

## Crecimiento de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en la zona central de Veracruz\*

### Growth of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. in central Veracruz

Catalino Jorge López Collado<sup>1§</sup>, Alín Malpica Vázquez<sup>1</sup>, José López Collado<sup>1</sup>, Eliseo García Pérez<sup>1</sup> y Ángel Sol Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz. Carretera Federal Veracruz-Xalapa, km. 26.5, vía Paso de Ovejas, Veracruz, tel. 01 229 2010770. Ext. 64316, 64344 y 64302. (alinmalpicca@hotmail.com), (alinmalpicca@hotmail.com), (jlopez@colpos.mx), (geliseo@colpos.mx). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, *Campus* Tabasco. sol@colpos.mx. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: ljorge@colpos.mx.

#### Resumen

Con menos de 1 000 mm de precipitación que existe en Angostillo las cactáceas son una alternativa de cultivo que sirvan como un complemento más en la agricultura y economía local. El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento de cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*) (L.) Mill.: 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 con un diseño en bloques al azar, con cinco repeticiones aleatorizadas, y cuatro tratamientos, correspondientes a las cuatro variedades de nopales. Se midió el crecimiento en longitud, ancho y grosor de cladodios. El análisis estadístico se hizo en SAS versión 9.1. 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 longitud, ancho y grosor de cladodios. El promedio de longitud de cladodio para ntv fue 6.82 cm, ndv 6.66 cm, ntr 7.78 cm, ntss 6.03 cm. En ancho de cladodio el ntv fue de 1.4 cm, ndv 1.6 cm, ntr 1.8 cm, ntss 3.4 cm. En grosor, el ntv tuvo en promedio 0.3 cm, ndv 0.3 cm, ntr 0.5 cm, ntss 0.3 cm. Todas presentaron

#### Abstract

With less than 1 000 mm of precipitation existing in Angostillo, cacti are an alternative crop to serve as a complement in agriculture and local economy. The objective was to evaluate the growth of four varieties of cactus (*Opuntia ficus-indica*) (L.) Mill.: nopal de verdura (ndv), nopal de tuna verde (ntv), nopal de tuna roja (ntr) and nopal de tuna sin semilla (NTSS) in the community of Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, Mexico. We conducted an experiment with a randomized block design, with five randomized replications and four treatments for all the varieties. Growth was measured in length, width and thickness of cladodes. The statistical analysis was done in SAS, version 9.1. We determined the percentage of sprouting of cladodes and color of the plant using the Munsell color chart for vegetables. There were statistical differences ( $p \leq 0.05$ ) between varieties in length, width and thickness of cladodes. The average length of the cladode was 6.82 cm for ntv, 6.66 cm ndv, 7.78 cm ntr and, 6.03 cm for NTSS. In cladode width it was 1.4 cm for ntv, 1.6 cm ndv, 1.8 cm ntr and, 3.4 cm for NTSS. In thickness, ntv had on average 0.3 cm, 0.3 cm ndv, 0.5 cm ntr and, 0.3 cm for NTSS. All of them had buds; the

\* Recibido: diciembre de 2012  
Aceptado: abril de 2013

brotos, la variedad ndv fue la que presentó un mayor valor 43.5 %. El color resultó para ntv 5GY 5/8, ndv 7.5GY6/2, ntr 7.5GY5/4 y ntss 2.5GY6/8.

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

## Introducción

Las plantas de la familia *Cactaceae* crecen principalmente en zonas áridas y semiáridas de México. Esta familia incluye más de 1 500 especies, de las cuales al menos 850 crecen en nuestro país y se estima que cerca de 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; Beltrán *et al.*, 2009).

El crecimiento de tallos y ramas, así como la producción de frutos y semillas en plantas se utilizan 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 realiza 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*,

variety ndv had the higher value, 43.5%. The color turned out to be for ntv 5GY 5/8, ndv 7.5GY6/2, ntr 7.5GY5/4 and NTSS 2.5GY6/8.

