

Análisis de crecimiento de tres variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en una región árida de México

Growth analysis of three varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in an arid region of Mexico

Orozco-Vidal JA¹, P Yescas-Coronado¹, MA Segura-Castruita¹, R Valdez-Cepeda², E Martínez-Rubín de Celis¹, JA Montemayor-Trejo¹, M Fortis-Hernández¹, P Preciado-Rangel¹

Resumen. El desarrollo de tres variedades de algodón, dos de hoja normal (CIAN Precoz y la transgénica NuCotton 35B) y una de hoja okra (Fiber Max 832), fue evaluado mediante la técnica del análisis de crecimiento. El objetivo de esta investigación fue determinar la dinámica de crecimiento y la eficiencia de producción y distribución de biomasa en tres variedades de algodón a partir de muestreos vegetativos y reproductivos efectuados en diferentes días después de la siembra (dds). La siembra se realizó en el sistema de producción de surcos estrechos (0,76 m entre surcos, y 0,20 m entre plantas) para obtener una población de 65500 plantas/ha. Las variedades se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones. En cuatro fechas diferentes (69, 82, 105 y 124 dds) se colectaron dos plantas por parcela para obtener los datos de área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y reproductivos. Índices del crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF) fueron estimados con los datos obtenidos. Los resultados mostraron que existió diferencia estadística significativa para la tasa de producción y los indicadores de la magnitud del aparato fotosintético (RAF y AFE) entre las variedades estudiadas; así como entre muestreos para distribución de biomasa.

Palabras clave: Tasa de crecimiento; Tasa de asimilación neta; Fotoasimilados; México árido.

Abstract. The development of three cotton varieties was evaluated through the growth analysis technique. Study varieties were two of normal leaf (Cian Precoz and NuCotton 35B) and the other of okra leaf (Fiber Max 832). Vegetative and reproductive samplings effected at different days after planting (dap) allowed us to determine the (1) growth dynamics, (2) production efficiency and (3) the biomass distribution of the three cotton varieties. Seeding was conducted following the production system of narrow rows (0.76m, between rows; 0.20m between plants) to obtain a plant density of 65500 plants/ha. Varieties were distributed in a random block experimental design with six replicates. At four different dates (69, 82, 105 and 120 dap) two plants per plot were obtained to get the data of leaf area, total dry weight and dry weight of both vegetative and reproductive organs. Growth indexes such as crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA), leaf weight ratio (LWR) were estimated with the data obtained. Results showed that the study varieties statistically differed in the production rate and the indicators of the magnitude of the photosynthetic apparatus (LAR and SLA). Samplings also differed in biomass distribution.

Keywords: Crop growth rate; Net assimilation rate; Photoassimilates; Arid Mexico.

¹ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7,5. Ejido Ana, municipio de Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170.

² Universidad Autónoma Chapingo-DICEA. Chapingo, México.

