus* con poda y riego.

CICLO 2009			
Fuente de variación	°Brix	Azúcares reductores totales	Acidez titulable
Riego	2.72 ns	4.5 *	0.0005 ns
Poda	1.05 ns	1.5 ns	0.0016 ns
Riego + Poda	0.05 ns	1.5 ns	0.0072 ns
Media	10.06	7.17	0.22
Coefficiente de variación	12.18	11.39	28.78
CICLO 2010			
Riego	0.7773 *	2.0449 *	0.0005 ns
Poda	0.1587 ns	3.1167 *	0.00002 ns
Riego + Poda	0.0685	0.00004 ns	0.0001 ns
Media	8.87	7.37	0.14
Coefficiente de variación	4.30	9.40	10.77

^{ns} no significativo; * significativo; ** altamente significativo.

El cuadro 11, de comparación de medias, muestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre los parámetros de calidad evaluados en frutos de *Hylocereus* evaluados, en el que se observa que la poda incidió sobre los azúcares reductores totales en los ciclos de producción 2009 y 2010.

Cuadro 11. Parámetros de calidad de frutos de plantas de *Hylocereus undatus* con poda.

CICLO 2009				
Factor	Niveles	°Brix	Azúcares reductores totales (%)	Acidez titulable (% de ácido cítrico)
Poda	Con poda	9.66 a	6.66 b	0.21 a
	Sin poda	10.44 a	7.66 a	0.22 a
CICLO 2010				
Poda	Con poda	8.77 a	6.95 b	0.14 a
	Sin poda	8.96 a	7.78 a	0.14 a

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

Estos valores coinciden con los obtenidos por Vittini y Batista (2005), quienes reportan en materiales de *Hylocereus tinдавis* (Cebra. Rosa. Lisa y Orejona). *H. trianguluris*. Los híbridos. *H. purpuri*. *H. imdatus* y *H.purpuri x H.undatus*, que no existe diferencia en la cantidad de frutas por variedad. Los Brix promedio de todas las variedades correspondieron a 9.603 %. Centurión *et al.*, (2008) menciona que con la transición del color de la cascara de pitahaya de verde claro con partes de color rojo a rojo-purpura. Los contenidos de azúcares reductores y °Brix aumentan de 2.4 a 6.6 % y de 4.6 a 12.6 %, respectivamente; el contenido de ácido málico disminuyó de 1.4 a 0.4 %; el contenido de ácido ascórbico disminuyó de 14.7 a 9.6 mg/100g. Castillo *et al.* (2005), reporta grados brix 10.9 a 12.7, valores que difieren a los obtenidos en el presente trabajo.

Estos resultados difieren con los reportados por Mizrahi *et al.* 2007, quienes mencionaron que la calidad de frutos (sólidos solubles, acidez y azúcares) se ve afectada por el riego en especies de *Hylocereus* y *Selenicereus*.

En el cuadro 12, se observa el efecto del riego en las variables de calidad de frutos, y se muestra que en el primer ciclo (2009) no se encontró efecto para ninguna de las variables evaluadas, en cambio, en el ciclo 2010, si se observaron diferencias significativas en los grados brix. Tanto el riego como la fertilización influyeron en la concentración de sólidos solubles totales (° brix) de los frutos.

Cuadro 12. Parámetros de calidad de frutos de plantas de *Hylocereus undatus* con riego.

CICLO 2009				
Factor	Niveles	°Brix	Azúcares reductores totales (%)	Acidez titulable (% de ácido cítrico)
Riego	Con riego	10.5 a	6.66 a	0.21 a
	Sin riego	10.0 a	7.66 a	0.23 a
	Con fertilizante	9.66 a	7.16 a	0.2 a
CICLO 2010				
Riego	Con riego	8.86 a b	7.38 a	0.14 a
	Sin riego	8.57 b	6.89 a	0.145 a
	Con fertilizante	9.17 a	7.83 a	0.13 a

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

López y Guido (1998), reportaron grados brix de 11.7 % en frutos de *Hylocereus*, este valor es cercano a los obtenidos en los frutos con riego de ciclo 2009, y difiere de los valores obtenidos en el ciclo 2010, pero son cercanos a los reportados en frutos de otros cactus, como lo es *Stenocereus stellatu*, con valores

en grados Brix de 10.4, ácido cítrico de 0.64 g/100 ml y azúcares reductores totales de 8.1 (Casas et al., 1997).

