



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS INTRODUCIDAS EN ANGOSTILLO,  
MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO**

**ALÍN MALPICA VÁZQUEZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**


TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ


2010


La presente tesis, titulada: **Crecimiento de cactáceas introducidas en Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México**, realizada por el alumno: **Alín Malpica Vázquez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. CATALINO JORGE LÓPEZ COLLADO

ASESOR:   
DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO

ASESOR:   
DR. ELISEO GARCÍA PÉREZ

ASESOR:   
DR. ÁNGEL SOL SÁNCHEZ

# CRECIMIENTO DE CÁCTACEAS INTRODUCIDAS EN ANGOSTILLO, MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO

Alín Malpica Vázquez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

En las zonas semisecas, es necesario buscar alternativas de producción agrícola para el mejor aprovechamiento del suelo, por ello, el objetivo fue evaluar el crecimiento de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr) y nopal de tuna sin semilla (ntss), así como las especies columnares *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, *S. griseus* (Haworth) Buxbaum y epífita *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedades Nunila, Chiapas, Xalapa y *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose respectivamente. El experimento se realizó en Angostillo, utilizando un diseño en bloques al azar, con cinco repeticiones, con diez tratamientos, con unidad experimental de cinco plantas aleatorizadas por variedad. Las variables fueron longitud de cladodio, ancho de cladodio para nopales, longitud de tallo para *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, variedad Xalapa, *Acanthocereus pentagonus*, longitud de arista para la variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus*. Los datos se analizaron en SAS v. 9.1 para Windows. Se determinó el porcentaje de brotes y el color de las plantas con la carta de colores Munsell para tejido vegetal. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre variedades en ancho, grosor de cladodio en nopales y en factor tiempo en longitud, ancho y grosor de cladodios en nopales. También hubo diferencias entre variedades en longitud de tallo en las variedades Chiapas, Nunila, Xalapa y *Acanthocereus pentagonus*. Respecto al tiempo hubo diferencias en longitud y ancho de tallo de la especie *Hylocereus undatus*. En longitud de arista hubo diferencias entre especies y tiempo de la variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus*. El color resultó para ntv 5GY 5/8, ndv 7.5GY 6/2, ntr 7.5GY 5/4 y ntss 2.5GY 6/8, *Stenocereus griseus* 5GY 6/10, *S. stellatus* 5GY 6/8, *Hylocereus undatus* variedad Xalapa 2.5GY 6/10, Nunila 5GY6/10, Chiapas 2.5GY 6/8 y *Acanthocereus pentagonus* 5GY 4/4. *Stenocereus stellatus* no presentó brotes.

Palabras clave: cultivos introducidos, cactáceas, crecimiento vegetativo.

## GROWTH OF INTRODUCED CACTI IN ANGOSTILLO, MUNICIPALITY OF PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO.

Alín Malpica Vázquez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

In semidry areas, it is necessary to search for new agricultural production alternatives for better land use; therefore, the objective was to evaluate the growth of four varieties of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill green cactus (ntv), nopal (ndv), red (ntr) and without seeds (ntss), as well as columnar species *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, and epiphyte *Hylocereus undatus* Nunila, Chiapas, Xalapa and *Acanthocereus pentagonus*. The experiment was conducted in Angostillo using a randomized complete block design with five replications, with ten treatments; the experimental sampling plot consisted of five plants by variety. The variables were cladode stem length for cactus, stem width for *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, variety Xalapa, *Acanthocereus pentagonus*, and edge length for variety Nunila and *Acanthocereus pentagonus*. The data were analyzed with SAS v. 9.1 for Windows. It was determined the percentage of shoots and the color of the plants with the Munsell color chart for plant tissue. There were significant statistical differences ( $p \leq 0.05$ ) between varieties regarding width, thickness of cladode and for the time factor there were differences in length, width and thickness. There were also statistical differences among varieties in stem length for the varieties Chiapas, Nunila, Xalapa and *Acanthocereus pentagonus*. In relation with the time factor there were significant statistical differences in stem length and width of *Hylocereus undatus*. For edge length variable there were significant statistical differences among species and time for Nunila and *Acanthocereus pentagonus* varieties. The plant color compared with the Munsell color chart was 5GY 5/8 for ntv, 7.5GY 6/2 for ndv, 7.5GY 5/4 for ntr and 2.5G 6/8 for ntss. *Stenocereus griseus* was GY 6/10, *S. stellatus* 5GY 6/8, *Hylocereus undatus* variety Xalapa 2.5G 6/10, Nunila 5GY6/10, Chiapas 2.5G 6/8 and *Acanthocereus pentagonus* 5GY 4/4. *Stenocereus stellatus* did not show new shoots

Keywords: introduced crops, cactus, vegetative growth.

Dedico esta tesis:

A mis padres: Joaquín Malpica Olivos y Andrea Vázquez Pulido por el apoyo que siempre me han brindado y la confianza que me han tenido, pero sobre todo por el amor que siempre me han demostrado, padeciendo carencias y sacrificios para que pudiera continuar con mis estudios. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mis hermanas: María, Fidela, Esther, María, Silvia, gracias por todo su apoyo y cariño, y por no abandonarme nunca en los momentos más difíciles que he tenido.

A mis hermanos: Cayetano y Leandro gracias por su cariño, por su apoyo y los ratos de convivencia, los quiero y admiro mucho.

A John James Tobón López, con mucho cariño y aprecio, por su apoyo, entusiasmo y por estar siempre pendiente de mis actividades para terminar este trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitir mi existencia y conservarme con vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme el financiamiento para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Catalino Jorge López Collado por su amistad, entusiasmo, confianza y apoyo brindado en el desarrollo de la tesis y por los conocimientos compartidos.

Al Dr. José López Collado por su paciencia, el tiempo que me dedicó apoyándome para terminar el trabajo y por compartir sus valiosos conocimientos en sus cursos y asesorías en la tesis.

Al Dr. Eliseo García Pérez y al Dr. Ángel Sol Sánchez por su apoyo y sus sugerencias acertadas en la revisión de tesis.

A la Dra. Ana Lid del Ángel Pérez, al Dr. Andrés Rebolledo Martínez, al M.C. Ángel Capetillo Burela del Campo Experimental Cotaxtla, y al Dr. Manuel Livera Muñoz del Colegio de Postgraduados, por facilitarnos las variedades de pitahayas y nopal de tuna sin semilla.

A mis compañeros de generación: Noel, Magda, Verónica, Ricardo y Erik por haberme brindado su amistad y compartir juntos bastantes experiencias intelectuales y sociales. A mis amigos, Francisco Galicia, Patricia, Manuel, Lucero, Erick, Vicky, Aurora, Anabel, Gloria por compartir sus experiencias conmigo y apoyarme dentro y fuera del Colegio. A mi gran amiga Norma Reyes Banda porque compartimos muchas experiencias juntos. A todas las personas que laboran en el CP Campus Veracruz que me brindaron su apoyo: Doctores, secretarías, personal de apoyo, comedor, de campo y vigilancia, mil gracias.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
1. Planteamiento del problema.....	2
2. Objetivos.....	3
3. Hipótesis.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
5. Literatura citada.....	9
<b>CAPÍTULO I. RESPUESTA BIOLÓGICA DE <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) MILL A CONDICIONES AMBIENTALES EN ANGOSTILLO MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO</b> .....	12
1.1. Introducción.....	14
1.2. Materiales y métodos.....	15
1.3. Resultados y discusión.....	17
1.4. Conclusiones.....	24
1.5. Literatura citada.....	24
<b>CAPÍTULO II. CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS COLUMNARES Y EPIFITAS EN ANGOSTILLO VERACRUZ, MÉXICO</b> .....	28
2.1. Introducción.....	29
2.2. Materiales y métodos.....	31
2.3. Resultados y discusión.....	33
2.4. Conclusiones.....	40
2.5. Literatura citada.....	41
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	44

## LISTA DE CUADROS

	Página
1. Porcentaje relativo de brotes de cladodios en función al total de todas las variedades de nopal.....	23
2. Temperatura promedio mensual del año 2009 de Tehuacán, Puebla y Angostillo, Veracruz.....	39
3. Precipitación promedio mensual del año 2009 de Tehuacán, Puebla y Angostillo, Veracruz.....	39
4. Porcentaje relativo de producción de brotes en función al total de todas las cactáceas.....	40



## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Longitud de cladodios de nopal de tuna verde (ntv) nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	18
2. Ancho de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	19
3. Grosor de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	20
4. Temperatura promedio mensual del año 2009 en Texcoco de Mora, estado de México y Angostillo, Veracruz.....	22
5. Precipitación promedio mensual del año 2009 en Texcoco de Mora, estado de México y Angostillo, Veracruz.....	23
6. Longitud de tallo de las especies <i>Stenocereus griseus</i> (Haworth) Buxbaum y <i>S. stellatus</i> (Pfeiffer) Riccobono a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	33
7. Ancho de tallo de las especies <i>Stenocereus griseus</i> (Haworth) Buxbaum y <i>S. stellatus</i> (Pfeiffer) Riccobono a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	34
8. Longitud de tallo de las especies <i>Hylocereus undatus</i> (Haw) Br & R variedad Xalapa, Nunila, Chiapas y <i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Britt & Rose a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.....	36

9. Ancho de tallo de la especie *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedad Xalapa, Chiapas a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad. 37
10. Longitud de arista de la especie *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad..... 38

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Las cactáceas son plantas suculentas que han desarrollado tejidos especializados para poder adaptarse a condiciones áridas y semiáridas, se localizan desde Arizona hasta la Patagonia. Presentan gran diversidad de formas que embellecen al paisaje, además sirven de alimento a diversas especies de animales con las cuales coexisten. En México se localizan mayormente en los estados de Baja California, Puebla, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, y Veracruz (Glafiro *et al.*, 2008).

Estas plantas se pueden reproducir de forma sexual y asexual, en el establecimiento de cultivos se usa la reproducción asexual. Los nopales y las cactáceas columnares presentan ausencia o bajo crecimiento vegetativo y reproductivo en los meses húmedos del verano, dando lugar a una baja actividad metabólica, favoreciendo la fotosíntesis y almacenamiento de carbohidratos, lo anteriores ayuda a tener éxito ecológico en ambientes áridos (Pimienta, 1999).

La familia *Cactaceae* cuenta con 100 géneros y 2000 especies, donde el 65 % pueden ser cultivadas de manera extensiva para consumo local o nacional (Kiesling, 2001; Beltrán *et al.*, 2009 y García *et al.*, 2007). Una forma biológica en cactáceas son las de tipo semierectos como en nopales, otras son especies columnares como *Stenocereus stellatus*, adicionalmente, en zonas tropicales existen especies de tipo epífitas y hemiepífitas como es el caso de *Hylocereus undatus*.

Los nopales (*Opuntia ficus-indica*) son empleados para consumo humano, animal, industrial farmacéutica y medicinal. Estas plantas han sido utilizadas por el ser humano desde tiempos remotos. Se utiliza el fruto y el cladodio de *Opuntia ficus-indica*, los frutos de las especies columnares *Stenocereus stellatus* y *S. griseus* (pitayas), *Hylocereus undatus* (pitahayas) y de los brotes jóvenes de *Acanthocereus pentagonus* (cruceta) (Ortiz, 2000; Basurto *et al.*, 2006; Gallegos *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006; Valdez *et al.*, 2007). En el estado de Veracruz la presencia de zonas

semiáridas son escasas, sin embargo, en la parte central del estado se localiza una zona semiseca producto de una sombra orográfica del eje volcánico transversal. En esta zona se encuentra la comunidad de Angostillo, en el municipio de Paso de Ovejas. Se caracteriza por tener suelos poco profundos, pedregosos, poca materia orgánica, precipitación inferior a 1000 mm anuales, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1988). Las características antes mencionadas son propicias para el establecimiento de cultivos de algunas variedades de *Opuntia ficus-indica*, *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, *Hylocereus undatus* y *Acanthocereus pentagonus* (Pimienta, 1999). Debido a que se desconoce el comportamiento de crecimiento y desarrollo de esas especies bajo las condiciones ambientales de Angostillo, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de cuatro variedades de nopal, *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, tres variedades de *Hylocereus undatus* y *Acanthocereus pentagonus*.

## **1. Planteamiento del problema**

Actualmente se ha incrementado la población en nuestro país a 108 millones de habitantes (INEGI, 2010), por lo que cada vez se requiere de mayores cantidades de alimentos para satisfacer sus necesidades. Por otro lado, para el manejo de los cultivos básicos, se llevan a cabo aplicaciones excesivas de herbicidas y plaguicidas, lo que ha ocasionado que los suelos sean menos productivos para plantas que normalmente se cultivaban en suelos ricos en materia orgánica (Álvarez *et al.*, 2004). Aunado a este problema, está la deforestación, la cual se realiza con el propósito de criar ganado de doble propósito en algunos casos. (SEMARNAT, 2010).