Address Correspondence to: Dr. Jorge Arnaldo Orozco-Vidal, e-mail: joorvi66@hotmail.com; MA Segura-Castruita, e-mail: dmilyl@hotmail.com; Fax 01-871-7507198; Tel. 01-871-7507198. Recibido / Received 1.II.2011. Aceptado / Accepted 29.III.2011.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y el rendimiento del algodón dependen de varios factores bióticos y abióticos, entre los que se encuentran los ambientales (Steglich et al., 2000), el manejo (Bednarz et al., 2000; Pervez et al., 2006; Saleem et al., 2010) e incluso las características genotípicas y fenotípicas de la planta (Hussain et al., 2008). Diferentes autores han reportado que el desarrollo de los órganos reproductivos, y la acumulación de materia seca en los mismos, ocurren cuando el área foliar alcanza su valor más alto; este potencial productivo se debe a la sincronía existente entre el desarrollo y la acumulación y distribución de biomasa (Khurana y Pandita, 1994; Unruh y Silverthoath, 1996). No obstante, esta sincronía puede ser influenciada por varias características de la planta como la precocidad, altura, ramas, área foliar eficiente para la captación de luz, y la tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Kerby et al., 1990; Baloch, 2004). Existen diferentes indicadores del crecimiento que se utilizan para conocer cómo el ambiente, o alguna práctica de manejo del cultivo, afecta esta eficiencia (Gaytán et al., 2001). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y el tamaño del aparato fotosintético [relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), relación de peso foliar (RPF), etc.] son indicadores útiles en el estudio de la eficiencia del desarrollo de las plantas (Radford, 1967; Hunt, 1978; Escalante y Kohachi, 1993). Al respecto, Gaytán et al. (2001) mencionan que los índices RAF, AFE y RPF pueden utilizarse para establecer diferencias entre variedades en cuanto al grosor de la hoja y el vigor de la planta; estos índices pueden permitirnos determinar diferencias entre variedades de la misma especie (Bednarz et al., 2000). La Región Lagunera en el norte de México es una de las principales áreas algodonerías del país (Palomo y Godoy, 2001). Las variedades de algodón que generalmente se cultivan son resistentes a plagas, puesto que son transgénicas (Kisser, 1995). Otras son precoces, con rendimientos promedio de 6000 kg/ha, cantidad considerada aceptable en la región (Gaytán et al., 2001). También existen aquellas con un tipo de hoja particular conocidas como hoja tipo okra, que son eficientes en la captación de radiación solar (Wells y Meredith, 1984). Aún cuando existe conocimiento de estas variedades, estudios relacionados con la comparación de sus índices de crecimiento, sembradas en altas densidades de población, son escasos. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue establecer la distribución de biomasa y la dinámica de crecimiento de tres variedades de algodón: precoz, transgénica y hoja tipo okra, con el fin de determinar la eficiencia de producción de estas plantas de algodón en alta densidad de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localizó en Torreón, Coahuila, México (25° 32' N, 103° 14' O, 1120 msnm). El suelo del área experimental es un Calcisol háplico (INEGI, 2002), cuya capa superficial tiene una clase textural franco limosa, medianamente alcalino (pH = 7,85) y con 2,12% de materia orgánica.

Las variedades utilizadas en este estudio son CIAN precoz (poca altura, ramas cortas y hoja pequeña), Fiber Max 832 (intermedia de hoja okra y ramas fructíferas largas) y NuCotton 35B (transgénica, tardía), que posee resistencia al daño de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* S.) y gusano bellotero (*Heliothis* spp.)

El cultivo se estableció en el ciclo primavera-verano de 2003. El arreglo topológico de las plantas fue de 0,76 m de separación entre surco y surco, y 20 cm entre planta, obteniendo una densidad de población de 65500 plantas/ha. Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con seis repeticiones, donde la parcela experimental total consistió en seis surcos de seis metros de longitud. Se fertilizó en la siembra con la fórmula 120-40-0. Cuatro riegos fueron aplicados; uno de pre-siembra y el resto a los 60, 80 y 100 días después de la siembra (dds), ya que Palomo et al. (2001) indican que los mejores rendimientos y calidad de fibra del algodón se obtienen con tres riegos de auxilio. Las plagas y malezas se controlaron con insecticidas y herbicidas, respectivamente. Para registrar la dinámica de producción de materia seca (MS), se realizaron muestreos destructivos a los 69, 82, 105 y 124 días después de la siembra (dds). Cada muestreo consistió en la colecta de dos plantas con competencia completa, de los dos surcos centrales en cada parcela bajo la metodología utilizada por Gaytán et al. (2001). A cada planta se le separaron los órganos vegetativos (hojas, tallos y ramas) y los reproductivos. Posteriormente, cada uno de ellos se colocó en bolsas de papel por separado, y se sometieron a secado en una mufla a temperatura constante (65 °C) durante 72 horas, para obtener el peso de la MS. La suma de estos pesos representó el peso de la MS total por planta o rendimiento biológico (Escalante y Kohashi, 1993). El área foliar se determinó con un medidor de área LI-COR modelo L 1-3100.

Con los valores de MS de las láminas foliares, MS total, área foliar y el tiempo entre muestreos, de acuerdo con Radford (1967), Hunt (1978) y Escalante y Kohashi (1993), se calcularon los índices de crecimiento siguientes:

$$TCC = (P_2 - P_1) / A (t_2 - t_1)$$

donde TCC es la tasa de crecimiento de cultivo (g/m²/día), que mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo; A es el área donde el peso seco fue registrado; P₁ peso inicial de la materia seca; t₁ tiempo inicial; P₂ peso final de la materia seca y t₂ es el tiempo final.

