

# PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE ALGODÓN EN SURCOS ULTRA-ESTRECHOS Y DENSIDAD POBLACIONAL<sup>1</sup>

Ana Rosa Ramírez-Seañez<sup>2</sup>, Juan Gabriel Contreras-Martínez<sup>2</sup>, Arturo Palomo-Gíl<sup>2</sup>,  
Vicente de Paul Álvarez-Reyna<sup>2</sup>, Sergio Alfredo Rodríguez-Herrera<sup>2</sup>, Mario García-Carrillo<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional.** El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento del cultivo de algodón en surcos ultra-estrechos y el sistema de siembra tradicional. En el 2008 y el 2009 se evaluaron dos sistemas de producción en surcos espaciados a 0,50 y 0,35 m (surcos ultra-estrechos) con densidades poblacionales de 90 000 y 110 000 plantas/ha, respectivamente, y de testigo el espaciamiento de 0,75 m con una densidad de 70 000 plantas/ha. Se evaluó el rendimiento de algodón hueso, pluma y MS total. En el segundo año de estudio, se determinó el efecto de los sistemas de producción en 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). Para la estimación de estos indicadores se realizaron tres muestreos destructivos a los 59, 79 y 100 días después de la siembra (DDS). En cada uno se colectaron dos plantas por parcela y se les determinó el área foliar, el peso seco total y el peso seco de órganos vegetativos y reproductivos. El espaciamiento entre surcos de 0,35 m y 110 000 plantas/ha obtuvo un rendimiento de 16 y 43% más algodón hueso que los de 0,50 m, con una densidad de 90 000 plantas/ha, y 0,75 m y 70 000 plantas/ha respectivamente. El espaciamiento entre surcos y la densidad poblacional no afectaron el tamaño relativo al área foliar, de acuerdo con los estimadores RAF, AFE y RPF.

**Palabras clave:** *Gossypium hirsutum* L., materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, índice de área foliar.

## ABSTRACT

**Cotton biomass production as affected by ultra-narrow rows and population density.** The objective of this work was to study the performance of cotton crops under ultra narrow row spacing in comparison to the traditional planting system. Two production systems in rows spaced at 0.50 y 0.35 m (ultra narrow-rows) were evaluated in 2008 and 2009, with population densities of 90 000 and 110 000 plants/ha respectively, and rows spaced at 0,75 m with a density of 70 000 plants/ha were used as a control. The seed-cotton, lint-cotton yield and total dry matter were evaluated in both years. Crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA), and leaf weight ratio (LWR) we evaluated in 2009 only. For the estimation of these indicators, three destructive sampling protocols were conducted at 59, 79 and 100 days after sowing (DAS). Two plants were collected per plot and were analyzed for total dry weight, total dry weight of vegetative and reproductive organs and plant leaf area. For rows spaced at 0.35 m and a density of 110 000 plants/ha the seed cotton yield was 16 and 43% higher than 0.50-90 000 and 0.75-70 000 plants/ha respectively. Row spacing and plant population density did not affect the relative foliar size according with the LAR, SLA and LWR estimates.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., dry matter, crop growth rate, net assimilation rate, leaf area index.



<sup>1</sup> Recibido: 12 de noviembre, 2011. Aceptado: 9 de octubre, 2012. Proyecto de tesis doctoral, Universidad Autónoma Narro Unidad Laguna.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coahuila, México. Tel. 01 (871) 729-7676. ana\_ramirez04@hotmail.com (Autora para correspondencia); juan\_gabriel\_c@hotmail.com; apalomog2009@hotmail.com; vdpar\_190754@hotmail.com; sarh50@live.com.mx; mgc570118@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

El sistema de producción en surcos ultra-estrechos (SUE) y el manejo de altas densidades poblacionales en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) induce dos factores de gran importancia, los cuales son: I. El incremento en los rendimientos y II. La disminución de los altos costos de producción, dando como resultados que este cultivo sea más redituable hacia el productor (Palomo *et al.* 2003).

