

**SURCOS ULTRA-ESTRECHOS Y DENSIDAD POBLACIONAL EN  
ALGODÓN: I. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FIBRA, Y II. DISTRIBUCIÓN DE  
BIOMASA E INDICES DE CRECIMIENTO**

**ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO**

**DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**Asesor principal: Ph.D. ARTURO PALOMO GÍL**

**Torreón, Coahuila, México, Mayo de 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**SURCOS ULTRA-ESTRECHOS Y DENSIDAD POBLACIONAL EN ALGODÓN: I  
PRODUCCION Y CALIDAD DE FIBRA, Y II. DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA E  
INDICES DE CRECIMIENTO**

**AGRADECIMIENTOS TESIS**

**POR**

**ANA ROSA RAMÍREZ SEÁÑEZ**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**A DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**

**Dios Comité particular de asesoría:**

Asesor Principal:

Asesor:

Asesor:

Asesor:

Asesor:

nuestro

  
Ph.D. Arturo Palomo Gil

  
Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna

  
Dr. Mario Garcia Carrillo

  
Dr. Armando Espinoza Banda

  
Ph.D. Sergio A. Rodriguez Herrera

  
Dr. Fernando Ruiz Zárate  
Subdirector de Postgrado

  
Dr. Pedro Robles Trillo  
Jefe del Departamento de Postgrado

**señor** por darme lo más importante la vida, por guiarme y no alejarse de mí en ningún momento, por permitirme concluir una etapa más en mi vida.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por brindarme la oportunidad de regresar a mi **ALMA TERRA MATER** y terminar una etapa tan importante en mi vida, por confiar en mí y permitir mi desarrollo y crecimiento profesional.

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por darme la confianza, y el apoyo económico para desarrollar satisfactoriamente mi doctorado.

**A mis maestros:** por brindarme sus conocimientos, sus consejos y antes que nada su amistad y su apoyo incondicional.

**A mi asesor principal: Ph.D. Arturo Palomo Gil.** Por sus enseñanzas, dedicación, consejos y su amistad, por su valioso tiempo para mi formación y por haber confiado en mí para desarrollar esta investigación.

**A mis demás asesores: Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna, Dr. Mario García Carrillo, Ph.D. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera, Dr. Armando Espinoza Banda.** Por sus consejos, dedicación, aportaciones y su valioso tiempo para mi formación y desarrollo en este trabajo.

**A mis compañeros y amigos:** En especial a **Ausencio Olan Sánchez y Lilia Salas Pérez,** **Jorge Armando Chávez Simental, Victoria Jared Borroel**

**García.** Por su amistad incondicional y todos los buenos momentos que pasamos durante este tiempo.

**A mi estimada Esther Peña Revuelta:** Por su apoyo incondicional, sus muestras de cariño en todo momento y su gran amistad.

## **DEDICATORIAS**

**A mis padres:**

**Rosa Seañez Campos y Guillermo Ramírez Mijares.** Gracias por darme la dicha de estar en esta vida, por creer y confiar en mí a cada momento, por el amor y cuidado que me brindan, por sus consejos, comprensión y cada uno de los detalles que tienen hacia mí. Por ser el gran ejemplo a seguir en mi vida.

**A mis hermanos:**

**Mary, Perla, Damián, Mauricio y Guillermo.** Gracias por sus consejos por ser parte importante en mi vida, por alentarme a seguir adelante, por cada momento que hemos pasado los cuales han sido los mejores de mi vida. Gracias hermanos.

**A mis sobrinos:**

**Rubí, Jesús, Christian, José Ángel, Carolina y Cecilia.** A mis enanos que adoro los cuales son el fruto de la vida de mis hermanos a los cuales amo y quiero como mis hijos, gracias por darle sentido a mi vida.

**A mis cuñadas y cuñados:**

**Angélica Espino Reyes, Lupita Ortiz Hernández, Cristóbal González Maltos y Jesús Durán Uranga (+).** Por las palabras de aliento, sus buenos deseos y su apoyo incondicional.

**A mí querido amigo:**

**Juan Gabriel Contreras Martínez.** Por tu apoyo incondicional, tus consejos, palabras de aliento y cada detalle que tienes hacia mí, por ser parte de este gran logro. Te quiero mucho Dios te bendiga a cada día. Y siempre voy a estar agradecida con la hermosa familia que tienes, por el gran cariño que me brindan y la oportunidad que me dan de sentirme como si fuera mí otra familia. Muchas gracias **Fam. Contreras Martínez.**

**A mi tía:**

**Coquis Señez Campos.** Por su cariño, por su forma de ser, por sus consejos y porque siempre ha creído en mí. Gracias tía la quiero mucho.

**A mis amigas:**

**Lucero Lucatero, Alma I. Chávez Barrajas, Mary Lares Gómez.** Por su amistad incondicional, por su apoyo, palabras de aliento, sus consejos y su cariño.