**Key words:** *Opuntia* spp., vegetative growth, introduced.

## Introduction

The plants that belong to the *Cactaceae* family grow mainly in arid and semiarid regions of Mexico. This family includes more than 1 500 species, of which at least 850 are growing in our country and it is estimated that about 80% are endemic.

Cacti in Mexico are located in the States of Baja California, Puebla, Hidalgo, Queretaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León and Tamaulipas, although there are epiphytes species in tropical areas (Pérez *et al.*, 2006; Glafiro *et al.*, 2008). Nopal is a very important cactus in Mexico, as vegetable and fruit is in demand in both domestic and international markets, but as for other species, there are only a few studies about the growth and development of the plant in different agroecosystems (Gallegos *et al.*, 2006; García *et al.*, 2006). The nopales are used as a vegetable for human consumption, forage substrate for the production of cochineal, medicinal and cosmetic products processing (Basurto *et al.*, 2006; Gallegos *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006; Valdez *et al.*, 2007; Beltran *et al.*, 2009).

The growth of stems and branches, as well as fruit and seed production in plants are used to assess changes in the plant, also these are parameters included in the management of the crop. The plant growth is defined as a quantitative process which is related to irreversible increase in size, weight and dimensions of the plant (Vázquez *et al.*, 2007).

The growth was performed in the apical meristem and cambium, the first one is related to longitudinal growth and direction is based on negative geotropism; the cambium is associated with changes in the diameter and thickness of cladode; Cacti are characterized by growth and development in sandy or rocky soils. In Veracruz, the diversity of genera and species of *Cactaceae* is low compared to other botanical families such as *Fabaceae*, *Rubiaceae* and *Euphorbiaceae*, because the State is characterized mainly by presenting deciduous and semi-deciduous tropical forest (Rzedowski, 1993).

*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, precipitación menor a 1000 mm anuales, pero hay otros factores que pueden afectar el crecimiento como la temperatura, humedad relativa, y horas luz. Estas condiciones parecen ser apropiadas para el cultivo del nopal, debido a que este grupo de plantas crecen con menos de 1000 mm de precipitación anual, 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 Godínez, 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*.

## Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en la comunidad de Angostillo (19° 13' 01" latitud norte y 96° 26' 16" longitud oeste) 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 1 000 mm.

Se utilizó material vegetativo de cuatro variedades de nopal: ndv, ntv, ntr, y ntss. El material vegetativo se seleccionó homogéneamente de tamaño y edad. Se transportaron hasta el lugar de siembra protegidas con papel periódico, se colocaron bajo sombra por 15 días con la finalidad de estimular la cicatrización del corte en la base (Ruiz *et al.*, 2008).

La preparación del terreno consistió de barbecho y rastreo. Posteriormente se realizaron cepas con una profundidad de 30 cm y un diámetro de 20 cm se utilizó cava-hoyos y pala recta para plantar las partes vegetativas (cladodios) (Orona *et al.*, 2004). Se utilizó 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 y Parera, 2004; Flores *et al.*, 2004). El registro de datos se realizó mensualmente durante un

However, Angostillo has semi-dry conditions with few deep soils, low organic matter, precipitation less than 1 000 mm per year, but there are other factors that can affect growth, such as temperature, relative humidity, and day length. These conditions appear to be suitable for cultivation of nopal, because this group of plants grow with less than 1000 mm of rainfall annually, so that this region could be exploited for the cultivation of these varieties. Besides, it can be an alternative crop for local agro-ecosystems and provide an additional income to the community (Hernández and Godínez, 1994; Medina *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007). The present study aimed to evaluate the growth of four varieties of *Opuntia ficus-indica*, Cactaceae family.

## Materials and methods

This study was conducted in the community of Angostillo (19° 13' 01" north and 96° 26' 16" W) at 269 meters in the municipality of Paso de Ovejas in the State of Veracruz, Mexico. The climate is warm subtropical with summer rains ( $Aw_0(w)$ ) (García, 1988) and an average annual rainfall with less than 1 000 mm.