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (t_2 - t_1)]$$

donde TAN es la tasa de asimilación neta ($\text{g/m}^2/\text{día}$) y es un estimador de la eficiencia fotosintética de la planta; \ln es el Logaritmo natural; PS_1 y PS_2 son el peso de la materia seca en el tiempo inicial y final, respectivamente; AF_1 y AF_2 son el área foliar en el tiempo inicial y final, respectivamente; t_1 y t_2 son el tiempo en días después de la siembra al momento del muestreo.

$$\text{RAF} = \text{AF}/\text{PS}$$

donde RAF es la relación de área foliar (cm^2/g) y es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta: es el producto de los valores de área foliar específica y de la relación de peso foliar; AF, área foliar (cm^2); PS, peso de la materia seca total (g).

$$\text{AFE} = \text{AF}/\text{PSAF}$$

donde AFE es el área foliar específica (cm^2/g); PSAF es el peso de la materia seca del área foliar (g); AF es el área foliar (cm^2).

$$\text{RPF} = \text{PSAF}/\text{PS}$$

donde RPF es la relación de peso foliar (g/g), que determina la utilización del material asimilado para la producción de hojas, y es un estimador de la frondosidad de la planta; PSAF es el peso de la materia seca del área foliar (g); PS es el peso de la materia seca total (g).

$$\text{IAF} = \text{AFT}/\text{S}$$

donde IAF es el índice de área foliar; AFT es el área foliar total (cm^2); S es el área de suelo ocupada (m^2).

Las estimaciones se realizaron por planta y para un metro cuadrado. Se llevó a cabo un análisis de varianza de los resultados, por muestreo; se utilizó la DMS para la prueba de comparación de medias al 0,05 de significancia.

Tabla 1. Peso seco total (PST, g/m^2) de órganos vegetativos (OV) y reproductivos (OR), y porcentaje del peso vegetativo (V) y reproductivo (PR), en tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2003.

Table 1. Total dry weight (PST, g/m^2) of vegetative organs (OV) and reproductive organs (OR), and percentage of vegetative (V) and reproductive (PR) weights in three varieties of cotton. Torreon, Coahuila, Mexico. Cycle 2003.

Variedad	Muestreo (dds)	Órganos vegetativos			OR	PST	% V	% R
		Hojas	Tallos	Total				
CIAN Precoz	69	54,5a	52,8b	107,2b	12,9a	120,2b	89,3b	10,7a
	82	130,4a	140,9b	271,3b	81,1ab	352,3b	78,0b	23,0a
	105	186,7ab	250,9b	437,6b	402,3b	839,9a	52,1a	47,9a
	124	150,3b	200,9b	351,1b	563,2a	914,3a	38,4a	61,6a
Fiber Max 832	69	57,0a	61,2ab	118,2ab	11,7ab	129,8ab	91,0ab	9,0ab
	82	124,1a	169,0a	293,1ab	86,5a	379,7a	77,2b	22,8ab
	105	211,2a	314,6a	525,7a	482,0a	1007,7a	52,2a	47,8a
	124	169,3a	259,2a	428,5a	597,8a	1026,2a	41,8a	58,2a
NuCotton 35B	69	63,2a	76,6a	139,8a	4,3b	144,1a	97,0a	3,0b
	82	128,4a	168,7ab	297,1a	55,2b	352,2a	84,3a	15,7b
	105	184,4b	299,5ab	483,9ab	403,9b	887,8ab	54,5a	45,5a
	124	160,5ab	215,5ab	375,9ab	563,2a	939,1ab	40,0a	60,0a

Medias con la misma letra en una misma fila son estadísticamente iguales (DMS: 0,05).

dds = Días después de la siembra.

Means with the same letter within any given row are not statistically different (LSD: 0.05).

dds = Days after seeding.

RESULTADOS

Producción y distribución de biomasa. La producción de biomasa por metro cuadrado, para las tres variedades, mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) en sus fases de crecimiento (Tabla 1). En las primeras fases de crecimiento la acumulación de materia seca (MS) en los órganos vegetativos fue mayor que en los reproductivos; sin embargo, conforme avanzó el crecimiento de las plantas y aumentó el número y tamaño de los órganos reproductivos, la proporción se invirtió.