Pimienta-Barrios y Nobel 1994, reportaron en la composición química de *Stenocereus queretaroensis*, valores de azúcares reductores totales de 10, 11, 9, 10 y 10 %, en acidez (expresada en ácido málico) de .50, .18, .15, .29 y .17 % en las variedades amarilla, blanca, mamey, morada y roja, respectivamente. Pushpakumara *et.al.*, .2005, reportaron valores de 12 a 18 grados brix en pulpa de frutos de *Hylocerues undatus* y *polyrhizus*. Torres *et al.*, (2009), reportan 13.03% de °Brix y 0.07% de acidez titulable.

5.5. Plantas de pitahaya en hidroponía.

En el cuadro 13, se observa la respuesta de las plantas de pitahaya a las diferentes dosis de fertilización NPK, en el número de brotes y longitud de brotes por planta, no se presentó diferencia estadística solo entre los testigos.

Cuadro 13. Respuesta de plantas de pitahaya con diferentes dosis de fertilización NPK.

Tratamientos	Nitrogeno Fosforo Potasio (MeqL ⁻¹)			Número de brotes	Longitud de brotes
1	12	1	4	8.00 a	38.717 a
2	12	0.5	7	7.667 a	38.677 a
3	6	1	7	6.833 a	38.148 a
4	12	0.5	4	6.333 a	37.088 a
5	6	1	4	6.000 a	32.733 a
6	6	0.5	7	5.167 a	30.248 a
7	12	1	7	4.667 a	29.628 a
8	6	0.5	4	2.500 a	25.467 ab
9	Con agua			1.333 a	8.750 bc
10	Sin agua			0.667 a	1.417 c
COEFICIENTE DE VARIACION				86.66571	31.23486

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

En longitud de brotes se observa que la respuesta en esta variable fue menor en la dosis ocho (NPK con niveles bajos) y en los testigo con y sin agua. El comportamiento de los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los obtenidos por Dubeux *et al.*, (2006), quienes reportaron en nopal que la interacción de la fertilización con nitrógeno y fosforo afecta el número de cladodios por planta y obtuvieron que el mayor número de cladodios por planta fue de 12.3 con 75 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 33 kg ha⁻¹ de fosforo con una densidad de 50000 plantas por hectárea. Otras investigaciones han demostrado que la fertilización nitrogenada incrementa la materia seca aérea (estandarizada por el número de cladodios), incrementa los órganos vegetativos más que los reproductivos en el primer año y a la inversa durante el segundo año (Ochoa y Uhart, 2006), esta tendencia del incremento de órganos vegetativos coincide con lo observado en la presente investigación.

Por otra parte Nerd y Mizrahi (1994), reportaron que la fertilización nitrogenada (0, 60 120 kg ha⁻¹) no afecto la formación de botones florales en nopal (*Opuntia ficus-indica*), pero si el de nuevos brotes vegetativos. La eliminación de frutos (a mediados de la etapa de desarrollo) y la fertilización nitrogenada (120 kg ha⁻¹) promovió el desencadenamiento de botones florales a finales del verano, fenómeno que no se observó en las plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) de año y medio de edad, en la que no se manifestó la emisión de botones florares.

El crecimiento de brotes vegetativos coincide con lo reportado por Clemente *et al.* (2000), quienes al evaluar plantas de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en hidroponía, obtuvieron que en los tratamientos con los valores más altos de absorción de NO₃, la producción de materia seca cuantificada en brotes vegetativos, fue mayor (51.759 g planta⁻¹). Los resultados también concuerdan con los reportados mencionados por Vázquez *et al.* (2009) de nopal, quienes obtuvieron más de 60 ton ha⁻¹ en dos de cuatro variedades evaluadas, el cual fue un resultado muy sobresaliente con respecto a otros estudios donde se ha empleado agua con menor contenido de sales fertilizantes y donde se han observado bajos rendimientos.

VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente ensayo, se puede concluir lo siguiente:

1.- La aplicación del riego adelantó la floración en 86 días respecto al testigo en el primer ciclo (2009). Sin embargo en el segundo ciclo (2010), la floración inició al mismo tiempo con respecto al testigo debido a la presencia de lluvias al inicio de año.

2.- La aplicación de 3.5 L hr^{-1} y 7 L hr^{-1} de agua por semana en los ciclos de producción 2009 y 2010, respectivamente, indujeron mayor expresión de botones florales y por ende de flores y frutos. El número de flores fue mayor en 83.3 % respecto al testigo en el 2009 y 65.6 % mayor en el 2010.

3.- Las prácticas de manejo empleadas en este ensayo influyeron sobre algunas características morfológicas de los frutos.