Vegetative material from four varieties of cactus was used: ndv, ntv, ntr, and NTSS. The plant material was selected considering the size and age evenly. Transporting them to the planting site protected with newspaper, placed under the shade for 15 days in order to stimulate the healing of the cut in the base (Ruiz *et al.*, 2008).

Site preparation consisted of fallow and tracking. Strains were then held with a depth of 30 cm and a diameter of 20 cm using hole-nailing and straight shovel for planting vegetative parts (cladodes) (Orona *et al.*, 2004). We used a randomized block design, with five replications, with four treatments that corresponded to the four varieties, which were planted in the direction of the slope, with experimental unit of five plants per variety and distribution of 3 x 3 m in real framework (Caloggero and Parera, 2004; Flores *et al.*, 2004). Data logging was performed monthly for one year. The variables measured were the length, width and thickness of cladode. The main cladode width was measured from end to end with a flexible graduated vinyl tape, and to measure the length of cladode we used the same tape. The cladode thickness was measured with a vernier, marked a reference point for all records.

año. Las variables que se midieron fueron la longitud, ancho y grosor de cladodio. El ancho de cladodio principal se midió de extremo a extremo con una cinta métrica graduada flexible de vinil, y para medir el largo del cladodio se utilizó la misma cinta. El grosor de cladodio se midió con un vernier, se marcó 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 el color de la carta de colores Munsell para tejido vegetal, y se escogió el que fuera más similar, anotando la nomenclatura de la Tabla Munsell, el color es solo una referencia de la intensidad del color verde. 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™.

## 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

Data were analyzed using the MIXED procedure for repeated measurements over time, with the structure of compound symmetry covariance CS (Compound Symetric) which assumes that the corinteraction between two observations is the same regardless of their distance in time (Duran *et al.* 2002; Duran *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2010). This was done with SAS v. 9.1 for Windows (SAS Institute Inc., 2004). The covariance model was previously selected with the criteria AICC (Akaike Information Criterion) and BIC Bayesian Information Criterion (SAS Institute, 2004). LSMEANS was used to calculate the mean and the SLICE option to test the effects on specific sampling dates. We also compared the interaction of varieties with varieties by using the CONTRAST.

In order to determine the percentage of germination, we divided the number of young cladodes monthly records of the number of cladodes evaluated in a year multiplied by 100. On the other hand to characterize the color of these varieties, we began by comparing the color of the plant with the color of the Munsell color chart for plant tissue, and was chosen to be more like, scoring the nomenclature of Table Munsell color is only one reference of the intensity of green color. The average monthly temperature, mean annual temperature, monthly total precipitation and total annual precipitation were plotted and compared against the response variables in order to observe the differences in climate where the cactus species develop. These data were obtained for Texcoco de Mora, State of Mexico, with the national climatological norm (García, 1988) and Angostillo, with a Davis Instruments weather station Pro2™ model.

## Results and discussion

The increase in length between varieties showed no significant statistically differences ( $F=0.74$ ,  $df\ 3,132$ ,  $p=0.5291$ ), the analysis for the time elapsed if there were statistically significant differences ( $F=7.15$ ,  $df\ 11, 132$ ,  $p=0.0001$ ), as time passed its size increased and was different from the elapse time for some varieties, the time interaction was not significant ( $F=0.22$ ,  $df\ 33, 132$ ,  $p=1.0000$ ), this could be due to the genetic diversity of these varieties and physiological characteristics that were not favorable to soil type, temperature, light, rainfall and humidity (Figure 1). However, Ruiz *et al.* (2008) reported that growth is determined by the genetic characteristics of the varieties and favorable conditions of the environment where they actually grow.

transcurrido si hubo diferencias estadísticas significativas ( $F= 7.15$ ; gl 11, 132;  $p= 0.0001$ ), conforme transcurrió el tiempo su tamaño aumentó y fue diferente al transcurrir el tiempo para algunas variedades; en la interacción variedades-tiempo no fue significativa ( $F= 0.22$ ; gl 33, 132;  $p= 1.0000$ ), 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 está determinado por las características genéticas de las variedades y las condiciones favorables del ambiente donde crecen.