Este concepto, se remonta a 1920 (Perkins 1998), teniendo como ventajas la inducción de precocidad, cierre de cultivo, apertura de capullos más temprano, y la reducción del ciclo del cultivo, sin afectar la producción y calidad de la fibra (Gaytán *et al.* 2004, Larson *et al.* 1997, Mondino 2001, Mc Connell *et al.* 2002). Numerosos autores han establecido que el acortamiento de la distancia entre surcos permitiría el incremento en la densidad de las plantas lo que se traduciría en aumentos en el rendimiento del cultivo, aunque condicionado por una serie de factores propios de cada experiencia, como lo sería el cultivar, clima, condiciones de fertilidad y disponibilidad de agua (Gericik *et al.* 2000, Mass 1997).

En años recientes, diferentes sistemas de espaciamiento de surcos, en un rango de 75 a 19 cm, fueron estudiados en comparación con surcos amplios o convencionales (Atwell 1996, Parvin *et al.* 2000, Jost y Cothren 2000, Larson *et al.* 2004, Darawsheh *et al.* 2007). Remarcando la característica de los ultra-estrechos con altas densidades de población, a menudo excediendo veinticinco plantas por m<sup>2</sup> (Perkins 1998, Jones 2001).

Varias estrategias para incrementar la producción unitaria del cultivo de algodón fueron definidas por Langer *et al.* (1987). Un camino es el mejoramiento genético, a través del cual se derivan plantas con un mayor potencial para explotar determinados ambientes. Otro camino es la modificación de las prácticas culturales, como la modificación de las densidades de siembra y suministro de agua, lo que constituye una alternativa para aumentar la eficiencia de los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción de biomasa.

Las variaciones en la respuesta de la planta en surcos ultra-estrechos se pueden deber a diferentes densidades de población en los experimentos y a las condiciones ambientales de cada localidad; se ha sugerido, que

el número de capullos por m<sup>2</sup> y su peso de capullo, proporcionan mejor información del efecto de los surcos ultra-estrechos en el rendimiento (Boquet 2005).

Las características de crecimiento del cultivo, el tamaño y número de bellotas así como la distribución de biomasa, son de utilidad para explicar las diferencias en rendimiento por efecto de la distancia entre surcos del cultivo del algodón (Vories y Glover 2006). En un estudio realizado por Nichols *et al.* (2004) se encontró que la altura de planta, el número de ramas fructíferas y el total de bellotas por planta, disminuyen a medida que se acorta la distancia entre surcos. El rendimiento del cultivo es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que el análisis de índices de crecimiento como tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), son de gran utilidad para conocer cómo un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra. Sin embargo, existen pocos estudios al respecto, y en estos se han utilizado variedades frondosas y de ciclo largo; estos estudios son obsoletos y originalmente fueron desarrollados para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0,90 a 1 m (Mohamad *et al.* 1982).

El objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento del cultivo del algodón, en cuanto a la producción y distribución de materia seca (MS) y área foliar (AF) en dos sistemas de producción, el de surcos ultra-estrechos-densidad poblacional y el de siembra convencional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los años 2008 y 2009, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón Coahuila, municipio de la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y los 105° LO, a 1120 msnm. El suelo del área experimental donde se estableció el estudio es de textura franco limoso clasificado como Xerosol, serie coyote, medianamente alcalino (pH 7,76), con 1,30% (13,06 g/kg) de materia orgánica y 0,11% de contenido de nitrógeno total (Castellanos *et al.* 2000).

Para conocer alguna relación entre las diferencias climatológicas y la producción de materia seca, se obtuvieron las unidades calor (UC) acumuladas durante el ciclo del cultivo, que comprende de abril a agosto, estas se calcularon considerando los límites de temperatura para el algodón propuesto por (Kerby y Goodell 1982, Supak 1984), y que son: temperatura base mínima de 15,5°C y temperatura máxima de 38°C (Kerby y Hill 1982, Supak 1984).

Se evaluaron dos sistemas de producción en surcos ultra-estrechos (SUE); y espaciados a 0,35 y 0,50 m con densidades poblacionales de 110 000 y 90 000 plantas/ha, respectivamente. Se incluyó como testigo el sistema de producción comercial de 0,75 m entre surcos y densidad poblacional de 70 000 plantas/ha. La variedad utilizada fue FIBER MAX 963. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con ocho repeticiones.

