



**ACLAREO DE FRUTOS DE PITAYA (*Stenocereus griseus*) EN LA REGIÓN  
MIXTECA BAJA OAXAQUEÑA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN BIOLOGIA**

**P R E S E N T A**

**Bióloga: Jacqueline Sánchez Trujano**

**“La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece  
al Padrón de Postgrados de Excelencia del CONACYT”.**

**OCTUBRE DEL 2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar esta fase tan importante en mi vida y por darme la fuerza necesaria para salir adelante durante la realización de mis estudios.

Agradezco la colaboración y el estímulo de los maestros que formaron parte de mi comité, porque sin su ayuda ésta tesis no hubiera podido llevarse a cabo, en primer lugar quiero mencionar a:

Dr. Miguel Ángel Armella, jefe de Departamento de Biología y profesor titular de la Universidad Autónoma Metropolitana, por asumir la dirección de este proyecto con gran interés, por facilitar los medios necesarios para su realización y por darme sus sugerencias y apoyo incondicional en todo momento y sobre todo por confiar en mí siempre.

Dr. Alberto Castillo Morales por su asesoría, consejos y por su apoyo constante en la realización de mi tesis.

M. en C. Lourdes Yáñez López, por aceptar asesorar mi trabajo de tesis y por su participación y ayuda en la elaboración de la misma. Gracias.

M. en C. Cecilia Jiménez Sierra por su colaboración en la realización de este trabajo, le agradezco y espero se recupere pronto.

Dr. Manuel Livera Muñoz por su gran disponibilidad para aceptar formar parte del jurado y por sus atinadas correcciones en este trabajo.

Al coordinador de la Maestría el Dr. Manuel Castillo Rivera por su gran apoyo a lo largo de estos últimos años.

Agradezco la ayuda en el trabajo de campo a la Bióloga. Mirna Domínguez Ortiz, quién además de ser una gran amiga es una excelente profesionalista.

Le agradezco al alumno Jaime Ávila Armella por la ayuda prestada en el trabajo de campo.

Agradezco a la familia Torres Castro por el apoyo y facilidades que me brindaron para entrar a la comunidad y a los huertos, así mismo por hacer uso del material experimental.

Al Sr. Jaime Torres, a su esposa Lucy y a sus hermosos hijos, Gracias por su hospitalidad y fina atención.

## DEDICATORIA

Me gustaría reconocer y agradecer de igual manera a todas esas personas que han estado presentes a lo largo de mi vida y a las que conocí en estos últimos años como son familiares y amigos, los cuales, de una u otra forma, han estado conmigo y han hecho posible que llegara este momento.

A mi Mamá por su cariño, comprensión, paciencia y por el gran apoyo que me ha brindado durante toda mi vida. Gracias. Te amo.

A Elena que es como una hermana, por sus consejos y su apoyo, porque se que en todos los momentos ya sean buenos o malos siempre puedo contar contigo. Gracias.

A la familia Trujano Charles por brindarme su gran hospitalidad y los buenos tratos durante mi estancia en su hogar. Les agradezco de corazón.

A todos mis familiares porque siempre han creído y confiado en mí. Los quiero a todos.

A esa persona tan especial que me ha enseñado mucho y que me apoya incondicionalmente, Gracias Adrián. Te amo.

A la familia Almeraya Vázquez por cuidar de mí, apoyarme, aconsejarme y sobretodo porque me han hecho sentir como un miembro de su familia.

A mis nuevas amigas: Sandra Rangel Estrada, Norma Andrea Pérez Flores por su apoyo incondicional. Gracias.

**INDICE**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>11</b>
<b>II.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>III.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>18</b>
<b>A.</b>	<b>De la Especie</b>	<b>18</b>
1.	Ubicación taxonómica del género <i>Stenocereus</i>	18
2.	Origen y distribución del género y de la especie <i>S.griseus</i>	18
3.	<i>Stenocereus griseus</i>	20
4.	Reproducción de la especie	22
<b>B.</b>	<b>Fisiológicos</b>	<b>24</b>
1.	Fisiología y calidad del fruto	24
a)	Metabolismo Acido de las Crasuláceas	24
2.	Parámetros de calidad	25
<b>C.</b>	<b>Agronómicos</b>	<b>31</b>
1.	Importancia del Pitayo	31

<b>2. Cultivo del Pitayo</b>	<b>32</b>
<b>3. Material vegetativo y establecimiento de nuevas plantas</b>	<b>32</b>
<b>4. La plantación</b>	<b>33</b>
<b>5. Requerimientos de la planta</b>	<b>33</b>
<b>6. Labores culturales</b>	<b>34</b>
<b>7. Plagas y enfermedades</b>	<b>34</b>
<b>8. Sistemas de producción</b>	<b>34</b>
<b>9. Proceso de producción</b>	<b>35</b>
<b>10. Comercialización del fruto del Pitayo</b>	<b>35</b>
<b>D. De la técnica de aclareo</b>	<b>37</b>
<b>1. Concepto general de aclareo de frutos</b>	<b>37</b>
<b>E. Experiencias de aclareo de frutos</b>	<b>38</b>
<b>1. Aclareo en no crasuláceas</b>	<b>38</b>
<b>2. Aclareo en cactáceas</b>	<b>39</b>
<b>3. Translocación de recursos en la planta</b>	<b>40</b>

<b>F. Trabajos previos</b>	<b>45</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b>	<b>45</b>
1. <b>Objetivo general</b>	<b>45</b>
2. <b>Objetivos particulares</b>	<b>46</b>
<b>V. MÉTODO</b>	<b>47</b>
A. <b>Descripción del sitio de estudio</b>	<b>47</b>
B. <b>Actividades de Campo</b>	<b>51</b>
1. <b>Desarrollo del fruto</b>	<b>51</b>
2. <b>Diseño experimental de aclareo de frutos</b>	<b>51</b>
a) <b>Experimento 1 “Bloques completos al azar”</b>	<b>53</b>
b) <b>Experimento 2 “Completamente al Azar”</b>	<b>55</b>
C. <b>Actividades de Laboratorio</b>	<b>57</b>
1. <b>Evaluación de los parámetros de calidad de los frutos</b>	<b>57</b>
<b>VI. RESULTADOS</b>	<b>58</b>

<b>1. Etapas del desarrollo del fruto</b>	<b>58</b>
<b>2. Éxito en el proceso del desarrollo del fruto al pasar de flor a fruto maduro y las etapas intermedias</b>	<b>61</b>
<b>3. Desarrollo de las estructuras reproductivas en el tiempo</b>	<b>63</b>
<b>4. Efecto del aclareo en el tamaño del fruto</b>	<b>65</b>
<b>a) Diámetros</b>	<b>66</b>
<b>1. Variables físicas y químicas de la calidad de fruto</b>	<b>67</b>
<b>a) Peso</b>	<b>68</b>
<b>b) p H</b>	<b>69</b>
<b>c) °Brix</b>	<b>70</b>
<b>d) Acidez titulable</b>	<b>71</b>
<b>e) Firmeza</b>	<b>72</b>
<b>f) Materia seca y jugo</b>	<b>73</b>
<b>VII. DISCUSION</b>	<b>75</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>78</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>79</b>



## RESUMEN

La Pitaya es un recurso tradicional de gran importancia económica en la Mixteca baja Oaxaqueña. Las pitayas se encuentran dentro de las frutas nativas de nuestro país que han generado un aumento en el ingreso económico en el campesino en algunas zonas y han aumentado la aceptación del consumidor.

Sin embargo no hay estudios suficientes sobre su biología reproductiva. La investigación se realizó en la zona de la mixteca baja oaxaqueña, en 2004, en una huerta de pitayos *Stenocereus griseus* Haworth aplicando aclareo manual de frutos inmaduros con la finalidad de observar el efecto en función a los siguientes parámetros; diámetro polar y ecuatorial, peso, brix, pH, acidez titulable, además de los anterior se evaluó también la materia seca. Los tratamientos fueron aplicados independientemente por individuo y simultáneamente. Los frutos que permanecieron fueron marcados y seguidos hasta su maduración. Presentamos datos de la biología floral. Se realizaron experimentos de aclareo de frutos, contando con controles (ramas sin raleo) y ramas con raleo del 20 y 33% de sus frutos. Al ser cosechados se cuantificaron: diámetro polar, ecuatorial, peso e índice de redondez; firmeza de la pulpa; sólidos solubles totales y pH en el jugo; peso de la cáscara; peso de las semillas. Los variables evaluadas sin efecto de los tratamientos (covariables) fueron: la longitud del brazo y el número de costilla. A pesar de que los resultados no muestran diferencias significativas, se presentó una tendencia al aumento del contenido de azúcar en los tratamientos con mayor raleo. No podemos descartar la posibilidad de cambios en estas variables en años consecutivos, para lo cual se requieren investigaciones a más largo plazo.

## SUMMARY

The Pitaya is a traditional resource of great economic importance in the Mixteca Baja Oaxaqueña. The pitayas is inside the native fruits of our country that have generated an increase in the economic entrance in the farmer in some areas and they have increased the consumer's acceptance.

However there are not enough studies on their reproductive biology. The investigation was carried out in the area of the Mixteca Baja Oaxaqueña, in 2004, in a pitayos vegetable garden *Stenocereus griseus* Haworth applying manual fruit thinning of immature fruits with the purpose of observing the effect in function to the following parameters; polar and equatorial diameter, I weigh, brix, pH, acidity titulable, besides the previous one was also evaluated the dry matter. The treatments were applied independently by individual and simultaneously. The fruits that remained were marked and followed until their maturation. We present data of the floral biology. They were carried out experiments of fruit thinning, having controls (branches without fruit thinning) and branches with fruit thinning of the 20 and 33% of their fruits. When being harvested them were quantified: polar, equatorial diameter, I weigh and index of roundness; stability of the pulp; total soluble solids and pH in the juice; I weigh of the shell; I weigh of the seeds. The variables evaluated without effect of the treatments (covariables) they were: the longitude of the arm and the rib number. Although the results don't show significant differences, a tendency was presented to the increase of the content of sugar in the treatments with more fruit thinning. We cannot discard the possibility of changes in these variables in serial years, for that which investigations are required to longer term.

## I. INTRODUCCION

La necesidad de un desarrollo sustentable en el campo se ha hecho presente en tiempos actuales, para lograrlo se pueden tomar diferentes rutas, la vía del impulso conciente al cambio hacia la sustentabilidad en colaboración con los productores del campo y todos los miembros de la sociedad y sin antes esperar a que las circunstancias económicas, políticas, sociales y ambientales nos obliguen a tomar las medidas correspondientes (Mata, 1998).

En México más del sesenta por ciento del territorio esta clasificado dentro de climas áridos y semiáridos (Medina *et al*, 1999; Mosiño 1983) y entre las plantas más características de estos paisajes se encuentran los miembros de la familia Cactaceae (Del Toro y Castellón, 1986), que representan el 18.8% del total de la flora en zonas áridas y el 33.4% en semiáridas (Piña, 1979).

Las cactáceas han sido fuente importante de alimento de la población humana en Mesoamérica desde tiempos prehispánicos y ha alcanzado un valor importante en el ingreso comercial de algunos productores, si bien sigue siendo un producto secundario, la derrama económica en las comunidades Pitayeras durante la época de cosecha del fruto es relevante. Su recolección es una alternativa alimenticia y económica a la agricultura en las zonas áridas y semiáridas (Armella y Yáñez, 1997).

Las plantas de la familia cactáceas son reconocidas por su gran capacidad de sobrevivir y de producir frutos aún en ambientes con gran escasez de agua. Estos frutos son generalmente carnosos y suculentos por lo que son muy apreciados en lugares carentes de agua. Según Bravo y Sánchez-Mejorada (1991) en México destacan por su producción de frutos aquellas pertenecientes a los géneros

*Pereskia*, *Opuntia*, *Hylocereus*, *Escontria*, *Heliabravoa*, *Pachycereus*, *Carnegiea*, *Machaerocereus*, *Neobuxbaumia*, *Myrtillocactus*, *Polaskis*, *Echinocereus*, *Ferocactus*, *Mammillaria*, y *Stenocereus* pero los de mayor importancia económica, son los de *Opuntia*, *Hylocereus* y *Stenocereus*. El género *Stenocereus* comprende 24 especies, de las cuales 19 se encuentran en México; distribuyéndose principalmente al sur y al sureste del eje volcánico transversal (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1978). Las especies del género *Stenocereus* producen, en su mayoría frutos comestibles conocidos como “pitayas” voz de origen quechua que significa *fruta escamosa*. (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991).

Las plantas de este género son cactus columnares que presentan tallos normalmente rectos de crecimiento indeterminado, surcados de hendiduras longitudinales llamadas costillas (rara vez más de 15) y con ramificación variada (Gibson y Horak, 1978) Estos tallos, particularmente cuando ramifican, reciben comúnmente el nombre de “brazos”. Los brazos pueden alcanzar hasta los 6 metros de altura, cuando ramifican lo hacen desde la base y presentan varios brazos que se pueden subdividir. Con flores en las areolas cercanas al ápice de las ramas o en las laterales, (una o hasta dos en cada areola).

En la zona de la Mixteca Baja Oaxaqueña, se producen de manera natural varias de las Cactáceas pertenecientes al género *Stenocereus* y en particular de *S. griseus*. Sus características de sabor y tamaño hacen que éste fruto la “pitaya” tenga una muy buena aceptación en los mercados locales (y nacionales) por lo que se esta generando un interés importante en aquellas comunidades que se dedican a cosecharla. Por esto ya existen huertas en las que se cultiva la pitaya, ya sea en

forma exclusiva o mezclada con otros productos. También se ha establecido un sistema incipiente de comercialización para este producto (Arnaud *et al*, 1997). A pesar de que en la zona de la Mixteca se consumen otros frutos de cactáceas, éstos solo se aprovechan a nivel de recolección (Ceballos, 2003).

En ambientes semiáridos, como el de la Mixteca Baja, la lluvia es escasa e irregular la principal actividad económica es la agricultura de temporal. Por ser nativa de estos ambientes *Stenocereus griseus* está adaptada a las condiciones semiáridas de la región y a pesar de que su fructificación se concentra solo en el mes de mayo (de ahí que reciba el nombre de “pitaya de mayo” que la distingue de otras semejantes), la producción que se logra resulta importante para poder ser considerada como un “recurso alternativo” para los habitantes de esta zona.

Los recursos alternativos pueden ser definidos como aquellos recursos que son usados por las comunidades humanas en forma paralela, o substituyendo, a los recursos comunes. Los recursos alternativos tienen la particularidad de estar limitados en su capacidad de producción por el tiempo o espacio, y sirven como complemento a las poblaciones ya sea para su alimentación o economía (Armella y Yañez, 1997).

Flores (2002) reconoce en la pitaya (como grupo de especies) las siguientes fortalezas: Su adaptación a la sequía, su gran número de formas colores y variedades, los conocimientos empíricos generados por los campesinos y las investigaciones que se tienen y ve las oportunidades de la apertura de mercados a frutas “exóticas” [sic] tanto nacionales como internacionales. A pesar de su potencial como recurso alternativo, la producción de la pitaya en la zona de la Mixteca

presenta muchos problemas para alcanzar su desarrollo óptimo. La cantidad y calidad de los frutos que se producen son poco homogéneas tanto entre plantas individuales e incluso de un año al siguiente dentro de la misma planta. Presentándose el fenómeno llamado de Alternancia (Yáñez *com.per.*; Armella *et al.* Datos no publicados). Existen algunas organizaciones que se concentran en mejorar las prácticas agrícolas como la denominada Unión de ejidos y comunidades Dichi-Cuaha cuyo significado es "Pitaya roja" (en Mixteco). Esta organización, tiene como objetivo principal optimizar la comercialización de la Pitaya de Mayo y se ha caracterizado por tratar de llevar nuevas ideas y tecnologías para su cultivo y mejoramiento de la producción y la eliminación de intermediarios (acopiadores) de la zona, para que de alguna manera la ganancia del producto que se vende fuera de la localidad de origen sea más directa y mejor pagada a los productores. Dicha unión es una agrupación de comunidades pitayeras de la mixteca baja y se encuentra asentada en tres municipios del noreste del estado de Oaxaca, colindantes con el estado de Puebla. Estos municipios son Cosoltepec, Chazumba y Tequixtepec. La Unión esta compuesta por los productores de Pitaya de los pueblos de Santa Gertrudis Cosoltepec, San Juan Joluxtla, San José Chichihualtepec, Santa María Acaquizapan, La trinidad Huaxtepec, Lunatitlán del Progreso y Yolotepec. (Ceballos, 2003). Si bien, otras comunidades como San José Chichihualtepec y Santiago Tanguistengo tienen una mayor producción de fruta, los pueblos que conforman dicha unión aportan una producción importante tanto al mercado local como regional.

La técnica de Aclareo de frutos consiste en la remoción de algunos frutos de la planta cuando estos están en etapa de formación o en las primeras etapas de

crecimiento. Esta técnica agronómica es usada con éxito en la producción comercial de diferentes frutales tales como limón, manzano, jitomate, durazno, ciruelo. La técnica se basa en el principio de reducir la competencia entre frutos individuales por los fotosintatos producidos por las plantas logrando que la producción final tenga frutos más homogéneos y reduciendo las variaciones drásticas en los niveles de producción entre años. Sin embargo muy poco se ha investigado en cactáceas cuyo metabolismo es diferente a los frutales tradicionales y no existe literatura reportada que permita saber su efecto en la pitaya de mayo, solo se tienen datos reportados de nopal que indican que no hay efecto del aclareo.