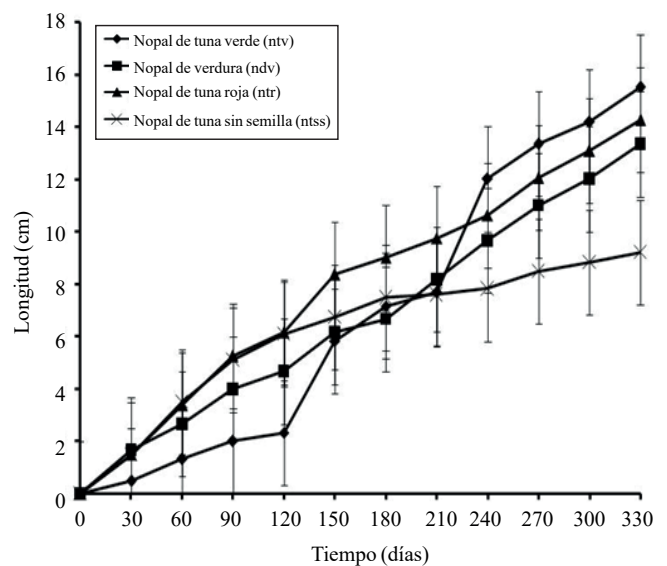
Al comparar la longitud de cladodios en ntr, contra ntv, ndv no hubo diferencias estadísticas significativas a los 12 meses después de plantadas. Este comportamiento se atribuye a que las plantas empezaron un proceso de aclimatación, al ser un mecanismo para sobrevivir en un lugar diferente de su hábitat natural.

Por otra parte, la variedad 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 (Figura 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, al utilizar la misma especie y en las mismas condiciones ambientales al variar sólo 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.

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 al emplear contrastes no hubo diferencias significativas ( $p\leq 0.05$ ) en los 12 meses después de plantadas.

By comparing the length of cladodes in ntr, against ntv and ndv, no statistically significant differences at 12 months after planting was shown. This behavior is attributed to the plants started a process of acclimatization, as a mechanism to survive in a place different from their natural habitat.

Moreover, the variety NTSS was the one with shorter length of cladode, also after 120 days from planting, although growth was continuous due to the presence of residual moisture in early rainy season (May-June 2008). This growth was lower with interaction to the other varieties (Figure 1). As a consequence to these observations, we can comment that if Ruiz *et al.* (2008) found significant differences in a population of nopal vegetable, using the same species and in the same environmental conditions by varying only the population density is very possible that the differences in growth could be higher when compared to other variety, as happened, in this case, the variety 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.

**Figure 1. Length of cladodes in nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr) and, nopal sin semillas (NTSS) through time.** The vertical lines indicate the confidence interval of the mean at 95 probabilities.

With respect to the increased on width of cladodes between varieties, there were statistically significant differences ( $F= 4.65$ ,  $df$  3, 132,  $p= 0.0040$ ), indicating that a variety had cladodes of different size regarding the other varieties, with

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 12 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).

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.