En los dos años la siembra se realizó en la primera quincena de abril y se aplicó una dosis uniforme de 100 kg de nitrógeno y 30 kg de fósforo/ha. Se dieron cuatro riegos, uno de presiembrado y tres de auxilio los cuales se aplicaron, en promedio, a los 56, 77 y 98 días después de la siembra (dds). La maleza se controló manualmente. Durante los ciclos 2008 – 2009, en el cultivo se presentaron las siguientes plagas: mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*), la cual se controló con Endosulfan (Endosulfan, 2,4 l/ha) y Herald (Fenpropatrin, 0,45 – 0,60 l/ha); se presentó también Pulgón (*Aphis gossypii*), el cual se controló con la aplicación de Furadan (Carbofuran 5,0 – 8,0 l/ha), y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) que se controló con Clorpirifos etil \*480 EM (1,0 – 2,0 l/ha).

La dinámica de crecimiento del cultivo únicamente se evaluó en el año 2008. El del rendimiento de algodón hueso y algodón pluma, se evaluó en conjunto con la producción y distribución de biomasa de la planta de algodón, durante los dos años.

La parcela total estuvo compuesta por ocho surcos de 5 m de largo y la útil (para evaluar rendimiento), de dos surcos de 3 m de largo. Para determinar la dinámica de producción de materia seca se realizaron tres muestreos destructivos, a los 58, 79, y 100 días después de la siembra (DDS), época en la cual la planta está a una semana de iniciar floración, tercera semana de floración, máxima floración y desarrollo foliar, respectivamente. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela. A cada una se le separaron los órganos vegetativos

(hojas, tallos y ramas) y los reproductivos (frutos). Para secar estos órganos (los tallos y ramas, las hojas, y los frutos) se colocaron en bolsas de papel por separado y en estufa a una temperatura de 65°C durante 72 horas, después de lo cual se obtuvo su peso seco, la suma de estos representó el peso seco total por planta (rendimiento biológico).

Para determinar el AF por planta, se midió el área de las muestras de láminas foliares, formando grupos de diferentes tamaños, a cada uno se les determinó el peso seco (PS). Con la información obtenida se realizó un análisis de regresión simple, en la cual la variable dependiente (Y) fue el AF y la variable independiente (X) el PS de las muestras. La ecuación de regresión fue la siguiente:

$$y = 50,99674457 + 70,69487452 (x)$$

Con los valores de materia seca de las láminas foliares, materia seca total, área foliar y del intervalo de tiempo entre muestreos, se calcularon los siguientes índices de crecimiento, de acuerdo con Radford (1967) y Hunt (1978):

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC): mide el incremento de biomasa por unidad de superficie ocupada en un intervalo de tiempo dado. Su fórmula es:

$$TCC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1), \quad (\text{g/m}^2/\text{día})$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado (lámina foliar)

P<sub>1</sub> = Peso seco de muestra 1

P<sub>2</sub> = Peso seco de muestra 2

t<sub>1</sub> = Fecha de muestreo 1 expresado en días después de la siembra.

t<sub>2</sub> = Fecha de muestreo 2, en días después de la siembra.

2. Tasa de asimilación neta (TAN): expresa la tasa de crecimiento en peso seco con base en el área foliar presente y como un estimador de la magnitud del aparato fotosintético. La TAN estima la eficiencia fotosintética de la planta o de una población. En su determinación se asume una relación lineal entre el área foliar y el peso seco de la planta. Su fórmula es:

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(Ln_e AF_2 - Ln_e AF_1) / (t_2 - t_1)], \quad (\text{g/m}^2/\text{día})$$

Donde:

$Ln_e$  = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en  $t_1$  y  $t_2$ .

AF = Área foliar en el periodo  $t_1$  y  $t_2$ .

3. Relación de Área Foliar (RAF): es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta, y se obtiene de dividir el área foliar de esta entre el peso seco total de la misma.

$$RAF = AF/PS, (\text{cm}^2/\text{g})$$

Donde:

AF = Área foliar

PS = Peso Seco Total

4. Área Foliar Específica (AFE): mide la relación entre el área foliar y el peso seco de la misma. Es una medida del grosor relativo de las hojas; representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja. Su fórmula es:

$$AFE = AF/PSAF, (\text{cm}^2/\text{g})$$

Donde:

PSAF = Peso seco del área foliar.

5. Relación de Peso Foliar (RPF): determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta. Su fórmula es:

$$RPF = PSAF/PS, (\text{g})$$

Donde:

PSAF = Peso seco de área foliar.

