

## CRECIMIENTO PRIMARIO EN PLANTAS SILVESTRES DE PITAYO (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) Y SU RELACIÓN CON TEMPERATURA, LLUVIA Y MICORRIZAS

### PRIMARY GROWTH OF PITAYO (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) WILD PLANTS AND ITS RELATION WITH TEMPERATURE, RAINFALL AND MICORRHYZAE

Enrique Pimienta-Barrios<sup>1\*</sup>, Celia Robles-Murgía<sup>1</sup> y Eulogio Pimienta-Barrios<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Agrícola, Departamento de Ecología. Km 15.5 Carr. Guadalajara-Nogales. C.P. 45100 Zapopan, Jal. Correo electrónico: enriquep@cucba.udg.mx Tel y Fax: 01 (33) 3682-0743

\*Autor responsable

#### RESUMEN

El crecimiento lento del pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) ha sido uno de los principales factores que limita su cultivo, ya que se deben esperar hasta ocho años para obtener rendimientos lucrativos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el crecimiento de las ramas de pitayo y evaluar su relación con la variación estacional de la temperatura, precipitación pluvial y hongos micorrícicos, en plantas silvestres en Autlán, Jalisco (AJ), Santa Rosa, Zacatecas (SRZ) y Zacoalco de Torres, Jalisco (ZTJ), durante 1996 y 1997. El crecimiento de las ramas presentó una duración de 120 a 150 días, y mostró la forma de una curva sigmoidal simple; la fase logarítmica mostró un crecimiento lento y ocurrió al inicio del verano, seguida por una lineal que ocurrió al final del verano y al inicio del otoño, y la fase de senescencia que se presentó al principio del invierno, cuando la temperatura del aire se redujo y el crecimiento vegetativo disminuyó gradualmente. Las tasas de crecimiento por día y crecimiento total acumulado de las ramas fueron más altas en AJ, que en ZTJ y SRZ. Se concluye que el mayor crecimiento acumulado en las ramas registrado en AJ presentó una relación negativa con las temperaturas promedio mensual máxima y mínima ( $r = -0.75$  y  $r = -0.83$ ;  $P \leq 0.05$ , respectivamente), y positiva con la colonización por hongos micorrícicos ( $r = 0.61$ ;  $P \leq 0.05$ ).

**Palabras clave:** *Stenocereus queretaroensis*, crecimiento de ramas, temperatura, lluvia, micorriza vesículo-arbuscular.

#### SUMMARY

The slow growth of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) has been one of the main factors limiting its cultivation, because eight years are required to obtain a production large enough for commercial profitability. The main aim of this work was to characterize the primary growth in branches of pitayo plants and evaluate its relation with the seasonal variation of temperature, rainfall and colonization

by mycorrhizal fungi in naturally occurring stands in Autlán, Jalisco (AJ), Santa Rosa, Zacatecas (SRZ) and in Zacoalco de Torres, Jalisco (ZTJ), during 1996 and 1997. The stem growth period in pitayo plants ranged from 120 to 150 days, and it showed a simple sigmoidal curve; its logarithmic phase, showed slow growth and occurred at the beginning of the Summer, followed by a linear phase that occurred in late Summer and early Fall, and a senescence phase that occurred at the beginning of Winter, when air temperature decreased and vegetative growth gradually decreased. The daily growth rate and total cumulative stem extension were higher in AJ than in ZTJ and SRZ. It was concluded that the highest cumulative stem extension on *S. queretaroensis* plants at AJ was negatively correlated with maximal and minimal air temperatures ( $r = -0.75$  y  $r = -0.83$ , respectively;  $P \leq 0.05$ ) and positively correlated with colonization by mycorrhizal fungi ( $r = 0.61$ ;  $P \leq 0.05$ ).