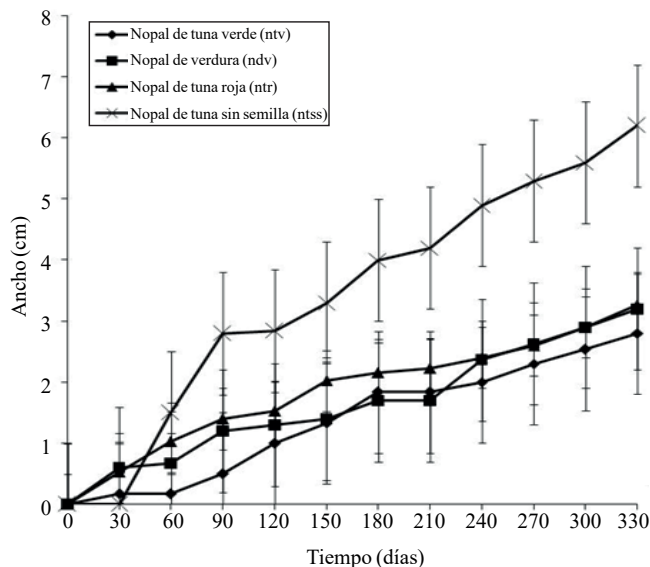
En el engrosamiento de cladodios respecto a variedades, si hubo diferencias estadísticas significativas ( $F= 5.87$ ; gl 3, 132;  $p=0.009$ ), fue la variedad nopal de tuna verde la que tuvo un menor grosor y la de mayor aumento fue la variedad nopal de tuna sin semilla; acerca del tiempo si hubo diferencias significativas ( $F= 10.40$ ; gl 11,132;  $p= 0.001$ ), el grosor fue 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 al emplear 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.

El grosor de cladodios se mantuvo estable durante todo el periodo de crecimiento (Figura 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 12 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 nutrientes que dispone la planta y a la presencia de

respecto to the time variable it did show significant statistical differences ( $F= 2.38$ , df 11,132,  $p= 0.0101$ ), while the time interaction was not significant at all ( $F= 0.16$ , df 33,132,  $p= 1.000$ ). By comparing the variety ndv against ntv, ntr and, NTSS using contrasts, there were no significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in the 12 months after planting.

The variety NTSS showed higher value on width 6.4 cm during the period of the experiment. While the lowest value was obtained by the variety ndv, 3.2 cm. The value obtained is similar to the variety NTSS as reported by Ruiz *et al.* (2008) who obtained an average of 5 cm in varieties of *Opuntia* spp.

The average increase of cladodes width was slow over 12 months in three varieties ndv, ntv, ntr. At the end of the experiment there was an increase of 2.8 cm for ntv, 3.2 cm ndv and, 3.3 cm in ntr, unlike the variety NTSS which was 6.4 cm, this could be due to the variety NTSS that better adapted to the environmental conditions in Angostillo (Figure 2).

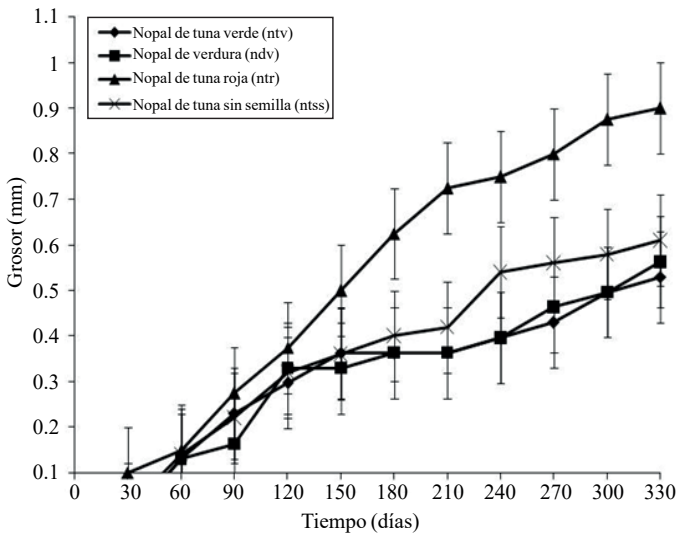


**Figura 2. Ancho de cladodios de nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semilla (ntss) a través del tiempo.** Las líneas verticales indican el intervalo de confianza de la media al 95% de probabilidad.

**Figure 2. Width of cladodes in nopal de tuna verde (ntv), nopal de verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semillas (NTSS) through time.** The vertical lines indicated the confidence interval of the mean at 95% probability.

Increasing the width of the cladodes was different compared to the length; it is thought that the varieties occupied the energy for the physiological processes while increasing the

cantidades de agua de reserva, lo anterior produce que el cladodio se vuelve más turgente y por lo tanto el grosor aumenta (Pimienta, 1999).