**¡A todos ustedes simplemente gracias!**

**COMPENDIO**

**SURCOS ULTRA-ESTRECHOS Y DENSIDAD POBLACIONAL EN  
ALGODÓN: I. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FIBRA, Y II. DISTRIBUCIÓN DE  
BIOMASA E ÍNDICES DE CRECIMIENTO.**

POR

ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Asesor Principal: Ph.D. ARTURO PALOMO GIL

Torreón, Coahuila, México. Mayo de 2012

**Palabras claves:** *Gossypium hirsutum* L., surcos ultra estrechos, densidades de siembra, rendimiento de algodón, calidad de fibra, biomasa.

En el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, se llevaron a cabo dos trabajos de investigación, con el fin de conocer el efecto de dos sistemas de producción de surcos ultra-estrechos en el cultivo de algodón (surcos espaciados a 0.50 y 0.35 m) con densidades de población de 90 000 y 110 000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en

I. Rendimiento de algodón y calidad de fibra y, II. Producción de materia seca y tamaño del aparato fotosintético.

Como testigo se incluyó el espaciamiento entre surco convencional de 0.75 m, con una densidad de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Para obtener la densidad de población de planta programada los espaciamientos fueron de 0.14, 0.22 y 0.25 m entre plantas para los distanciamientos de surco de 0.75, 0.50 y 0.35 m respectivamente.

En ambos años la parcela experimental consistió de 8 surcos de 5 metros de largo, y la parcela útil fue de 2 surcos por 3 metros de largo para medir el rendimiento de algodón hueso, algodón pluma, componentes de rendimiento (peso de capullo, porcentaje de fibra, índice de semilla), y calidad de fibra (longitud, resistencia y finura).

Para conocer la producción de materia seca y la asignación de estructuras vegetativas y reproductivas, se realizaron tres muestreos destructivos a los 58, 79 y 100 después de la siembra (DDS), época en la cual la planta está a una semana de iniciar floración, inicio de la tercera semana de floración y máximo desarrollo foliar. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela, para determinar área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y reproductivos.

Con los datos de peso seco y área foliar se estimaron los componentes de rendimiento, como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), la 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).

Los resultados del análisis de varianza en el primer experimento mostraron diferencias significativas en el rendimiento de algodón hueso y pluma en el sistema de producción y año de plantación. El % de fibra, el índice de semilla y calidad de la fibra presentaron efecto de año.

Los rendimientos de algodón hueso en surcos espaciados en 0.35 y 0.50 m, fueron de 43 y 16% más altos que los rendimientos obtenidos por el testigo (0.75 m). Los componentes de rendimiento y la calidad de la fibra no se vieron afectados por el sistema de producción, sin embargo para efecto de año si se presentaron diferencias significativas.

En el segundo experimento, no hubo efecto de año en la producción de materia seca  $m^{-2}$ . En el sistema de producción de 0.35 m-110 000 plantas  $ha^{-1}$ , la TCC y el IAF fueron significativamente mayores que la TCC e IAF mostrados por las plantas en los sistemas de producción de 0.75 m-70 000 y 0.50 m-90 000 plantas  $ha^{-1}$ . La TAN no se vio afectada por el sistema de producción pero, este índice de crecimiento disminuyó a medida que el IAF se vio incrementado, como resultado de la edad de la planta.

El sistema de producción no afectó los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF). No hubo efecto por año en la producción y distribución de biomasa. La producción de biomasa por unidad de superficie se incrementó a medida que se redujo el espaciamiento entre surco.

## ABSTRACT

### ULTRA NARROW-ROWS AND POPULATION DENSITY IN COTTON: I. YIELD AND FIBER QUALITY, AND II. BIOMASS PRODUCTION AND GROWTH INDEXES.

BY

ANA ROSA RAMÍREZ SEAÑEZ

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Asesor Principal: Ph.D. ARTURO PALOMO GIL

Torreón, Coahuila, México. Mayo de 2012

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., ultra narrow rows, plant population, cotton yield, fiber quality, biomass.

Two research studies were carried out in the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna experimental station, in order to know the effect two ultra-narrow rows cotton production systems (rows spaced to 0.50 and 0.35 m) with population densities of 90 000 and 110 000 plants ha<sup>-1</sup>,

respectively, on I. Cotton yield and fiber quality and, II Dry matter production and photosynthetic apparatus size.

The conventional 0.75 m row spacing with 70 000 plants ha<sup>-1</sup>, was included as a check. To obtain the plant population density programmed plant spacing of 0.14, 0.22 and 0.25 m between plants for 0.75, 0.50 and 0.35 m rows was given, respectively.

In both works total plot consisted of 8 rows 5m long and, two rows 3m long were harvested to measure seed-cotton and lint cotton yields, yield components (boll weight, fiber percentage, seed index) and fiber quality (length, strength and fineness) were also measured.

In order to know dry matter production and distribution to vegetative and reproductive structures, three destructive samplings were taken at 58, 79 and 100 days after sowing (DAS) were taken. Sampling dates were given a week before the plants began blooming, at the beginning of the third week of blooming and at maximum leaf area stage. At each sample date two plants plot<sup>-1</sup> were taken to determine total plant dry matter production and distribution to vegetative and reproductive organs.

Total dry weight and leaf area data were used to estimate 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).