**Index words:** *Stenocereus queretaroensis*, stem growth, temperature, rainfall, vesicular-arbuscular mycorrhizae.

#### INTRODUCCIÓN

El pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) es una cactácea columnar que se desarrolla en forma silvestre en ambientes semiáridos subtropicales en el centro del occidente de México (Pimienta-Barrios, 1999). Uno de los factores que ha limitado el desarrollo del cultivo de pitayo es el crecimiento lento que presentan las plantas cuando se establecen a partir de segmentos de ramas, lo que ocasiona que se tenga que esperar más de ocho años para obtener rendimientos comerciales aceptables (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994). Estudios recientes revelaron que en *S. queretaroensis* el crecimiento lento se relaciona con contenidos bajos de N, Fe, Mn y clorofila, lo cual a su vez se refleja en bajas tasas de asimilación de CO<sub>2</sub> (Nobel y Pimienta-Barrios, 1995). Sin embargo, no se descarta que otras causas biológicas y ambientales pueden estar relacionadas a su crecimiento lento. En este trabajo se estudió la relación entre hongos micorrícicos vesículo-arbuscular (VAM) y la variación estacional de la temperatura y de la precipitación pluvial con el crecimiento primario de ramas en plantas silvestres de pitayo en los estados de Jalisco y Zacatecas.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en plantas de tres poblaciones silvestres de pitayo localizadas en Autlán, Jalisco (AJ) que se localiza a 19° 46' LN; 104° 21' LO, a una altitud de 879 msnm, y tiene un clima cálido subhúmedo (BS1 (h') w); en Santa Rosa (SRZ) en el municipio de Moyahua de Estrada, Zacatecas a 21° 16' LN; 103° 10' LO, a una altitud de 1065 msnm, con clima semicálido con invierno fresco (BS1 (h') w); y en Zacoalco de Torres, Jalisco (ZTJ), que se encuentra a 20° 14' LN; 103° 34' LO, a una altitud de 1360 msnm, y presenta un clima semiseco (BS1 (h') w'' (w) e). En los tres sitios de estudio los suelos son someros de poca profundidad y presentan textura franca, ligeramente ácidos (pH 6.0 a 6.4) y de baja fertilidad con

la presencia de rocas sedimentarias (Huerta-Martínez *et al.*, 1999; Pimienta-Barrios, 1999).

*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) es una cactácea columnar arborescente con tronco bien definido que puede llegar a medir hasta ocho metros de altura, pertenece a la familia Pachycereae, subfamilia Cactoideae (Bravo, 1978). Las ramas son cilíndricas y tienen ocho costillas prominentes. Las flores se diferencian en las aréolas de la mitad superior de las ramas. La forma de los frutos varía de globosa a ovoide, y maduran durante la primavera (Salcedo y Arreola, 1991).

El crecimiento primario se midió en cada localidad en 10 plantas de 20 años de edad. En cada planta se eligieron al azar dos ramas, en las que cada mes se registró la longitud axial, de enero de 1996 a febrero de 1997. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1980), mediante un programa estadístico (SAS, 1985). Se realizó análisis de correlación simple entre el crecimiento de ramas y la temperatura del aire, precipitación pluvial y el porcentaje de colonización de la raíz por hongos micorrícicos.

Para determinar la asociación con hongos micorrícicos vesículo-arbuscular (VAM), se colectaron cada mes durante el verano raíces finas conocidas como “raíces de lluvia”. La determinación de la colonización por hongos VAM se realizó de acuerdo a Phyllips y Haymann (1970), y el porcentaje fue estimado dividiendo el número de segmentos de raíces colonizadas entre el número de segmentos totales evaluados.

Los datos de precipitación pluvial y temperatura diarios durante 1996, y los primeros dos meses de 1997 fueron obtenidos de estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua cercanas a los sitios de estudio.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En SRZ el promedio mensual de las temperaturas extremas del aire varió de 1.6 a 17.5° C en la noche y de 19.7 a 36.3° C en el día, con temperatura media anual de 19.5° C, y precipitación pluvial total durante el periodo de estudio de 597 mm; en contraste, en AJ las temperaturas extremas fueron moderadas, ya que en la noche oscilaron de 8.3 a 20.2° C, y en el día de 18.2 a 32.1° C. La precipitación pluvial fue de 1082 mm, y la temperatura promedio anual de 21.5° C. En ZTJ, las temperaturas extremas en el día oscilaron de 24.3 a 32.7° C, y en la noche de 7.6 a 18.1° C; la temperatura promedio anual fue de 20.5° C; ZTJ fue la localidad más seca, ya que la precipitación pluvial fue de sólo 205 mm (Figuras 1A, 1B y 1C).