6. Índice de Área Foliar (IAF): es el área foliar presente por unidad de superficie de suelo. Es una expresión de la cantidad de área foliar disponible para la fotosíntesis. Su fórmula es:

$$IAF = AFT/S, (\text{m}^2)$$

Donde:

AFT = Área foliar total

S = Área de suelo ocupada

A partir de los datos de peso seco obtenidos en la superficie de muestreo, se calcularon los datos por planta y por metro cuadrado.

Para todas las variables se realizaron análisis de varianza, con el programa estadístico SAS (SAS Inst. 2003) y cuando se detectaron diferencias estadísticas se realizó comparación de medias con la prueba de Tukey al 0,05 de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperaturas máximas, mínimas y unidades calor acumuladas en los años 2008 – 2009

En el Cuadro 1 se presentan las temperaturas que prevalecieron durante los ciclos 2008 – 2009 en la Comarca Lagunera. (INIFAP – SAGARPA 2011). En ambos años prácticamente no hubo variación en las unidades de calor acumuladas, ya que durante el ciclo del cultivo (abril-agosto) en 2008 llegó a 1707, mientras que en 2009 fueron 1742. Dada la mínima diferencia, se concluye que las UC no influyeron en los resultados del estudio.

### Índices de crecimiento

En el año evaluado (2008), y en los períodos comprendidos de los 79 a 100 y 58 a 100 DDS, la TCC de las plantas cultivadas en el espaciamiento de 0,35 m – 110 000 plantas/ha fue significativamente superior a la TCC obtenido por las plantas en los espaciamientos de 0,50 m – 90 000 y 0,75 m – 70 000 plantas/ha respectivamente, los cuales se comportaron de manera similar. Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas, en el período de los 58 a 79 DDS la TCC en el espaciamiento de 0,35 m también fue mayor numéricamente que en los otros dos (Cuadro 2). Orozco *et al.* (2008) trabajaron con dosis de nitrógeno en algodón transgénico, utilizando el sistema de siembra tradicional de 0,76 m entre surcos y una densidad poblacional de 65 500 plantas/ha y reportaron valores de TCC de 26,90 g/m<sup>2</sup>/día entre los 69 y 105 DDS, y Gaytán *et al.* (2001) quienes manejando variedades precoces de algodón obtuvieron un TCC de 24,5 g/m<sup>2</sup>/día, en el período comprendido entre los 99 – 113 DDS.

En la TAN no se presentaron diferencias significativas entre sistemas de producción, observándose, que la TAN disminuyera a medida que aumentaba el IAF (Cuadro 2), corroborando así la asociación negativa que existe entre IAF y TAN a consecuencia del incremento en el sombreado de las láminas foliares. Gardner

**Cuadro 1.** Temperaturas máximas y mínimas en (°C), y unidades calor acumuladas (UCA) por mes, durante el ciclo del cultivo e intervalo de muestreo en los años 2008 – 2009. Comarca Lagunera, Torreón, Coahuila. México.

Mes	Año 2008				Año 2009			
	Máxima	Mínima	UC	UCA	Máxima	Mínima	UC	UCA
Abril	32,79	13,63	263	263	32,33	13,65	225	225
Mayo	34,30	18,00	330	593	34,28	19,36	351	576
Junio	36,08	22,48	413	1006	35,27	21,23	383	959
Julio	33,07	21,01	368	1374	35,34	22,66	419	1378
Agosto	32,15	20,30	333	1707	33,60	20,88	364	1742

  

Unidades calor acumuladas (UCA)		
Muestreos (DDS)	2008	2009
58 – 79	524	546
79 – 100	817	812
58 – 100	1341	1358

UCA= Unidades calor acumuladas por el cultivo a una temperatura base de 15,5°C. DDS= Días después de la siembra.

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), Tasa de asimilación neta (TAN) e Índice de área foliar (IAF) del algodón en tres sistemas de producción. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2008.