A los 69 dds, la variedad transgénica NuCotton 35B acumuló un mayor porcentaje de su peso seco total en los órganos vegetativos (97,0%) en comparación a las otras dos variedades. En esta primer medición el peso seco acumulado en órganos vegetativos de NuCotton 35B superó por 23,32 y 15,46% al acumulado por CIAN Precoz y Fiber Max 832, respectivamente. En cambio, las variedades precoces a los 82

dds, acumularon el 23% de fotoasimilados en los órganos reproductivos; mientras que, NuCotton 35B sólo tuvo 15,7%. A los 105 dds las variedades alcanzaron su máximo IAF. La MS acumulada en órganos vegetativos fue ligeramente superior a la acumulada en órganos reproductivos (comportamiento similar en cada variedad). Sin embargo, este comportamiento se invirtió a los 124 dds (Tabla 1). Al comparar en las últimas fases de crecimiento la MS total entre variedades, Fiber Max mostró la mayor acumulación (Tabla 1).

Índices de crecimiento. El análisis de varianza de los índices de crecimiento (TCC, TAN y IAF) entre variedades (Tabla 2), mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$). Entre los 82 y 105 dds, las variedades manifestaron su máxima actividad metabólica, destacándose Fiber Max 832 al presentar valores de TCC y TAN superiores a los presentados por CIAN precoz y NuCotton 35B.

Tabla 2. Tasas de crecimiento de tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila. México. Ciclo 2003.

Table 2. Growth rates of three varieties of cotton. Torreón, Coahuila. Mexico. Cycle 2003.

Índices	Período (dds)	Variedades		
		CIAN Precoz	Fiber Max 832	NuCotton 35B
TCC (g/m ² /día)	69 – 82	17,9ab	19,2a	15,3b
	82 – 105	21,2b	27,3a	23,3ab
	69 – 105	20,0b	24,4a	20,4ab
	69 – 124	14,4ab	16,3a	14,3b
TAN (g/m ² /día)	69 – 82	14,04ab	14,93a	12,27b
	82 – 105	10,22b	11,05a	10,55ab
	69 – 105	12,15ab	13,10a	11,17b
	69 – 124	10,13a	10,93a	9,24a
IAF	69	0,93b	0,94ab	1,13a
	82	1,69a	1,75a	1,61a
	105	2,84b	3,21a	2,92ab
	124	2,07a	2,29a	2,44a

Medias con la misma letra entre líneas son estadísticamente iguales (DMS: 0,05).

dds = Días después de la siembra.

Means with the same letter in any given column are not statistically different (LSD: 0.05).

dds = Days after seeding.

Los tres genotipos alcanzaron su máximo IAF a los 105 dds, pero Fiber Max 832 presentó el mayor IAF (3,21). En relación a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético, para la RAF y AFE en las últimas fases de crecimiento, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades: CIAN precoz y Fiber Max 832 mantuvieron la misma relación entre la magnitud de su área foliar y su MS (Tabla 3). En cambio, a los 124 dds, NuCotton 35B presentó una RAF (25,57) mayor que CIAN precoz y Fiber Max 832 (22,64 y 22,03, respectivamente).

En las variedades los valores más altos de RAF y RPF se registraron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y gradualmente disminuyeron conforme avanzó la edad del cultivo (Tabla 3), manteniéndose valores similares de RPF entre las variedades durante el desarrollo del cultivo.

Tabla 3. Relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), y relación de peso foliar (RPF) en tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila. México. Ciclo 2003.

Table 3. Leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (RPF) of three varieties of cotton. Torreón, Coahuila. Mexico. Cycle 2003.

Índices	Período (dds)	Variedades		
		CIAN Precoz	Fiber Max 832	NuCotton 35B
RAF (cm ² /g)	69	79,22a	73,77a	73,88a
	82	48,37a	46,68a	45,50a
	105	34,57a	31,84a	32,99a
	124	22,64ab	22,03b	27,57a
AFE (cm ² /g)	69	172,71ab	165,61b	178,22a
	82	129,18ab	143,11a	126,66b
	105	155,87a	151,86a	157,78a
	124	137,72ab	133,34b	156,05a
RPF (g/g)	69	0,46a	0,45a	0,41a
	82	0,37a	0,33b	0,36ab
	105	0,22a	0,21a	0,21a
	124	0,16a	0,16a	0,17a

Medias con la misma letra entre líneas son estadísticamente iguales (DMS: 0,05).

dds = Días después de la siembra.