**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.

**Figure 3. Thickness of cladodes in nopal de tuna verde (ntv), nopal verdura (ndv), nopal de tuna roja (ntr), nopal de tuna sin semillas (NTSS) through time.** The vertical lines indicate the confidence interval of the mean at 95% probability.

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 porque algunas variedades no crecieron igual que en su hábitat natural. Por ejemplo, Pimienta (1999) 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.

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.

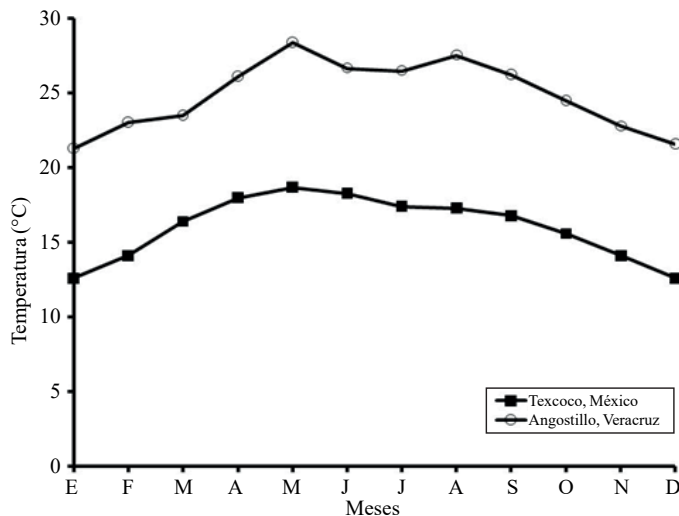
length of the cladodes. Ruiz *et al.* (2008) mentioned that when the cactus grows they use their energy to increase its length and when this happens any increase in thickness is minimal and in some cases is zero.

In the thickening of cladodes regarding varieties, there were statistically significant differences ( $F= 5.87$ ,  $df 3, 132$ ,  $p= 0.009$ ); nopal de tuna verde variety had the lowest thickness and the highest increase was for the variety nopal de tuna sin semillas; regarding time, there were significant differences ( $F= 10.40$ ,  $df 11, 132$ ,  $p= 0.001$ ), the thickness was larger through time in range-time interaction was not significant ( $F= 0.30$ ,  $df 33, 132$ ,  $p= 0.999$ ); *i.e.*, all grew the same in this factor (Figure 3). When comparing the variety of ntr against ntv and ndv, by using contrasts, statistical differences were found in the times 30, 60, 120, 180 days after planting. The cladodes began thickening from 30 days for the variety (ntr) and 60 days for ndv, ntv and, NTSS.

The thickness of cladodes remained stable throughout the growing period (Figure 3). At 240 days after planting, there was a higher rate of growth in thickness for ntv and ndv, due to the rain. At the end of the 12 months the thickness for ntv was 0.53 cm, 0.56 cm for ndv, 0.90 cm ntr and, 0.61 cm for NTSS. The thickness had a higher increase in the 240 days which corresponds to the month when the rains begin, the water absorb thus increasing thickness due to the mechanism of nutrient reserves available to the plant and the presence of reserve water quantities, these causes the cladode to becomes turgid and therefore increasing its thickness (Pimienta, 1999).

When comparing the average temperature of Texcoco, place of origin of the species of cactus, with that of Angostillo, where the species was introduced, we can see that there are differences in temperature, low in January in Texcoco, 12.6 °C while for Angostillo was 21.3 °C in the same month. Texcoco's maximum temperature was 18.7 °C in May and Angostillo was 28.4 °C in the same month (Figure 4). These differences may explain why some varieties did not grow as in their natural habitat. For example, Pimienta (1999) mentioned that growth of cactus length is higher than 20 cm per year; however, in this research we obtained a value of 9.20 cm for the variety NTSS, the highest value was for ntv with 15.5 cm.