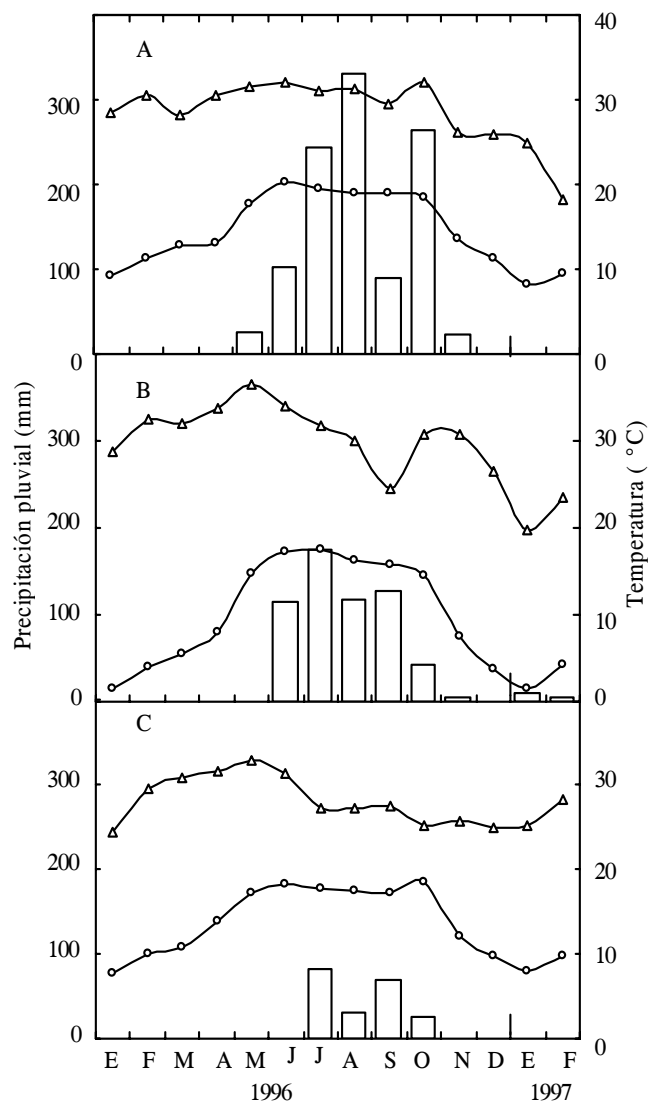


Figura 1. Precipitación pluvial (barras), temperatura máxima (▴) y mínima (○) promedio mensual en Autlán, Jalisco (AJ) (A), Santa Rosa, Zacatecas (SRZ) (B) y Zacoalco de Torres, Jalisco (ZTJ) (C).

El máximo crecimiento total acumulado y la mayor tasa de crecimiento por día de las ramas se obtuvieron en AJ, que fueron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.01$ ) a los observados en SRZ y en ZTJ (Cuadro 1). Las tasas de crecimiento de las ramas de *S. queretaroensis*, así como las de otras cactáceas columnares son bajas (Nerd *et al.*, 1993; Parker, 1988), en comparación con las que presentan especies herbáceas y leñosas (Grime y Hunt, 1975). Comúnmente las plantas silvestres longevas como el pitayo, crecen en suelos rocosos de baja fertilidad y muestran crecimiento lento, bajas tasas de fotosíntesis y de absorción de nutrientes, lo que les permite mantener su crecimiento aún en periodos excepcionalmente secos (Grime, 1979; Chapin, 1980).

Cuadro 1. Tasas de crecimiento primario promedio diario y total acumulado en ramas de plantas jóvenes de *Stenocereus queretaroensis*, en Aultán, Jal. (AJ), Santa Rosa, Zacatecas (SRZ), y Zacoalco de Torres, Jal. (ZTJ).

Origen	Tasa de crecimiento diario (cm d <sup>-1</sup> )	Crecimiento total acumulado (cm)
AJ	0.13 a	19.5 a
SRZ	0.11 b	12.9 b
ZTJ	0.06 c	9.2 b

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (DMS, 0.01).

El crecimiento de las ramas se inició más temprano en ZTJ que en AJ y SRZ (Figura 2 A). La curva de crecimiento primario en *S. queretaroensis* en las tres localidades fue la típica curva sigmoideal, con una duración de 150 días en AJ y ZTJ y de 120 días en SRZ, en la que se reconocen tres fases: logarítmica, lineal y de senescencia (Figura 2 A). La fase logarítmica fue de corta duración, lento crecimiento, y únicamente se distingue en forma gráfica en ZTJ. La fase lineal fue la de mayor duración, con crecimiento rápido y constante y se inició a la mitad del verano (julio) en AJ y ZTJ, y al final del verano (agosto) en SRZ. La fase lineal terminó al inicio del otoño (octubre) en ZTJ, y al final del otoño (diciembre) en AJ y SRZ. Durante la fase de senescencia el crecimiento declinó gradualmente, hasta que cesó completamente al empezar el invierno (diciembre) en AJ y SRZ, y en ZTJ al final del otoño (noviembre).