Means with the same letter in any given column are not statistically different (LSD: 0.05).

dds = Days after seeding.

DISCUSIÓN

Distribución de biomasa. La diferencia en acumulación de biomasa entre las variedades Transgénicas (ciclo tardío), CIAN Precoz (ciclo precoz) y Fiber Max (ciclo intermedio), durante las primeras etapas de crecimiento en los órganos reproductivos, se debe a la floración anticipada (una semana antes) que presentan las variedades precoces. Lo anterior se explica porque las variedades de porte bajo o intermedio son fotosintéticamente más eficientes que las variedades de mayor tamaño o de ciclo tardío (Palomo y Godoy, 2001). Al respecto, Gaytan et al. (2001) indican que las variedades precoces muestran una mayor acumulación de biomasa total que las variedades tardías, ya que envían una mayor cantidad de fotoasimilados a sus órganos reproductivos.

En las etapas finales del ciclo (124 dds), la variedad Fiber Max acumuló una mayor cantidad de biomasa total. En este período se invirtió la acumulación de fotoasimilados en los órganos reproductivos con respecto a lo acumulado en los órganos vegetativos. Esto se debe a que el mayor potencial productivo de las variedades modernas es el transporte de una mayor cantidad de carbohidratos hacia los órganos reproductivos que hacia los vegetativos (Wells y Meredith, 1984b; Palomo y Godoy, 1996; Gaytán et al., 2001).

Índices de crecimiento. Los procesos metabólicos en la variedad Fiber Max 832 fueron más rápidos, puesto que los valores de su TCC y TAN fueron superiores a los que presentaron las otras variedades (Tabla 2). Asimismo, a los 105 dds tuvo el mayor IAF (3,21) y por tanto presentó una estructura foliar más grande para la captación de radiación solar y producción de carbohidratos. La tasa de crecimiento del cultivo es directamente proporcional a la luz interceptada, aportada por el índice de área foliar (Salem, 2010). Lo anterior se atribuye a que la hoja de las variedades normales es de forma redonda con lóbulos poco pronunciados. En cambio, la variedad con hoja tipo okra tiene la forma de una mano con los lóbulos muy pronunciados; por ello son más eficientes fotosintéticamente, siendo una de las razones de su mayor IAF. Además, la hoja okra evita el sombreo por su forma, lo que es positivo para la producción. Esto se debe a que la radiación solar llega hasta las partes inferiores del cultivo, lo que permite que la mayoría de las láminas foliares sean fotosintéticamente activas. Asimismo, se presenta un mayor intercambio y disponibilidad de CO₂ por el movimiento del aire dentro del dosel (Wells y Meredith, 1984). Por otra parte, es de destacar que el índice de área foliar es el factor determinante en el incremento del rendimiento potencial del cultivo de algodón (Pervez, 2006).

Con respecto a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF), la variedad NuCotton 35B presentó los valores más grandes de RAF (27,57) en la última fase de crecimiento. Esto indica que mantiene por más tiempo su área foliar. Lo anterior se atribuye al ciclo biológico de esta variedad que es de ciclo tardío (siete a diez días más que las otras variedades) (Kisser, 1995). Sin embargo,

no necesariamente implica una mayor producción de biomasa, ya que esto dependerá de su eficiencia para transformarla a carbohidratos (Hearn, 1969). Estos resultados coinciden a los reportados por Gaytán et al. (2001) quienes encontraron diferencias estadísticas significativas entre variedades para los valores de RAF y AFE: la variedad tardía NuCotton 35B resultó de mayor dosel que CIAN Precoz y Fiber Max 832.

El proceso de disminución gradual de los valores de RAF y RPF desde las primeras etapas de crecimiento a las etapas finales en todas las variedades se considera normal. Las plantas en las primeras fases de crecimiento, invierten la mayor parte de los fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético; en cambio, cuando se inicia la fase reproductiva, los fotosintatos se utilizan en el crecimiento en número y tamaño de los órganos reproductivos (Gaytan-Mascorro et al., 2004).