By comparing the maximum rainfall in Texcoco (139.5 mm) and Angostillo (207.7 mm) in July, 2009 (Figure 5), these values are related to rainfall plant response, as it was in the month of highest rainfall when it had the highest increase in length and thickness.



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

**Figure 4. Monthly average temperature in 2009 for Texcoco de Mora, State of Mexico and Angostillo, Veracruz.**

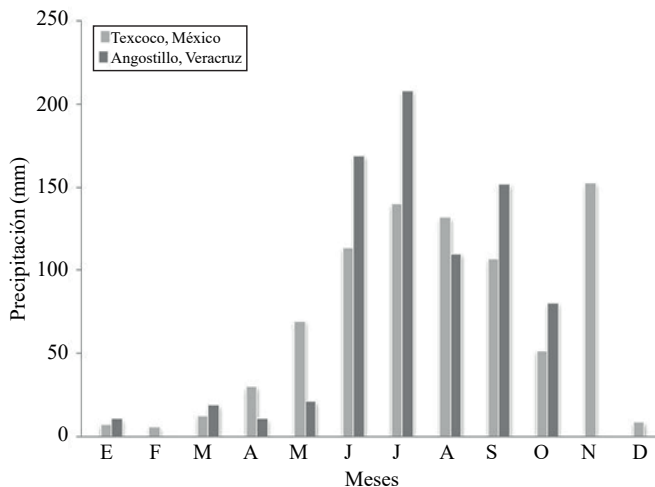
Datos similares encontraron Pimienta y Nobel (1998) donde reportan que el crecimiento de nopal se lleva a cabo en los meses de lluvia. Por otra parte la menor precipitación fue 7.2 mm para Texcoco en enero, mientras que en Angostillo fue de 0.6 mm en diciembre (Figura 5), en estos meses el crecimiento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

La producción de brotes, así como su crecimiento y grosor está relacionado con la edad de la penca madre, época de siembra, el vigor, y las condiciones ambientales que se presenten en el lugar (García *et al.*, 2007; Solano y Orijuela, 2008). El cuadro 1 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.

Solano y Orihuela (2008) reportan que cuando se plantan cladodios enteros de *O. 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

Similar data were found by Pimienta and Nobel (1998) who reported that cactus growth takes place in the rainy months. Moreover lower rainfall was 7.2 mm for Texcoco in January, while Angostillo was 0.6 mm in December (Figure 5), during this months, the varieties growth was lower.



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

**Figure 5. Monthly average rainfall in 2009 for Texcoco de Mora, State of Mexico and Angostillo, Veracruz.**

Bud production as well as their growth and thickness are related to the age of the leaf stem, planting time, vigor, and environmental conditions that occur at the site (García *et al.*, 2007; Solano and Orijuela, 2008). The Table 1 shows the percentage of sprouting interaction of cladodes in the varieties evaluated. The variety nopal verdura had the highest value, while the lowest was nopal de tuna verde.

**Cuadro 1. Porcentaje relativo de brotes de cladodios en función al total de todas las variedades de nopal.**

**Table 1. Relative percentage of cladodes buds according to the total varieties of nopal.**

Variedad de nopal	(%)
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 and Orihuela (2008) reported that when planting the cladodes of *O. ficus-indica* at 8 months young shoots can occur from 7.3% to 91.3%. However, all varieties



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*).

## Conclusiones

La longitud, ancho y grosor de cladodio de las variedades de *O. ficus-indica* aumentaron a través de todo el año, fue mayor para algunas variedades en los meses de lluvia (mayo a septiembre). Todas las variedades de *O. 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 todas las variedades utilizadas.