El crecimiento total acumulado registrado en AJ fue superior al registrado en ramas de plantas de SRZ y ZTJ. Una de las principales diferencias climáticas entre los tres sitios de estudio fue la precipitación pluvial anual, que es considerada como la variable ecológica que más restringe el crecimiento vegetativo y reproductivo (Lambers *et al.*, 1998). Durante el periodo de estudio, ZTJ recibió 19 % y SRZ 55 % del total de la precipitación pluvial registrada en AJ. La precipitación pluvial que se registró en AJ fue superior al promedio que se reporta para ambientes subtropicales semiáridos (Medina-García *et al.*, 1998). Sin embargo, el crecimiento en ramas sólo se relacionó positivamente con la precipitación pluvial en SRZ, pero no en AJ y ZTJ. Por el contrario, las tasas de crecimiento en ramas y las temperaturas promedio mensual máxima y mínima mostraron una relación negativa significativa en los tres sitios de estudio ( $P \leq 0.05$ ).

En las tres localidades se observó colonización en las "raíces de lluvia" por hongos VAM, la cual empezó al inicio del verano (julio), y se incrementó gradualmente durante esta estación. Se observaron diferencias en los porcentajes de colonización entre las localidades. El mayor porcentaje de colonización se alcanzó en AJ y el menor en SRZ (Figura 2 B). También al final del verano (septiembre) en AJ se registró el porcentaje más alto de la longitud

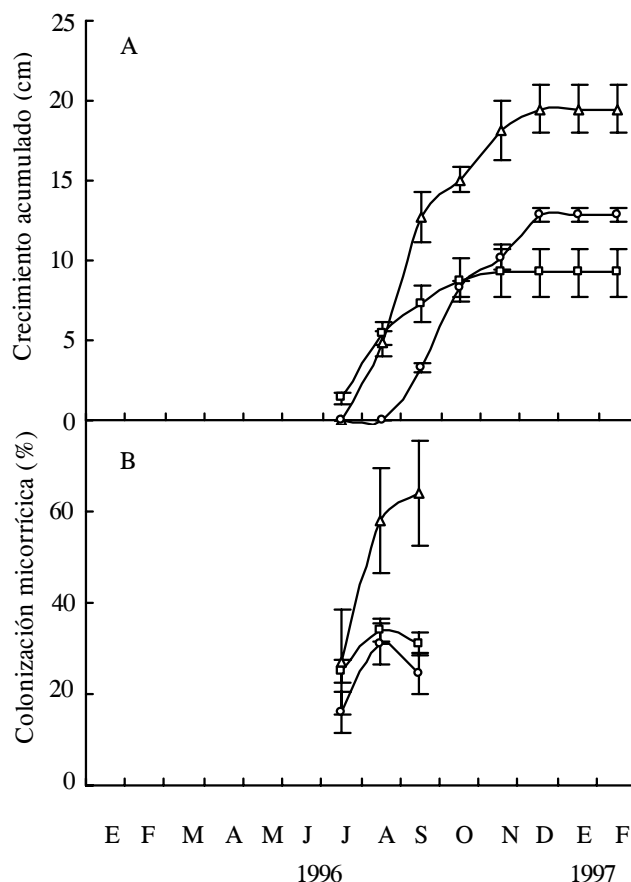


Figura 2. Crecimiento primario acumulado (A) en ramas y porcentaje de colonización micorrízica total (B) en "raíces de lluvia" de *Stenocereus queretaroensis* en poblaciones silvestres de Aultán, Jalisco (AJ) (▲), Santa Rosa, Zacatecas (SRZ) (○), y Zacoalco de Torres, Jalisco (ZTJ) (□). Los datos para cada fecha de medición son promedios  $\pm$  error estándar ( $n = 20$  ramas).

total de la raíz colonizada por arbusculos (42 %), en contraste con la localidad de SRZ que presentó 5 %, y en ZTJ sólo 2 %.