Por lo anterior es importante buscar alternativas de producción, de tal manera que las parcelas de los productores sean utilizadas para proveer alimento. Una alternativa es establecer cultivos que puedan crecer con poca materia orgánica, suelos poco profundos cantidades mínimas de agua y que no demanden muchos insumos. Para ello es necesario realizar estudios de evaluación de crecimiento y desarrollo de especies, que permitan conocer como estas plantas responden a las

condiciones edafoclimáticas, esto para diversificar las especies cultivadas y por tanto brindar ingresos a productores.

Por lo anterior la presente investigación estuvo orientada a evaluar el crecimiento de cuatro variedades de nopal, tres variedades de pitahaya, dos especies de cactáceas columnares conocidas como pitayas y una especie de cruceta para conocer su crecimiento y desarrollo así como la respuesta biológica a las condiciones ambientales del lugar.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar el crecimiento de cuatro variedades de nopales, tres variedades de pitahayas, dos especies de pitayas, y una especie de cruceta introducidas a las condiciones edafoclimáticas de la comunidad de Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México.

## **3. Hipótesis**

### **3.1 Hipótesis de trabajo**

Las cuatro variedades de nopales, las tres variedades pitahayas, las dos especies de pitayas y la especie de cruceta crecen adecuadamente bajo las condiciones ambientales de la comunidad de Angostillo, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México.

## **4. Revisión de literatura**

### **4.1. Las cactáceas**

Son un grupo de plantas pertenecientes a la familia Cactácea; son fanerógamas, dicotiledóneas, y presentan flores bisexuadas. La mayoría de las cactáceas requiere de fecundación cruzada para producir semillas, aunque existen especies que son autofértiles (Pimienta, 1999). Presentan tallos gruesos, hojas modificadas en espinas, raíces profundas, crecen en lugares desérticos y semidesérticos principalmente, aunque también se pueden encontrar en regiones de alta humedad. Se reproducen de forma sexual y asexual (Glaforo *et al.*, 2008).

### **4.2. Distribución geográfica**

Las cactáceas son originarias y endémicas del continente americano, se distribuyen desde Arizona, Estados Unidos de Norte América hasta Argentina. Su distribución es principalmente en ambientes áridos y semiáridos (Glaforo *et al.*, 2008). Es en México donde se encuentra la mayor diversidad de esta familia.

### **4.3. Biología reproductiva**

En México, en la región del Pacífico, algunas especies columnares inician la diferenciación de yemas florales en la última semana de enero hasta la primera semana de marzo. La apertura de flores empieza en marzo y termina en mayo. La maduración de frutos empieza en abril. Desde el punto de vista reproductivo es óptimo que las semillas maduren al inicio de las lluvias en nopales, lo que sucede al término de las lluvias, esto porque las semillas entran en etapa de letargo y es hasta la siguiente temporada de lluvia cuando inician su germinación (Pimienta, 1999).

La especie *Hylocereus undatus* se cultiva por medio de esquejes y requiere de un tutor aproximadamente de dos metros de altura, el cual debe ser sembrado un año

antes de establecer la siembra. Esta especie produce raíces adventicias que sirven para adherirse al tutor. Estas plantas empiezan a producir frutos a partir de los dos años de edad, y el número de frutos varía según las condiciones ambientales, el manejo y el tamaño de la planta (Castillo, 2006).

La especie *Acanthocereus pentagonus* se reproduce por medio de esquejes y se trasplanta antes del inicio de las lluvias. Sus brotes jóvenes inician a principios de la primavera.

#### **4.4. Importancia etnobotánica de las cactáceas**

El uso de las cactáceas en México ha sido registrado desde antes de la conquista (Pimienta, 1999). El consumo de tallos y frutos fue uno de los primeros usos de los antiguos pobladores de México. Especies como *Lophophora williamsii* se utilizaban en ceremonias, con fines medicinales, en rituales, en la construcción de viviendas, y en la elaboración de utensilios para la caza y pesca (Becerra, 2000).

Actualmente algunas especies como *Mamillaria*, *Melocactus*, *Echinocactus* se utilizan para elaborar dulces. *Opuntia ficus-indica* se consume como verdura y sus frutas conocidas como tunas se consumen en fresco principalmente. Las pitayas, pitahayas, tunillos, teteches, garambullos, xoconoxtles son frutos que se consumen en fresco o procesados (Luna 2006; Castillo 2006; Ortiz 2000). Además del uso comestible también se emplean como cercos vivos, para retener el suelo, como forraje, fuente de mucilago, gomas, pectinas, colorantes, así como de uso industrial. En la actualidad también se usan como plantas de ornato, motivo por el cual muchas especies se encuentran amenazadas y otras ya están en peligro de extinción (Becerra, 2000; Glafiro *et al.*, 2008).

#### 4.5. Cultivo en México

La superficie de recolección de nopales de forma silvestre se estima en tres millones de hectáreas, principalmente en Sonora, Baja California Sur, Baja California Norte, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Estado de México, Veracruz e Hidalgo. Estos nopales se utilizan como forraje y verdura. Desde 1960 se seleccionaron cultivares de tal manera que en la actualidad es mayor el volumen producido en cultivos establecidos que al recolectado de forma silvestre. Dentro de los cultivares sobresalientes destacan los de Milpa Alta y Atlixco (SAGARPA, 2005). De la producción a nivel nacional de verduras, los nopalitas ocupan la posición número 12 con una superficie sembrada de 10, 000 ha. Destaca el Distrito Federal con un 70 %, Morelos 11 %, Baja California 5 %, San Luis Potosí 5 %, Tamaulipas 5 %, otros 17 % (Gallegos, 2006).

En las especies columnares el mayor volumen de fruto se obtiene de plantas silvestres o de traspatio principalmente en las comunidades rurales, aunque en algunos estados como Puebla, Jalisco y Oaxaca apenas empiezan a establecer cultivos con una extensión alrededor de 15 ha. Las variedades que se cultivan en Jalisco son mamey, rojo silvestre, morada, amarilla, solferino, blanca; cada una tiene características importantes de comercialización (Pimienta, 1999).

En México la pitahaya (*Hylocereus undatus*) se encuentra asociada en la selva alta perennifolia en los estados de Chiapas, Quintana Roo, a la selva mediana subperennifolia en los estados de Campeche, Jalisco, Oaxaca, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán, y en la selva baja caducifolia en Oaxaca y Puebla. Se cultiva en Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí (Ortiz, 2000). La mayor producción que abastece los mercados proviene del Valle de Tehuacán, Puebla, en menor proporción de Tabasco. Castillo (2006) reporta para Yucatán alrededor de 300 ha cultivadas.



La cruceta (*Acanthocereus pentagonus*) se encuentra en forma silvestre; naturalmente se distribuye desde el norte de México hasta Argentina, se produce en traspatio, no existen reportes de cultivos con fines de comercialización. Sus renuevos son muy apreciados; además de servir como alimento también se utilizan como cercos vivos (Avendaño y Acosta, 2000). La producción de renuevo se presenta durante la primavera.

#### **4. El concepto de agroecosistema**

Para Conway (1987) el AES es como un ecosistema modificado por el hombre para la obtención de fibras y productos alimenticios, con una estructura compleja debido a interacciones socioeconómicas y procesos ecológicos además de ser dinámicos, por lo que siempre se llega a conocer solo una parte del mismo.

Agroecosistema (AES) es una palabra compuesta: agro, eco y sistema. Agro proviene del latín *Ager*, que significa campo, tierra, suelo con sentido de fuente de producción, y ecosistema, palabra introducida por Tansley en la década de los 30's, como el sistema total en el sentido físico que incluye no sólo el complejo de organismos, sino también a factores físicos que forman el ambiente del bioma o hábitat. Al igual que un ecosistema, los agroecosistemas incluyen el componente biótico y abiótico y las interacciones entre ellos (Maass y Martínez-Yrizar, 1990). Para el uso sustentable de un AES Trebuil (1990) sugiere que es necesario realizar un diagnóstico para detectar las potencialidades y debilidades.

Por su parte, Altieri (1992) menciona que un AES puede ser muy diverso tanto en componentes como en interacciones, es decir de la composición de elementos bióticos y abióticos, como las relaciones entre ellos mismo, así como los factores físicos, ambientales, culturales y económicos que determinan ser un agroecosistema único. Un AES puede ser representado como un modelo real, matemático, gráfico, o idealizado, con límites propios, en espacio y tiempo.

Para Martínez *et al.* (2008) el AES es un modelo conceptual de la actividad agrícola en su nivel mínimo de control cibernético humano, y lo considera una unidad de estudio para su propia transformación y optimización, integrado a un sistema agrario regional, con interferencias de política y cultura de instituciones públicas y privadas. Es un sistema abierto, constituido a través de la modificación social de un sistema natural, para contribuir fundamentalmente a la producción de alimentos y materias primas que la sociedad demanda para el bienestar de la población rural y su propia sostenibilidad.

Ruiz-Rosado (2006) menciona que el AES es la unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación e inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo. En este concepto se acepta que cada AES tiene cierto nivel de sostenibilidad, que acorde a su dependencia de insumos externos, pueden ser considerados como de alta, media o baja dependencia externa; y dado que se manifiesta en un espacio físico, presenta límites que han de estar supeditados al objetivo definido por el controlador o productor, en función del recurso tiempo, el recurso económico, los recursos humanos y la información disponible. Es decir, la racionalidad de manejo, el análisis, diseño, manejo y evaluación del agroecosistema, dependerá de la formación del controlador.

El AES se puede estudiar desde el punto de vista holístico con base en la teoría de sistemas, considerando una complejidad de factores, o aislando uno de ellos que consideramos importante y que tiene una repercusión en lo demás factores, subsistemas, o dentro del mismo sistema, sin perder la esencia de la complejidad (Catalino Jorge López Collado, comunicación personal, 2010). El AES es un sistema complejo que involucra factores bióticos y abióticos, flujos de energía, además de ser dinámicos. Su eficiencia depende del tiempo, espacio, lugar y del controlador.

## 5. Literatura citada

- Altieri, M.A. 1992. El rol ecológico de la biodiversidad en Agroecosistemas. *Clades*. 4:1-16.
- Álvarez, R., Godínez-Alvares, H., Guzmán, U., Dávila, P. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 75:7-16.
- Avendaño, R.R., Acosta, R.I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Maderas y Bosques*. 6:55-71.
- Basurto, S.D., Lorenzana, J.M., Amagos, G.G. 2006. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes *mellitus* tipo 2. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México*. 49:157-163.
- Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. *Biodiversitas*. 32:2-5.
- Beltrán, O.M.C., Oliva, C.T.G., Gallardo, V.T., Osorio, R.G. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry yellow and white types de pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Agrociencia*. 43:153-162.
- Castillo, M.R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia*. 1:13-18.
- Conway, G.R. 1987. The properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems*. 24:97-117.
- Gallegos, V.C., Valdez, C.R.D., Barrón, M.M., Barrientos, P.A.F., Andrés, A.J., Nieto, A.R. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma de CRUCEN-UACH. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:41-49.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta edición. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 4-213.
- García, C.M., Peña, V.L., Trejo, S.L., Valle, S., Corrales, J., Sánchez, U.A. 2007. Efecto del potencial hídrico del suelo en el potencial osmótico y membranas celulares de nopalito (*Opuntia* spp.). *Revista Facultad de Agronomía*. 1:305-311.

- Glafiro, J., Flores, A., Velasco, M.C. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el Noreste de México. *Ciencia y Sociedad*. 11:1-7.
- Kiesling, R. 2001. Cactáceas de la Argentina promisorias agrónomicamente. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:11-15.
- Luna, M.C.C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitayas [*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxm] en la Mixteca Baja, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:245-251.
- Maass, J.M. y Martínez-Yrizar, A. 1990. Los ecosistemas: definición, origen importancia del concepto. *Ciencias*. 4:10-19.
- Martínez, D.J.P., Gallardo, L.F., Bustillo, G.L.C., Pérez V. A. 2008. El agroecosistema, unidad de estudio y transformación de la diversidad agrícola en Veracruz: Un caso Veracruzano. *La Diversidad Biológica en Veracruz: un estudio de estado*. CONABIO. 2008 p.
- Medina, R.M., Tirado, E.G., Mejía, H.I., Camarillo, S.I., Cruz, V.C. 2006. Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 41:1173-1177.
- Ortiz, H.Y.D. 2000. Hacia el Conocimiento y Conservación de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). CONACyT, México. 124 p.
- Pimienta, B.E. 1999. El Pitayo en Jalisco y Especies Afines en México. Universidad de Guadalajara, Fundación Produce Jalisco, A.C. México. 234 p.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*. 31:140-145.
- Trebuil, G. 1990. Principles and steps of the method of diagnosis on Agrarian Systems: A case study from Sathing Phra Area Southern Thailand. *In: Farming Systems Research and Development in Thailand*. Prince of Songkla University, Kasetsart University Technological Research and Exchange Grupo.Thailand. pp. 29-63.
- Valdez, C.R.D., Blanco, M.F., Vázquez, A.R.E., Magallanes, Q.M. 2007. Producción y usos del nopal para verdura. VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México. 7 y 8 de diciembre del 2007. Mariny, Nuevo León. México. pp. 1-19.