Muestreo (DDS)	Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas/ha)			
	0,75 – 70 000	0,50 – 90 000	0,35 – 110 000	Media
	Tasa de crecimiento del cultivo (g/m <sup>2</sup> /día)			
58 – 79	24,79 a	25,88 a	28,40 a	26,35
79 – 100	27,73 b	25,48 b	39,78 a	30,99
58 – 100	26,26 b	25,68 b	34,08 a	28,67
Tasa de asimilación neta (g/m <sup>2</sup> /día)				
58 – 79	20,33 a	19,05 a	17,34 a	18,90
79 – 100	14,96 a	13,08 a	16,68 a	14,90
58 – 100	17,05 a	16,23 a	17,37 a	16,88
Índice de área foliar				
58	0,98 b	1,12 ab	1,35 a	1,15
79	1,51 b	1,67 b	2,04 a	1,74
100	2,24 b	2,25 b	2,84 a	2,44

Dentro de filas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0,05).

DDS = Días después de la siembra.

*et al.* (2003) señalan que la disminución progresiva de la TAN es resultado del aumento de la edad de la planta y del sombreo por el aumento del IAF que excede el incremento de masa seca o viceversa.

Langer *et al.* (1987) menciona que el índice de área foliar (IAF) especifica el tamaño del aparato asimilatorio que un cultivo tiene por unidad de superficie de suelo. Al respecto, en los tres muestreos evaluados el espaciamiento de 0,35 m entre surcos presentó los valores más altos de IAF con respecto a los otros espaciamientos (Cuadro 2). Los valores de IAF obtenidos en el presente estudio son muy inferiores a los reportados por Bange y Milroy (2004), quienes trabajaron con ocho variedades de algodón, una de ciclo temprano y siete tardío, donde reportan valores de IAF máximo de 4,2 y 5,5 m<sup>2</sup> entre los 80 y 95 días después de emergencia). Langer *et al.* (1987) también mencionan que el IAF puede ser alterado por prácticas de manejo como la densidad de plantas, la fertilización y los riegos.

#### Tamaño del aparato fotosintético

Los sistemas de producción, diferenciados por el espaciamiento de surcos y la densidad poblacional,

no manifestaron diferencias significativas en los componentes de tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) (Cuadro 3). Dado que las plantas conservaron la misma relación en cuanto a magnitud del aparato fotosintético, con respecto a la biomasa total acumulada en la planta (RAF), la relación entre el área foliar de la hoja y su propio peso seco (AFE), la relación entre el peso seco del área foliar y el peso seco total de la planta (RPF), el cual es un indicador indirecto del grosor de las hojas, se infiere que el sistema de producción no influye en la magnitud del aparato fotosintético.

**Cuadro 3.** Relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y peso foliar (RPF) del cultivo del algodón en tres sistemas de producción. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2008.

Muestreo (DDS)	Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas/ha)			
	0,75 – 70 000	0,50 – 90 000	0,35 – 110 000	Media
	<b>Relación de área foliar (cm<sup>2</sup>/g)</b>			
58	37,95 a	37,52 a	36,60 a	37,35
79	19,76 a	20,40 a	22,03 a	20,73
100	17,54 a	16,50 a	16,20 a	16,75
	<b>Área foliar específica (cm<sup>2</sup>/g)</b>			
58	73,61 a	74,14 a	74,06 a	73,93
79	72,74 a	72,95 a	73,02 a	72,90
100	72,16 a	72,46 a	72,43 a	72,35
	<b>Relación de peso foliar (g)</b>			
58	0,52 a	0,50 a	0,49 a	0,50
79	0,27 a	0,28 a	0,30 a	0,28
100	0,24 a	0,22 a	0,22 a	0,23

Dentro de filas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0,05). DDS = Días después de la siembra.

La disminución en los valores de RAF y RPF es normal conforme avanza la edad del cultivo, ya que en las primeras etapas de crecimiento, las plantas

invierten una gran cantidad de sus fotoasimilados en la conformación de su estructura vegetativa, invirtiéndose esta relación cuando se establece la fase reproductiva (Sarmah *et al.* 1994). En cuanto al AFE, los valores estimados indican que, independientemente del sistema de producción, las láminas foliares alcanzan un mismo tamaño y grosor a través del ciclo del cultivo. Los resultados obtenidos para este estimador son menores a los reportados por Orozco *et al.* 2008 quienes evaluando dosis de nitrógeno reportaron valores de 163,16 cm<sup>2</sup>/g a los 105 DDS, lo que es de esperarse por diferencias en el genotipo utilizado, crecimiento alcanzado por la planta, año, variaciones climatológicas durante el ciclo del cultivo, tipo de suelo, etc.