Actualmente los campesinos no aplican ningún tipo de tratamiento a las plantas en producción, como resultado algunos brazos presentan una gran cantidad de frutos (en ocasiones hasta 20 frutos en un espacio de 50 cm. desde la punta del brazo y hasta 8 en la misma costilla (*Armella com. per.*). Esto hace que el tamaño de los frutos (y por lo tanto su precio en el mercado) sea variable. Además existe fuerte variación entre años lo que hace incierto el mercado de la pitaya ya que en ocasiones se alcanza la saturación del mismo y en otras el precio es muy elevado, Además de que esto desanima la posible industrialización de la fruta al no contar con estimaciones de producción confiables que fomenten la inversión.

En este trabajo nos enfocamos en el análisis del aporte que puede dar la técnica de remoción a la solución a estos problemas mediante la aplicación de una "Poda Selectiva" o "Aclareo de frutos".

## II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las condiciones económicas ejercen una presión para que se diversifiquen las fuentes de recursos económicos para las comunidades campesinas ante la elevada presión demográfica y el fuerte deterioro ambiental.

En regiones como la Mixteca, cuyas comunidades han vivido por mucho tiempo de la agricultura tradicional basada en el maíz y frijol de temporal y del pastoreo; se ha visto un proceso de deterioro de los suelos, disminuyendo su capacidad productiva. La alternativa más frecuente ante esta pérdida ha sido la ampliación de tierras de cultivo, para repetir los mismos esquemas, a costa de los ecosistemas naturales perdiéndose así potenciales recursos alimenticios y económicos.

La diversificación de fuentes de ingresos debe tomar en cuenta las características naturales de los ecosistemas, las plantas (y animales) que habitan una región han atravesado por procesos selectivos (naturales o artificiales) que les han permitido adaptarse a dichas condiciones.

Para que se lleve a cabo una explotación adecuada de recursos, se requieren de conocimientos que van desde las formas de incrementar la producción hasta la forma de comercialización, tanto del producto principal como de productos alternativos; así mismo, es deseable que estos dos tipos aumenten su valor agregado. Una alternativa para resolver esta problemática parece ser la utilización racional y sustentable de los recursos ya que comprende dos aspectos importantes: 1) Preservación del ambiente y 2) Obtención de recursos, muchos de ellos se conocen y consumen localmente y tienen potencialidades que no han sido del todo



descubiertas, por esto reciben el nombre de *Productos Alternativos* (Armella, *et al* 2000). El cultivo de *Stenocereus griseus* ha sido de gran importancia económica en la Mixteca baja Oaxaqueña como cultivo alternativo a la agricultura tradicional. Esto se debe a que esta especie esta adaptada a sobrevivir bajo las condiciones ambientales de la región, como son la marcada estacionalidad en el aporte de lluvias, las pendientes pronunciadas (provoca el escurrimiento de agua), etc. (Ceballos, 2003).

A pesar de que actualmente la Pitaya de Mayo tiene como principal vía de comercialización la venta de frutos frescos, el fruto tiene potencial para diferentes usos. Entre sus usos potenciales esta el consumo en fresco y la elaboración de mermeladas, colorantes, vinos y la producción de pectina. Además se utiliza la cáscara del fruto como alimento del ganado (Arnaud *et al.*, 1997; Armella *et al.*, 2000; Mercado y Granados, 1999). Para alcanzar los objetivos con respecto a la industrialización de la Pitaya es necesario que se mantenga un tamaño uniforme de los frutos para poder establecer tasas de rendimiento y expectativas de producción confiables, así mismo para la venta de productos mínimamente procesados se requiere de tamaños similares para poder diseñar empaques adecuados que alarguen la vida de almacén. Si bien no existen datos oficiales confiables sobre la producción de Pitaya, los estudios tendientes a la comercialización e industrialización de la fruta así lo demuestran (Armella *et. al.*, 2000, 2003). Estos dos son los mismos objetivos que se pueden alcanzar mediante el raleo o poda diferencial, la cual pretende, uniformizar la producción y evitar la alternancia en los cultivos (Yáñez *com per.*).

### III. ANTECEDENTES

#### A. De la especie

##### 1. Ubicación taxonómica del género *Stenocereus* y de la especie *S. griseus*

Existen pocos estudios dedicados a la filogenia de las cactáceas y algunos autores que han hecho aportaciones importantes no coinciden con respecto a una clave universal, considerando a una misma especie dentro de géneros diferentes, argumentando una evolución convergente. Para fines de simplificación se utilizará la clasificación taxonómica de *Stenocereus griseus* (Haworth) Presentada por Bravo y Sánchez-Mejorada (1978).

Reino Vegetal, Subreino Embrophyta, División Angiospermae, Clase Dicotiledoneae, Orden Cactales, Familia Cactaceae, Subfamilia Cactoideae, Tribu Pachycereae, Subtribu Stenocereinae, Género *Stenocereus*, Especie *griseus*.

##### 2. Origen y distribución del género *Stenocereus* y de la especie *S. griseus*

Gibson y Nobel, (1986), consideran que las cactáceas representan un grupo de plantas que evolucionó en los últimos 80 millones de años y proponen al género *Pereskia* como el género más primitivo de éstas, cuyos caracteres anatómicos y fisiológicos como la presencia de hojas bien desarrolladas, fotosíntesis de tipo C<sub>3</sub>, y su estructura no crasa son considerados los más primitivos.

Cerca del 30% de las especies de cactáceas, incluyendo a cinco especies de la subfamilia Pereskioidea, son autóctonas y endémicas del norte de Sudamérica, por lo que se sugiere que el grupo presentó una expansión al surgir la cordillera Andina ya que dichas especies ya existían en territorios emergidos del Caribe

(Gibson y Horak, 1978). En cuanto a las cactáceas columnares, se considera que derivaron de formas globosas existentes en las Antillas y Norte de Sudamérica y que presentan los rasgos más primitivos para la subfamilia Cactoideae.

Las cactáceas columnares de México son autóctonas y quedan incluidas en la tribu Pachycereeae, y no se tiene bien definido si sus antecesores emigraron a través de Centroamérica hacia México o las semillas fueron dispersadas a través de largas distancias desde el Norte de Sudamérica por medio del archipiélago antillano (Jiménez-Pérez *et al*, 1998).

La tribu Pachycereeae cuenta con cerca de 13 géneros y 65 especies, en México se encuentran los 13 géneros con 56 especies. Uno de los centros de mayor diversidad de este grupo se presenta en el Valle de Tehuacan-Cuicatlán y zonas adyacentes donde hay 8 géneros y 18 especies, algunas especies de la tribu se encuentran en Estados Unidos, Centroamérica, Venezuela y las Antillas (Arias *et al*, 1997; Gibson y Nobel, 1986).

De acuerdo a Bravo y Sánchez-Mejorada (1978) el origen de los ancestros de *Stenocereus griseus* se ubica en el Caribe y norte de América del Sur, y se considera que éstos migraron al norte hasta nuestro país vía las islas caribeñas o bien por las planicies costeras el pacífico. En México *S. griseus* se encuentra en estado silvestre en algunas regiones con selvas bajas caducifolias de las vertientes del Golfo de México, como el sur de Tamaulipas y en Veracruz. En algunas regiones de Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero y Jalisco se le reconoce como una de las principales especies de gran importancia económica (Jiménez-Pérez *et al*, 1998).

### 3. *Stenocereus griseus*

La especie *Stenocereus griseus* se distingue por tener las características siguientes: plantas arborescentes con una altura de entre 6 y 9 metros, ramosas, con tronco bien definido, como de 35 cm. de diámetro o ramificadas desde la base. Las ramas son erectas generalmente, de color verde más o menos glauco y con 6 costillas, los cuales provienen de los podarios de la yema apical de la plántula, formando series verticales, en cuyos bordes aparecen las areolas, las cuales distan de 2 a 3 cm. y miden aproximadamente 8 mm de longitud y cubiertas con fieltro moreno, que se torna con el paso del tiempo un tanto grisáceo (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1978).

En Benson (1963) se menciona que el sistema tegumentario de la planta esta formado por tejidos epidérmicos y peridérmicos. Las membranas de las células epidérmicas, que se encuentran en contacto con el medio externo, se hallan revestidas de una gruesa película de cutina, lo cual impide que se evaporen grandes cantidades de agua, al igual que proporciona una mayor resistencia a las células.

El tejido colenquimatoso se encuentra por debajo del sistema tegumentario, éste proporciona consistencia y solidez al tallo, inmediatamente abajo se encuentra el parénquima en empalizada o clorofiliano, formado por varias capas de células prismáticas, de gran tamaño y un tanto alargadas y con una gran cantidad de cloroplastos, siendo este tejido muy importante debido a que como carece de hojas, es en éste donde se lleva a cabo la fotosíntesis (Martínez *et al.*, 2003). El tejido conductor esta formando un tubo de haces vasculares aglomerados en paquetes que salen hacia la corteza, finalizando en los parénquimas o en los tejidos

indiferenciados de las areolas, con una médula que forma la “columna vertebral”. El proceso para la formación de la flor da principio con la transformación de la yema vegetativa a reproductiva y posteriormente se continúa con la diferenciación de las partes que integran la estructura floral (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1978).

Las flores de *S. griseus* son tubulares-infundibuliformes o campanulares-infundibuliformes y tienen hasta 10 cm., de longitud, con segmentos exteriores del perianto de color blanco, con grandes corolas, tiene un ovario ínfero localizado dentro de la parte final de un tallo modificado. De acuerdo con Del Toro Y Castellón (1986) los carpelos se encuentran dentro de la parte baja y axial del tubo floral, éstos son peltados y la zona del pedúnculo está desplazada hacia arriba por el crecimiento del pericarpelo, la superficie interna del ovario está cubierta de pelos papilares que forman un pseudo parénquima. El pericarpelo generalmente con podarios numerosos provistos de escamas pequeñas, tubo receptácular grueso con podarios decurrentes que se alargan hasta el pericarpelo, cámara nectárial abierta, semiabierta o cerrada por la base engrosada de los estambres primarios; estambres secundarios muy numerosos no más largos que el perianto.

Después de la antesis la flor se seca y se desprende (Del Toro y Castellón, 1986). Para la polinización se necesitan organismos que funcionen como polinizadores ya que el pitayo presenta polinización cruzada (Mercado y Granados, 1999). Los agentes polinizadores más comunes de las cactáceas son mamíferos como murciélagos, algunas aves como los colibríes y ciertos tipos de insectos como abejas, mariposas o palomillas.

Los frutos son ovoides, globosos o elipsoides a veces algo ficoides o piriformes cubiertos con una cáscara o pericarpio más o menos delgado y generalmente suave en la madurez, provisto de areolas con cerdas, espinas o pelos que caducan al madurar el fruto (Armella et al, 2000). Su cáscara es lisa de color verde con tonalidades rojas, según el tipo y grado de maduración, cubierta de areolas y una gran cantidad de espinas, que al madurar se pierden junto con las areolas. Su sabor es dulce y jugoso de textura suave, algo fibrosa y granulosa por la presencia de las semillas que son negras, suaves y abundantes. Su aroma es ligero y característico.

En su contenido químico destaca la presencia de colorantes (betacianinas y betaxantinas) con adecuadas propiedades bromatológicas para la elaboración de productos alimenticios (Arnaud *et al.*, 1997).

El peso del fruto en esta especie va de 129 a 419 g (Cruz, 1984; Llamas, 1984). Para la diferenciación de las distintas etapas presentes en la planta se considera al fruto como el ovario de la flor desarrollado (Calderón, 1986).

El conocimiento de etapas del desarrollo como inducción floral, brotación de la yema floral, floración y fructificación, que anualmente se constituyen en sucesos periódicos, y su relación con el clima y otros factores es de gran utilidad en la agricultura, ya que se emplea para la programación de todas las actividades agrícolas (Bravo y Sánchez Mejorada, 1978).

#### 4. Reproducción de la especie

La propagación de *S. griseus* para su producción comercial se puede llevar a cabo a partir de la semilla o en forma vegetativa. La propagación vegetativa, más

común para fines comerciales, consiste en utilizar ramas o brazos de las plantas o variedades (tipos) de interés. Para ello se seleccionan ramas que tienen longitudes de aproximadamente 90 a 120 cm., éstas se cortan justo en la unión con la rama madre. Otra alternativa la constituyen los brazos largos que están en producción, los cuales se cortan en tramos de longitudes similares al caso anterior y cada pedazo constituirá una nueva planta. Los tallos tienen una gran proporción de tejido parenquimatoso, el cual les da la succulencia y condiciones favorables para tener pudriciones, por lo cual es necesario que después de cortar los brazos (ramas) se dejen secar los cortes realizados durante un período de 20 días o más. La época usual para cortar los brazos es de diciembre a enero antes del inicio de la brotación de las yemas florales (Del Toro y Castellón, 1986) Esta técnica es la más comúnmente usada por los campesinos en la región de la Mixteca, en la cual seleccionan los brazos de aquellas plantas que han demostrado ser buenas productoras.

Aunque de manera comercial no se utiliza la reproducción sexual o por semilla ésta resulta interesante de investigar, no sólo como conocimiento básico de la biología de la especie, sino también para así poder contribuir a la reforestación de zonas desertificadas o bien zonas naturales, ya que esta forma ayuda a mantener la diversidad genética de la especie.

Las semillas presentan fotoblastismo positivo (Martínez *et al*, 2003). Por otro lado, en las semillas de Pitaya recién cosechadas se observa una germinación de casi el 100% .Es decir, las mejores condiciones para la germinación se encontraron en presencia de luz, a 30°C y sobre la superficie del suelo. La viabilidad se mantuvo

después de tres meses pero del porcentaje de la germinación disminuyó (Martínez, *et al*, 2003).

## **B. Fisiológicos**

### 1. Fisiología y Calidad del Fruto

#### a) Metabolismo Ácido de las Crasuláceas

Las plantas que poseen tallos u hojas gruesas normalmente presentan el llamado Metabolismo Ácido de las Crasuláceas o CAM, por sus siglas en inglés.

Estas plantas suelen encontrarse donde el agua es escasa o de difícil acceso, incluyendo regiones desérticas y semidesérticas; en estos hábitat la difusión de  $\text{CO}_2$  del ambiente al interior de las plantas CAM ocurre principalmente durante la noche, cuando abren los estomas porque la temperatura es baja y la humedad relativa es mayor (Salisbury y Ross, 1994). El  $\text{CO}_2$  tomado se fija inicialmente en la PEPcasa en el hialoplasma de las células del clorénquima.

El malato o algún otro ácido orgánico de cuatro carbonos es transportado a una vacuola central grande. Las vacuolas son cavidades que en ocasiones ocupan hasta el 90% del volumen celular, y por lo general contienen agua y solutos pequeños, de hecho, las vacuolas grandes son características de las células del clorénquima en las CAM (Gibson y Nobel, 1986). Durante la noche, transportar malato a la vacuola es un proceso que requiere de energía, lo que en las plantas CAM ocasiona un sabor más amargo durante la noche. Al día siguiente al iniciarse el alba, la luz estimula la celda fotosintética  $\text{C}_3$ , en los cloroplastos de las plantas CAM, al igual que ocurre en las plantas  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$ . Sin embargo la fuente sustantiva de  $\text{CO}_2$  durante el día para las CAM proviene de la descarboxilación del malato y de otros



ácidos orgánicos que se acumulan en las vacuolas la noche anterior. La enzima fosfoenol piruvato carboxilasa (PEP carboxilasa) localizada en el citosol, es la enzima responsable de la fijación de CO<sub>2</sub> en el malato durante la noche mientras que durante el día el malato acumulado se difunde hacia fuera de la vacuola, y el CO<sub>2</sub> liberado internamente por descarboxilación lo fija la enzima Ribulosa difosfato descarboxilasa (Rubisco) en los cloroplastos, lo que conduce a los productos fotosintéticos. A medida que continua la fotosíntesis, se difunde más malato de las vacuolas que se descarboxila y provee CO<sub>2</sub> adicional a la enzima Rubisco. En un periodo de 24 horas la acidez del clorénquima disminuye y los productos fotosintéticos se acumulan. Debido a que estos procesos no requieren de CO<sub>2</sub> adicional de la atmósfera, los estomas pueden permanecer cerrados durante el día. Las temperaturas diurnas muy altas conducirán a una mayor pérdida de agua a través de los estomas abiertos, con respecto a la pérdida que se da por la noche. Así la apertura estomática nocturna y su cierre durante el día resultan cruciales para la conservación de agua (Salisbury y Ross, 1994).

## 2. Parámetros de calidad

La producción de fotosintatos se ve traducida en el tamaño y sabor de los frutos que produce la planta. Una vez que se han producido los carbohidratos y otros elementos derivados en las zonas fotosintéticas éstos son transportados a los órganos que se encuentran en crecimiento. De ahí que la calidad del fruto es un reflejo de la capacidad de la planta de producir estos fotosintatos así como de movilizarlos por el tejido conductivo.

A pesar de la apariencia general en el fruto maduro de *S. griseus* el diámetro polar es mayor que el diámetro ecuatorial, este proceso se mantiene desde las primeras etapas de formación. Como todas las cactáceas el ovario es ínfero y el cáliz es remanente, es decir, el fruto se desarrolla por debajo de la flor que al secarse, después de la fecundación permanece como un remanente seco, el cual cae cuando el fruto es maduro o al ser cosechado (Cruz, 1985; Del Toro y Castellón, 1986). Este proceso es muy similar al desarrollado en casi todas las cactáceas columnares (Salcedo y Arreola, 1991).