## Literatura citada

- Basurto, S. D.; Lorenzana, J. M. y 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 (UNAM). México, D. F., 4:157-163.
- Beltrán, O. M. C.; Oliva, C. T. G.; Gallardo, V. T. and Osorio, R. G. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus*) Ribocobono). *Agrociencia*. 43:153-162.
- Caloggero, S. and Parera, A. C. 2004. Assessment of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) varieties and their possible planting systems. *Spanish J. Agric. Res.* 2:401-407.
- Durán, J. M.; Donoso, J. P. y Quintero, M. M. 2002. Análisis del crecimiento en altura de árboles bajo sistema de selección mediante cortas cíclicas, usando modelos lineales mixtos. *Rev. Forestal Venezolana*. 46:55-62.
- Durán, J. M.; Donoso, J. P. y 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. y 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. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.* 1:1-12.
- Gallegos, V. C.; Valdez, C. R. D.; Barron, M. M.; Barrientos, P. A. F.; Andrés, A. J. y Nieto, A. R. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma de CRUCEN-UACH. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura*. 12:41-49.

developed new buds, with this it could be demonstrated that, the varieties had a favorable response to environmental conditions in Angostillo.

Color classification is used to characterize fruits, seeds, leaves, petals, as well as to measure the production of chlorophyll in plants. The color for nopal de tuna verde was 5GY 5/8, for nopal verdura 7.5GY 6/2, nopal de tuna roja 7.5GY5/4 and, 2.5GY6/8 for nopal de tuna sin semillas. Reports on cactus color are scarce; however, Luna (2006) used the Munsell color chart for grading the most important cacti species in the region of the Mixteca Baja, Mexico.

## Conclusions

Length, width and thickness of cladodes of the varieties of *O. ficus-indica* increased throughout the year, being was higher for some varieties in the rainy season (May to September). All the varieties of *O. ficus-indica* (L.) Mill had sprouting of cladodes. The variety nopal de verdura had the highest sprouting, while the variety nopal de tuna verde was the one with the lowest value. The temperature and precipitation of Angostillo allowed all varieties to grow.

*End of the English version*



- 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 (UNAM). 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. y 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. y Sánchez, U. A. 2007. Efecto del potencial hídrico del suelo en el potencial osmótico y membranas celulares de nopalito (*Opuntia* spp.). *Rev. Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. 1:305-311.
- Glaforo, J.; Flores, A. y 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. y 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. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.* 1:11-15.
- Luna, M. C. C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitaya [*Stenocereus pruininosus* (Otto) Buxb.] en la Mixteca Baja, México. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura*. 12:254-251.

- Madriz, I. P. M. y Luciani, M. J. F. 2002. Caracterización morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek. Rev. Facultad Agronomía de la Universidad del Zulia. 28:27-39.
- Márquez, G. S. M.; Mosquera, B. R.; Herrera, T. M. y Monedero, C. 2010. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente. Rev. Colombiana Cienc. Pec. 23:1-5.
- Medina, R. M.; Tirado, E. G.; Mejía, H. I.; Camarillo, S. I. y 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. y Troyo, D. E. 2004. Extracción nutricional de nopal-verdura bajo condiciones de riego por goteo. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 1:90-102.
- Pérez, V. L.; Rosas, E. V. C.; Huerta, M. F. M. y 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. 532-536 pp.
- Pimienta, B. E. and Nobel, P. S. 1998. Vegetative reproductive and physiological adaptations to aridity of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*). Econ. Bot. 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 D. F., 234 p.
- Reyes, A. J. A.; Aguirre, R. J. R. y 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. y Fenech, L. L. 2008. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de Plantación. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 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. 129-144 pp.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2004. SAS user's guide. Statistics. Version 9.1. 521 p.
- Solano, J. y Orihuela, A. 2008. Supervivencia y producción de nopal para verdura (*Opuntia ficus-indica*) utilizando fracciones mínimas. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 1:198-208.
- Valdez, C. R. D.; Blanco, M. F.; Vázquez, A. R. E. y 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 de 2007. Maryni, Nuevo León. México. 1-19 pp.
- Vázquez, V. C.; Zúñiga, T. R.; Orona, C. R.; Murillo, A. B.; Salazar, S. E.; Vázquez, A. R.; García, H. J. L. y Troyo, D. E. 2007. Análisis del crecimiento radical en cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*) (L.) Mill. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 1:82-90.