### Producción y distribución de biomasa

La producción y distribución de biomasa se evaluó en ambos años (2008 y 2009). Al respecto, los análisis estadísticos para producción de biomasa y su distribución no mostraron diferencias entre años, lo cual está acorde con las UC acumuladas durante el ciclo de crecimiento del cultivo (Cuadros 1 y 4). Al contrario de lo encontrado para años, el sistema de producción sí afectó la producción de biomasa total y su distribución (Cuadro 4). Tanto la producción como la distribución de biomasa a órganos vegetativos y fructíferos de las plantas, tendió a aumentar a medida que disminuyó la distancia entre surcos y aumentó la densidad poblacional, por lo que el mejor sistema de producción fue el de 0,35 m – 110 000 plantas/ha. Lo anterior coincide con lo reportado por Gitte y Khanda-gale (1994), quienes señalaron que la producción de biomasa del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es más alta al elevar la densidad poblacional.

En términos absolutos, la superioridad del sistema de producción de 0,35 m entre surcos y 110 000 plantas/ha no es discutible, sin embargo, al considerar la producción y distribución de biomasa en términos relativos, no se detectó ninguna diferencia entre los sistemas de producción (Cuadro 4). Lo cual significa, que la planta, independientemente del crecimiento alcanzado, de la biomasa acumulada y de los factores de la producción en estudio, distribuyó el mismo porcentaje de fotosintatos a sus diferentes órganos (Escalante-Estrada 1995).

**Cuadro 4.** Sistema de producción y peso seco total (PST), de estructuras vegetativas (PV), reproductivas (PR), y porcentaje del peso vegetativo (% V), y reproductivo (% R) del algodón. Torreón, Coahuila, México. Promedio de años 2008 y 2009.

Factor de variación	PST	PV	PR	V	R
	(g m <sup>2</sup> )	(g m <sup>2</sup> )	(g m <sup>2</sup> )	(%)	(%)
	<b>Años</b>				
2008	1569,67 a	753,77 a	815,90 a	48	52
2009	1543,71 a	760,05 a	783,65 a	49	51
	<b>Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas/ha)</b>				
0,75 – 70 000	1147,38 c	551,93 b	595,45 b	48	52
0,50 – 90 000	1348,36 b	658,63 b	689,73 b	49	51
0,35 – 110 000	2174,33 a	1060,20 a	1114,13 a	49	51

Dentro de columnas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0,05).

## Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas en rendimiento de algodón hueso y algodón pluma por efecto de año, a diferencia del espaciamiento entre surcos y densidad poblacional, en el cual se manifestó diferencia significativa. Los mejores rendimientos se obtuvieron en los sistemas de producción con espaciamiento de 0,35 m entre surcos-densidad poblacional de 110 000 plantas/ha y de 0,50 m entre surcos-densidad poblacional de 90,000 plantas/ha, los cuales fueron 43 y 16% superiores al rendimiento obtenido por el espaciamiento de 0,75 m con 70, 000 plantas/ha (Cuadro 5). Estos resultados, corroboran los obtenidos por Estrada *et al.* (2008) quienes trabajaron con el cultivo de algodón, y concluyeron que los surcos ultra-estrechos con distancias de 35 cm rinden 10 y 26% más que los surcos de 0,50 y 0,75 m, respectivamente; en dicha investigación, la densidad poblacional fue similar para los tres espaciamientos (100 000 plantas/ha). Cawley *et al.* (2002) manifiestan que los surcos ultra-estrechos rinden más que los amplios, aunque obtuvieron incrementos más modestos en el rendimiento de 5 y 11%. Gerik *et al.* (1998) enfatizan que la siembra de algodón en surcos ultra-estrechos incrementan el rendimiento hasta en 37% y reducen doce días el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 75 cm.

**Cuadro 5.** Efecto de año, sistema de producción y densidad poblacional en el rendimiento del algodón 2008-2009. Torreón, Coahuila, México.

Factor de variación	Rendimiento de algodón (kg/ha)			
	Hueso	%	Pluma	%
	<b>Años</b>			
2008	9369 a		4048 a	
2009	9335 a		3927 a	
	<b>Distancia entre surcos (m) – Densidad poblacional (plantas/ha)</b>			
0,75-70 000	7389 c	100	3105 c	100
0,50- 90 000	8575 b	116	3587 b	115
0,35- 110 000	10 610 a	143	4500 a	145

Dentro de columnas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0,05).