Una de las características más importantes del fruto de pitayo es el sabor dulce; este se obtiene por la presencia de varios azúcares, principalmente glucosa y fructosa en el contenido de la pulpa. La mayoría de estos azúcares son solubles en el contenido acuoso o "jugo". La medida del "dulzor" del fruto esta dada por el porcentaje de estos azúcares disueltos y se mide a través de lo que se conoce como los "Grados Brix" o "Porcentaje de Sólidos Solubles Totales" (SST), cuanto mayor es el porcentaje mayor es la madurez del fruto (Cruz, 1985; Del toro y Castellón, 1986).

El fundamento de la técnica de determinación de Sólidos solubles totales por refractometría esta basada en la introducción de la luz en un líquido (jugo de la fruta) y es conocido como refracción.

El índice de refracción de una muestra es un valor que relaciona el ángulo de incidencia de un rayo luminoso sobre una muestra con el ángulo de refracción. Mide el cambio de dirección que se produce cuando un rayo de luz pasa a través de la sustancia bajo estudio. Es posible determinar por tanto la cantidad de solutos disueltos midiendo el índice de refracción del solvente (solución acuosa que se

investiga). La temperatura es importante en este tipo de mediciones ya que cambia la densidad del medio. Un refractómetro mide el cambio de dirección de la luz conocido como “ángulo de refracción”. Los refractómetros consisten en un prisma principal y una placa de luz diurna montados en el extremo de un cilindro, al colocarse la muestra líquida en forma uniforme por el prisma principal y cerrarse la placa de luz diurna encima de la muestra pasa la luz de la fuente luminosa por la placa de luz diurna del refractómetro, toca la muestra y cambia su dirección antes de pasar por el prisma. Después el prisma dirige esta luz reorientada hacia el interior del cilindro en donde pasa por una fuente primaria, la escala, y finalmente por una lente secundaria enfocable. Las variables que influyen en el índice de refracción de una solución son: composición química, concentración y temperatura.

El jugo de las frutas esta constituido principalmente por sacarosa (por lo que la lectura de refractómetro se interpreta como los °Brix de la solución pero se debe tomar en cuenta que el refractómetro mide los sólidos solubles totales de la muestra donde además de los azúcares se incluye los ácidos orgánicos y minerales, aunque estos aparecen en muy pequeñas proporciones, por lo que no se consideran importantes. Se colocaron una o dos gotas del jugo de pitaya en el prisma, cerrando suavemente la tapa y permitiendo que se cubra toda la superficie del prisma, se observa a través del ocular orientando el aparato hacia una fuente de luz y una vez que se observa la transición de un campo claro a uno oscuro se leyó el número correspondiente en la escala que corresponde al porcentaje en sacarosa de la muestra, una vez leído se limpió perfectamente para tomar la lectura del siguiente fruto.

Existen datos publicados de los SST para los diferentes tipos de *S. griseus* de la Mixteca, abarcando valores desde 9.9 para el tipo vidriosa, hasta 12.7 para el tipo amarilla. Por ejemplo, para *S. stellatus*, al avanzar la madurez del fruto, aumentan los °Brix, disminuye la acidez y aumenta el pH (Martínez-Hernández, 1995). Algo similar sucede con el pH cuyo valor reportado es de 5.2 para fruto maduro en *S. griseus* y para la cáscara y pulpa el principal componente es el agua con 84.5 y 85.8% respectivamente (Piña, 1977).

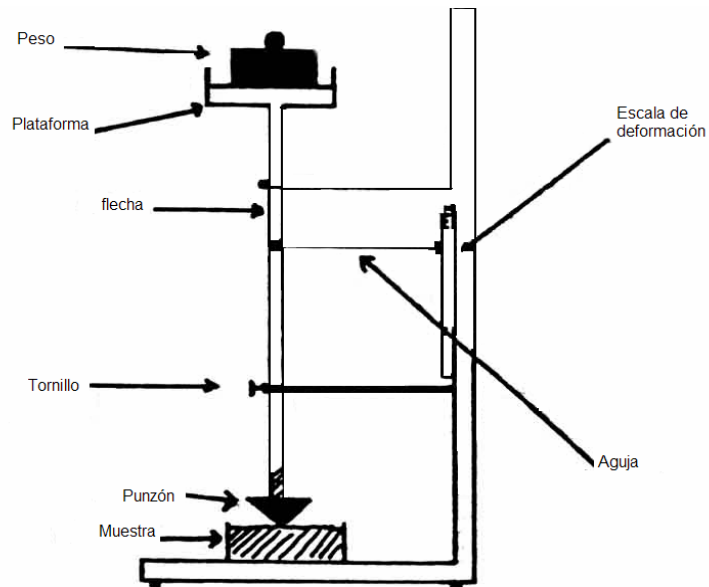
Es importante medir la firmeza de los frutos, ya que éstos una vez que alcanzan la madurez fisiológica se desprenden y caen golpeándose en el suelo, ocasionando que los tejidos pierdan elasticidad. Es importante considerar esta variable en el manejo pre y poscosecha (Martínez y Hernández, 1995). La Textura es un conjunto de propiedades organolépticas de los productos en la que interviene una serie de percepciones sensoriales entre los que destaca la firmeza (especificando que la textura no es nada más la firmeza). Lo anterior obedece a que en la firmeza de un fruto influyen varios factores que son intrínsecos a la composición de éste, entre los que se puede citar la composición y turgencia de tejidos, dada por el contenido de agua en las células y espacios intercelulares, el tipo de células que los conforman, la disposición de las células dentro de tejidos y la cohesión y rigidez de éstas.

A nivel de componentes químicos, las sustancias pépticas juegan un papel importante en la firmeza de los frutos. Estas sustancias se encuentran depositadas en la pared celular y en la lámina media actuando como materiales aglutinantes.

La firmeza de la fruta varía en función de la especie que se trate. Es notable observar que dentro de un mismo tipo de fruto el valor de firmeza, medida a través de una variable determinada como la cantidad de fuerza requerida para romper la barrera de la piel, puede ser diferente de un fruto a otro aún cuando se trata de una misma especie o cultivar.

Durante la maduración de los frutos, igual que durante su proceso de degradación, el contenido de sustancias pépticas solubles en agua aumenta como resultado de una despolimerización y desesterificación. Alcanzando su firmeza (y textura) características en su punto óptimo de consumo. Otro grupo de sustancias que afectan la textura lo constituyen los sólidos totales, en especial aquellas sustancias osmóticamente activas, las cuales proporcionan la turgencia manifiesta por las células (Mitchman, *et al.*, 1996).

La firmeza se mide como la fuerza requerida para romper la barrera de protección del fruto (piel o cáscara) Está determinada por los polisacáridos estructurales y ésta puede ser medida con distintos probadores entre ellos el (PAM) Probador Anzaldúa Morales de fácil uso y a un bajo costo que fue el que se utilizó en este trabajo.



(Tomado de Anzaldúa-Morales y Vernon, 1986)

Sensorialmente una de las características de los cambios relacionados con la maduración y senescencia es la acidez, la cual ha sido propuesta por varios investigadores como un índice de cosecha para ciertas especies. La relación % Sólidos Solubles Totales (SST)/ acidez es utilizada como un índice de maduración y/o calidad ya que juega un papel importante en el sabor final de los frutos.

En general, un gran número de ácidos se encuentran disueltos en el citoplasma y vacuolas ya sea en estado libre o combinados en forma de sales, ésteres, glucósidos y otros constituyentes químicos. Durante la maduración, los ácidos orgánicos se llegan a acumular en las vacuolas, siendo la tendencia general, que el pH resultante en los frutos se acerque a la neutralidad.

Existen diversos métodos para medir acidez de los frutos, como son: el pH, la Acidez titulable y la acidez total. La acidez o basicidad de una disolución puede

expresarse en función de la concentración de iones  $H^+$ . El pH de una disolución acuosa se puede diferenciar por medio de indicadores o por medio de medidor de pH (Potenciómetro o medidor de pH). La acidez total es la suma de todos los ácidos presentes, libres o combinados con cationes y se pueden determinar neutralizando el extracto obtenido después de pasar por una columna de intercambio catiónico y aunque desde un punto de vista fisiológico proporciona más información sobre el metabolismo del fruto, desde un punto de vista práctico interesa más la acidez titulable o acidez libre. La acidez titulable se mide neutralizando el extracto de una muestra determinada con una base fuerte. El pH va aumentando durante la neutralización, por lo que para obtener el punto final se utilizan indicadores que cambian o viren en su punto de equivalencia, pero en el caso de la pitaya no se usan dichos indicadores debido al color de la pulpa. La acidez titulable generalmente se expresa en base al ácido que se encuentra en mayor proporción, asumiendo que sólo éste se encuentra en el extracto. Las expresiones utilizadas son: Meq. del ácido /peso o volumen conocidos de muestra, % del ácido/100g ml de muestra, g de ácido/100 ml de muestra (Bósquez, 1992).

### **C. Agronómicos**

#### 1. Importancia del Pitayo

La utilización de recursos nativos por parte de los habitantes de la zona, es muy variada, sin embargo, el uso diferencial de los mismos permite establecer una escala de importancia por su valor alimenticio o económico. De las tres especies de cactáceas importantes en la región de la Mixteca se reconoce, como la principal por su uso, el pitayo (*Stenocereus griseus* (Haworth) Bauxbaum) debido a las

características de su fruto, éste se presenta en la parte alta del municipio de Chazumba, Oaxaca, aunado al aporte económico a la zona durante la época de cosecha. A pesar de que existen otras especies como *Escontria chiotilla* (Weber) que comúnmente se denomina como Jiotilla y finalmente el llamado Xoconostle dulce o Tunillo (*Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) la pitaya sigue siendo la más importante económicamente (Ceballos, 2003).

La superficie de plantaciones en pitaya es de 163.35 ha, de las cuales el 80.60% esta sembrado por Pitaya de Mayo y el resto por xoconostle, siendo más aceptada en el mercado la primera. Del total de las plantaciones establecidas en la zona el 54.53% se encuentran en desarrollo, mientras que el 45.47% ya se encuentra en producción. Para *Stenocereus griseus* se tienen en desarrollo 71.81 ha y 59.86 ha en producción resultando un total de 131. 67 ha. (Ceballos, 2003).

## 2. Cultivo del pitayo

La Pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) se puede manejar en forma cultivada o silvestre, pues la variación permite realizar selecciones para establecerse en forma más compacta y además mantenerse en forma natural como población silvestre, sin que tenga un impacto negativo en las poblaciones naturales o en la gente que se dedica a recolectarla.

## 3. Material vegetativo y establecimiento de nuevas plantas

Esta actividad empieza con la selección del material para plantar, se hace cortando los tallos secundarios o ramas de 3 años de edad de la planta madre, antes de que ésta inicie su floración; la edad de la planta madre es muy importante ya que se usan codos que ya están produciendo para que el tiempo improductivo se acorte.



El corte o adquisición se realiza en los meses de diciembre a febrero con 15 o 30 días anticipados a la plantación para permitir que cicatricen las heridas (Olvera, 2001; Ceballos, 2003). La reproducción vegetativa es la forma más común que se practica en la zona de producción aunque sabemos que trae consigo la herencia de todas las características de la planta madre.

#### 4. La plantación

Los productores efectúan la plantación después de la luna llena y posteriormente aplican abono orgánico (chivo, borrego o res) (Ceballos, 2003).

Se inicia con el desmonte del área destinado para tal propósito, actividad que se realiza entre los meses de septiembre a noviembre, misma que se realiza con la ayuda de diversas herramientas como machete y azadón.

Los productores tienen ciertos cuidados para el establecimiento de un nuevo huerto, como acomodar codos de acuerdo a la pendiente del terreno, impedir el paso del ganado para evitar que tiren los codos o los muevan.

#### 5. Requerimientos de la planta

El pitayo crece en condiciones de precipitación pluvial escasa, con áreas de clima seco y semiseco, con precipitaciones de 400 a 700 mm al año, con temperaturas altas en promedio anual de 28 a 29.5° C y sequías fuertes (Ceballos, 2003).

Este cultivo no requiere buenas condiciones de suelo; crecen y fructifican en laderas, cañadas, lomas y llanos sobre suelos muy delgados, pobres en su fertilidad, con muy poca materia orgánica u otras características adversas (Rebollar *et al*, 1997). En Oaxaca crecen en suelos alcalinos con alto contenido en sales (Arnaud y

Morán, 1995). La Mixteca Oaxaqueña es una región en la cual se ha desarrollado muy bien porque se reúnen las condiciones y se podría decir condiciones óptimas para su desarrollo.

#### 6. Labores culturales

En las labores culturales es donde se puede observar claramente el porqué el pitayo es conveniente para esta región. Las principales son tres: deshierbe, cepa y abono la primera en orden de importancia es el deshierbe que se hace para favorecer su manejo y algo de estética, este se realiza cada año o en ocasiones hasta dos veces por año.

#### 7. Plagas y enfermedades

Entre los factores que afectan a la producción del pitayo se encuentran algunos insectos y a pesar de que son pocos las enfermedades, hay algunos desordenes fisiológicos como la pudrición de puntas y el gorgojo. Las aves son también importantes en dañar los frutos al madurar. Estos atacan diferentes partes de la planta provocando serios daños si no se realiza un manejo adecuado y oportuno.

#### 8. Sistemas de producción

Los sistemas de producción de pitaya de manera general se agrupan en tres importantes categorías: pitayeras silvestres, huertos familiares y plantaciones. (Flores, 2002).

Las pitayeras silvestres por lo general son terrenos de agostadero con pastoreo de ganado, que pudieron ser anteriormente de cultivo, principalmente maíz, frijol o cacahuate de temporal, éste es el sistema más común de recolección. Los

huertos familiares son terrenos adyacentes a las casas habitación y donde se cultivan diversas plantas y vegetales entre ellos, frutales, ornamentales, medicinales, hortalizas, etc.

El último sistema y el más reciente es el de plantación, el cual se dio a partir de la década de 1980, en el que se seleccionan las mejores variedades (tipos) de los huertos familiares para plantarlas en las parcelas agrícolas. Algunos productores plantan en microcuencas para captar el agua de la lluvia, abonan y podan, aunque son pocos los que fertilizan aunque ocasionalmente se utiliza abono orgánico o combaten plagas y enfermedades. El riego en las plantaciones es casi inexistente (Flores, 2002).

#### 9. Proceso de producción

La producción del pitayo se realiza con bajo nivel tecnológico ya que influyen las condiciones del cultivo, el terreno, creencias y herencias de los padres y abuelos que iniciaron el cultivo en la región hace aproximadamente 30 o 40 años. En casi todo el cultivo se usa mano de obra familiar y solo se contrata y pide ayuda a los amigos cuando esta no es suficiente. Se da un esquema de ayuda mutua en plantación, deshierbe y cosecha. En cuanto a la producción y manejo del huerto casi no hay variantes, el proceso consiste en desmontado, corte de codos y plantación.

#### 10. Comercialización del fruto del Pitayo

La fruta se consume principalmente como fruta fresca preferentemente el mismo día que se cosecha, aunque se puede almacenar en la casa del colector por uno o dos días antes de ser empacadas en cajas de madera cubiertas con hierba para mantenerla fresca. El precio de venta en el mercado regional depende del

tamaño de la fruta, el periodo de producción y el lugar de venta, siendo en general más vendida en los mercados de Puebla: Tehuacan, Acatlán de Osorio, San Juan Ixcaquista, Tepejí de Rodríguez. En el Estado de Oaxaca el mercado regional más importante es Huajuapán de León.

Cuando los productores de la zona se organizan el precio de venta aumenta ya que evitan que los intermediarios (coyotes) acaparen el producto. La Unión de Ejidos y Comunidades "Dichi Cuaha", ha servido como motor para impulsar y favorecer a los productores logrando disminuir los gastos de insumos. El propósito principal de la unión es facilitar créditos para la obtención de una unidad de transporte para realizar la comercialización directa, así como apoyos en asesoría en mercadeo, empaque, contabilidad, créditos de palabra y convenios con medios de comunicación para promocionar la fruta.

La oferta real que se tiene para la pitaya de Mayo es de 1, 063.71 toneladas, mientras que la oferta potencial es de 2,339.77, esto se estima a partir de que se conoce la superficie en desarrollo y en producción número de plantas (Ceballos, 2003).

El sistema de producción de pitaya más generalizado en la región es el de "recolección" el cual consiste en la visita al huerto solo en la época de producción, sin darle la atención adecuada, ya que si se le diera dicho cuidado ésta sería más rentable. Sin embargo existen pocos productores que si atienden sus huertas y obtienen mayores producciones e ingresos (Olvera, 2001).

## **D. De la técnica de aclareo**

### 1. Concepto general de aclareo de frutos

El número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son polinizadas y se desarrollan en fruto. El crecimiento del fruto resulta principalmente de la importación de fotoasimilados de las hojas cuando se tienen y de la fuerza demandante, la cual se expresa como la habilidad de un órgano particular para acumular fotoasimilados y esta determinada por su tamaño y su actividad (Noguez, 1999).

El aclareo de frutos es una técnica que consiste en eliminar algunos frutos de la planta en un momento temprano de su desarrollo. Pretende regular el balance entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo, induciendo la reasignación de sustancias de reserva hacia los frutos que permanecen en la planta, incrementando la disponibilidad de agua y nutrientes para el fruto en desarrollo (Anderlini, 1976; Avilán *et al*, 1998) y se lleva a cabo cuando la planta ha alcanzado su madurez o está en el período de plena producción. Esta poda comprende varias acciones que pueden ser ejecutadas en forma simultánea o única, dependiendo de cada especie en particular y del sistema de plantación utilizado (Rao y Khader, 1980).