INEGI. 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Estudios. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio\\_2009/compendio\\_2009/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet982a.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet982a.html) (Consultado el 25 de noviembre del año 2010).

SAGARPA. 2005. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/NopalTuna/Attachments/2/pr\\_agr.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/NopalTuna/Attachments/2/pr_agr.pdf). Consultado el 25 de noviembre del 2010).

SEMARNAT. 2010. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio\\_2009/compendio\\_2009/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet982a.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet982a.html). (Consultado el 25 de noviembre del 2010).

## **CAPITULO I. RESPUESTA BIOLÓGICA DE *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL A CONDICIONES AMBIENTALES EN ANGOSTILLO, MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO**

Con la poca precipitación que existe en Angostillo es necesario dar alternativas de cultivo de cactáceas que crezcan adecuadamente y sirvan como un complemento más en la agricultura y economía local. Existen vacíos de conocimiento respecto al crecimiento y desarrollo de nopal en esta comunidad. El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento de cuatro variedades de (*Opuntia ficus-indica*) (L.) Mill en nopal de verdura (ndv), nopal de tuna verde (ntv), nopal de tuna roja (ntr) y nopal de tuna sin semilla (ntss) en la comunidad de Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Se realizó un experimento utilizando un diseño en bloques al azar, con cinco repeticiones, con cuatro tratamientos, los cuales correspondieron a las cuatro variedades de nopales que fueron plantados en dirección de la pendiente, con unidad experimental de cinco plantas aleatorizadas y una distribución de plantas de 3 x 3 metros. Se midió el crecimiento de longitud, ancho y grosor de cladodios. El análisis estadístico se hizo en SAS versión 9.1. Además se determinó el porcentaje de brotación de cladodios y el color de la planta mediante la tabla de colores Munsell para vegetales. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre variedades en ancho y grosor de cladodios; con respecto al tiempo en longitud, ancho y grosor de cladodio. El promedio de longitud de cladodio para la variedad tuna verde (ntv) fue 6.82 cm, nopal de verdura (ndv) 6.66 cm, nopal de tuna roja (ntr) 7.78 cm, nopal de tuna sin semilla (ntss) 6.03 cm, en la variable ancho de cladodio el ntv fue de 1.4 cm, ndv 1.6 cm, ntr 1.8 cm, ntss 3.4 cm y variable grosor, el ntv tuvo en promedio 0.3 cm, ndv 0.3 cm, ntr 0.5 cm, ntss 0.3 cm. Todas presentaron brotes, siendo la variedad ndv la que presentó un mayor valor 43.5 %. El color resultó para ntv 5GY 5/8, ndv 7.5 GY 6/2, ntr 7.5 Gy 5/4 (verde brillante) y ntss 2.5GY (verde intenso) 6/8. De acuerdo, a lo obtenido es posible cultivar estas variedades y pueden servir como una alternativa para el uso eficiente del suelo.

Palabras clave: crecimiento vegetativo, introducidas, *Opuntia* spp.

**BIOLOGICAL RESPONSE OF THE CACTI *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL TO ENVIRONMENT CONDITIONS OF ANGOSTILLO, MUNICIPALITY OF PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO**

With scarce precipitation in Angostillo there is a need to provide alternative crops for growers to sustain and server their society. There are gaps of knowledge regarding to the growth and development of cactus in this community. The objective of this research was to gain knowledge on this subject, by growing four cacti species (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill in the community of Paso de Ovejas, Veracruz, México. It was conducted an experiment in a randomized block design with five replications, with four treatments; which correspond to the four varieties of cactus that were planted in the direction of the slope. The experimental sampling plot consisted of five plants per variety and distributed in a 3 x 3 meters plot. Growth was evaluated by measuring length, width and thickness of cladodes the data was analyzed with SAS version 9.1. I determined the percentage of cladodes and color of the plant by using the Munsell color chart for vegetables. There were significant differences ( $p \leq 0.05$ ) for varieties regarding the width, thickness of cladode and for times in length, width and thickness. The green tuna cactus (ntv) length cladodes grew 6.82 cm, for green cladode cactus (ndv) was 6.66 cm, red tuna cactus (ntr) 7.78, tuna without seeds cactus (ntss) was 6.03 cm. The growth for cladodes depth for ntv was 1.4 cm, ndv 1.6 cm, ntr1.8, ntss 3.4 cm. The cladodes diameter for ntv grew 0.3 cm, ndv 0.3 cm, ntr 0.5 cm, ntss 0.3 cm. All the varieties evaluated showed new spurs; ndv had 43.5 % of new cladodes. The color was 5GY 5/8 for ntv, 7.5GY 6/2 for ndv, 7.5GY 5/4 for ntr and 2.5GY 6/8 for ntss. According to the use results it is possible to grow these varieties that could serve as alternative crops for efficient land use.

Keywords: vegetative growth estimation, introduced crops, cactus.

## 1.1. Introducción

Las plantas de la familia *Cactaceae* crecen principalmente en zonas áridas y semiáridas de México. Esta familia incluye más de 1500 especies, de las cuales al menos 850 crecen en nuestro país y se estima que cerca del 80 % son endémicas.

Las cactáceas en México se localizan en los estados de Baja California, Puebla, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, aunque en zonas tropicales existen especies de tipo epifitas (Pérez *et al.*, 2006; Glafiro *et al.*, 2008). El nopal es una cactácea importante en México, como verdura y fruta tiene demanda en los mercados nacionales e internacionales; sin embargo, al igual que para otras especies, se tienen pocos estudios acerca del crecimiento y desarrollo de la planta en diferentes agroecosistemas (Gallegos *et al.*, 2006; García *et al.*, 2006). Los nopales se utilizan como verdura en la alimentación humana, forraje, sustrato para la producción de la grana cochinilla, medicinal y en elaboración de productos cosméticos (Basurto *et al.*, 2006; Gallegos *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006; Valdez *et al.*, 2007).

El crecimiento de tallos y ramas, así como la producción de frutos y semillas en plantas se han utilizado para evaluar los cambios producidos en la planta, también estos parámetros son incluidos en el manejo de las plantas cultivadas. El crecimiento de las plantas se define como un proceso cuantitativo irreversible que está relacionado con el aumento de tamaño, peso y dimensiones de la planta (Vázquez *et al.*, 2007).

El crecimiento se lleva a cabo en el meristemo apical y en el cambium, el primero está relacionado con el crecimiento longitudinal y la dirección se basa en geotropismo negativo, el cambium se asocia con cambios en el diámetro y grosor de cladodio. Las cactáceas se caracterizan por crecer y desarrollarse en suelos arenosos o rocosos. En Veracruz, la diversidad en géneros y especies de *Cactaceae* es baja en comparación con otras familias botánicas como *Fabaceae*, *Rubiaceae* y *Euphorbiaceae*, debido a que el estado se caracteriza mayormente por presentar



bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1993). Sin embargo, la comunidad de Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, presenta condiciones semi-secas con suelos pocos profundos, bajo nivel de materia orgánica y precipitación menor a 1000 mm anuales. Estas condiciones parecen ser apropiadas para el cultivo del nopal, debido a que este grupo de plantas requiere poca cantidad de agua y poca inversión de mano de obra, por lo que esta región podría ser aprovechada para el cultivo de estas variedades. Además de que puede ser un cultivo alternativo para los agroecosistemas locales y representar un ingreso adicional a la comunidad (Hernández y Gudinez, 1994; Medina *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* de la familia *Cactaceae*.

## 1.2. Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en la comunidad de Angostillo (19°13'01'' LN y 96°26'16'' LW) a 269 msnm, del municipio de Paso de Ovejas, en el estado de Veracruz, México. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano ( $Aw_0$  (w)) (García, 1988) y una precipitación promedio anual menor a 1000 mm.

Se utilizó material vegetativo de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica*: nopal de verdura (ntv), nopal de tuna verde (ntv), nopal de tuna roja (ntr), y nopal de tuna sin semilla (ntss) del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. El material vegetativo se seleccionó de una misma edad y de tamaño homogéneo. Se transportaron hasta el lugar de siembra protegidas con papel periódico, se dejaron bajo sombra por quince días con la finalidad de estimular la cicatrización del corte en la base (Ruiz *et al.*, 2008).

La preparación del terreno consistió de rastreo y barbecho. Posteriormente se realizaron cepas con una profundidad de 30 cm y un diámetro de 20 cm utilizando cava-hoyos y pala recta para plantar las partes vegetativas (cladodios) (Orona *et al.*, 2004). Se realizó un experimento utilizando un diseño en bloques al azar, con cinco

repeticiones, con cuatro tratamientos que correspondieron a las cuatro variedades, las cuales fueron plantadas en dirección de la pendiente, con unidad experimental de cinco plantas por variedad y una distribución de 3 x 3 m en marco real (Caloggero *et al.*, 2004; Flores *et al.*, 2004). El registro de datos se realizó mensualmente durante un año. Las variables que se midieron fueron la longitud, ancho y grosor de cladodio. La longitud de tallo se midió desde la base del suelo hasta la punta de la planta con la ayuda de una regla graduada en milímetros. El ancho de cladodio principal se midió de extremo a extremo, utilizando una cinta métrica graduada flexible de vinil. El grosor de cladodio se midió con un vernier, marcando un punto como referencia para todos los registros.

Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED para mediciones repetidas en el tiempo, con la estructura de covarianza de Simetría Compuesta CS (Compound Symetric) la cual supone que la corinteracción entre dos observaciones es la misma sin importar su distanciamiento en el tiempo (Durán *et al.*, 2002; Duran *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2010. Esto se hizo con SAS v. 9.1 para Windows (SAS Institute Inc., 2004). El modelo de covarianza se seleccionó previamente con los criterios AICC (Criterio de Información de Akaike) y BIC Criterio de Información Bayesiano (SAS Institute, 2004). Se utilizó LSMEANS para calcular las medias y la opción SLICE para realizar pruebas de efectos en determinadas fechas de muestreos. También se comparó la interacción de variedades contra variedades mediante la opción CONTRAST.

Para determinar el porcentaje de brotación de cladodios, se dividió el número de registros mensuales de cladodios jóvenes entre el número de cladodios evaluados en un año multiplicado por 100. Por otra parte para caracterizar el color de estas variedades, se comparó el color de la planta con la carta de colores Munsell para tejido vegetal. La temperatura promedio mensual, la temperatura promedio anual, la precipitación total mensual y la precipitación total anual, fueron graficadas y comparadas contra las variables respuesta con el propósito de observar las diferencias climáticas donde se desarrollan las especies de nopal. Estos datos fueron

obtenidos para Texcoco de Mora, Estado de México, con la norma climatológica nacional (García, 1988) y para Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz con una estación meteorológica Davis Instruments modelo Pro2™.

### 1.3. Resultados y discusión

El aumento de longitud de cladodios entre las variedades no presentó diferencias estadísticas significativas ( $F=0.74$ ; gl 3,132;  $P=0.5291$ ), el análisis respecto al tiempo transcurrido si hubo diferencias significativas ( $F=7.15$ ; gl 11, 132;  $P=0.0001$ ), a conforme transcurrió el tiempo su tamaño fue aumentando y siendo diferente al transcurrir el tiempo para algunas variedades; en la interacción variedades-tiempo no fue significativa ( $F=0.22$ ; gl 33, 132;  $P=1.0000$ ). (Figura 1) esto podría deberse a la diversidad genética de estas variedades que no expresaron su potencia genético además de las características morfológicas y fisiológicas que no tuvieron respuesta favorable al tipo de suelo, la temperatura, luz, precipitación y humedad (Figura 1). Sin embargo Ruiz *et al.* (2008) reportan que el crecimiento se ve influenciado por las características genéticas de las variedades y las condiciones favorables del ambiente donde crecen.

Al comparar la longitud de cladodios en nopal de tuna roja (ntr), contra nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv) empleando contrastes no hubo diferencias estadísticas significativas a los 12 meses después de plantadas. Este comportamiento se atribuye a que las plantas empezaron un proceso de aclimatación, siendo un mecanismo para sobrevivir en un lugar diferente de su hábitat natural.

Por otra parte, la variedad nopal de tuna sin semilla (ntss) fue la que presentó menor longitud de cladodio, además, después de 120 días de plantada, aunque el crecimiento fue continuo debido a la presencia de humedad residual en los primeros meses de lluvias (mayo-junio, 2008), este crecimiento fue menor con interacción a las demás variedades (Fig. 1). Como un corolario a estas observaciones, se puede

comentar que si Ruiz *et al.* (2008) encontraron diferencias significativas en una población de nopal de verdura, utilizando la misma especie y en las mismas condiciones ambientales variando solo las densidades de población es muy posible que las diferencias en crecimiento pudieran ser mayores al compararlas con otra variedad, como sucedió, en este caso, con la variedad ntss.