4.- La poda y el riego influyeron en las características químicas de los frutos en los dos ciclos de producción.

4.- No hubo diferencias estadísticas entre las dosis de fertilización evaluadas.

VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

- Andrade, J. L.; Rengifo, E.; Ricalde, F. M.; Simá, J. L.; Cervera, J. C.; Vargas-Soto, G. 2006. Light microenvironments, growth and photosynthesis for pitahaya (*hylocereus undatus*) in an agrosystem of yucatán, México. *Agrociencia*. 40(6):687-697 pp.
- Barcenas-Abogado, P. 2002. Características agronómicas de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana de México. México, D.F.
- Blumenfeld, A. 1995. Persimmon, loquat, fig, pomegranate and prickly pear in Israel. First meeting of the CIHEAM Cooperative Working Group on Underutilized Fruit Crops in the Mediterranean Region, Zaragoza (Spain).
- Bustamante, E.; Burquez, A. 2008. Effects of plant size and weather on the flowering phenology of the organ pipe cactus (*Stenocereus thurberi*). *Annals of botany*. 102: 1019-1030.
- Cáliz, D. D. H. 2005. A new subspecies of *Hylocereus undatus* (cactaceae) from Southeastern México. *Haseltonia* 11: 11- 17.
- 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, Oaxaca.
- Casas, A.; Pickersgill, B.; Caballero, J.; Valiente-Banuet, A. 1997. Ethobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, Mexico.
- Casas, A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. CONABIO. *Biodiversitas* 40:18-23, Instituto de Ecología, UNAM, Campus Morelia.
- Castillo, M. R.; Livera-Muñoz, M.; Márquez-Guzmán, G. J. 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 Problemática. Departamento de Ciencias, Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Castillo, M. R.; Cáliz de Dios, H.; Rodríguez, C. A. 1996. Guía técnica para el cultivo de pitahaya. CONACyT, Q Roo, INIFAP y UACH. 13 pp.
- Centurión, Y. A.R.; Solís, P. S.; Saucedo, V. C.; Báez, S. R.; Sauri, D. E. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Fitotecnia Mexicana*, 31(001). Pp. 1-5.

Clemente, G. V.; Olivares, S. E.; Vázquez, A. R.; Zavala, G. F. 2000. Absorción de nitrato y amonio por plantas de nopal en hidroponía. TERRALatinoamericana, Abril-Junio. 18(2). 133-139 pp.

Crane, J.; Balerdi, C. 2005. The pitaya (*Hylocereus undatus* and other spp.) in Florida. Agricultural Sciences, University of Florida.

Damar, J. I. K. 2010. Morphology and physiology of pitaya and its future prospects in Indonesia. Cop Agro. 3(1): 44-50 pp.

EIObeidy, A. A. 2006. Growth behaviour of apple cactus (*Cereus* species) in hyper-arid environment. Department of Fruit Horticulture, Faculty of Agriculture, Cairo University, Giza, Egypt. Journal of Applied Horticulture, 8(1): 45-49.

González, E. S. E.; Alvarado, R. J. 2004. Utilización de caracteres cualitativos y cuantitativos determinantes en la variación fenotípica de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua.

Jacobs, D. 1999. Pitaya (*Hylocereus undatus*), a Potential New Crop for Australia. The Australian New Crops. En: <http://www.newcrops.uq.edu.au/newslett/ncn11163.htm>. Consultada 20-05-09.

Lebellec, F., Vaillant, F., Imbert, E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.), new fruit crop, a market with a future. Fruits, 61(4): 237-250 pp.

Lichtenzweig, J.; Abbo, S.; Nerd, A.; Tel-Zur, N.; Mizrahi, Y. 2000. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. American Journal of Botany 87(7): 1058–1065.

López, T. O.; Guido, M. A. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*hylocereus undatus*). Agronomía Mesoamericana 9(1): 66-71

Luders, L.; McMahon, G. 2006. The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*). Department of Primary Industry, Fisheries and Mines. Northern Territory government. No. D42. 4p.

Martínez, G. J. 2007, Descripción morfológica de los principales cultivares de pitahaya en la mixteca poblana y oaxaqueña. En Nieto, A. R. 2007, Frutales nativos, un recurso filogenético de México. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. 270 pp.

Mata, E. J.E. 1997. Incorporación de nutrientes en Pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth) a través del tallo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 56 pp

Meráz, A. M. R.; Gómez, C. M. A.; Schwentesius, R. R. 2003. Pitahaya de México-Producción y comercialización en el contexto internacional. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. México. 175 pp.