Cuando el aclareo tiene éxito los frutos que permanecen en la planta resultan en ocasiones de gran tamaño, más homogéneos entre si y se evita la “alternancia” es decir que algunos años la planta produzca demasiados frutos mientras que otros sean muy pobres en su producción.

El término aclareo también se aplica a la remoción de individuos de la misma especie o de otras en campos de cultivo o bosques con la finalidad de evitar la competencia e incrementar la tasa de crecimiento de los individuos seleccionados, así se habla de aclareo comercial o precomercial en tratamientos silvícola, poda de los organismos dominantes, etc.

El aclareo que se realiza dentro de un mismo organismo puede diferir en las estructuras que son removidas y en su finalidad. Así tenemos el aclareo de estructuras vegetativas; ramas, tallos y hojas, para favorecer un crecimiento determinado y evitar la competencia entre estas estructuras por ejemplo: de los tipos de aclareo descritos el más usado en la producción frutícola es el aclareo de frutos, en inglés (Fruit thinning).

## **E. Experiencias de aclareo de frutos**

### 1. Aclareo en no crasuláceas

En jitomate (*Lycopersicon esculentum*) se ha observado que un aumento en el número de flores iniciadas puede incrementar la competencia entre los futuros frutos de varias unidades creciendo simultáneamente y en consecuencia disminuir su tamaño (Ucan, 1999).

Se ha observado que en el jitomate el tamaño del fruto varía substancialmente entre diferentes cultivares e incluso entre frutos del mismo racimo. La diferencia puede ser atribuida al número y tamaño de las células del fruto. El número máximo de células en un fruto de jitomate se alcanza dentro de las primeras semanas

después de la antesis y esta determinado por el número inicial de células en el ovario antes de la antesis y la tasa de división celular en la primera semana después de ésta. El tamaño final de las células es afectado por el abastecimiento de asimilados durante la elongación celular. El potencial para el crecimiento del fruto puede ser afectado por la secuencia en la que los frutos se van desarrollando dentro del mismo racimo. Los frutos inducidos más temprano compiten más favorablemente por asimilados que los que se forman más tarde (Ho, 1977). Se plantea en (Noguez, 1999), que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo (distales) y más aún en los últimos racimos de las plantas.

En el ciruelo (*Prunus domestica L.*), se observa diferencia en cuanto a la producción después de 3 épocas diferentes de efectuar aclareo de frutos observando una temporada de floración alta y otra muy baja (Ucan, 1999).

Por otra parte, en manzano (*Malus domestica*), al realizársele raleo de frutos, se observaron diferencias en el contenido de SST, pero no en cuanto a firmeza.

## 2. Aclareo en cactáceas

A pesar de que el aclareo es una práctica mas o menos común en el manejo frutícola, sólo se ha aplicado en nopal tunero con el objetivo de obtener frutos de calidad en relación al tamaño, peso, calidad de la pulpa y la relación entre pulpa y semilla, (Gallegos, 1993).

En el nopal tunero *Opuntia (ficus-indica Mill.)* el aclareo de frutos consiste en dejar un determinado número de frutos por penca (6-10). Los resultados reportados

sobre esta práctica son variados, van desde la no obtención de diferencias, hasta el aumento del número de frutos por penca y el incremento del diámetro, tamaño y peso del fruto, pero dicho incremento trae consigo la disminución de la calidad y el número de frutos maduros (Gallegos, 1993).

Inglese *et al.* (1994)<sub>b</sub> encontró que la remoción de primordios de florales en *Opuntia ficus-indica* promueven la extensión de la época de fructificación ya que promueve un segundo periodo de floración y que el raleo de cladodios tiene efecto en la producción de frutos, ya que los cladodios jóvenes producen mayor cantidad de flores. En el caso de *Opuntia*, se practica la remoción de botones florales y de frutos inmaduros con la finalidad de garantizar un tamaño y peso mínimo de los frutos cosechados. Sin embargo esta técnica, implica el desperdicio de energía, pues el raleo se realiza cuando éstas estructuras ya pesan cerca del 30% y del tamaño cerca del 60% del fruto maduro.

Sin embargo Palacios y Barrientos (1970) no encontraron incremento de la calidad en los frutos de *Opuntia Ficus indica* tras el raleo (peso, azúcar).argumentando que si bien la poda es una práctica que mejora la producción en cuanto a cantidad y calidad del fruto, ésta no produce efectos favorables para todas las especies y variedades; además, el efecto varia cuando el aclareo se realiza en diferentes épocas.

### 3. Translocación de recursos en la planta

El aclareo tiene por objeto equilibrar el tamaño de los frutos. Esto se logra gracias al transporte de elementos nutritivos de una parte de la planta a otra



(translocación de elementos). Las estructuras reproductivas se tornan desde los inicios de su desarrollo en fuentes de demanda de nutrientes y agua. Esto se logra gracias a la diferencia de potencial hídrico que se genera por el incremento en la producción de materia orgánica y la afluencia de agua así como la transpiración producida en el fruto (Westwood, 1982).

Al ser retirados algunos de los frutos se suspende la diferencia de potencial hídrico en ese punto en particular, lo que permite que el agua y los fotosimilados (productos de la fotosíntesis) se distribuyan en los frutos o estructuras restantes, al disminuir el número de frutos demandando agua y recursos estos alcanzan un tamaño homogéneo mayor.

Dado que los fotoasimilados pueden convertirse en carbohidratos complejos y elementos estructurales como fibra o materia consumible, lo que redundará en una mayor cantidad de biomasa en el fruto. Los fotosintatos entran al floema desplazándose distancias relativamente largas a través de los tubos cribosos del floema. La fuerza de gravedad no controla el transporte en el floema; la relación de control reside en las posiciones relativas de fuente y demanda.

Típicamente las hojas, por su condición fotosintética, constituyen un órgano fuente u origen del material que se transporta; es un exportador neto de foto asimilados, aunque un órgano de almacenamiento (Como la raíz o el tallo) también puede ser una fuente (Taiz, 1991). En las cactáceas como en el pitayo, que carecen de hojas (ya que éstas se transformaron en espinas) y la clorofila esta en el tallo, los fotosintatos pasan de éste a los elementos demandantes como los frutos.

Sonnewald y Willmitzer (1992), postulan que la capacidad o fuerza de la fuente esta determinada por: la tasa de fotosíntesis, la tasa de síntesis de sacarosa, la tasa de traslocación del carbono y la partición de foto asimilados entre anabolismo y catabolismo.

Los órganos de la planta que presentan una mayor demanda de agua y nutrientes son las estructuras en crecimiento, yemas terminales o apicales ya que la reproducción celular resulta en la necesidad de nutrientes y elementos estructurales en ellos. Cualquier tejido en crecimiento, o con muy metabolismo activo puede ser destino de la savia como son flores, frutos en desarrollo y hojas jóvenes (Salisbury, 1994), es decir, los asimilados se desplazan de la fuente hacia esos órganos. Algunos órganos de reserva pueden ser también demandantes de fotoasimilados (raíces, bulbos etc.), pero en general las tasas de demanda son menores y están sujetas a las demandas de los órganos en crecimiento.

Una gran cantidad de frutos en desarrollo incrementa entonces el número de los órganos de demanda; si podemos considerar que la producción de fotoasimilados es constante la mayor cantidad de puntos de demanda generará cierta competencia por un suministro limitado de asimilados a la planta. (Marcelis y Koning, 1995).

Según Walker y Ho (1977), la fuerza de la demanda se puede equiparar con la tasa de importación de asimilados y se define como el producto de la actividad de la demanda por el tamaño de la demanda. A su vez la actividad de la demanda es definida como la tasa de acumulación de peso seco por unidad de peso del tejido demandante. De igual manera Sonnewald y Willmitzer (1992), reportan que los órganos que constituyen la fuente están relacionados con el floema y lo hace a

través de gradientes de concentración; esto es, trabajando por diferencias de potencial hídrico, desde las regiones de alta concentración de sacarosa (fuente) hasta las de menor concentración (demanda). En general mientras mayor es el gradiente de concentración mayor es el flujo de asimilados (cantidad traslocada por unidad de tiempo). El gradiente se puede producir por un aumento de la concentración en el órgano fuente, por una disminución de la concentración en el órgano demandante, o por una combinación de ambos.

Al reducir la competencia entre los elementos de demanda, eliminando selectivamente algunos de ellos podremos lograr que las fuentes remanentes mantengan un tamaño mas uniforme ya que las tasas de demanda no son infinitas sino que están determinadas por crecimiento de las estructuras adosadas a ellas como los frutos.

La importancia del análisis vegetal y el contenido de minerales en las cactáceas radica en saber en que parte de la planta hay acumulación de cada nutriente y que minerales se encuentran en mayor cantidad. El conocimiento del contenido nutrimental y su distribución en la planta nos puede ayudar a diseñar esquemas que colaboren al incrementar la productividad de la planta (Zecua, 2004).

Los contenidos nutrimentales observados en cactáceas muestran una marcada diferencia respecto a las otras especies. Las cactáceas tienen un alto contenido de Ca, Mg y un bajo contenido de N (Gibson y Nobel, 1986).

En cactáceas columnares no se encuentran reportados resultados de estudios de aclareo, esto quizá se deba a que la mayoría de los productos de este particular tipo de cactáceas ha sido de forma tradicional y no extensiva. El desarrollo de

técnicas y prácticas agrícolas en estas cactáceas se ha limitado al conocimiento empírico de los campesinos. Se puede considerar que el movimiento compensatorio de los nutrientes al retirar algunos frutos pudiera ser rápido en estas cactáceas dado que el principal órgano “fuente” es el tallo, el cual es recto y no presenta ramificaciones que puedan alterar las rutas de conducción. Por otro lado, el metabolismo CAM de las cactáceas y el lento crecimiento, producto de un metabolismo relativamente bajo, pueden resultar en que la redistribución de los recursos, una vez removidos algunos frutos, no sea lo suficientemente rápido y la translocación no se refleje en los frutos que ya hayan iniciado su desarrollo sino que esta se manifieste en momentos posteriores, es decir, que los fotosintatos no usados por aquellos frutos removidos no pasen directamente a otros frutos en desarrollo (como sucede en el jitomate) sino que sean enviados a los órganos de reserva y “redistribuidos” en épocas posteriores de alta demanda (Ucan, 1999).

Si la translocación de recursos tiene un efecto “inmediato” en la Pitaya de Mayo los frutos que permanezcan deberán incorporarlos en sus estructuras (como cáscara o pulpa), en forma de contenido citoplásmico e intersticial (jugo) o bien en elementos solubles como azúcares, los cuales se verán reflejados en los contenidos de acidez y °brix de la fruta. La redistribución de los recursos deberá redundar en la producción de frutos más homogéneos, lo cual es imperativo para transformar una agroindustria artesanal del pitayo en un sistema de explotación con lo que se producirán mayores ganancias económicas a los campesinos y disminuirá la necesidad de abrir nuevas tierras al cultivo tradicional del maíz.

## **F. Trabajos previos**

Dentro del personal académico de la Universidad Autónoma Metropolitana, existen grupos de trabajo que han abordado las diversas problemáticas en cuanto a la explotación racional y sustentable de recursos alternativos, dentro de estos grupos se inició con un proyecto que en principio se llamo “Uso integral de Recursos Alternativos en la Reserva de la Biosfera de Tehuacan Cuicatlán” y que ha ido evolucionando hasta fechas recientes, ahora lleva por nombre “Uso Integral de productos en la región de la Mixteca Oaxaqueña”

Estos grupos abarcan varios aspectos de la producción de la pitaya que van desde los aspectos de ecología básica como la biología floral, producción de frutos etc., hasta aspectos de fisiología poscosecha o la elaboración de productos procesados como jaleas, mermeladas etc.

## **IV. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo general**

- ◆ Determinar los niveles de pérdidas graduales de las estructuras reproductivas de la planta y los efectos en el corto plazo de dos intensidades de aclareo de frutos “pitayas” en poblaciones cultivadas de *Stenocereus griseus* en la región Mixteca Oaxaqueña, con el fin de encontrar estrategias que incrementen su productividad.

## 2. Objetivos particulares

- ◆ Estimar el éxito del desarrollo del fruto al pasar de flor a fruto maduro.
  
- ◆ Estimar el tiempo que transcurre desde la floración hasta la obtención de frutos maduros.
  
- ◆ Determinar si se presentan diferencias en las características morfológicas de los frutos producidos al aplicar diferentes tratamientos de aclareo de frutos en la primera etapa de desarrollo de las estructuras reproductoras.
  
- ◆ Determinar si existen cambios en la calidad de los frutos en respuesta a los tratamientos de aclareo.
  
- ◆ Comunicar los resultados obtenidos a la comunidad que hace uso de *Stenocereus griseus* en la Mixteca Oaxaqueña para implementar estrategias encaminadas al uso óptimo de este recurso.

## **V. METODO**

### **A. Descripción del sitio de estudio**

El municipio de Cosoltepec se encuentra en el distrito de Huajuapán de León, Oaxaca y está situado entre los paralelos 18 08´ 00” de latitud norte y 97 45´ 00” de longitud oeste del meridiano de origen. Tiene un régimen de tenencia de la tierra comunal, dista de la ciudad de Oaxaca de Juárez, capital del Estado, 262 Km. y del norte de la ciudad de Huajuapán de León, 62 Km. Colinda al norte con el pueblo de San José Chichihualtepec. Al sur con las comunidades de Santa Catalina Chinango y Tlutilán de Guadalcázar. Al Poniente, con las tierras comunales de Santo Domingo Tonahuixtla y el patrimonio rústico de la Villa de Petlalcingo del Estado de Puebla. Al Oriente con los poblados de Asunción Acaquzapán Al Noreste el Municipio de Santiago Chazumba (zona de influencia de cosechadores de Pitaya) y municipio del poblado de San Juan Joluxtla. Por carretera desde la ciudad de México se puede viajar hasta la carretera de Tehuacan, Puebla por la super carretera México Veracruz y luego se toma la carretera Cuacnopalan-Oaxaca. En Tehuacan vía la carretera federal No. 125 que une las ciudades de Tehuacan con Huajuapán de León, Oaxaca. Aproximadamente a la mitad (en el Km 63 partiendo de Tehuacan) se encuentra el pueblo de Santiago Chazumba de ahí hay que recorrer nueve Km. más sobre la mencionada carretera y doblar a la derecha en el Km 72, siete km de terracería llevarán a la comunidad de Santa María Acaquzapán y 3 km a la de San Juan Joluxtla.

La huerta en la que se realizó el experimento de aclareo el cual es el punto central de esta tesis. Pertenece a la comunidad de San Juan Joluxtla y se encuentra en línea recta, aproximadamente a dos mil quinientos metros al occidente del centro del pueblo al sitio de trabajo. La huerta se conoce localmente como el Rancho “El Pitayo” y propiedad de la familia Torres-Castro quienes se han interesado por mantener un nivel tecnológico importante y que amablemente cedieron parte de la producción de las temporadas 2003 y 2004 para conducir dichos experimentos. La huerta contiene plantas de aproximadamente 34 años de sembradas y abarca un área aproximada de diez hectáreas de terreno y esta compuesta por diversos lotes o parcelas en donde a través de los tiempos se han sembrado Pitayos y que han pasado de generación en generación dentro de las familias; en las parcelas mas antiguas se tienen muchas mezclas de los tipos o variedades de Pitaya que existen en la región; las parcelas más recientes se han ido seleccionando más minuciosamente en cuanto a los tipos o variedades<sup>1</sup> lo que ha evitado la mezcla y por lo tanto ha permitido un mejor manejo y control de las huertas. Es importante destacar que ésta es una huerta controlada y que en los últimos años ha tenido un manejo agronómico mayor que otras huertas de la zona; esto implica que ha habido poda de brazos, manejo agrícola, selección de tipos y otros procesos de cuidado, lo que garantiza la obtención de resultados más certeros y que no estén influenciados por diferencias en el manejo.

---

<sup>1</sup> Los campesinos hablan de variedades no con el criterio propiamente agronómico pero que son identificables sobre todo algunas de ellas, aunque la mayoría no están bien determinadas.