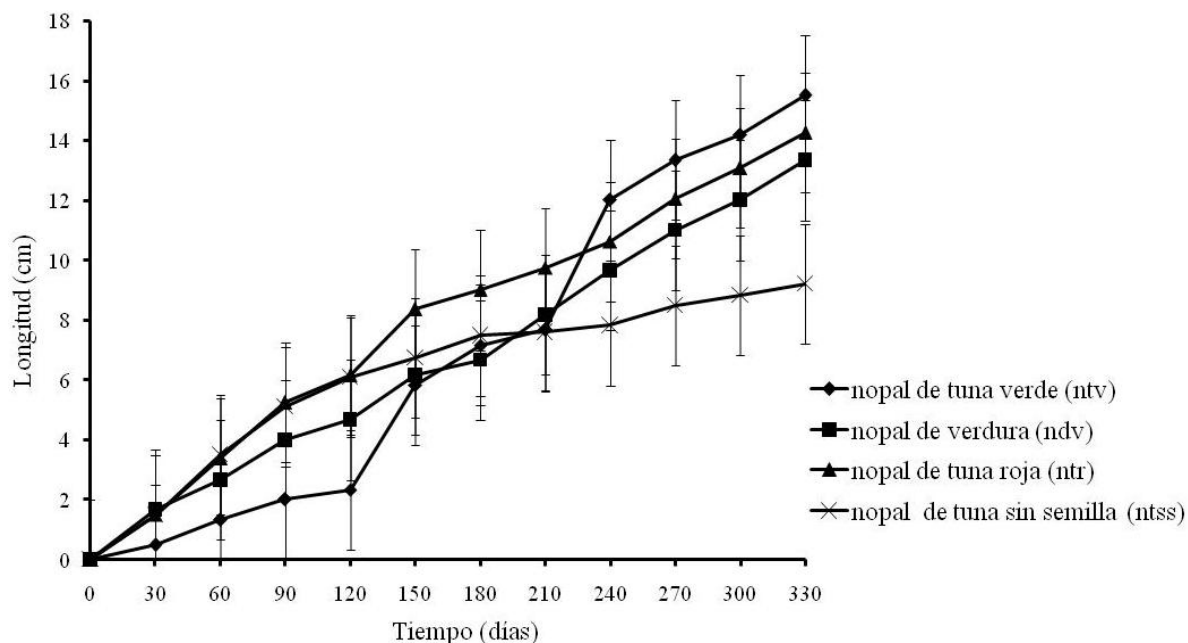


Figura 1. Longitud de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

Con respecto al aumento de ancho de cladodios entre variedades, si hubo diferencias estadísticas significativas ( $F=4.65$ ; gl 3, 132;  $P=0.0040$ ), lo que indica que una variedad tuvo diferente tamaño de cladodio con respecto a otras variedades, con respecto a la variable tiempo si presentaron diferencias estadísticas significativas ( $F=2.38$ ; gl 11,132;  $P=0.0101$ ); mientras que la interacción variedad-tiempo no fue significativa ( $F=0.16$ ; gl 33,132;  $P=1.000$ ). En la comparación de la variedad ndv contra la ntv, ntr, ntss empleando contrastes no hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en los 12 meses después de plantadas.

La variedad ntss presentó mayor valor en ancho de cladodio de 6.4 cm durante el tiempo que duró el experimento. Mientras que el valor más bajo lo obtuvo la variedad ndv 3.2 cm. El valor obtenido es similar al menos para la variedad ntss a lo reportado por Ruiz *et al.* (2008) quien obtuvo un promedio de 5 cm en variedades de *Opuntia* spp.

El incremento promedio del ancho del cladodio fue lento a lo largo de los doce meses en tres variedades ndv, ntv, ntr. Al final del experimento se obtuvo un incremento para ntv de 2.8 cm, ndv 3.2 cm, ntr 3.3 cm, a diferencia de la variedad ntss que fue de 6.4 cm, esto podría deberse a que la variedad ntss se adaptó mejor a las condiciones ambientales de Angostillo (Figura 2).

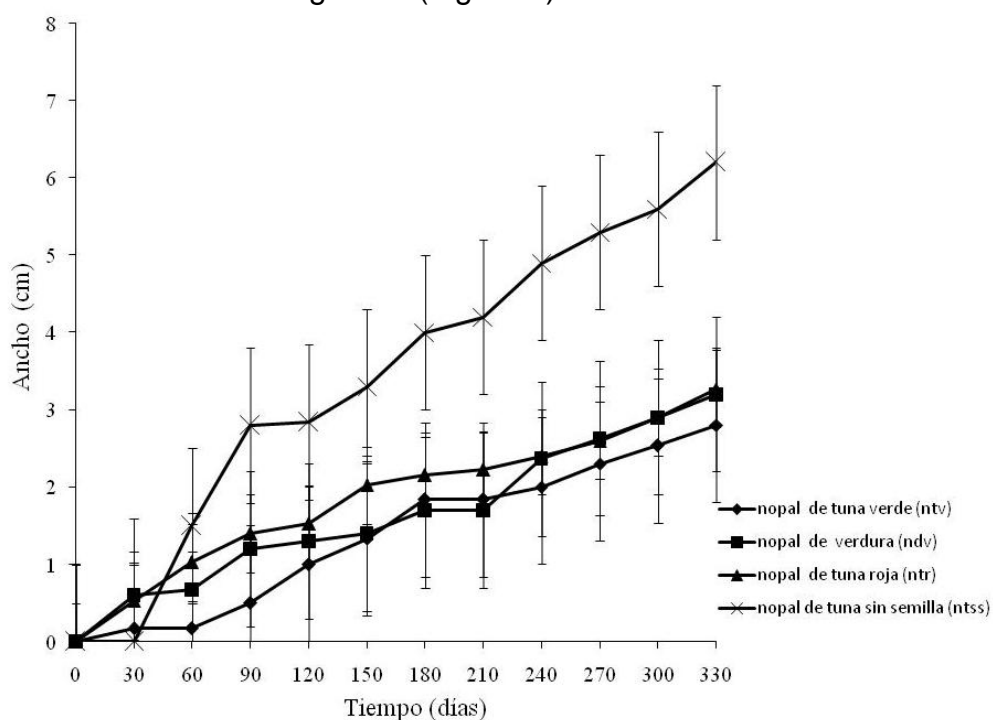


Figura 2. Ancho de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

El aumento del ancho de cladodios fue diferente respecto a la longitud, se piensa que las variedades ocuparon la energía para los procesos fisiológicos en el incremento de la longitud de cladodio. (Ruiz *et al.*, 2008) menciona que el nopal

cuando crece ocupa su energía para incrementar su longitud en cladodios y cuando esto sucede el incremento de grosor es mínimo y en algunos casos es nulo.

En el engrosamiento de cladodios respecto a variedades, si hubo diferencias significativas ( $F=5.87$ ; gl 3, 132;  $P=0.009$ ), siendo la variedad nopal de tuna verde la que tuvo un menor grosor y la de mayor aumento fue la variedad nopal de tuna sin semilla; acerca del tiempo si hubo diferencias significativas ( $F=10.40$ ; gl 11,132;  $P=0.001$ ), el grosor fue siendo mayor con el transcurso de los meses; en la interacción variedad-tiempo no hubo diferencias significativas ( $F=0.30$ ; gl 33, 132;  $P=0.999$ ) es decir, todas crecieron igual en este factor (Figura 3). Al comparar la variedad de ntr contra la variedad ntv y ndv empleando contrastes se encontraron diferencias estadísticas en los tiempos 30, 60, 120, 180 días después de plantadas. Los cladodios empezaron el aumento de engrosamiento a partir de los 30 días para la variedad (ntr) y 60 días para ndv, ntv, ntss.

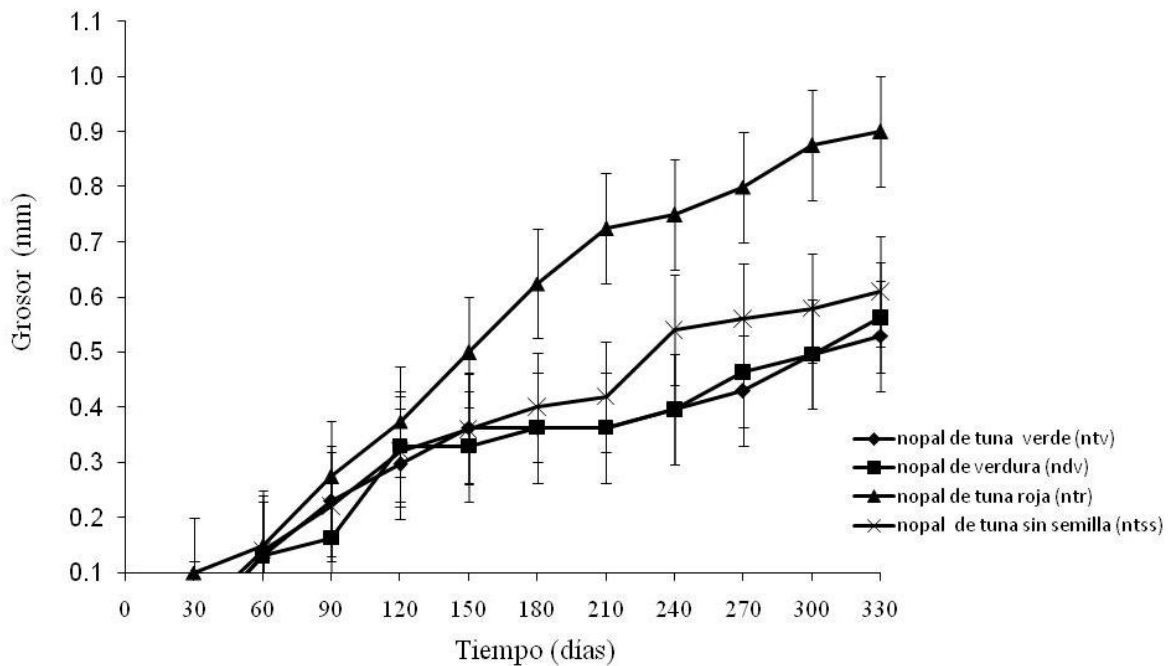


Figura 3. Grosor de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

El grosor de cladodios se mantuvo estable durante todo el periodo de crecimiento (Fig. 3). A los 240 días de plantadas se observa una tasa mayor de crecimiento en el grosor para el ntv y ndv, debido al periodo de lluvia. Al término de los doce meses el grosor fue para ntv fue de 0.53 cm, para ndv, 0.56 cm, ntr 0.90 cm, y ntss 0.61 cm. El grosor tuvo un incremento mayor a los 240 días que corresponde al mes donde inician las lluvias, al absorber agua el grosor aumentó. Esto se debe al mecanismo de reservas de nutrimentos que dispone la planta y a la presencia de cantidades de agua de reserva, lo anterior produce que el cladodio se vuelve más turgente y por lo tanto el grosor aumenta (Pimienta, 1999).

Al comparar la temperatura promedio de Texcoco, lugar de origen de las especies de nopal, con la de Angostillo, lugar donde fueron introducidas las especies; podemos observar que existen diferencias de temperatura, la mínima en enero para Texcoco fue de 12.6 °C mientras que para Angostillo fue de 21.3 °C en el mismo mes. La temperatura máxima para Texcoco fue de 18.7 °C en mayo y para Angostillo fue de 28.4 °C en el mismo mes (Figura 4). Estas diferencias pueden explicar por qué algunas variedades no crecieron igual que en su hábitat natural. Por ejemplo, Pimienta (2002) menciona que el crecimiento de longitud de nopal es superior a 20 cm anual, sin embargo, en esta investigación se obtuvo un valor de 9.20 cm para la variedad ntss, el valor más alto fue para el ntv con 15.5 cm.

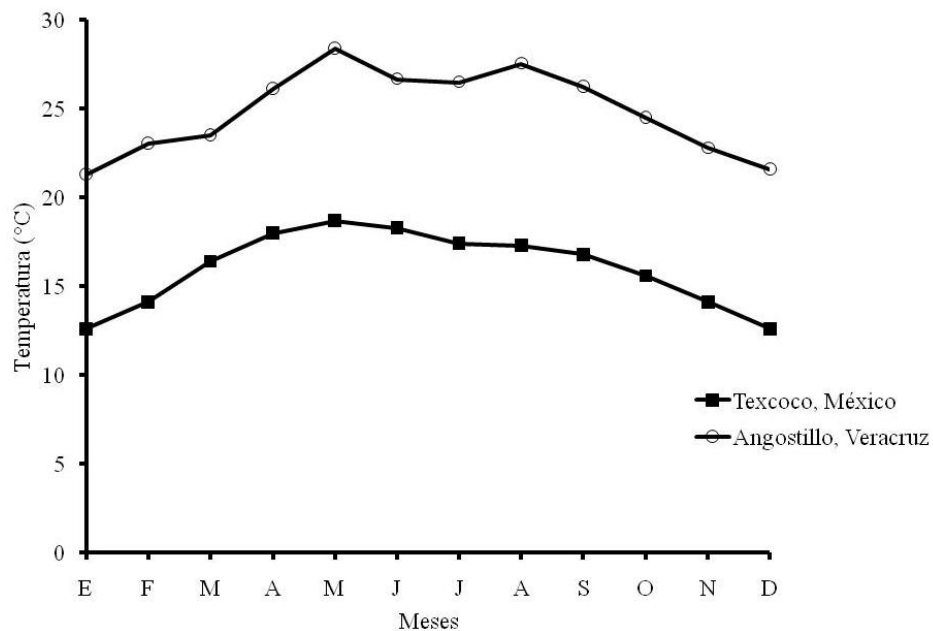


Figura 4. Temperatura promedio mensual del año 2009 en Texcoco de Mora, estado de México y Angostillo, Veracruz.