En el sistema de producción de surcos a 0,35 m – 110 000 plantas ha-1 las plantas muestran una mayor TCC e IAF que en los sistemas de siembra en surcos de 0,50 – 90 000 y 0,75 m – 70 000 plantas/ha.

Los sistemas de producción no afectan el tamaño relativo del aparato fotosintético de acuerdo con los estimadores RAF, AFE y RPF.

El sistema de producción en surcos espaciados a 0,35 m y alta densidad poblacional (110 000 plantas/ha) aumenta el rendimiento de algodón pluma hasta un 45% con respecto al espaciamiento de 0,75 m (testigo).

A medida que se reduce la distancia entre surcos y se aumenta la densidad poblacional, se incrementa los rendimientos unitarios y la cantidad de biomasa producida por área de terreno ocupado así como la cantidad de materia seca acumulada en órganos vegetativos y fructíferos. En términos relativos, el sistema de producción no afecta el porcentaje de biomasa acumulada en órganos vegetativos o fructíferos.

## LITERATURA CITADA

- Atwell, SD. 1996. Influence of ultra narrow row on cotton growth and development. *In Proc. Beltwide Cotton Conf.*, Nashville, TN. Natl. Cotton Council, Memphis, TN, USA. p. 1187-1188.
- Bange, MP; Milroy, SP. 2004. Growth and dry matter partitioning of diverse cotton genotypes. *Field Crops Res.* 87:73-87.
- Boquet, DJ. 2005. Cotton in ultra-narrow row spacing: Plant density and nitrogen fertilizer rates. *Agronomy Journal* 97:279-287.
- Castellanos, JZ; Uvalle-Bueno, J; Aguilar-Santelices, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA. México, D.F. p. 66-85.
- Cawley, N; Edminsten, K; Wells, R; Stewart, A. 2002. *In Proc. Beltwide Cotton Physiology Conference. Cotton Conf.* Atlanta GA. Natl. Cotton Council, Memphis TN, USA. sp.
- Darawsheh, MK; Aivalakis, G; Bouranis, DL. 2007. Effect of cultivation system on cotton development, seed-cotton production and lint quality. *The Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(2):206-213.
- Escalante-Estrada, JA. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *In Agroproductividad. Colegio de Postgraduados.* Montecillo, Estado de México. p. 28-32.
- Estrada, OT, Palomo-Gil, A; Espinoza-Banda, A; Rodríguez-Herrera, SA; Ruiz-Torres, NA. 2008. Rendimiento y calidad de fibra de algodón cultivado en surcos ultra-estremos. *Rev. Fito. Mex.* 31:79-83.
- Gardner, P; Pearce, RB; Mitchell, RL. 2003. *Physiology of crop plants*, Blackwell Publishing Company. Iowa, USA. 326 p.
- Gaytán-Mascorro, A; Palomo-Gil, A; Godoy-Ávila, S. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces del algodón. *Rev Fitotec. Mex.* 24:197-202.
- Gaytán M, A; Palomo-Gil, A; Reta-Sánchez, DG; Godoy-Ávila, S; García-Castañeda, EA. 2004. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- Gerik, TJ; Lemon, RG; Faver, KL; Hoelwryn, TA; Jungman, M. 1998. Performance of ultra-narrow row cotton in Central Texas. *In Proc. Belt-wide Cotton Conference.* San Diego, CA. Natl. Cotton Council, Memphis, TN, USA. p. 1406-1409.
- Gerik, TJ; Lemon, RG; Abrameit, A; Valco, TD; Steglich, EM; Cothren, JT; Pigg, J. 2000. Using ultra-narrow rows to increase cotton production. *In Dugger, P; Richter, DA.* eds. *Proc. Beltwide Cotton Conf.*, San Antonio, TX. Natl. Cotton Council of America. Memphis, TN, USA. p. 653.
- Gitte, AN; Khandagale, GB. 1994. Growth parameters controlling biomass production in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L). *Ann. Plant Physiology* 8:157-160.
- Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis.* Institute of Biology's. Studies in Biology Num. 96. Edward Arnold. London, UK. p. 67.
- INIFAP - SAGARPA (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Mpio. Matamoros Estado Coahuila. (en línea). Consultado abril 2011. Disponible en <http://www.clima.inifap.gob.mx>.
- Jones, MA. 2001. Evaluation of ultra-narrow row cotton in South Carolina. (en línea). *In Proceedings of the Beltwide Cotton Conference.* Anaheim, CA, Cotton Council. Memphis TN, USA. p. 522-524.
- Jost, PH; Cothren, JT. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing. *Crop Science* 40:430-435.
- Kerby, TA; Goodell, P. 1982. Using heat units as a basis for cultural practices. *In Proc. Western Cotton Prod. Conf.* p. 10-13.