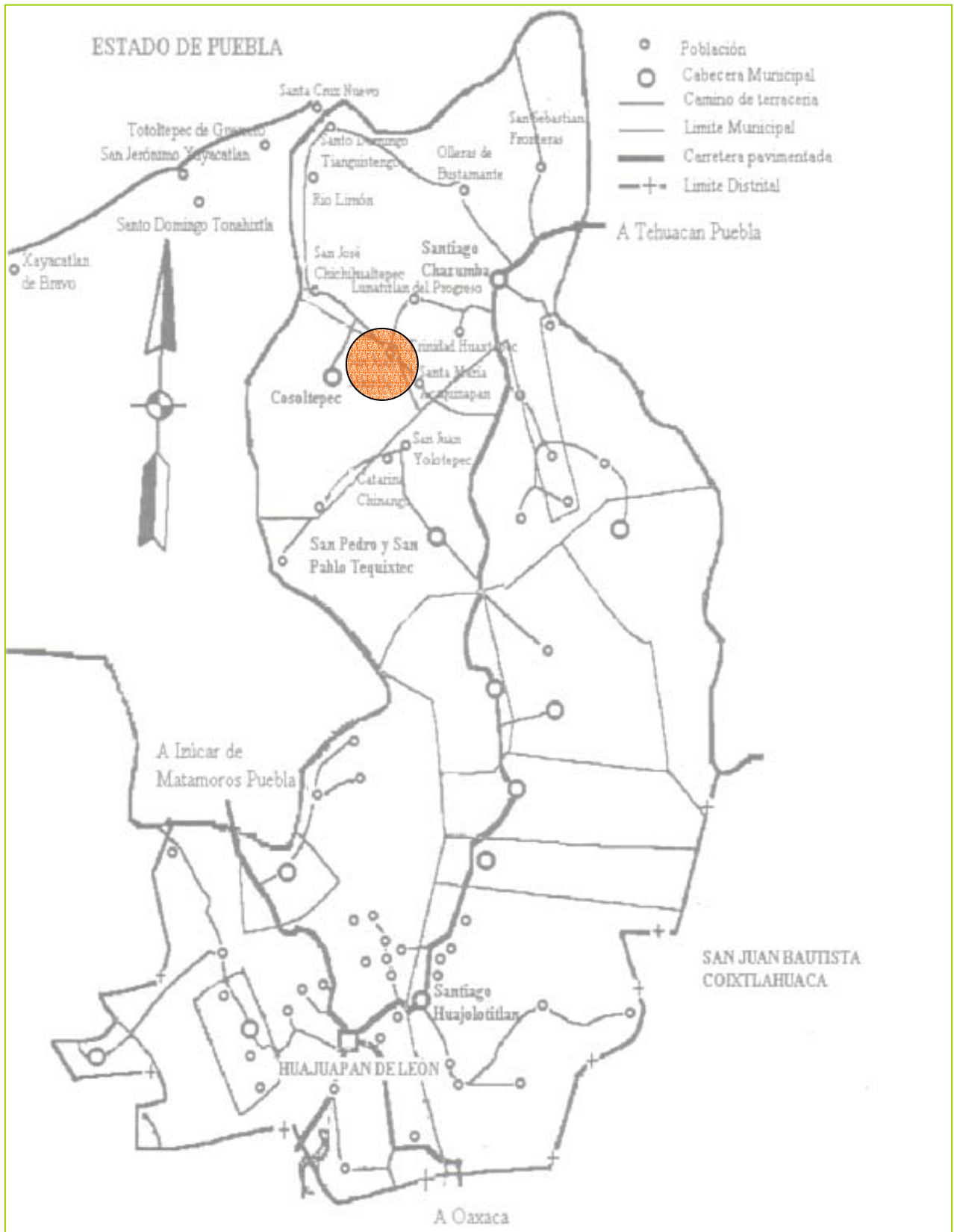


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio (Tomado de Ceballos, 2003).

Según registros del INEGI (2003) se tiene un promedio de precipitación total anual registrado en el observatorio meteorológico de Huajuapán de León de 680.0 mm, teniendo 427.7 mm para el año más seco y 974.8 para el año más lluvioso, desde 1980 hasta el año 2000. De igual manera se tienen los datos de la temperatura media anual (grados centígrados) desde 1987 hasta el 2001 con una temperatura media anual de 19.8°C registrándose la temperatura del año más frío con 17.9 °C y la del año más caluroso con 23.2°C (Gómez, 2003).

En el distrito se encuentran tres tipos de suelo, el cambisol cálcico que se presentan en la mayoría de los municipios, son suelos sometidos a un proceso de intemperización, lo que les da mayor o menor oxidación y por ende diferentes colores, estructura y consistencia. El suelo dominante son las rendzinas, con una profundidad media de 25 a 50 cm, con textura arcillo arenosa y arcillosa, estructura granular y blocosa subangular, color castaño oscuro a negro, pH neutro con abundante materia orgánica, drenaje superficial moderadamente lento. Tiene un tipo de erosión; eólica, hídrica y física. En Cosoltepec se encuentran rocas pertenecientes al precámbrico con rocas metamórficas en un porcentaje de 25.49 y en Santiago Chazumba se encuentran rocas referentes al cretácico destacando rocas sedimentarias en una superficie estatal del 13.48 % (Gómez, 2003). El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, su fórmula climática según García (1983) es A (C) W, (w).

Su vegetación natural es de matorral espinoso subinermes (Rzedowski 1978), selva baja caducifolia o bosque. En el cultivo de maíz, cuando se encuentra en llanos o lomas suaves, da rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos o moderados y con gran

peligro de erosión en las laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presentan.

## **B. Actividades de campo**

### 1. Desarrollo del fruto

Se marcaron un total de 40 primordios florales de aproximadamente 1cm de longitud a los cuales se midió su crecimiento diario haciendo registro de su estado fenológico cada 24 horas. Para determinar la probabilidad de paso de una etapa a la siguiente y la duración en días, así como el porcentaje de mortandad. Se determinaron los estadios de desarrollo del fruto Primordio, botón, flor, fruto inmaduro y fruto maduro (Ver descripción en resultados).

### 2. Diseño experimental de aclareo de frutos

Debido a la gran variación y complejidad que presentan las plantas de pitaya y a la falta de homogeneidad del fruto, éste trabajo se aproximó a un proceso experimental que nos permitió controlar tanto el número de frutos como otras variaciones que puedan interferir en los resultados.

Para poder comprobar la eficiencia del aclareo como una práctica de cultivo para *S. griseus* se diseñó y aplicó un par de experimentos simultáneos en uno de ellos se usó como unidad experimental a los brazos y en el otro a la planta.

Entonces, los experimentos consistieron en retirar un porcentaje determinado de los frutos que se produjeron en una planta o brazo lo mas pronto posible después de la fecundación.

Se seleccionaron únicamente plantas que produjeron frutos del tipo llamado Roja o Endollo). Las 24 plantas seleccionadas aleatoriamente en la parcela tienen la misma edad y se encuentran en plena producción y son consideradas plantas sanas (sin daño físico por animales o patógenos) y con una altura máxima superior a dos metros e inferior a 6 metros y se consideró que no tuvieran influencia evidente de otra planta por la cercanía, es decir, que por lo menos tengan un metro de espacio y desde luego considerando que no afecte la tasa de generación de brazos ni el número de brazos, esto no sucede, debido a que éstos tardan en crecer y desarrollarse periodos muy largos, mayores a dos años, que es el tiempo aproximado que se tiene pensado para dicho experimento.

Estas plantas se revisaron al inicio de la época de fructificación en el mes de abril, se marcaron brazos en buen estado, esto es que no presentaban daños visibles, solo se tomaron brazos con una altura mínima de 1.5 metros, ya que según observaciones de los productores, los brazos que tienen una altura menor a un metro no son muy productivos o producen frutos de menor calidad (Torres Com. Per.).

Los brazos dentro una misma planta, se marcaron siempre en dirección contraria a las manecillas del reloj empezando por la primer letra del alfabeto cuando los brazos eran primarios (que partan desde la base), Si eran brazos secundarios (que nacen de un brazo primario arriba de la base) se marcaron con números romanos iniciando en cada brazo primario y también en contra de las manecillas del reloj. Así cada brazo fue etiquetado con su respectiva clave ej. All, BIII, etc. Se procedió entonces a asignar el tratamiento a cada brazo

diferenciando los tratamientos aplicados con un color diferente con el que se marcaron algunas areolas de cada brazo para su reconocimiento.

Se retiraron los frutos más pequeños en estado inmaduro de las plantas de acuerdo a los siguientes criterios: Tamaño de los frutos (menor a 5 cm.), color verde muy intenso, gran número de espinas y densas, frutos muy juntos (en areolas vecinas). A partir de las consideraciones anteriores se visitaron las plantas al menos dos veces por semana retirando los frutos nuevos que cubrían los criterios establecidos para el aclareo.

#### **a) Experimento 1**

En la temporada anterior al 2004, se probó un modelo experimental, el cual sirvió como herramienta para determinar la unidad experimental ya que se observó que no existen cambios a nivel de costillas dado que como se mencionó anteriormente, las areolas se encuentran a lo largo de las costillas y las que producen flores y frutos están en la punta (Obs. per.). Para el 2004 se decidió cambiar de unidad experimental de costillas a brazos, considerando que podría haber translocación entre las primeras más fácilmente que de un brazo al otro, haciendo de estos últimos verdaderas unidades independientes, que es lo que se desea al establecer la unidad experimental. Lo anterior se apoyo en la literatura ya que, se ha observado en cactáceas que se tiene una distribución de nutrientes diferente a nivel de brazos que a nivel de costillas. Se aplicó un experimento del tipo bloques al azar, con tres tratamientos y con una o dos repeticiones completas por bloque o planta con el fin de determinar los efectos de la remoción selectiva de frutos (aclareo). Los tratamientos se compararon dentro de una misma planta aplicándolos a brazos semejantes (Kuehl, 2001).

En el experimento I se tomó como unidad experimental el brazo de la pitaya y en cada planta se aplicaron todos los tratamientos descritos mas adelante de acuerdo a la terminología propuesta por Kuehl (2001) en el que la planta conforma un bloque por lo que el diseño quedo definido como un diseño en “Bloques al azar” en el que se utilizó el siguiente modelo:

$$X = \mu + P_i + T_j + \beta LB_{ijk(i)} + \epsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 15$ ; identifica a la planta  $i$ .

$K(i) = 1$  identifica a la repetición completa de los tratamientos dentro de la planta.

En las plantas= 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14; hay tres repeticiones.

En las plantas 1, 10, 15 hay dos repeticiones.



Además:

$X$ = Variables respuesta

$\mu$  = media general de la población

$P_i$ = Efecto de Planta (bloque)  $i$

$T_j$ = Efecto de Tratamiento

$\beta$  = Coeficiente de la variable LB

Unidad experimental LB= longitud del brazo

= Brazo

Debido a que las plantas presentan diferente número de brazos se hizo un diseño de “Bloques Completos” en el que se usaron algunos brazos de la planta, lo cual ocasionó que en las plantas hubiera un número diferente de repeticiones por tratamiento. La asignación de tratamientos en los brazos de cada planta se hizo aleatoriamente.

## b) Experimento 2

Se aproximó a un segundo experimento en donde se usó a la planta como unidad experimental y toda la planta recibió un mismo tratamiento para controlar la posible variación por planta. Se marcaron 9 plantas únicas, se usaron tres plantas para cada tratamiento por facilidad de trabajo y para poder comparar con el experimento I, se hicieron mediciones por brazo, se marcó un número variable de brazos por planta desde 3 brazos hasta 12. Se usó el error dentro de planta para las comparaciones entre tratamientos.

Estadísticamente se aplicó el experimento "Completamente al azar" para el análisis (Kuehl, 2001). Con el siguiente modelo:

$$X_{ij} = \mu + T_j + \beta_1 NB_{ij} + \beta_2 LTB_{ij} + \epsilon_{ij}$$



Unidad experimental  
= Planta

$i = 1, 2, 3$ ; identifica a la repetición

Para  $j = 1, 2, 3$ ; identifica al tratamiento.

Además:

$X$ =Variables respuesta

$\mu$ = media general

$T_j$ = Efecto de Tratamiento

$\beta_1$ = Coeficiente de la variable NB

$NB_i$ = Número de Brazos en la planta

$\beta_2$  = Coeficiente de la variable LTB

$LTB_i$ =Longitud total de brazo en la planta

Los frutos que permanecieron en la planta en ambos experimentos fueron marcados y seguidos durante su desarrollo, Los frutos fueron cortados a pie de huerta, cuando se consideraron maduros. La determinación de madurez se hizo consultando a los campesinos (principalmente a las mujeres quienes son las que normalmente cosechan los frutos) de forma tal que la madurez sea la equivalente a la que se tiene en los frutos comerciales.

Una vez cosechados los frutos fueron pesados, medidos y transportados al laboratorio de Fisiología Poscosecha en la Universidad Autónoma Metropolitana en donde se hicieron las siguientes determinaciones. Los frutos cosechados en la huerta se transportaron a la ciudad de México en vehículos no acondicionados es decir, vehículos estándar a temperatura ambiente. El recorrido consistió en una distancia de aproximadamente 7km de terracería que provoca una vibración moderada seguida de 200 km de carretera pavimentada que se cubren en un promedio de seis a siete horas. Los frutos se colocaron en hieleras aisladas sobre todo para evitar el sobrecalentamiento de los mismos, la temperatura promedio en el interior de las hieleras era alrededor de 20°C, siendo estas mismas temperaturas en que se transportaría los frutos por los mismos campesinos para su venta, de tal manera que en los resultados que se obtienen de los análisis se registró un porcentaje de pérdida de agua que se calculó con la diferencia de peso entre las mediciones hechas a pie de huerta y las mediciones hechas en el laboratorio (UAM-IZT).

Dado que el tipo de transporte fue uniforme no se puede considerar como un factor de confusión para los resultados. Una vez llegando a México los frutos fueron puestos en un lugar fresco dentro de una cámara de refrigeración con una



temperatura alrededor de los 10°C las cuales nunca rebasaron los ocho días para su procesamiento.

### **C. Actividades de laboratorio**

Se obtuvieron los parámetros externos de cada uno de los frutos en el laboratorio de fisiología poscosecha de frutos S 146 el cual fue facilitado por la M. en C. Lourdes Yáñez López al igual que parte del material utilizado en el procesamiento. Estos parámetros son: Peso promedio (gramos); diámetro polar (mm) y diámetro ecuatorial (mm). El peso fresco de los frutos se obtuvo con la ayuda de una balanza OHAUS 4100 g y para las medidas de diámetro se utilizó un vernier PRETUL 150 mm. Se pesaron y midieron nuevamente a la llegada al laboratorio (UAM-IZT) para obtener la diferencia de peso (a pie de huerta y en laboratorio).

#### 1. Evaluación de los parámetros de calidad de los frutos

Se extrajo el jugo de los frutos, el cual se usó para la determinación de los parámetros de calidad como el pH y la medición de los sólidos solubles totales y la Acidez titulable. Para medir el pH se utilizaron de una a dos gotas del jugo extraído de cada muestra y con la ayuda de un refractómetro, el cual se calibró con buffer a 7.0. Dado que el jugo de la Pitaya es de color Rojo no se pudo usar la fenoftaleína como indicador del viraje del pH sino que se consideró que se había alcanzado la neutralidad cuando el potenciómetro detectaba 7.4.

Otra parte del jugo extraído se usó para determinar la llamada Acidez titulable, colocando las muestras por separado en matraces Erlenmeyer de 250 ml, se distribuyó en dos o tres partes iguales el jugo y se colocó en diferentes vasos de precipitados 100 ml o más según la cantidad de jugo obtenido y se midió

el pH, posteriormente se aforó con agua destilada al doble según sean los mililitros extraídos de jugo. La acidez titulable se determinó por la titulación de un volumen (jugo de los frutos) con 0.1 N de NaOH (hidróxido de sodio) que se añade al jugo hasta un pH igual a 8.25. Los mililitros de NaOH gastados fueron utilizados para calcular la acidez titulable, la cual se calculó como:

$$AT = (\text{ml NaOH}) N (\text{NaOH}) (\text{Meq. del ácido factor}) (100) / \text{vol muestra}$$

## VI. RESULTADOS

### 1. Etapas de desarrollo del fruto de *S. griseus*

Las categorías que se muestran a continuación se han diferenciado a partir de observación durante todo el periodo de floración y fructificación de la planta de Pitaya *S. griseus* a partir de Abril hasta el mes de junio.

**Primordio:** se denomina así al primer estado de desarrollo en el cual la areola germinal (o fértil) se ve ligeramente abultada, normalmente de forma redondeada y habitualmente de color rojo.



**Botón:** Conforme la areola germinal se va elongando pierde su forma redondeada, excepto en la punta, conformando una estructura de color rojizo en su parte distal (que corresponde a donde se abrirá el cáliz) y un pedúnculo que puede alcanzar hasta unos 12 cm.



**Flor:** cuando el botón alcanza su máximo desarrollo el perianto empieza a abrir, haciendo que los pétalos se separen. Esta apertura se da normalmente en la tarde-noche ya que la pitaya es polinizada por murciélagos (*Armella com. per.*). La noche en la que se inicia la antésis es fácil detectar que se abre un pequeño hoyo en el centro del extremo redondeado del botón. La flor permanece abierta un máximo de 48 horas. Si esta es fecundada entonces empieza el desarrollo del fruto, la flor envejece y se marchita y permanece en el extremo de éste aunque frecuentemente se cae durante su desarrollo.



**Fruto Inmaduro:** al inicio de su desarrollo el fruto suele tener una forma ahusada de color verde brillante, las areolas de las espinas se encuentran muy cercanas lo que hace que den la apariencia de estar muy densamente agrupadas en el fruto. Las espinas radiales de las areolas son cortas y compactas en este estado por lo que dan la apariencia de ser muchas más.



**Fruto maduro:** es cuando alcanza una forma casi redonda, el tipo estudiado cambia la coloración de la cáscara a roja y poco a poco pierde la brillantez. Las areolas alcanzan la densidad y distribución característica del tipo roja.



## 2. Éxito en el proceso del desarrollo del fruto al pasar de flor a fruto maduro y las etapas intermedias.

Se observó que los primordios florales crecen en promedio 0.5 cm. por día, pasando a la etapa de flor a los siete días. El perianto tarda en caer o secarse 3 días (paso de flor a fruto) hasta llegar a fruto. El botón comenzó a abrir después de que el sol se ha ocultado, cuando la temperatura ha bajado. La flor permaneció abierta toda la noche registrando como principales visitantes: hormigas, escarabajos y murciélagos; y comienzan a cerrar al medio día cuando la temperatura alcanza su máximo, a las 16:00 hrs. todas ellas han cerrado por completo el perianto. En el día los principales visitantes observados fueron:

hormigas, avispas, escarabajos, abejas y colibríes. La figura 2 muestra la probabilidad de elementos que pasaron de un estadio al siguiente. En el paso de flor a fruto se observa la etapa más vulnerable a la aborción que es en flor en la cual, se da una abundante caída de estructuras, por lo que se sugiere que, de manera natural se produce un “autoaclareo” por parte de la planta.