Al comparar la precipitación máxima de Texcoco (139.5 mm) y en Angostillo (207.7 mm) en julio del año 2009 (Figura 5), estos valores de precipitaciones se relacionan con la respuesta de la planta, ya que fue en este mes de mayor precipitación cuando se obtuvo el mayor incremento de longitud y grosor de cladodio.

Datos similares encontraron Pimienta y Nobel, (1998) donde reporta que el crecimiento de nopal se lleva a cabo en los meses de lluvia. Por otra parte la menor precipitación fue 7.2 mm para Texcoco en enero, mientras que en Angostillo fue de 0.6 mm en diciembre (Figura 5), en estos meses el crecimiento de las variedades fue menor.



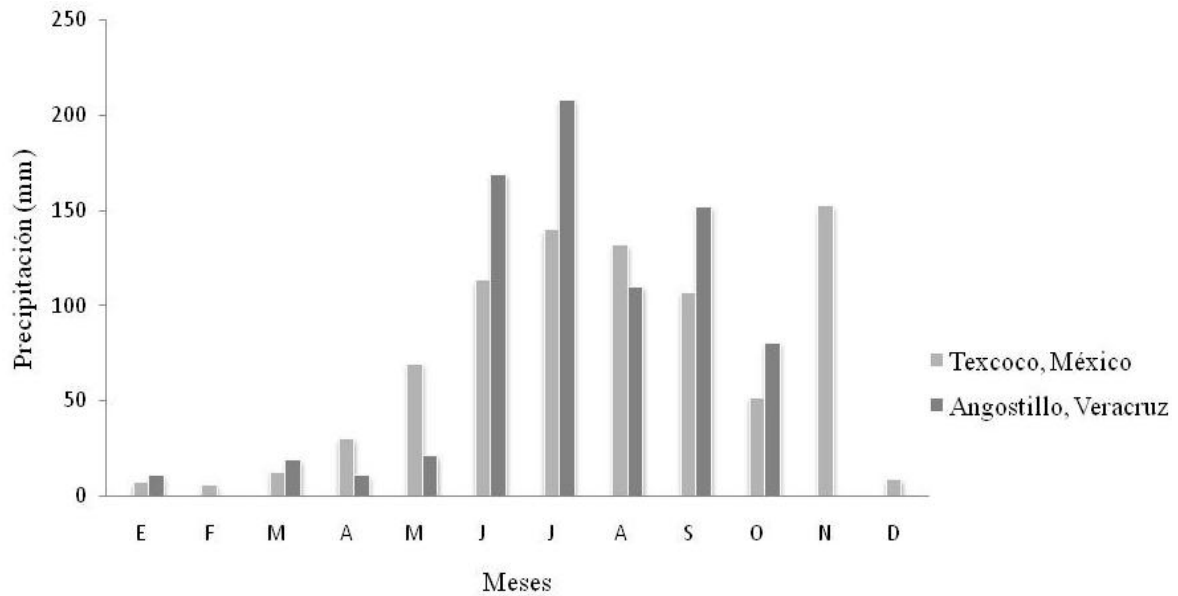


Figura 5. Precipitación promedio mensual del año 2009 en Texcoco de Mora, estado de México y Angostillo, Veracruz.

La producción de brotes, así como su crecimiento y grosor está relacionado con la edad de la penca madre, época de siembra y las condiciones ambientales que se presenten en el lugar (García *et al.*, 2007; Solano y Orijuela, 2008). En el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de brotación de cladodios en interacción a las cuatro variedades evaluadas. El nopal de verdura presentó el valor más alto, mientras que el más bajo fue nopal de tuna verde.

Cuadro1. Porcentaje relativo de brotes de cladodios en función al total de todas las variedades de nopal.

Variedad de nopal	Porcentaje
Nopal de verdura	43.48
Nopal de tuna sin semilla	28.26
Nopal de tuna roja	15.22
Nopal de tuna verde	13.04

Solano *et al.* (2008) reportan que cuando se plantan cladodios enteros de *Opuntia ficus-indica* a los 8 meses se pueden presentar brotes jóvenes de 7.3 % a 91.3 %. Sin embargo todas las variedades presentaron nuevos brotes, con esto se pudo demostrar que las variedades tuvieron una respuesta favorable a las condiciones ambientales de la comunidad de Angostillo.

La clasificación de color se utiliza para caracterizar frutos, semillas, hojas, pétalos, así como para medir la producción de clorofila en los vegetales. El color para el cladodio de nopal de tuna verde fue de 5GY 5/8, para nopal de verdura 7.5GY 6/2, nopal de tuna roja 7.5GY 5/4 y nopal de tuna sin semilla 2.5GY 6/8. Los reportes del color en nopales son escasos; sin embargo, Luna (2006) utilizó la carta de colores Munsell para clasificación de frutos en especies de cactáceas columnares en la región de la Mixteca Baja, México; por su parte, Madriz y Luciani (2002) la emplearon para clasificar el color verde en genotipos de frijol (*Vigna radiata*).

#### **1.4. Conclusiones**

La longitud, ancho y grosor de cladodio de las variedades de *Opuntia ficus indica* aumentaron a través de todo el año, siendo mayor para algunas variedades en los meses de lluvia (mayo a septiembre). Todas las variedades de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill presentaron brotación de cladodios. La variedad de nopal de verdura presentó la mayor brotación, mientras que la variedad nopal de tuna verde fue la que presentó el menor valor. La temperatura y la precipitación de la comunidad de Angostillo permitieron el crecimiento de estas variedades. Debido al corto tiempo de investigación no se pudo observar el desarrollo de las variedades de estudio.

#### **1.5. Literatura citada**

Basurto, S.D., Lorenzana, J.M., Amagos, G.G. 2006. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes *mellitus* tipo 2. Revista Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. 4:157-163.

- Beltrán, O.M.C., Oliva, C.T.G., Gallardo, V.T., Osorio, R.G. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry yellow and white types de pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus*) Ribocobono). *Agrociencia*. 43:153-162.
- Caloggero, S., Parera, A.C. 2004. Assessment of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) varieties and their possible planting systems. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2:401-407.
- Durán, J.M., Donoso, J.P., Quintero, M.M. 2002. Análisis del crecimiento en altura de árboles bajo sistema de selección mediante cortas cíclicas, usando modelos lineales mixtos. *Revista Forestal Venezolana*. 46:55-62.
- Durán, J.M., Donoso, J.P., Quintero, M.M. 2005. Efecto de cortas de selección en el crecimiento de brizales de especies tolerantes latifoliadas: análisis estadísticos usando modelos lineales. *Bosques*. 26:7-15.
- Flores, H.A., Orona, C.I., Murillo, A.B., Valdez, C.R., García, H.J.L. 2004. Producción y calidad de nopalito en la región de la Comarca Lagunera de México y su interacción con el precio en el mercado nacional. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:1-12.
- Gallegos, V.C., Valdez, C.R.D., Barron, M.M., Barrientos, P.A.F., Andrés, A.J., Nieto, A.R. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma de CRUCEN-UACH. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:41-49.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta edición. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 213 p.
- García, E., Gutiérrez, D.A.A., Salina, G.G.E., Cárdenas, C.E., Vázquez, A.R.E., Zavala, G.F., Martínez, C.J. 2006. Clasificación y estimación de la diversidad genética de nopal *Opuntia* spp en base a descriptores fenotípicos y marcadores genéticos moleculares. *Phyton*. 75:125-135.
- García, C.M., Peña, V.L., Trejo, S.L., Valle, S., Corrales, J., Sánchez, U.A. 2007. Efecto del potencial hídrico del suelo en el potencial osmótico y membranas celulares de nopalito (*Opuntia* spp.). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. 1:305-311.
- Glaforo, J., Flores, A., Velasco, M.C. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el Noreste de México. *Ciencia y Sociedad*. 9:1-7.

- Hernández, H.C., Godínez, H.A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52.
- Kiesling, R. 2001. Cactáceas de la Argentina promisorias agrónomicamente. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:11-15.
- Luna, M.C.C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitaya [*Stenocereus pruinulosus* (Otto) Buxb] en la Mixteca Baja, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:254-251.
- Madriz, I.P.M., Luciani, M.J.F. 2002. Caracterización morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Revista de la Facultad Agronomía de la Universidad del Zulia*. 28:27-39.
- Márquez, G.S.M., Mosquera, B.R., Herrera, T.M., Monedero, C. 2010. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 23:1-5.
- Medina, R.M., Tirado, E.G., Mejía, H.I., Camarillo, S.I., Cruz, V.C. 2006. Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 41:1173-1177.
- Orona, C.I., Cueto, W.J., Murillo, J.B., Santamaría, C.J., Flores, H.A., Valdez, C.R.D., García, H.J.L., Troyo, D.E. 2004. Extracción nutrimental de nopal-verdura bajo condiciones de riego por goteo. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:90-102.
- Pérez, V.L., Rosas, E.V.C., Huerta, M.F.M., Muñoz, U.A. 2006. Estado de conservación de una población de *Ferocactus histrix* en los llanos de ojuelos, Zacatecas, México. XVII Semana de la Investigación Científica en el CUCBA 2006. pp. 532-536.
- Pimienta, B.E., Nobel, P.S. 1998. Vegetative reproductive and physiological adaptations to aridity of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*). *Economic Botany*. 52:401-411.
- Pimienta, B.E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara, Fundación Produce Jalisco, A.C. México. 234 p.
- Reyes, A.J.A., Aguirre, R.J.R., Flores, F.J.L. 2005. Variación genotípica de *Opuntia* (Cactaceae) en interacción con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. *Interciencia*. 30:476-484.

- Ruíz, E.F.H., Alvarado, M.J.F., Murillo, A.B., García, H.J.L. Pargas, L.R., Duarte, O. J.D., Beltrán, M.F.F., Fenech, L.L. 2008. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de Plantación. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 1:3-14.
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In: Ramamoorty, T.P., Bye, R., Lot, A., Fa J. (eds.). Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution. Oxford University Press. New York. pp. 129-144.
- SAS Institute. 2004. SAS/ STAT® 9.1. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 512 p.
- Solano, J., Orihuela, A. 2008. Supervivencia y producción de nopal para verdura (*Opuntia ficus-indica*) utilizando fracciones mínimas. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 1:198-208.
- Valdez, C.R.D., Blanco, M.F., Vázquez, A.R.E., Magallanes, Q.M. 2007. Producción y usos del nopal para verdura. VI Simposium taller Producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México. 7 y 8 de diciembre del 2007. Maryni, Nuevo León. México. pp. 1-19.
- Vázquez, V.C., Zúñiga, T.R., Orona, C.R., Murillo, A.B., Salazar, S.E., Vázquez, A.R. García, H.J.L., Troyo, D.E. 2007. Análisis del crecimiento radical en cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*) (L.) Mill. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 1:82-90.

## CAPITULO II. CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS COLUMNARES Y EPIFITAS EN ANGOSTILLO VERACRUZ, MÉXICO

Para evaluar el crecimiento de las especies *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, *S. griseus* (Haworth) Buxbaum, *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R y *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose en la comunidad de Angostillo, municipio de Paso de ovejas, Veracruz, México, se realizó un experimento utilizando un diseño en bloques al azar, con cinco repeticiones, con seis tratamientos, que correspondieron a tres variedades de *Hylocereus undatus*, *Stenocereus stellatus*, *S. griseus* y *Acanthocereus pentagonus* las cuales se plantaron en dirección de la pendiente, con unidad experimental de cinco plantas aleatorizadas por variedad y una distribución de 3 x 3 metros en marco real. Las variables medidas fueron longitud de tallo para todas las especies, ancho de tallo para *Stenocereus griseus*, *S. stellatus*, variedad Xalapa, Chiapas, y longitud de arista para la variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus*. El análisis estadístico se realizó en SAS v. 9.1 para Windows. Se calculó el porcentaje de brotes y se determinó el color de la planta mediante la comparación de la tabla de colores Munsell para tejido vegetal. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) en los factores especies y tiempo para las variables longitud de tallo de las variedades Xalapa, Chiapas, Nunila y la especie *Acanthocereus pentagonus* y en longitud de arista para variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus*. De igual manera fue significativo respecto al tiempo en ancho de tallo para las variedades Xalapa y Chiapas. *Stenocereus stellatus* no presentó brotes. El color resultó para *Stenocereus griseus* de 5GY 6/10, *S. stellatus* de 5GY 6/8, Xalapa de 2.5GY 6/10, Nunila de 5GY6/10, Chiapas de 2.5GY 6/8 y *Acanthocereus pentagonus* de 5GY 4/4. De acuerdo a lo obtenido estas especies pueden sobrevivir a las condiciones de Angostillo, pero en las variedades Nunila, Chiapas, Xalapa es necesario emplear estrategias de manejo para un mejor crecimiento.