- Langer, MRD; Hill, GD; Mason, K; Nuñez, JA; Medina F-R, M. 1987. Plantas de interés agrícola. Introducción a la botánica agrícola. Editorial Acriba, S. A. Zaragoza España. p. 386.
- Larson, JA; English, BC; Gwathmey, CO; Hayes, RM. 1997. Economic feasibility analysis of ultra-narrow-row cotton in Tennessee. *In* Richter, D; Dugger, P. ed. Proceedings of Belt-wide Cotton Conference. National Cotton Council of America, USA. p. 315-317.
- Larson, JA; Gwathmey, CO; Roberts, RK; Hayes, RM. 2004. Economics and marketing. Effects of plant population density an net revenues from ultra-narrow row cotton. *Journal of Cotton Science* 8:69-82.
- Mass, SJ. 1997. Competition among equally-spaced cotton plants grown at four plant populations densities. *In* Belt-wide Cotton Conferences. Proceedings Memphis: National Cotton Council of America. USA. p. 1485-1487.
- Mc Connell, JS; Kirst, Jr, RC; Glover, RE; Benson, R. 2002 Nitrogen fertilization of ultranarrow-row cotton. *In* Oosterhuis, DM. ed. Summaries of Arkansas Cotton Research and Progress in 2001. Arkansas Agricultural Experiment Station, Research Series 497, USA. p. 129-132.
- Mohamad, KB; Sapenfield, WP; Poehlman, JM. 1982. Cotton cultivars response to plant populations in a short season, narrow-row cultural system. *Agron. J.* 74: 619-625.
- Mondino, M. 2001. Efectos del distanciamiento entre surcos y la densidad de plantas sobre desarrollo crecimiento y rendimiento de dos variedades de algodón. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar de Plata, Argentina. 95 p.
- Nichols, SP; Snipes, CE; Jones, MA. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *J. Cotton Sci.* 8:1-12 (en línea). Consultado 12 oct. 2007. Disponible en <http://www.cotton.org/journal/2004-08/1/1.cfm>
- Orozco, VJA; Palomo-Gil, A; Gutiérrez-Del Río, E; Espinoza-Banda, A; Hernández-Hernández, V. 2008. Dosis de nitrógeno y su efecto en la producción y distribución de biomasa de algodón transgénico. *Terra Latinoamericana* 26(1):29-35.
- Palomo-Gil, A; Gaytán-Mascorro, A; Godoy-Ávila, S. 2003. Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Rev. Fitotec. Mex* 26:167-171.
- Parvin, DW; Cooke, FT; Martin, SW. 2000. Alternative cotton production systems. Dept. Agric. Econ. Res. Rep. 2000-010. Mississippi State, MS. USA. p. 29.
- Perkins, WR. 1998. Three year overview of UNRC vs. conventional cotton. *In* Dugger, P; Richter, D. ed. Proc. Beltwide Cotton Conf. Nashville, TN. Natl. Cotton Council, Memphis, TN, USA. p. 91.
- Radford, PJ. 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.
- Sarmah, PC; Katyal, SK; Faroda, SA. 1994. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars to fertility level and plant population. *Indian J. Agron.* 39:76-78.
- SAS Institute. 2003. The SAS system for Windows. Version 9.1 SAS Inst., Cary, NC, USA. 240 p.
- Supak, JR. 1984. Understanding and using heats units. *In* Mayfield, WF. ed. Proc. Western Cotton Prod. Conf., Oklahoma City, OK. Western Cotton Production Conf., Memphis, TN, USA. p. 15-19.
- Vories, ED; Glover, RE. 2006. Comparison of growth and yield components of conventional and ultra-narrow row cotton. *Journal of Cotton Science* 10:235-243.