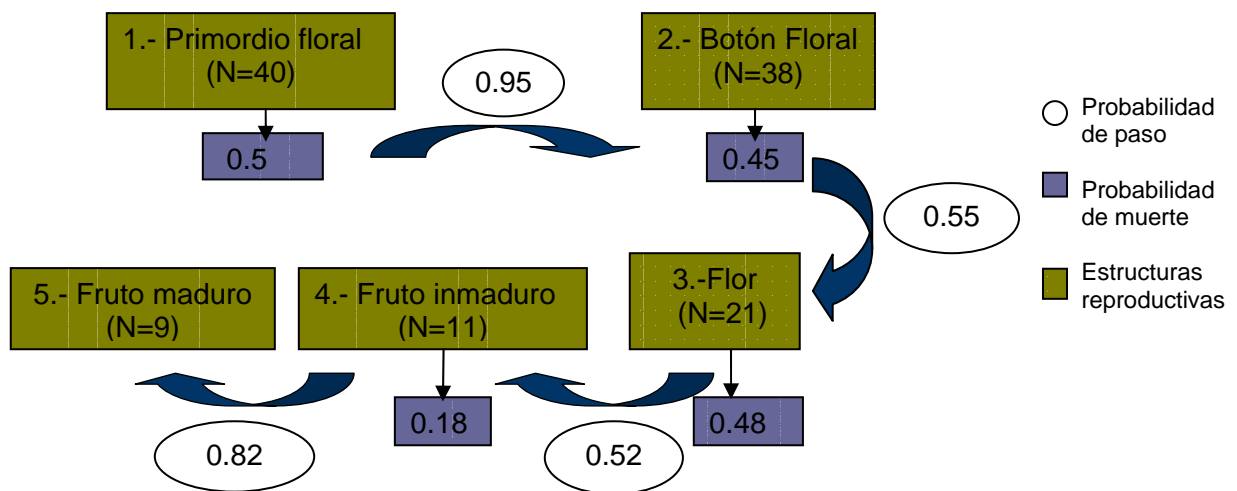


Figura 2. Éxito reproductivo de *S. griseus*

En las primeras etapas, prácticamente todas las yemas que iniciaron su desarrollo (95%) alcanzaron el estadio de Botón, pero sólo el 55.2 % de botones alcanzaron el estado de flor y 52.3 % de estas flores llegaron a fruto inmaduro. (Figura 3). Mientras que una vez que se ha producido el fruto inmaduro este permanece hasta la etapa de madurez en un 47.7%.

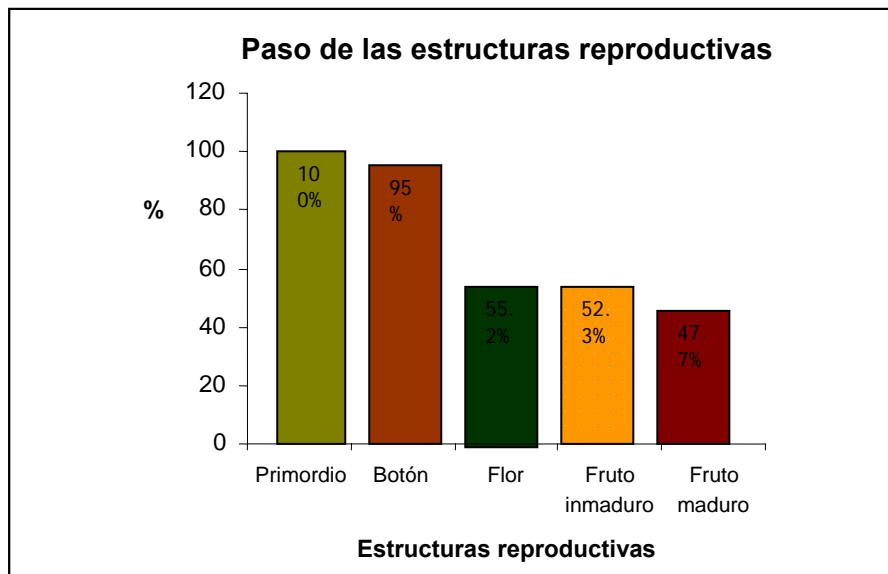
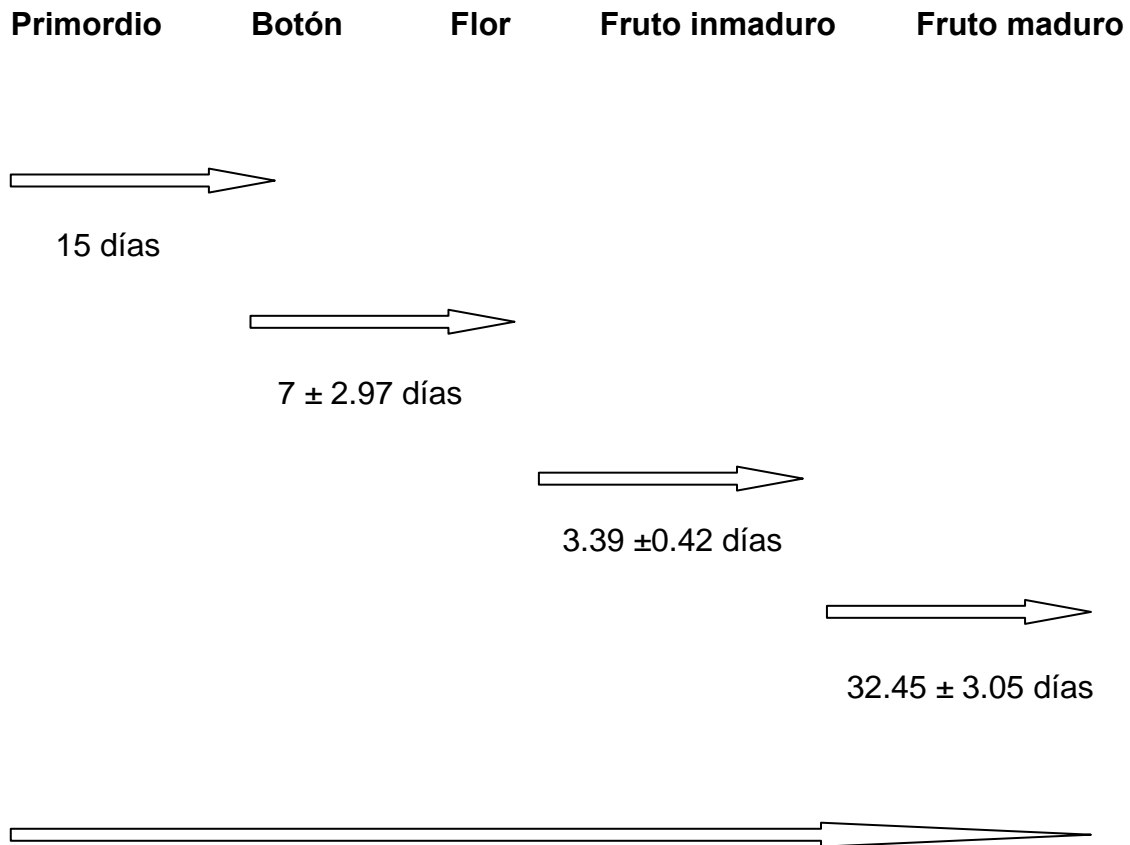


Figura 3. Paso de las estructuras reproductivas desde primordio hasta fruto maduro.

### 3. Desarrollo de las estructuras reproductivas de *S. griseus* en el tiempo.

El tiempo total de desarrollo de las estructuras reproductivas de *S. griseus* fue de aproximadamente 60 días de los cuales, la planta se toma 15 días desde el inicio del crecimiento de la yema floral hasta que se puede definir el estadio de botón, una vez alcanzado éste se requiere de 7 días más para que madure la flor y si ésta no se aborta, llegará a la etapa de fruto inmaduro característico, el cual será fácilmente detectable en 4 días más que es lo que tarda en secarse el perianto, permaneciendo como tal aproximadamente 32 días. El promedio y el error estándar del tiempo que transcurre en días desde la aparición del botón floral hasta la obtención de frutos maduros se muestra en el siguiente esquema (Figura 4):



Solo el 11.3% de los frutos producidos llega hasta fruto maduro

Figura 4. Promedio y % final de paso desde primordio hasta fruto maduro (días).

La producción de estructuras reproductivas en las plantas de los tratamientos experimentales fue homogénea y similar a la de la huerta en su conjunto en la figura 5 aparece los números de estas estructuras en las plantas asignadas a cada uno de los tratamientos de aclareo y éstos no difieren de lo reportado por (Armella *et al* ,2002) lo cual permite asegurar que las plantas no



sufrieron cambios en su capacidad de producir estructuras reproductivas por los tratamientos.

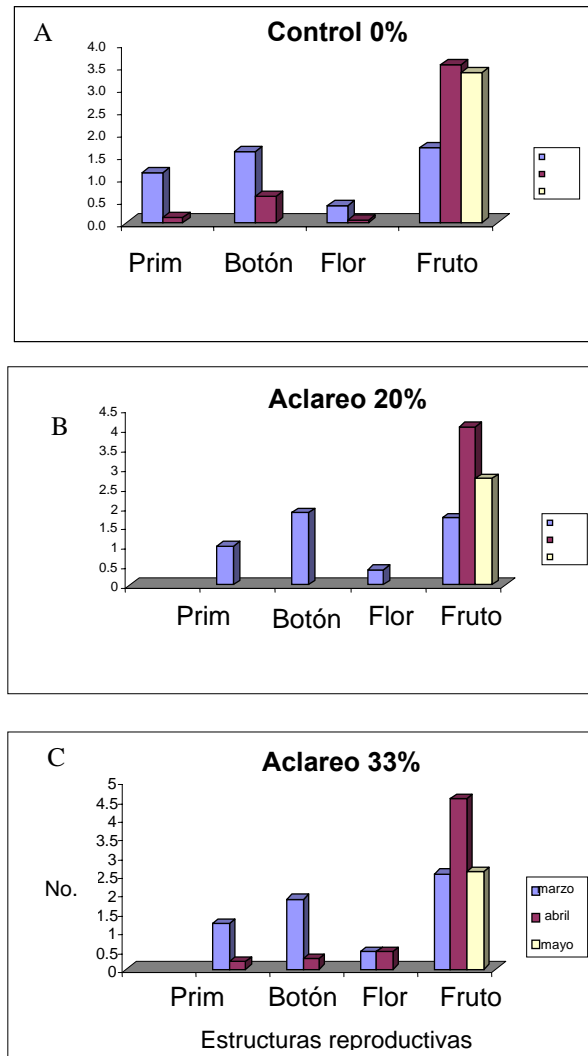


Figura 5. Total de estructuras reproductivas por mes en cada tratamiento en los pitayos experimentales.

#### 4. Efecto del aclareo en el tamaño del fruto

Si la translocación de elementos por los tratamientos se da principalmente por el acarreo de agua, sería de esperar que los frutos provenientes de plantas

con mayores niveles de aclareo tuvieran mayor cantidad de agua en las células y los espacios intersticiales lo cual se traduciría en frutos de mayor tamaño.

### a) Diámetros

El diámetro polar del fruto, para el experimento I (Fig. 6) muestra que a pesar de que no hubo diferencias significativas entre los frutos provenientes de cada tratamiento, con valores de diámetro polar  $80.10 \pm 2.58$  mm para el control,  $79.97 \pm 2.47$  mm para el 20% de aclareo y finalmente el  $77.91, \pm 2.29$  mm que corresponde al 33% de aclareo, se observa el valor más alto para el control, no hay diferencias en tratamientos para el diámetro polar ( $F=0.18$  ;  $P=0.833461$ ). A pesar de ello la dispersión de los datos si fue mayor en el tratamiento de 33%.

De igual manera para el experimento II no existió diferencia significativa entre tratamientos en el diámetro polar con un promedio de  $83.05059 \pm 2.37$  mm para el tratamiento testigo (sin aclareo); de  $70.05 \pm 2.37$  mm para el 20% y por ultimo el  $75.16 \pm 2.37$  mm que corresponde al 33% de aclareo, esto se demuestra con una ( $F= 0.92$ ;  $P=0.408901$ ). La mayor dispersión de los datos aparece nuevamente en el tratamiento de 33%, a pesar de esto no se rechaza la prueba de igualdad de varianzas de Levene con un valor de T de  $0.371082$  (Figura 6).

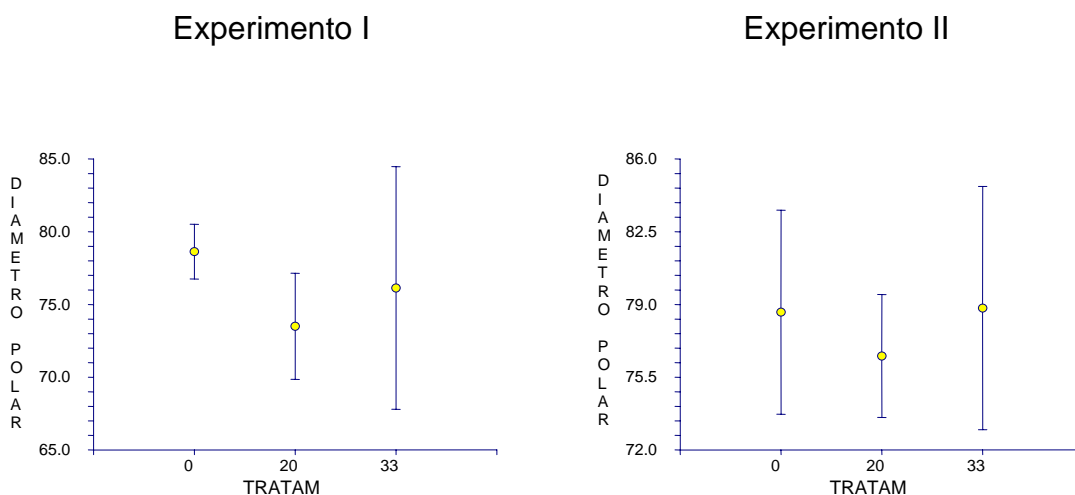


Figura 6. Diámetro polar promedio de los frutos para el experimento I y II.

En cuanto al diámetro ecuatorial del experimento I y II se observa en la Figura 7 que no existe diferencia significativa ( $F=1.56$ ;  $P=0.239450$ ) entre tratamientos. Con una media desde 61.99 para el 20%; 65.76 para el control y finalmente 66.27 para el 33% de aclareo. Para el experimento II se observa la media más alta para el control valor de 65.76 mm y con valores por debajo de 63 mm para los dos tratamientos restantes.

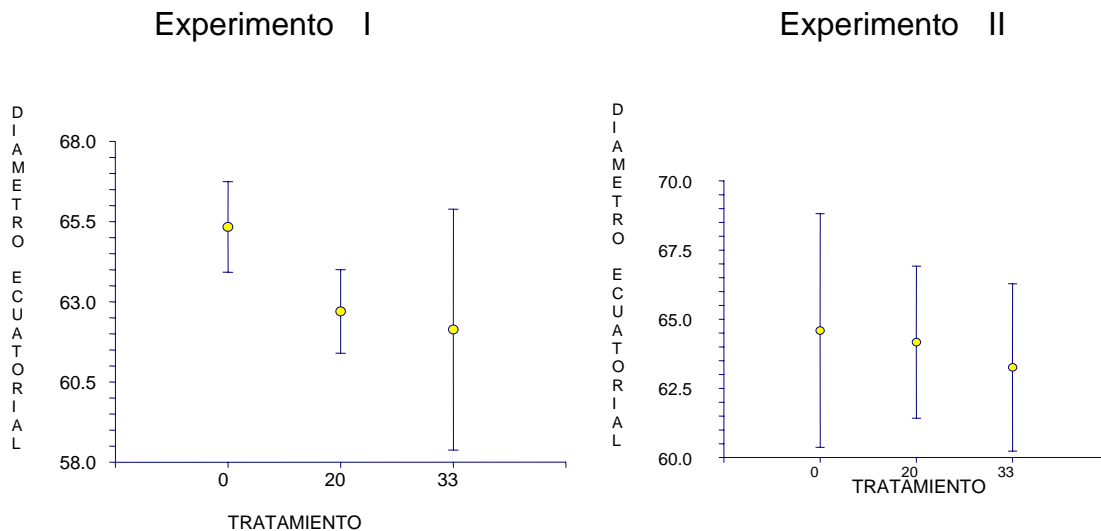


Figura 7. Diámetro ecuatorial promedio del experimento I y II.

### 1. Variables físicas y químicas de la calidad de fruto

Los frutos de los pitayos marcados fueron colectados en un periodo de 36 días, contados a partir de que maduró el primer fruto cultivado y al término de la cosecha.

En este tiempo se colectaron un total de 262 frutos maduros que resultaron ser los que permanecieron. Si se registraron pérdidas de los frutos que no

permanecieron en las plantas experimentales la mayoría de las ocasiones fue daño por aves y caída de frutos.

A continuación se presentan los resultados analizados por variables de aquellos frutos que permanecieron en la planta y que fueron llevados al laboratorio.