Palabras clave: cactaceae, plantas exóticas, respuesta biológica.

## GROWTH OF COLUMNAR AND EPIPHYTE CACTI IN ANGOSTILLO, VERACRUZ, MEXICO

Due to there is no information about the growth of *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, *S. griseus* (Haworth) Buxbaum, *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R and *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose in Angostillo, municipality of Paso de Ovejas, Veracruz, México, It was conducted an experiment to assess such species. It was used a randomized block design with five replications and six treatments, which corresponded to three varieties of *Hylocereus undatus*, *Stenocereus stellatus*, *S. griseus* and *Acanthocereus pentagonus* that were planted following the slope direction, the experimental sampling plot consisted of five plants per variety and planted to 3m x 3m between plants and rows. The statistical analysis was carried out with SAS version 9.1 for Windows. It was calculated the percentage of shoots and identified the color of the plants by comparison with a Munsell plant chart. There were significant differences ( $p \leq 0.05$ ) among species and time in stem length for the varieties Xalapa, Chiapas, Nunila and *Acanthocereus pentagonus*. Edge length differences occurred between Nunila and *Acanthocereus pentagonus*. *Stenocereus stellatus* did not have shoots. The color of plant was for *Stenocereus griseus* with 5GY 6/10 color, *S. stellatus* 5GY 6/8, *Hylocereus undatus*, Xalapa variety was 2.5GY 6/10, Nunila 5GY 6/10, Chiapas 2.5GY 6/8 and *Acanthocereus pentagonus* 5GY 4/4. It was concluded that those species can survive with the environmental conditions prevailing In Angostillo, but for varieties Nunila, Chiapas, Xalapa it is necessary to provide appropriate management for successful growth of plants.

Keywords: cactus, exotic plants, biological response.

### 2.1. Introducción

Las cactáceas son importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas por su aportación alimenticia, medicinal, ritual, ornamental entre otras utilidades (Pimienta, 1999). La familia *Cactaceae* es propia del continente americano, se

distribuye desde Arizona hasta la república de Argentina, incluyendo los países del Caribe (Becerra., 2000; Esquivel, 2004) Aunque otros autores reportan una distribución más amplia (Sanz *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2005). Actualmente se estima que existen alrededor de 2000 especies de la familia *Cactaceae*, de las cuales de 50 a 80 % tienen potencial para ser cultivos agrícolas (Arreola, 1999; Kiesling, 2001), (Esquivel, 2004) y un 70 % se encuentran en México (Inglese *et al.*, 2002).

Esta familia es de las más abundantes en México debido a que su territorio tiene más del 50 % de zonas semiáridas y semisecas (Glafiro *et al.*, 2008), aunque algunos géneros como *Hylocereus*, *Stenocereus* y *Opuntia* también se encuentran en las selvas baja caducifolias y perennifolias (Pimienta *et al.*, 2002; Castillo *et al.*, 2005).

Generalmente las poblaciones de *Stenocereus* sp crecen en las faldas de las cañadas subtropicales formando grandes grupos y en las planicies costeras de las regiones semiáridas de las costas oeste y este de México. El pitayo *Stenocereus stellatus* se cultiva en Jalisco, Colima, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Querétaro, Oaxaca, Puebla y Zacatecas (Arreola, 1999). Actualmente se encuentran parcelas sembradas con fines de comercialización. En la Mixteca Baja de Oaxaca las especies columnares como *Stenocereus stellatus*, *Stenocereus griseus* son ampliamente utilizadas (Luna, 2006; Castillo, 2005).

La (cruceta) *Acanthocereus pentagonus* es una de las más conocidas en las comunidades rurales de los estados ubicados en el litoral del Pacífico y Golfo de México. Sus brotes jóvenes son utilizados como alimento por los humanos. Por otra parte la especie *Hylocereus undatus* o pitahaya crece generalmente como epífita en los árboles y se caracteriza por producir frutos que se consumen como en fresco. Se cultiva en los estados de Tabasco, Puebla y Veracruz, actualmente tiene gran demanda en el comercio internacional (Ortiz, 2000; Vargas *et al.*, 2005; Meras *et al.*, 2003).



Angostillo es una comunidad que se localiza en la parte central del estado de Veracruz en el Municipio de Paso de Ovejas. Caracterizada por tener suelos pedregosos, poco profundos, con poca materia orgánica, precipitación inferior a 1000 mm anuales, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1988) como producto de la sombra orográfica del eje neo volcánico transversal.

Las características edafoclimáticas de Angostillo pueden ser adecuadas para el cultivo de pitahayas, pitayas y crucetas (Pimienta *et al.*, 2002, Rodríguez *et al.*, 2006; Villalobos *et al.*, 2007; Beltrán *et al.*, 2009). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el crecimiento de las especies de *Stenocereus stellatus*, *S. griseus*, *Hylocereus undatus* y *Acanthocereus pentagonus* para saber que especie responde mejor a las condiciones ambientales del lugar y que éstas puedan servir como una alternativa más para cultivo agrícola.

## 2.2. Materiales y métodos

El experimento se realizó del mes de agosto del 2008 a septiembre 2009 en la comunidad de Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, localizado a 19° 13' 01'' LN y 96° 26' 16'' LW, a 269 msnm, en el estado de Veracruz, México. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano,  $Aw_0$  (w) (García, 1988) y una precipitación promedio anual menor a 1000 mm.

El material vegetativo de *Stenocereus stellatus*, *Stenocereus griseus* que se utilizó se colectó en los estados de Oaxaca y Puebla; mientras que *Hylocereus undatus* (variedades Chiapas, Nunila, Xalapa) fueron donadas por el INIFAP, Campo Experimental Cotaxtla y cruceta (*Acanthocereus pentagonus*) se obtuvo del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Veracruz. Los esquejes se seleccionaron de una misma edad y de tamaños homogéneos completamente sanos. Se dejaron reposar por 15 días para favorecer la cicatrización y evitar daño por hongos y bacterias (Ruíz *et al.*, 2008). La preparación del terreno consistió de rastreo y barbecho. Se realizaron cepas de profundidad de 30 centímetros y un diámetro de 20 cm (Orona *et*

al., 2004). Se realizó un experimento utilizando un diseño de bloques al azar en bloques, con cinco repeticiones, con seis tratamientos, que correspondieron a tres variedades de la especie *Hylocereus undatus*, un ejemplar de *Stenocereus stellatus*, un ejemplar *S. griseus* y un ejemplar *Acanthocereus pentagonus*, las cuales fueron plantadas en dirección de la pendiente del terreno, con unidad experimental de cinco plantas por variedad y una distribución de 3 x 3 m. Las variables medidas fueron longitud de tallo para todas las especies, ancho de tallo para *Stenocereus griseus*, *S. stellatus*, variedad Xalapa, Chiapas, y longitud de arista para *Hylocereus undatus* variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus*.

El ancho del tallo se midió con cinta métrica graduada flexible de vinil. Para medir la longitud de arista en Nunila y cruceta se realizó desde el centro hacia la periferia en la parte más grande de la arista del tallo de la planta utilizando un vernier.

Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED para mediciones repetidas en el tiempo, con la estructura de covarianza de Simetría Compuesta CS (Compound Symetric) la cual supone que la corinteracción entre dos observaciones es la misma sin importar su distanciamiento en el tiempo (Durán *et al.*, 2002; Duran *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2010). Esto se hizo con SAS v. 9.1 para Windows (SAS Institute Inc., 2004). El modelo de covarianza se seleccionó previamente con los criterios AICC (Criterio de Información de Akaike) y BIC (Criterio de Información Bayesiano) SAS, 2004). Se utilizó LSMEANS para calcular las medias y la opción SLICE para realizar pruebas de efectos en determinadas fechas de muestreos. También se comparó el efecto de tratamiento de especie contra especies mediante la opción CONTRAST.

Por otra parte para determinar el porcentaje de brotes se dividió el número de registros mensuales de brotes entre el número de brotes evaluados en un año multiplicado por 100. El color de la planta se determinó utilizando la tabla de colores Munsell para tejido vegetal. La temperatura promedio mensual y anual, la precipitación total mensual, la precipitación total anual fueron graficadas y analizadas con el propósito de observar las diferencias climáticas donde se desarrollan las

especies de nopal. Éstas fueron obtenidas para Tehuacán, Estado de Puebla con la norma climatológica nacional (García, 1988) y para Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz a través de una estación meteorológica Davis Instruments modelo Pro2™.

### 2.3. Resultados y discusión

No se encontraron diferencias estadísticas ( $F=0.02$ ; gl 1,72;  $P= 0.8910$ ) entre especies en la longitud de tallo de *Stenocereus griseus* y *S. stellatus*, respecto al tiempo no hubo diferencias significativas ( $F=0.34$ ; gl 11,72;  $P= 0.9736$ ), en la interacción especie-tiempo no presentaron diferencias significativas ( $F=0.00$ ; gl 11,72;  $P= 1.0000$ ). En la comparación de tratamientos de especies *Stenocereus stellatus* y *Stenocereus griseus* no se encontraron diferencias estadísticas durante los 12 meses de plantadas (Figura 6).

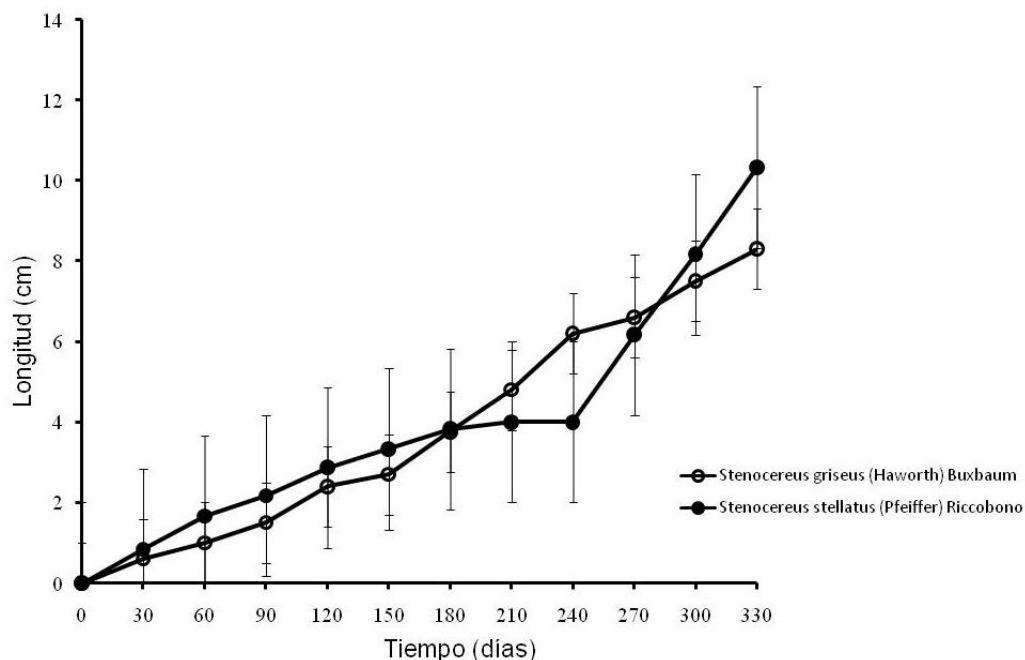


Figura 6. Longitud de tallo de las especies *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaumy *S. stellatus* (Pfeiffer) Riccobono a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

De acuerdo a su tasa el crecimiento fue lento igual a los de su hábitat natural, en *Stenocereus* spp presentan crecimiento vegetativo pausado en el mes de agosto hasta inicios de la primavera, debido a que son especies que tienen capacidad para

retener agua y debido a que presentan sistema radical desarrollado (Pimienta, 1999). El incremento fue lento en los primeros meses de plantadas debido al proceso de aclimatación. De 240 a los 330 días de plantadas el aumento en la longitud fue evidente debido a la presencia de humedad y posiblemente a la colonización de hongos micorrízicos. El aumento a los doce meses fue de 8.30 cm para *Stenocereus griseus* y *S. Stellatus* de 10.33 cm, este valor coincide con lo reportado por Pimienta (1999) quien menciona que cuando son plantadas ramas de especies de *Stenocereus queretaroensis* éstas pueden crecer 10 a 20 cm anualmente.