Los valores similares de RPF entre las variedades demostraron que la planta, independientemente de la variedad, regula y distribuye equitativamente los fotoasimilados que produce entre sus órganos. Resultados similares fueron informados por Palomo y Godoy (1996).

CONCLUSIONES

La velocidad de los procesos metabólicos influyó en la distribución de Biomasa y la Dinámica de crecimiento de las variedades de algodón Fiber Max 832, CIAN precoz y NuCotton 35B en altas densidades, en un Calcisol háplico de una región árida de México.

El ciclo biológico de las variedades estudiadas influyó en la acumulación de biomasa.

Las relaciones de peso foliar, obtenidas en este estudio, indican que las plantas asignan el mismo porcentaje de fotoasimilados a sus estructura foliares, independientemente de la variedad.

REFERENCIAS

- Baloch, M.J. (2004). Leaf modifications to quantify yield, earliness and fiber traits in *Gossypium hirsutum* L. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research* 47: 153-6.
- Bednarz, C.W., D.C. Bridges y S.M. Brown (2000). Analysis of cotton yield stability across population densities. *Agronomy Journal* 92: 128-135.
- Escalante, E.J.A. y S.J. Kohashi (1993). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo. p. 84.
- Gaytán M., A., A. Palomo G., S. Godoy A. (2001). Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24: 197-202.
- Gaytán M., A., A. Palomo-Gil, G. Reta S., S. Godoy A., E.A. García C. (2004). Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Phyton, Revista Internacional de Botánica Experimental* 73: 57-67.

- Hearn, A.B. (1969). The growth and performance of cotton in a desert environment. II. Dry matter production. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 73: 75-86.
- Hunt, R. (1978). Plant growth analysis. The Institute of Biology's. Studies in Biology No. 96. Published by Edward Arnold. 67p.
- Hussain, M., F.M. Azhar, A.A. Khan (2008). Genetic basis of variation in leaf area, petiole length and seed cotton yield in some cotton (*Gossypium hirsutum*) genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology* 10: 705-708.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2000). Carta de los Suelos de México, escala 1: 12 500 000. INEGI. México.
- Kerby, T.A., K.G. Cassman y M. Keerly (1990). Genotypes and plant density for narrow rows cotton systems. I. Height, nudes, earliness, and location of yield. *Crop Science* 30: 644-649.
- Kurana, S.C. y M.L. Pandita (1994). Physiological innovations in potato production. *Journal of Indian Potato Association* 21: 47-52.
- Kisser, J. (1995). Transgenic Cotton Products from Stoneville. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio Tx. 169 p.
- Palomo G., A. y S. Godoy A. (1996). Análisis del crecimiento de la nueva variedad de algodón Laguna 89 y del cultivar Deltapine 80. *Agricultura Técnica en México* 22: 145-156.
- Palomo G., A., A. Gaytán M., S. Godoy A. (2001). Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de La fibra del algodón. *Terra* 19: 265-271.
- Pervez, H., M.I. Makhdum., M. Ashraf, y S. Ud-Din (2006). Influence of potassium nutrition on leaf area index in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under an arid environment. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1085-1092.
- Radford, P.J. (1967). Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science* 7: 171-173.
- Saleem, M., M. Maqsood, A. Javaid, M.U. Hassan y T. Khaliq (2010). Optimum irrigation and integrated nutrition improves the crop growth and net assimilation rate of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 42: 3659-3669.
- Steglich, E.M., T.J. Gerik, J. Kiniry, J.T. Cothren y R.G. Lemon (2000). Change in the light extinction coefficient with row spacing in upland cotton. En: P. Dugger and D. Richter (ed.). Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, Tx. 4-8 Jan. National Cotton Council, Memphis, TN. pp. 606-608.
- Unruh, B.L. y J.C. Silverthooth (1996). Comparison between an upland and a Pima cultivars. II. Nutrient uptake and partitioning. *Agronomy Journal* 88: 589-595.
- Wells, R. y W.R. Meredith Jr (1984). Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. I. Vegetative dry matter partitioning. *Crop Science* 24: 858-862.