**a) Peso**

El peso promedio por fruto, de los frutos cosechados al final de los experimentos, para el experimento I fue de 165.75 g; el promedio de peso mas bajo fue del tratamiento 33% de aclareo, 156.91 g; en el control fue de  $163.4084 \pm 9.02$  g y para el 20% de aclareo de  $176.94 \pm 8.64$  g, observando una diferencia no significativa entre tratamientos (figura 8). Si bien la diferencia en el promedio no resulto significativa ( $F=1.11$ ;  $P=0.351974$ ) se puede apreciar que aquellos frutos provenientes del 20% de aclareo fueron ligeramente mas grandes. En la figura 8 se puede apreciar que la dispersión de los frutos es más grande en el tratamiento de 33% de aclareo mientras que resulta menor en el control.

En el experimento II el peso promedio se encuentra dentro del rango reportado por Cruz, (1985) y por Llamas, (1984) cuyos valores van desde  $150.29 \pm 10.03$  para 20% de aclareo;  $138.54 \pm 10.03$  g para 33% de aclareo, hasta  $176.24 \pm 10.03$  para el control. Sin embargo, no se pudo apreciar lo mismo que en el experimento I ( $F=0.88$ ;  $P=0.499173$ ) debido a que los pesos por fruto fueron mayores en el control y la menor dispersión se pudo apreciar en el tratamiento de 20 % de aclareo de frutos (figura 8).

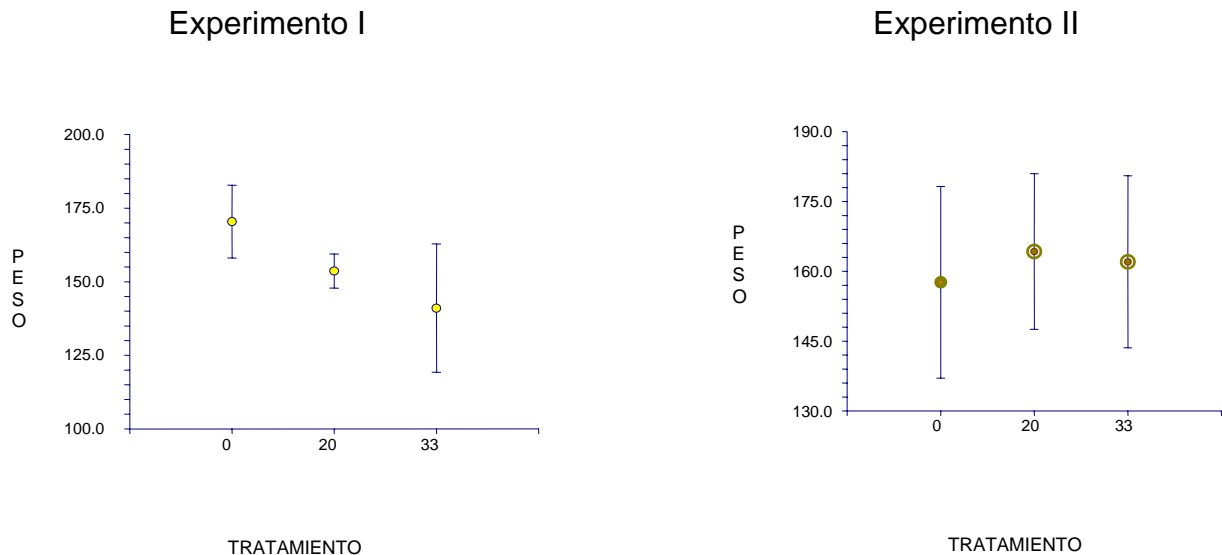


Figura 8. Peso fresco promedio por fruto para el experimento I y II.

### b) pH

En el pH no se encontró diferencia significativa en ambos experimentos. Las medias del experimento I van desde 4.738 para 33%; 4.879 para el control y 4.921 para el 20%, observando para el control que el pH tiene el valor más alto. Para el experimento II el promedio de pH para todos los tratamientos es 4.9, a pesar de esto, es clara la tendencia que aquellos frutos provenientes del control tuvieron un valor promedio mucho menor que los dos tratamientos aún cuando esa diferencia no fuera estadísticamente significativa ( $F=2.50$ ;  $P= 0.151173$ ), observando el pH más bajo para el control con un valor de 4.67; para 20% 5.21 y 5.03 para 33%, no existiendo diferencia significativa, pero mostrando una tendencia hacia el aumento de pH en los frutos que se aplicó aclareo. Se rechaza

la prueba de igualdad de varianzas de Levene con un valor de 0.040616 (Figura 9).

En el primer experimento la mayor dispersión de datos se encontró en el tratamiento control y para el segundo experimento en el tratamiento de 33 %.

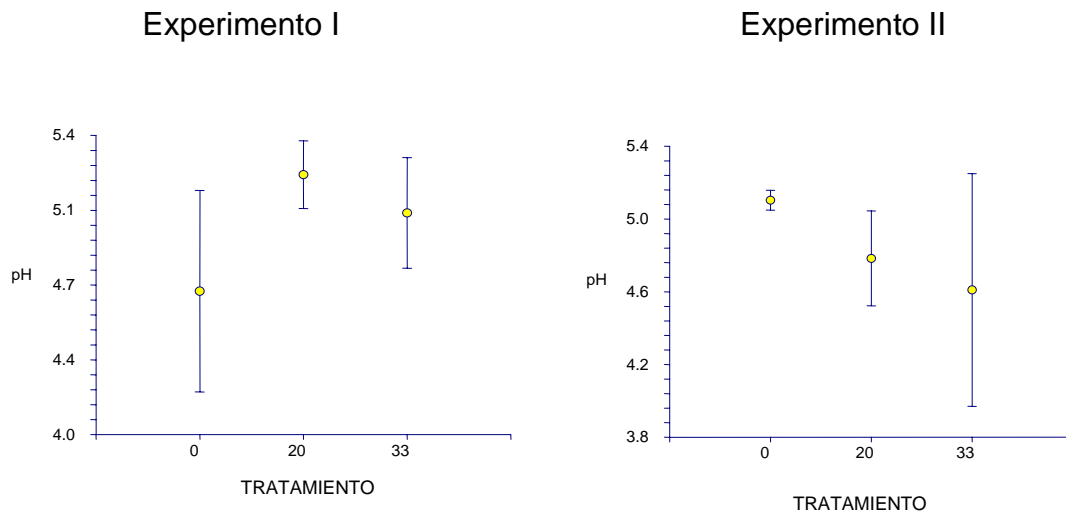


Figura 9. pH promedio para el experimento I y II

### c) °Brix

En el experimento I para los sólidos solubles expresados en °Brix no se encuentran diferencias significativas en los tratamientos ( $F=2.99$ ;  $P= 0.139855$ ), no se rechaza la prueba de igualdad de varianzas de Levene, siendo mucho menor la varianza del tratamiento testigo.

En la figura 9 se observa el valor menor de °Brix para el control (10.71%), encontrando que en el resto de los tratamientos tiende al aumento de dichos valores, particularmente en el tratamiento (20% aclareo) con un valor de 12.61.

En el experimento II para los sólidos solubles expresados en °Brix se rechaza la prueba de igualdad de varianzas de Levene con una ( $F=2.02$ ;  $P=0.05$ ) siendo mucho mayor la varianza del tratamiento con el 33% de corte y no se tienen diferencias significativas para los tratamientos.

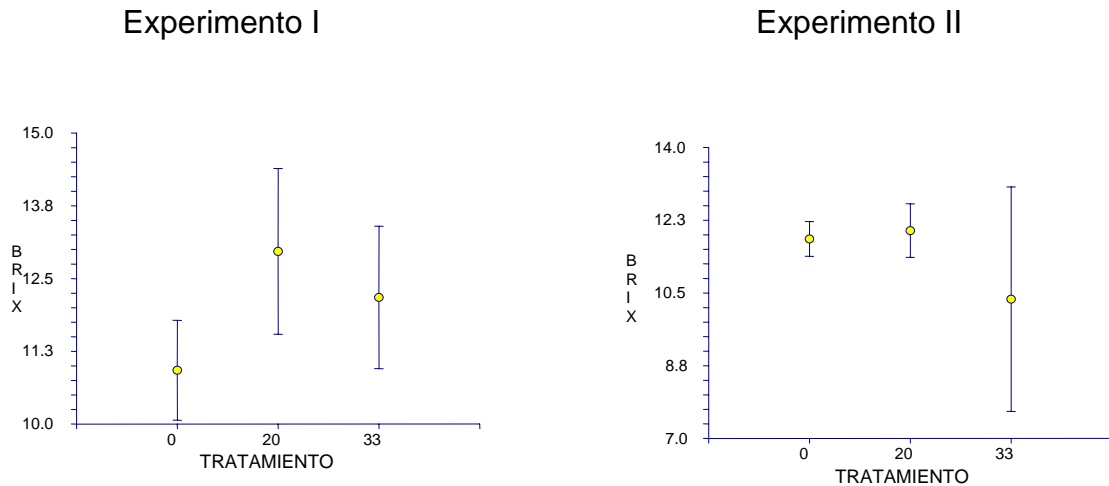


Figura 10. °Brix promedio para el experimento I y II.

#### d) Acidez Titulable

No hay diferencias significativas para acidez titulable en cuanto a tratamientos ( $F= 1.71$ ;  $P=0.249293$ ).

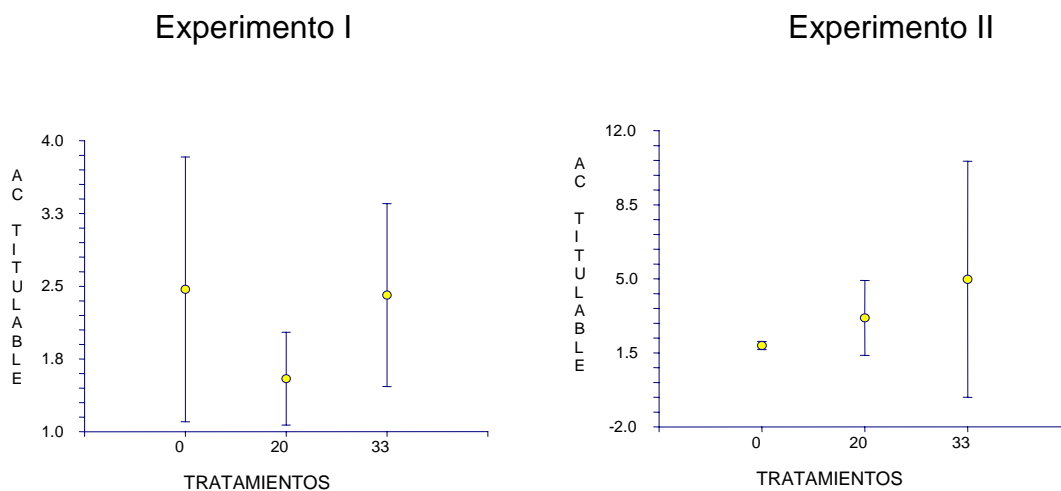


Figura 11. Acidez titulable promedio para el experimento I y II.

**e) Firmeza**

Este parámetro de calidad pudo haber reflejado cambios significativos si la distribución de los recursos se hizo diferencialmente hacia los elementos de la cáscara. Tanto para firmeza polar como para firmeza ecuatorial en mm no hay diferencias significativas en cuanto a tratamientos como se demuestra en la figura 12.

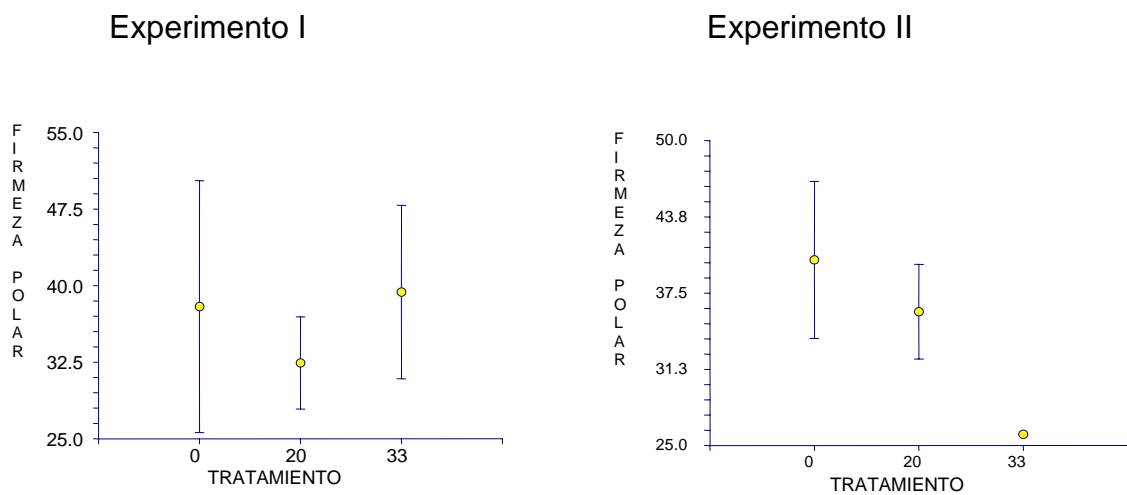


Figura 12. Gráficas de Firmeza polar promedio para el experimento I y II

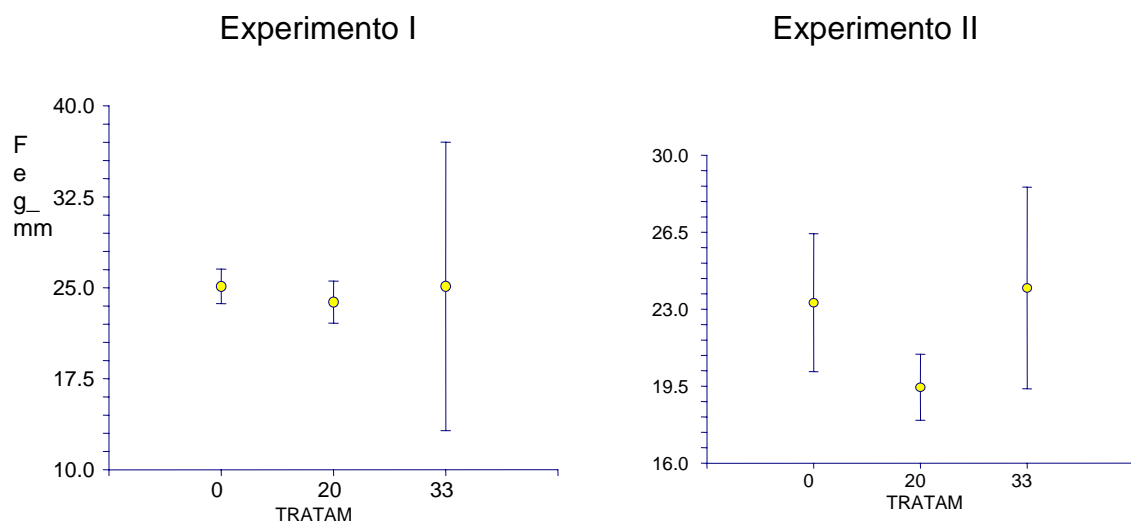




Figura 13. Gráficas de Firmeza ecuatorial promedio para el experimento I y II

Además de obtener datos respecto a la firmeza para el experimento I y II, se logra apreciar que la mayor diversidad se da en el tratamiento de 33% del experimento II.

#### f) Materia seca

En suma este parámetro está relacionado al total de fotoasimilados que se acumulan en el fruto y la mayor dispersión de los datos para el experimento I en materia seca de la cáscara se concentró en el tratamiento con 20% de aclareo como se observa en la figura 14.