El aumento de ancho de la longitud del tallo de *Stenocereus griseus* y *S. stellatus* no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $F=0.02$ ; gl 1,72;  $P= 0.8910$ ), de igual manera no hubo diferencias estadísticas ( $F= 0.34$ ; gl 11,72;  $P= 0.9736$ ) respecto al tiempo, y en la interacción especie-tiempo no presentaron diferencias significativas ( $F= 0.00$ ; gl 11,72;  $P= 1.0000$ ). Al comparar tratamiento de *S. griseus* y *S. Stellatus* empleando contrastes en los tratamientos en 12 meses no se encontraron diferencias estadísticas (Figura 7).

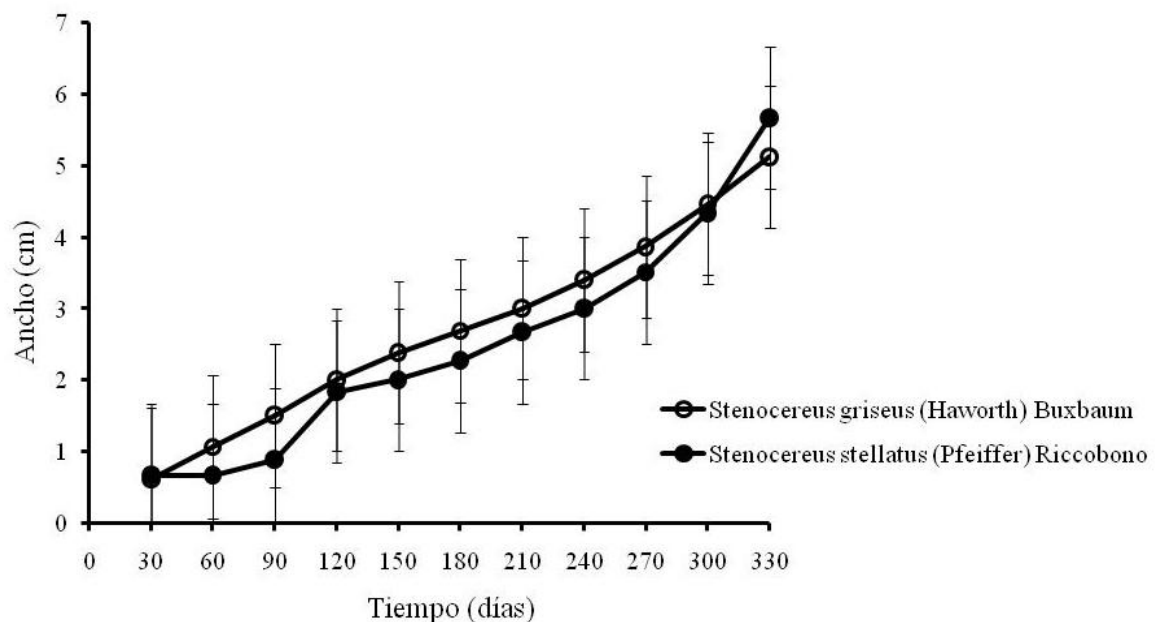


Figura 7. Ancho de tallo de las especies *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaumy *S. stellatus* (Pfeiffer) Riccobono a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

El aumento del ancho en el tallo de *Stenocereus griseus* fue constante a lo largo del año, mientras que *S. stellatus* a partir de los 90 días de plantadas presentó un aumento considerable. Esto puede deberse a la presencia de la baja humedad residual. Al término de doce meses la especie *Stenocereus griseus* tuvo un valor de 5.12 cm, mientras que *S. stellatus* fue de 6.66 cm.

Pimienta y Nobel (1998), mencionan que de septiembre a junio es cuando ocurre el crecimiento en plantas columnares y pueden crecer hasta  $0.26 \text{ cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$  en plantas jóvenes. (Sutton *et al.*, 1981) reportan que el crecimiento del pitayo es bajo durante la época húmeda, debido a que la planta aprovecha este periodo para almacenar carbohidratos que son utilizados en la época seca.

En la longitud de tallo de las variedades Xalapa, Nunila, Chiapas y *Acanthocereus pentagonus* entre especies si se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $F=912.4$ ; gl 3,180;  $P= 0.0001$ ), la variedad Nunila presentó mayor valor, y *Acanthocereus pentagonus* el menor; respecto al factor tiempo no hubo diferencias estadísticas significativas ( $F=0.39$ ; gl 11,180;  $P= 0.9568$ ) y en la interacción especie-tiempo no hubo diferencias estadísticas ( $F=0.41$ ; gl 33,180;  $P= 0.9982$ ) (Figura 8). Al comparar tratamientos empleando contrastes de las variedades Chiapas y Nunila contra la variedad Xalapa y la especie *Acanthocereus pentagonus* a los 12 meses de plantadas no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

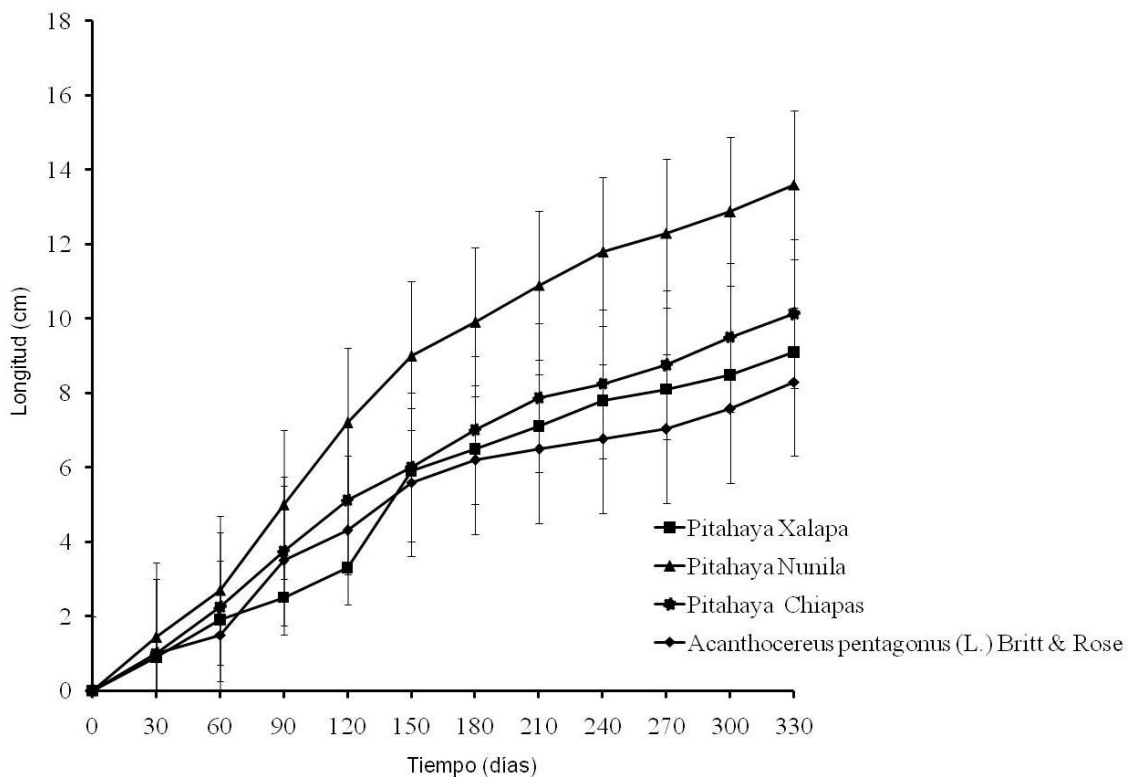


Figura 8. Longitud de tallo de las especies *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedad Xalapa, Nunila, Chiapas y *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

Al final del experimento se encontró una elongación en la longitud del tallo para la variedad Nunila de 13.6 cm, Chiapas 10.12 cm, Xalapa 9.10 cm y *Acanthocereus pentagonus* 8.30 cm. Sin embargo los valores obtenidos son bajos en comparación a los reportados por Andrade *et al.* (2006) quienes obtuvieron elongaciones de tallos de 100 cm y 250 cm de *Hylocereus undatus* los cuales fueron obtenidos de tallos maduros.

En el aumento del ancho del tallo de las variedades Xalapa y Chiapas, no se encontraron diferencias significativas estadísticas entre variedades ( $F=0.22$ ; gl 1,84;  $P= 0.6411$ ), respecto al tiempo si hubo diferencias estadísticas ( $F=3.23$ ; gl 11,84;  $P= 0.0011$ ), y en la interacción especie-tiempo no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $F=0.03$ ; gl 11,84;  $P= 1.000$ ) (Figura 9). Al comparar tratamientos empleando contraste en la variedad Xalapa contra la variedad Chiapas

no se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) a los 12 meses después de plantadas.

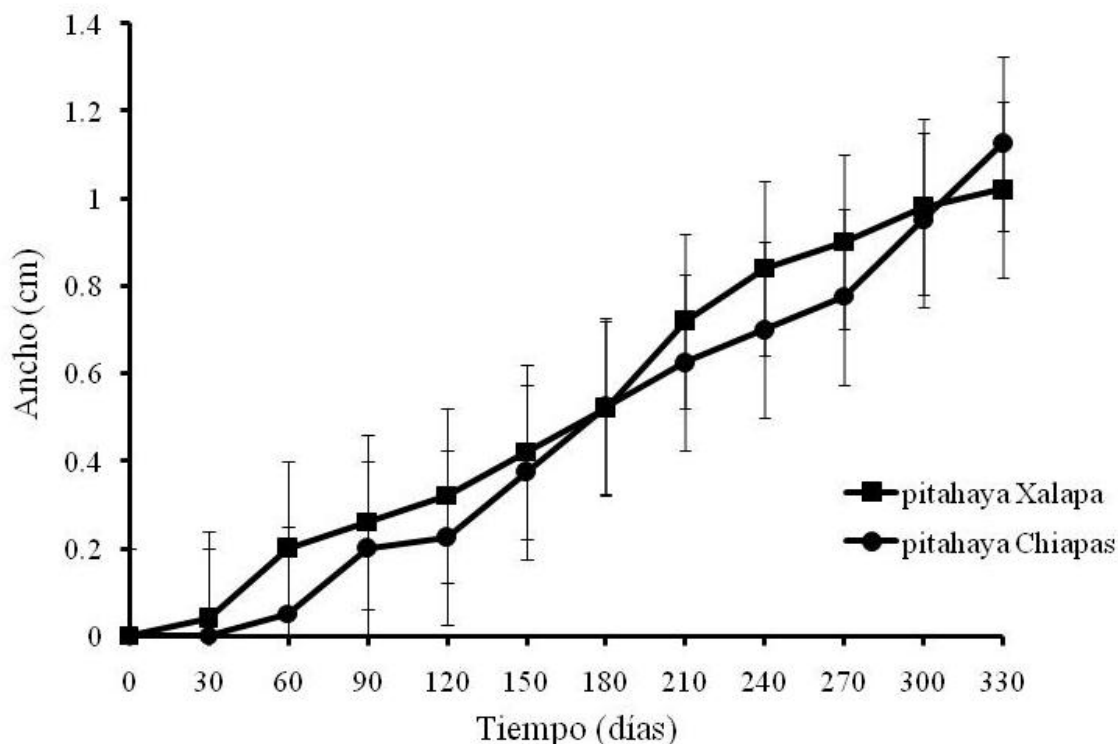


Figura 9. Ancho de tallo de la especie *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedad Xalapa y Chiapas a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

Por otra parte a partir de los 90 días de plantadas las variedades empezaron a presentar incremento notable de ancho. Posterior a los siguientes meses el aumento fue estable. Al final del experimento la variedad Chiapas presento un incremento de 1.12 cm y Xalapa 1.02 cm. Debido a que cuentan con un tallo morfológicamente aplanado su aumento no es evidente a lo largo de elongación del tallo en estas variedades.

En la longitud de arista para las especies *Acanthocereus pentagonus* y variedad Nunila si hubo diferencias significativas entre especies ( $F=6.05$ ; gl 1,96;  $P=0.0157$ ), fue *Acanthocereus pentagonus* la que presentó mayor valor, mientras que la variedad Nunila fue la que presentó menor valor; con respecto al tiempo si presentaron diferencias significativas ( $F=3.52$ ; gl 11,96;  $P= 0.004$ ), en la interacción

especie-tiempo no se encontraron diferencias estadísticas ( $F=0.36$ ;  $gl\ 11;96$ :  $P=0.9695$ ) (Figura 10).