El análisis de correlación entre las tasas de crecimiento y el porcentaje total de "raíces de lluvia" colonizadas por hongos VAM reveló una relación positiva significativa para *S. queretaroensis* en AJ y SRZ ( $r = 0.61$  y  $0.69$ , respectivamente;  $P \leq 0.05$ ), pero no en ZTJ. El mayor crecimiento anual acumulado en ramas de plantas de *S. queretaroensis* en AJ (19.5 cm) se asoció con los altos porcentajes de colonización en raíces por hongos VAM.

El mayor crecimiento de las ramas de pitayo en AJ. se debe a que en esta localidad se presentaron temperaturas promedio de día/noche (29/18° C) favorables para la fotosíntesis de *S. queretaroensis* durante la mayor parte del año (septiembre a enero) (Pimienta *et al.*, 2000). Esta condición favorable para la fotosíntesis, se combinó con

una mayor disponibilidad de humedad en el suelo durante el verano e inicio del otoño (junio a octubre), lo cual favoreció la formación de “raíces de lluvia” (Gibson y Nobel, 1986), y su colonización por hongos VAM (Bago *et al.*, 2000). En estas condiciones ambientales el pitayo adquiere mayor capacidad para la utilización de la radiación y del CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis, y del agua y minerales del suelo, lo cual beneficia el crecimiento de las ramas de pitayo (Nobel y Pimienta-Barrios, 1995; Pimienta-Barrios y Nobel, 1998).

### BIBLIOGRAFÍA

- Bago B, P E Pfeffer, Y Shachar-Hill (2000)** Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiol.* 124 (3): 949-963.
- Bravo H H (1978)** Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera Ed. Ciudad de México. 743 p.
- Chapin S F (1980)** The mineral nutrition of wild plants. *Annu. Rev. Ecol. System.* 11: 233-260.
- Gibson A C, P S Nobel (1986)** The Cactus Primer. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 286 p.
- Grime P J (1979)** Plant Strategies and Vegetation Processes. Wiley, New York. 291 p.
- Grime P J, P Hunt (1975)** Relative growth-rate: its range and adaptive significance in a local flora. *J. Ecology* 69: 393-422.
- Huerta-Martínez F M, E García-Moya, J L Flores-Flores, y Eu Pimienta-Barrios (1999)** Ordenación de poblaciones silvestres de pitayo y cardón en la Cuenca de Sayula, Jalisco. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 64: 11-24.
- Lambers H, F S Chapin III, T L Pons (1998)** Plant physiological ecology. Springer-Verlag, New York. 540 p.
- Medina-García G, J A Ruiz-Corral, R A Martínez-Parra (1998)** Los climas de México. INIFAP-SAGAR, Guadalajara, Jalisco, México. 103 p.
- Nerd A, E Raveh, Y Mizrahi (1993)** Adaptation of five columnar species to various conditions in the Negev Desert of Israel. *Econ. Bot.* 47: 304-311.
- Nobel P S, Eu Pimienta-Barrios (1995)** Monthly stem elongation for *Stenocereus queretaroensis*: relationships to environmental conditions, net CO<sub>2</sub> uptake and seasonal variation in sugar content. *Environm. Exp. Bot.* 35: 17-24.
- Parker K C (1988)** Growth rates of *Stenocereus thurberi* and *Lophocereus schottii* in southern Arizona. *Bot. Gazette* 149: 335-346.
- Phyllips J M, D S Haymann (1970)** Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. British Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Pimienta-Barrios Eu, P S Nobel (1994)** Pitaya (*Stenocereus* spp. Cactacea): An ancient and modern fruit crop of Mexico. *Econ. Bot.* 48: 76-83.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. (1998) Vegetative, reproductive, and physiological adaptations to aridity of pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum. *Econ. Bot.* 52(3): 391-401.
- \_\_\_\_\_. (1999) El Pitayo en Jalisco y Especies Afines en México. Universidad de Guadalajara-Fundación Produce Jalisco. Guadalajara, México. 234 p.
- \_\_\_\_\_, **J Zañudo, E Yezpez, En Pimienta-Barrios, P S Nobel (2000)** Seasonal variation of net CO<sub>2</sub> uptake for cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) in a semiarid environment. *J. Arid Environ.* 44: 73-83.
- Salcedo E P, H Arreola N (1991)** El cultivo del pitayo en Techaluta, Jalisco. *Soc. Mex. Cactología* 36: 84-91.
- SAS Institute (1985)** SAS User's Guide: Basics. Ver. 5.0 Ed. SAS Institute Inc. Cary, N.C., U.S.A.
- Steel R G D, J H Torrie (1980)** Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill, Inc. 2nd Edition. 633 p.