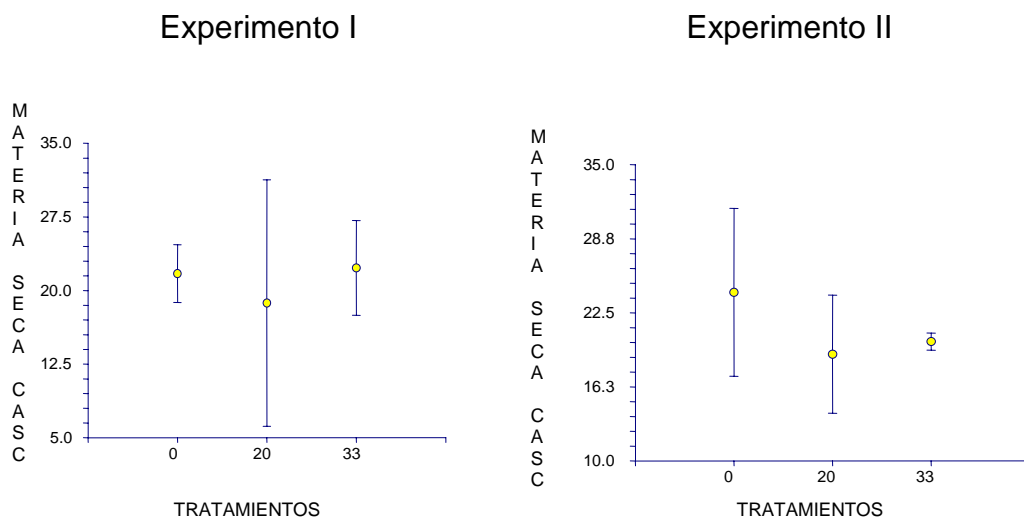


Figura 14. Materia seca promedio de la cáscara del fruto para el experimento I y II

Experimento I

Experimento II

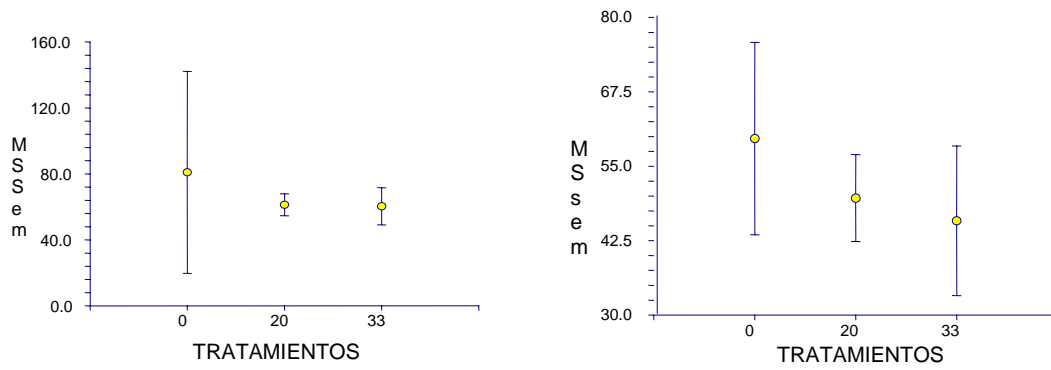


Figura 15. Materia seca promedio de la semilla del fruto para el experimento I y II

Experimento I

Experimento II

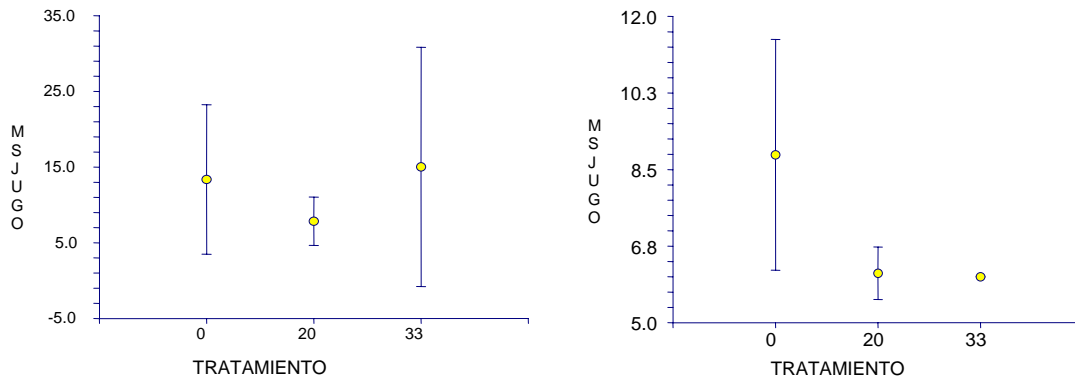


Figura 16. Materia seca y jugo promedio para todos los tratamientos del experimento I y II.

## VII. DISCUSION

En el proceso de maduración de los frutos, las principales pérdidas de estructuras reproductoras ocurren en el paso de flor a fruto inmaduro (0.52), seguida por el paso de botón a flor (0.55). La probabilidad de que un primordio se convierta en fruto maduro es de 22.2%. El proceso de maduración de los frutos desde primordio floral hasta fruto maduro ocurre en 60 días en promedio. Estos son los primeros resultados para esta especie en particular Olvera (2001) describe para el género días sin distinguir entre especies o ámbitos geográficos.

No se observaron tendencias a la homogeneidad de los frutos con el aclareo en las plantas, lo cual confirma los estudios del 2003, en los cuales no se obtuvieron diferencias significativas, a pesar de esto remanifestaron algunas tendencias en el sentido de que el raleo pudiera producir frutos mas grandes, sin embargo, fue necesario incrementar la muestra a fin de poder dar resultados definitivos, Posteriormente en el 2004, se trató de abordar estos problemas mejorando el diseño experimental. A pesar de ello se obtuvieron resultados similares, por lo cual se sugiere que las plantas producen frutos de diferente tamaño de manera natural, probablemente por la gran variabilidad genética que hay entre los individuos no habiendo evidencia de que la planta transloca nutrientes, al menos en la temporada en la que se aplica el raleo. Un estudio posterior podría determinar si la planta almacena estos elementos para posteriores fructificaciones o incrementos en tamaño.

El aclareo en cactáceas ha producido efectos poco claros, aún en nopales (*Opuntia*) que tienen un crecimiento más rápido se ha reportado que un aclareo

excesivo no produce los resultados esperados ni en el número de frutos ni en el número de cladodios producidos después del raleo (Inglese *et al* (1994) <sub>b</sub>).

Por otro lado Palacios y Barrientos (1970) si encontró efecto en el tamaño de la tuna al aplicar raleo aunque esto fue en otra temporada las condiciones no son comparables ni entre los trabajos citados ni con las del presente. Debido a la falta de atención que han sufrido los productos alternativos no fue posible encontrar datos comparativos en cactáceas columnares.

Es claro que se presentaron resultados muy dispares en cada uno de los parámetros considerados en el estudio, sin embargo en algunos de ellos pareció haber una tendencia al incremento en talla y cierta acumulación de materia en los frutos que se hicieron cortes de un 33% de la media producida.

Aún cuando la gran dispersión de los datos obtenidos no permitió llegar a conclusiones definitivas, se pudo apreciar que en todas las variables respuesta la varianza fue mayor para los frutos provenientes del tratamiento con mayor porcentaje de aclareo. Esto puede ser contrario a lo esperado ya que indicaría que los frutos bajo este tratamiento resultan más disímolos que el control. Sin embargo se requiere mayor investigación que permita alcanzar conclusiones definitivas al respecto.

La falta de diferencias en los parámetros de calidad de acidez y °Brix puede tener relevancia para la industria de los productos procesados y a que estas variables son base en la formulación de los productos.

Si bien es claro que se tuvo un número bastante bajo de frutos 262 al final del experimento, esto, aunado a las tendencias presentadas puede indicar que en

futuros experimentos deberá ampliarse el número de unidades experimentales a fin de reducir la varianza observada intra e inter tratamiento.

Por otro lado, la misma naturaleza de las cactáceas puede hacer que el efecto del raleo no se presente durante la misma época de cosecha sino en épocas subsecuentes ya que se sabe que uno de los mas importantes efectos del raleo es precisamente el de evitar el fenómeno de la alternancia (Yáñez *com pers.*)

Es claro que se requiere mayor investigación y experimentación que permita concluir si el efecto del aclareo de frutos puede o no actuar en beneficio de la homogeneidad de los frutos de Pitaya. Este trabajo pretendió hacer una modesta contribución hacia el entendimiento de los procesos fisiológicos de las plantas que se reflejan en su productividad y por lo tanto en sus potenciales de explotación por las comunidades humanas.

Como se mencionó los °Brix pueden indicar que si existió una traslocación de fotoasimilados en forma de azúcares, sin embargo este dato puede confundirse con el hecho de que estamos usando concentrados.

## VIII. CONCLUSIONES

- El paso desde primordio floral hasta fruto maduro dura aproximadamente 60 días, siendo la etapa más crítica el paso de flor a fruto inmaduro donde se registra la mayor pérdida de estructuras reproductoras.
- No se observaron diferencias significativas en el tamaño de los frutos producidos bajo las diferentes intensidades de raleo.

- Se manifestaron algunas tendencias a incrementar la variabilidad de los parámetros de calidad del fruto en los tratamientos de mayor intensidad de corte.
- Se observa una tendencia al incremento de °Brix en los frutos con 20% de aclareo por lo que se sugiere aplicar el aclareo en más periodos de floración para descartar dicha tendencia.
- Se sugiere realizar estudios a mas largo plazo que puedan determinar si el aclareo puede tener efecto sobre el fenómeno de la “alternancia” o si los pitayón pueden incrementar el tamaño de sus tallos.
- Este trabajo no aporta evidencia que apoye la aplicación del aclareo como técnica adecuada para incrementar el tamaño o la calidad del fruto, al menos durante la misma época de cosecha en la que se aplica esta técnica.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- Anzaldúa-Morales y Vernon E. J. 1986. Description of the "PAM" Penetrometer and some of its applications. Theor. Appl. Dev. Rheology. p. 117-123.
- Arias M. S., Gama, L. S., Guzmán, C. L., 1997. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Col. Flora de Tehuacan-Cuicatlán. Universidad Autónoma de México. 146 Pp.
- Armella M. A. y Yáñez L. 1997. Recursos Naturales Alternativos y la conservación de la Biodiversidad. p. 205-212 En: Toledo- Ocampo. Lecciones de América Latina SEMARNAP-UAM. México.
- Armella M. A. Yáñez L. M., Ramírez R., M., A., G. Soriano S., O. González M. y D. M. Sánchez-Díaz L. 2000. Estudio Integral de dos productos alternativos de la Mixteca Oaxaqueña. Memorias del II Simposium Internacional sobre la utilización de la flora silvestre de zonas áridas los días 29 y 30 de Noviembre y 1 de Diciembre celebrado en la Universidad de Sonora, Hermosillo Sonora.
- Arnaud V. M. R. y N. Morán P. 1995. "Potencial productivo e industrial del tunillo (*Stenocereus stellatus*) en el estado de Oaxaca. En: Resúmenes del primer simposium Internacional sobre pitaya y frutos afines División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo, Estado de México. 48 Pp.

- Arnaud V. P. S. García y P.B. Bautista 1997. Agroindustria de algunos frutos pp. 78-85 En: Suculentas Mexicanas: Cactáceas. Ed. CONABIO, SEMARNAP UNAM Y CVS Publicaciones. México 143 Pp.
- Avilán L., M. Rodríguez; J., Ruiz y C. Marín.1998. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol, nitrato de potasio. En: Resúmenes. XLIV Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Septiembre 28 al 2 de octubre. Barquisimeto, Ven. ISTH, UCLA, CONICIT, UCV. 76Pp.
- Bósquez M. E., 1992. Manual de prácticas de laboratorio de fisiología postcosecha de frutas y hortalizas. México, UAM-IZT. 74Pp.
- Bravo-H. H y Sánchez-M. H. 1978. Las cactáceas de México Vol. I Ed. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bravo H. H. y Sánchez M., H., 1991. Las cactáceas de México. Vol. III. UNAM, México D.F. 3ra. Edición 643Pp.
- Calderón A. E., 1986. Fruticultura General: El Esfuerzo del Hombre. 3<sup>a</sup> Edición. Editorial Limusa, México 759 Pp.



- Ceballos S. R. 2003. Potencial productivo y comercial de la pitaya de mayo *Stenocereus griseus* (Haworth) en la Mixteca baja 113pp. Tesis de licenciatura en Agronomía (Economía Agrícola) Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Cruz H. P., 1985. Caracterización del fruto en cuatro tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Diccionario Agropecuario de México. INCA RURAL Instituto Nacional de capacitación del Sector Agropecuario. A.C. 402 Pp.
- Dictionary of Natural Resource Management. Editorial UBC Press.
- Del Toro B. M., Castellón A. J. P. 1986. Fisiología del desarrollo del fruto de pitayo (*Stenocereus griseus* Haworth) y su aprovechamiento en la elaboración de mermelada. Tesis profesional, DIA-UACH, Chapingo México.
- Flores V., 2002. Producción y comercialización de Pitaya (*Stenocereus sp.*) en México. CIESTAAM Programa Nopal, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Estado de México.

- Gallegos A. E., 2002. Daños por el barrenador Rosado en Pitaya (*Stenocereus griseus* H.) en la Mixteca Oaxaqueña.
- Gibson A.C. 1991. The systematics and evolution of Subtribu Stenocereinae. 10. The species group of *Stenocereus griseus*. Cactus and Succulent Journal 63 (2): 92-99.
- INEGI, 2003. Anuario Estadístico del estado de Oaxaca. TOMO I.
- Gibson A.C. y K. E. Horak. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. Ann. Missouri Bot. Gard. 65: 999-1097.
- Gibson A. y P. Nobel. 1986. The cactus primer. Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts. 286 Pp.
- Gómez B. J.M. 2003 .Reporte final de Servicio Social, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Iztapalapa, México D.F.
- Ho L. C., 1997. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on the rates of photosynthesis and translocation of tomato leaves. Ann. App. Biol. 87: 191-200.
- INEGI, 2003. Anuario Estadístico del estado de Oaxaca. TOMO I.

- Inglese<sub>a</sub> P., Alvaro A. Israel y Park S. Nobel. 1994a. Growth and CO<sub>2</sub> uptake for cladodes and fruit of the Crassulacean acid metabolic species *Opuntia ficus-indica* during fruit development. *Physiologia Plantarum*. (1994) 91:708-714.
- Inglese<sub>b</sub> P., G. Barbera y F. Carimi. 1994b. The effect of different amounts of cladode removal on reflowering of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Journal of Horticultural Science* 69 (1) 61-65.
- Inglese P., G. Barbera, T. La Mantia, and S. Portolano. 1995. Crop Production, Growth, and Ultimate Size of Cactus Pear Fruit following Fruit Thinning. *Hort Science* (1995) 30 (2): 227-230.
- Jiménez-Pérez J. L., J. G. Martínez-Ávalos. C. E. González-Romo y J. Vega-Pérez. 1998. Propagación Del "Pitayo" *Stenocereus griseus*. Ponencia en Evolution, Ecology and Conservation of Columnar Cacti and their mutualist, Tehuacán, Puebla 28/05/1998 a 3/07/1998.
- Kuehl R. (2001). Diseño de experimentos. México. Editorial Thompson Learning.
- Llamas LI., J. 1984. El cultivo del Pitayo en Huajuapán de León, Oax. Simposio: Aprovechamiento del Pitayo. Universidad Autónoma Xochimilco. p. 28-35.

- Martínez-Cárdenas M.L., Carmona A., A., Cabrera J., M.C. y Varela H., G. 2003. Germination studies on *Stenocereus griseus* and *Escontria chiotilla*. *Acta horticulturae*. p.598:39-4.
- Marcelis L.F.M. and A.N. de Koning. 1995. Biomass partitioning in plants. In: J.C. Bakker G.P.A Bot. H. Challa and N.J. van Break (Eds). *Greenhouse Climate Control- An Integrated Approach*. Wageningen Pers. Netherlandas p. 335-371.
- Mata García B. 1998. *Agricultura y desarrollo rural compatible*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Medina G. G., Ruiz C. J., Martínez P. A. 1999. *Los climas de México: Una estratificación ambiental basada en el componente climático*. INIFAP, México. 103 Pp.
- Mercado B. A., Granados, S.A. 1999. *La pitaya (Tribu Pachycereae): biología, ecología fisiología, sistemática, etnobotánica*. 1ra. Ed. Universidad Autónoma Chapingo México. 194 Pp.
- Mosiño A. P., 1983. *Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México en: Recursos Agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México*. José Molina Galán (Editor) 9-38. Colegio de Posgraduados, México.

- Noguez H. R. 1999. Raleo de Frutos en tres cultivares de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Chapingo, México.
- Olvera M., J. A. 2001. "La pitaya (*Stenocereus griseus* Hawork y *Stenocereus stellatus* Pfeiffer) una alternativa productiva en la Mixteca Baja Oaxaqueña". Tesis Profesional. División de Ciencias Económicas Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. 86 Pp.
- Palacios Alvarez A. y F. Barrientos, 1970. Efecto del aclareo del fruto en el nopal. *Agrociencia* (4): 132-143. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx.
- Piña L., I. 1979. Algunos aspectos sobre la industrialización de los nopales. *Cac. Suc. Méx.* 24 (1): 27-30.
- Rao V. and J.Khader. 1980. Effect of pruning and thinning of young shoot clusters on mango. *Science Culture* 46 (2): 71-72.
- Rebollar A., A.; J. Romero P; P. Cruz H. y H. Zepeda C. 1997. El cultivo de la Pitaya (*Stenocereus* spp), una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán. UACH-Centro Regional Universitario Centro-Occidente. Chapingo, México. 71Pp.
- Rzedowski R. 1978. Tipos de Vegetación de México 432 Pp.

- Salcedo P., E. y H. Arreola N. 1991. "El cultivo del pitayo en Techalutla, Jalisco". *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 36: 84-91.
- Salisbury B. F. And W.C.Ross, 1994. *Plant Physiology*. 4ta. Edition. 682Pp.
- Sonnewald, U. and I. Willmitzer. 1992. Molecular approaches to sink source. *Plant. Physiology*. 99: 1267-1270.
- Taiz. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 559 Pp.
- Ucan CH. I. 1999. Efecto del manejo de Relaciones fuente-demanda sobre el tamaño del fruto en jitomate. Tesis Profesional. Chapingo, México.
- Walker A. J. and L. C. Ho., 1977. Carbon traslocation in the tomato: carbon import and fruit growth. *Ann. Bot.* 41: 813-823.
- Westwood M., 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Zecua, 2004. Contenido Nutrimental en tallos de Pitayo (*Stenocereus griseus*) 63Pp.
- [http://www.balanzaslara.com/bl\\_prom\\_ohaus.htm](http://www.balanzaslara.com/bl_prom_ohaus.htm)

**El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud**

**Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó**

**Bióloga. Jacqueline Sánchez Trujano**

**El día 16 de Octubre del 2006**

**Tutor: Dr. Miguel Ángel Armella Villalpando**



---

**Asesor: Dr. Alberto Castillo Morales**

**Asesor: M. en C. Lourdes Yáñez López**

**Asesor: M. C. Cecilia Jiménez Sierra**

**Sinodal: Dr. Manuel Castillo Rivera**

**Sinodal: Dr. Manuel Livera Muñoz**