Merten, S. 2004. A review of *Hylocereus* production in the United States. Yearbook. West Australian Nut and Tree Crops Association. 27: 20-29.

Mizrahi, Y.; Nerd, A. 1999. Climbing and Columnar Cacti: New Arid Land Fruit Crops. Perspectives on new crops and new uses. J. Janick (ed.), ASHS Press, Alexandria, VA.

Mizrahi, Y.; Raveh, E.; Yossov.; Nerd, A.; Ben-Asher, J. 2007. New fruit crops with high water use efficiency. Issues in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (eds). ASHS Press, Alejandría. 216-222pp.

Nerd, A.; Karadi, A.; Mizrahi, Y. 1991. Out-of-season prickly pear influence development. HortScience 24:773-775.

Nerd, A.; Mizrahi, Y. 1994. Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Scientia Horticulturae. 59(2): 115-122pp.

Nerd, A.; Neumann, P.M. 2004. Phloem water transport Maintains stem Grow in a drought-stressed crop cactus (*Hylocereus undatus*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (4):486-490.

Nobel, P. S.; Andrade, J. L.; Wang, N.; North, G. B. 1994. Water potentials for developing cladodes and fruits of a succulent plant, including xylem-versus-phloem implications for water movement.

Norziah, M.H.; Ruri, A.S.; Tang, C.S. and Fazilah, A. 2008. Utilization of Red Pitaya (*H. Polyrrhizus*) Fruit Peels for Value Added Food Ingredients Food Technology Division. School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia

Ochoa, M.J; 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.

Ortiz, H. Y. D. 2000. Hacia el conocimiento de la conservación de la pitahaya. Primera edición en español en México. 124 pp.

Pimienta-Barrios, E. 1994. Prickly Pear (*Opuntia spp*): A valuable fruit crop for the semi-arid lands of México. Journal of Arid Environments. 28:11.

Pimienta-Barrios, E.; Nobel, P.S. 1994. Pitaya (*Stenocereus spp.*, Cactaceae): An Ancient and Modern Fruit Crop of México. Economic Botany 48(1). 76-83 pp.

Pimienta-Barrios, E.; Pimienta-Barrios, E.; Nobel, P. S. 2004. Ecophysiology of the potayo de Queretaro (*Stenocereus queretaroensis*). *Journal of Arid Enviromentals* 59: 1-17.

Pushpakumara, D. K. N. G.; Gunasena, H. P. M.; Karyawasam, M. 2005. Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of dragon fruit (*Hylocereus* spp.). *Sri Lankan J. Agric. Sci.* 42:81 – 91 pp.

Ramírez, M. F. 2007. Miografía del cultivo de pitahaya. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 23 pp.

Raveh, E., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1998. *Responses of Two Hemiepiphytic Fruit Crop Cacti to Different Degrees of Shade*. *Scientia Horticulturae*. 73:151-164.

Rodríguez, C. A. 2000. Producción y comercialización de pitahayas en México. Consultado en la red el 20/10/08 en (<http://www.infoaserca.gob.mx>).

SAGARPA, (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. El cultivo de la Pitahaya. www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/T-03-1.pdf 16 de febrero.

Torres, L.B.V.; Silva, S.M.; Felix, L.P. 2009. Fruit characterization of a *Selenicereus* c.f. *Setaceus* native from Brejo micro region, Paraiba State, Brazil . *Acta Hort. (ISHS)* 811:149-154.

Vásquez, A. R. E.; Salazar, S. E.; Garcia, H. J. L.; Olivares, S. E.; Vásquez, V. C.; López, M. J. D.; Orona, C. I. 2009. Producción de nopal verdura (*Opuntia Ficus-indica*) em hidroponia empleando água com alto contenido de sales.

Velasco, H. E.; Nieto. A. R. 2006. Cultivo de jitomate en hidroponia e invernadero. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.

Villalobos, L. 2006. Manual de plantas medicinales para la curar animales domésticos en la comunidad de Pangora. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.

Vittini, Y.; Batista, C. M. 2005. Comportamiento y desarrollo de materiales comerciales de pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la República Dominicana. *Sociedad Hortícola Tropical*. 48: 188-190

Zee, F.; Yen, C.; Nishina, M. 2004. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii at Manoa.

Zegbe, D. J.; Mena, C. J. 2006. Modificación de la floración, maduración y época de cosecha del nopal tunero (*Opuntia* spp.). Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas, México. 25 p.