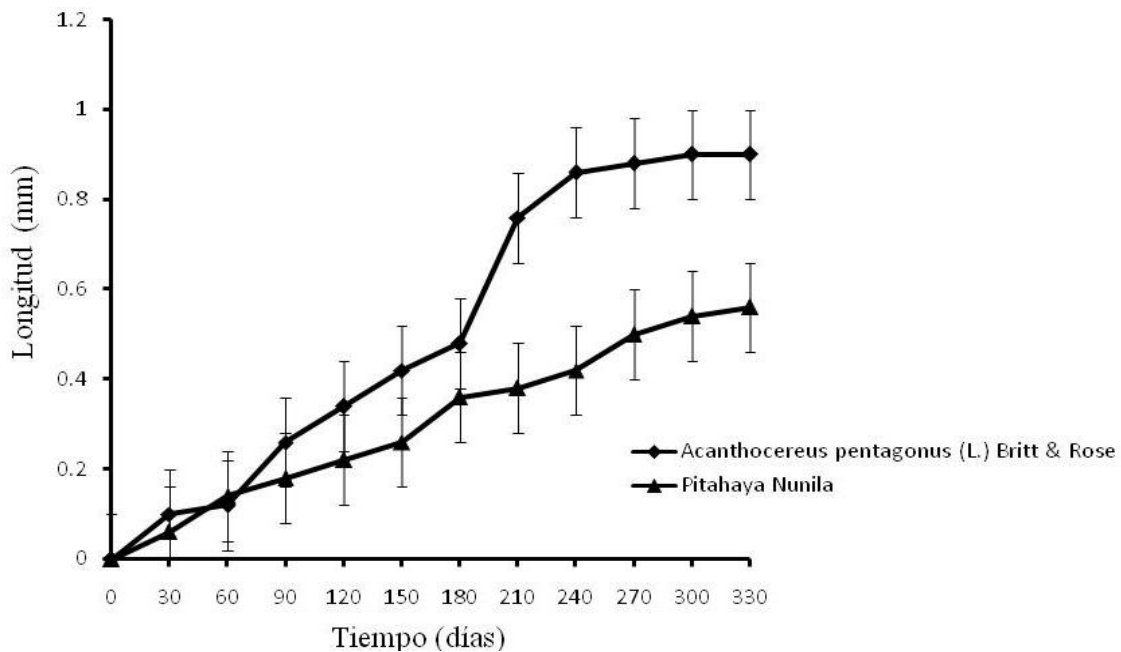


Figura 10. Longitud de arista de la especie *Hylocereus undatus* (Haw) Br & R variedad Nunila y *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britt & Rose a través del tiempo. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

Se encontró que el incremento fue lento hasta los 150 días de plantadas, en los 180 días de plantadas para el caso de *Acanthocereus pentagonus* es cuando presentan nuevos brotes que corresponde al mes de marzo, siendo cuando esta especie presenta crecimiento vegetativo. Sin embargo al final del experimento *Acanthocereus pentagonus* presentó un incremento de 0.90 cm y la variedad Nunila 0.56 cm.

En cuanto a las variables ambientales, la temperatura promedio del año 2009 en Tehuacán, Puebla, la más alta fue 21.1 °C en el mes de mayo, mientras que en Angostillo fue de 28.41 °C en el mismo mes (Cuadro 2) mientras que la más baja para Tehuacán fue 15.3 °C en enero y para Angostillo 21.3 °C en el mismo mes. La presencia de temperaturas altas tienen interacción con la eficiencia fotosintética que da como resultado el incremento de la longitud de tallo en las plantas columnares y epifitas.



Cuadro 2. Temperatura promedio mensual del año 2009 de Tehuacán, Puebla y Angostillo, Veracruz.

Temperatura media del año 2009 (°C)												
Localidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tehuacán	15.3	16.8	18.6	20	21.1	20.8	19.5	19.9	20.1	18.6	16.7	16
Angostillo	21.3	23.07	23.52	26.15	28.41	26.68	26.51	27.55	26.26	24.5	22.79	21.6

El mes con mayor precipitación fue septiembre con 118.3 mm para Tehuacán, Puebla y 207.3 mm en julio para Angostillo, Veracruz (Cuadro 3), estos valores están relacionados con el incremento en crecimiento de las plantas columnares. El mes con menor precipitación para Tehuacán fue enero con 2.1 mm y para Angostillo fue diciembre 0.06 mm, es en los meses fríos donde la fotosíntesis es reducida (Pimienta, 1999) y la planta frena su crecimiento.

Cuadro 3. Precipitación promedio mensual del año 2009 de Tehuacán, Puebla y Angostillo, Veracruz.

Precipitación media del año 2009 (mm)												
Localidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tehuacán	2.1	3	3.7	7.7	69.2	90.3	74.5	59.1	118.3	32.1	4	5.4
Angostillo	10.6	0.8	18.8	10.6	21	168.9	207.7	109.9	151.8	80.4	0.128	0.06

La variedad Nunila fue la que presentó mayor brotación, mientras que *Stenocereus stellatus* no presentó (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje relativo de producción de brotes en función al total de todas las cactáceas.

Especie	Porcentaje
Pitahaya variedad Nunila	40.00
<i>Acanthocereus pentagonus</i>	20.00
<i>Stenocereus griseus</i>	16.67
Pitahaya variedad Xalapa	13.33
Pitahaya variedad Chiapas	10.00
<i>Stenocereus stellatus</i>	00.00

El color de las plantas de acuerdo a la carta de colores de Munsell, quedó para *Stenocereus griseus* 5GY 6/10, *Stenocereus stellatus* 5GY 6/8, *Acanthocereus pentagonus* 5GY 4/4 que corresponde a un verde semi oscuro, pitahaya variedad Xalapa 2.5GY 6/10 es un verde claro, variedad Nunila 5GY 6/10 un verde semi claro, y variedad Chiapas 2.5GY 6/8. Son escasos los trabajos donde reporten el color de las cactáceas, sin embargo la carta de colores Munsell se emplea para clasificar el color en frutas. Luna. (2006) utilizó dicha carta para clasificar los frutos de algunas plantas columnares de la Mixteca Baja, México y Madriz y Luciani (2002) la utilizaron para clasificar genotipos de en frijol (*Vigna radiata*).

## 2.4. Conclusiones

La longitud de tallo, ancho del tallo en las especies *Stenocereus stellatus*, *S. griseus* tienen un incremento casi estable, y su crecimiento en longitud de tallo es mayor alrededor de los 210 días de plantadas y el comportamiento fue diferente en el tiempo en ambas especies.

En la especie *Hylocereus undatus* el incremento más notable fue a los 150 días de plantadas, después de este tiempo el crecimiento fue estable. Lo mismo sucedió en

el ancho del tallo y la longitud de arista. La mayoría de las plantas presentaron brotes a diferencia de *Stenocereus stellatus*, que no presento.

Para obtener información del crecimiento y desarrollo de estas cactáceas es necesario realizar investigaciones que involucren más de dos años de duración.

Las especies evaluadas crecieron en las condiciones ambientales de la comunidad de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Por lo que podrían ser utilizadas como una alternativa para cultivo agrícola de esta comunidad.

## 2.5. Literatura citada

Andrade, J.L., Rengifo, E., Ricalde, M.F., Simá, J.L., Cervera, J.C., Vargas, S.J.C. 2006. Microambiente de luz, fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agroecosistema de Yucatán, México. *Agrociencia*. 40:687-697.

Arreola, N.H. 1999. Taxonomía del pitayo (*Stenocereus* (Berger) Ricc.). *In*: Pimienta B., E. El Pitayo en Jalisco y Especies afines en México. Universidad de Guadalajara, Fundación Produce Jalisco, México. A.C pp. 13-123.

Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. *Biodiversitas*. 32:2-5.

Beltrán, O.M.C., Oliva, C.T.G., Gallardo, V.T., Osorio, R.G. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry yellow and white types de pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Agrociencia*. 43:153-162.

Castillo, C.G., Medina, A.M.E., Dávila, A.P.D., Zavala, H.J.A. 2005. Contribución al conocimiento de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica de México*. 73:19-57.

Durán, J.M., Donoso, J.P., Quintero, M.M. 2002. Análisis del crecimiento en altura de árboles bajo sistema de selección mediante cortas cíclicas, usando modelos lineales mixtos. *Revista Forestal Venezolana*. 46:55-62.

Durán, J.M., Donoso, J.P., Quintero, M.M. 2005. Efecto de cortas de selección en el crecimiento de brizales de especies tolerantes latifoliadas: análisis estadísticos usando modelos lineales. *Bosques*. 26:7-15.

Esquivel, P. 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana*. 15:215-219.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta edición. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 213 p.
- Glaforo, J., Flores, A., Velasco, M.C. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el Noreste de México. *Ciencia y Sociedad*. 9:1-7.
- Inglese, P., Basile, F., Schirra, M. 2002. Cactus pears fruit production. *In: Parks*. Nobel (ed). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press. California USA. pp. 280-300.
- Kiesling, R. 2001. Cactáceas de la Argentina promisorias agrónomicamente. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 4:11-15.
- Meras, A.M.R., Gómez, C.M., Schwentesius, R.R. 2003. Pitahayas de México- Producción y Comercialización. *In: Pitayas y Pitahayas*. Flores V., C. (ed.). CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. México. 199 p.
- Madriz, I.M.P., Luciani, M.J.F. 2002. Caracterización morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Willczek). *Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*. 28:27-39.
- Márquez, G.S.M., Mosquera, B.R., Herrera, T.M., Monedero, C. 2010. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente. *Revista Colombiana de Ciencia Pecuarias*. 23:1-5.
- Luna, M.C.C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitayas [*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxm] en la Mixteca Baja, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:245-251.
- Orona, C.I., Cueto, W.J., Murrillo, J.B., Santamaría, C.J., Flores, H.A., Valdez, C.R.D., García, H.J.L., Troyo, D.E. 2004. Extracción nutrimental de nopal-verdura bajo condiciones de riego por goteo. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:90-102.
- Ortiz, H.Y.D. 2000. Hacia el Conocimiento y Conservación de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). CONACyT, México. 124 p.
- Pimienta, B.E. 1999. El Pitayo en Jalisco y Especies Afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco, A.C. México. 234 p.

- Pimienta, B.E., Robles, M.C., Pimienta, B.E. 2002. Crecimiento primario en plantas silvestres de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weeber) Buxbaum) y su interacción con la temperatura, lluvia y micorrizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:219-222.
- Pimienta, B.E., Nobel. P.S. 1998. Vegetative, reproductive and physiological adaptations to aridity of pitayo (*Stenocereus queretaroensis* Cactaceae). *Economic Botany*. 52:401-411.
- Rodríguez, R.D.A, Patiño, G.M.P., Miranda, L.D., Fisher, G., Galvis, V.J.A. 2005. Efecto de índice de dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en postcosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). *Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*. 58: 2827-2857.
- Rodríguez, A.I., Casas, A., Lira, R., Campos, J. 2006. Uso, manejo y procesos de domesticación de *Pachycereus hollianus* (f.a.c. Weber) Buxb. (Cactaceae), en el valle de Tehuacán-Cuitatlán, México. *Interciencia*. 31:677-685.
- Ruiz, E.F.H., Alvarado, M.J.F., Murillo, A.B., García, H.J.L. Pargas, L.R., Duarte, O. J.D., Beltrán, M.F.F., Fenech, L.L. 2008. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1:3-14.
- Sanz, A.M., Dana, S.E.D., Sobrino, V.E. 2004. Sobre las cactáceas naturalizadas en la costa meridional de Cataluña. *Revista Anales del Jardín Botánico de Madrid* 61:27-33.
- SAS Institute. 2004. SAS/ STAT® 9.1. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, N. C. 5121 p.
- Sutton, B.G., Ting, I.P., Sutton, R. 1981. Carbohydrate metabolism of cactus in a desert environment. *Plant Physiology*. 68:784-787.
- Vargas, V.M.L., Centurión, Y.A., Sauri, D.E., Tamayo, C.J. 2005. Industrialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*): una nueva forma de comercialización. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 9:498-509
- Villalobos, S., Vargas, M.O.; Melo, S. 2007. Uso, manejo y conservación de "yusu", *Stenocereus griseus* (Cactaceae), en la Alta Guajira Colombiana. *Acta Biológica de Colombia*. 12:99-112.

## CONCLUSIONES GENERALES

Las plantas de *Opuntia ficus-indica* de la variedad tuna verde, nopalito, tuna roja y tuna sin semilla, así como también las especies columnares *Stenocereus griseus* y la especie *Hylocereus undatus*, así como las variedades Chiapas, Nunila y Xalapa, *Acanthocereus pentagonus* presentaron crecimiento, nuevos brotes y su coloración fue semejante a las plantas de la misma especie creciendo en el hábitat donde fueron colectadas.

La especie columnar *Stenocereus stellatus* tuvo ausencia de nuevos brotes. La variedad Chiapas, Nunila, Xalapa el crecimiento de longitud de tallo fue inferior al crecimiento normal.

El crecimiento de todas las especies de cactáceas utilizadas fue lento, en algunas especies columnares el crecimiento fue de  $0.8 \text{ cm mes}^{-1}$ .

En las variedades de nopal es posible su crecimiento en la comunidad de Angostillo, Paso de Ovejas. La siembra de estas variedades puede ser una alternativa de cultivo para los campesinos de la comunidad. Es necesario que se realicen estudios que involucren más de dos años de duración, para obtener información más contundente sobre el crecimiento y desarrollo de estas especies.