In the first study, the analysis of variance showed significant differences in seed-cotton and lint-cotton yields among production systems, and year of planting. Fiber percentage, seed index and fiber quality showed year effect.

Seed-cotton yields in rows spaced at 0.35 m and 0.50 m were 43 and 16% higher than yields obtained by the conventional system (0.75 m). Yield components and fiber quality were not affected by the production system but these factors showed significant differences between years.

In the second study, there was no year effect on dry matter production  $\text{m}^{-2}$ . In the production system of 0.35 m-110 000 plants  $\text{ha}^{-1}$ , the CGR and LAI were significantly higher than CGR and LAI showed by plants in 0.75 m-70 000 and 0.50 m-90 000 plants  $\text{ha}^{-1}$  production systems. The NAR was not affected by the production system but, this growth index decreased as LAI increased as a result of plant age.

Production system did not affect the components of the photosynthetic apparatus relative size (LAR, SLA and LWR). There were not year effect on biomass production and distribution. Biomass production by surface unit increased as row spacing decreased.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	v
COMPENDIO.....	vii
ABSTRACT.....	x
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	5
1.2. Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Surcos ultra-estrechos.....	6
2.2. Densidad poblacional.....	9
2.3. Calidad de la fibra.....	10
2.4. Índices de crecimiento.....	12
2.4.1. Tasa de crecimiento del cultivo.....	13
2.4.2. Tasa de asimilación neta.....	13
2.4.3. Índice de área foliar.....	14
2.5. Componentes de tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF).....	16
2.5.1. Relación del área foliar .....	16
2.5.2. Área foliar específica .....	16
2.5.3. Relación de peso foliar .....	17
Artículo I. Surcos ultra-estrechos (SUE) y densidad poblacional en la producción y calidad de la fibra del algodón.....	18
Artículo II. Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional.....	32
CONCLUSIONES GENERALES.....	56
LITERATURA CITADA.....	57
APÉNDICE.....	63
Anexo 1. Carta recepción del artículo I Revista Fitotecnia Mexicana.....	65
Anexo 2. Carta recepción del artículo II Revista Agronomía Mesoamericana...	67

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del algodón es de gran tradición en México y la Comarca Lagunera, proyectándola como una de las zonas agrícolas más importantes a nivel nacional. La historia de la Comarca Lagunera no podría entenderse sin la explotación del cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum L.*), ya que siendo esta zona del país, tierra de emigrantes, varios de ellos lo introdujeron, lo que ocasionó que desde 1851, esta planta se esté produciendo en dicha región (Miranda, 2008). Sin embargo, la extensión en la superficie cultivada se ha visto disminuida de manera considerable en los últimos años, debido a varios factores. No obstante el algodón es considerado como factor importante en el ámbito económico, como lo muestra el hecho de que en el ciclo primavera – verano del 2008 y 2009 promediaran una superficie sembrada de 14,060 hectáreas con un valor de producción de 459,874.515 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2008 - 2009) el cual ocupó el 25% de la producción nacional.

El aumento de la productividad unitaria y la reducción de costos requieren de genotipos con mayor eficiencia fotosintética, aplicaciones eficientes de nutrimentos y de nuevos sistemas de producción. En la actualidad se realizan trabajos para inducir cambios morfológicos (número de nudos, altura de planta) y fisiológicos (precocidad, sincronización entre la relación peso vegetativo y peso reproductivo) que permitan aumentar la eficiencia para producir fibra. Lo anterior se busca a través de la adecuación o modificación de

prácticas de cultivo y la reducción en la aplicación de insumos siempre y cuando no afecte la productividad.

Una alternativa eficaz, es la siembra de algodón en surcos más estrechos que los actualmente utilizados (Estrada *et al.*, 2008) con altas densidades de siembra. A esta opción se le conoce como “sistema de producción de algodón en surcos ultra-estrechos” (Perkins *et al.*, 1998), que consiste en sembrar en surcos más estrechos (surcos  $\leq$  a 0.50 m) que los convencionales. El concepto de surcos ultra-estrechos se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998). El sistema de producción de algodón que se utiliza actualmente es de siembras a 76 cm de distancia entre surcos y densidades de población de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con niveles de producción que oscilan en 4.5 y 5.0 toneladas de algodón hueso por hectárea (Gaytán *et al.*, 2004; Palomo *et al.*, 2003).

Con este sistema se puede inducir precocidad (cierre de cultivo más temprano, apertura de capullos, acortamiento del lapso para producir más del 85 % de capullos) y reducir el ciclo del cultivo, sin afectar la producción y calidad (Gaytán *et al.*, 2004). La mayor y más temprana intercepción de luz total durante la estación de crecimiento, puede potencialmente incrementar el rendimiento de algodón (Heitholt *et al.*, 1992; Steglich *et al.*, 2000)

La respuesta del algodón a determinado factor, en este caso a surcos ultra-estrechos, se explica midiendo características agronómicas y de crecimiento como: Altura de planta, número de capullos por planta, peso de

capullo, número de capullos por m<sup>2</sup> y producción y distribución de materia seca (MS) en la planta, e indicadores de crecimiento y magnitud del aparato fotosintético.

El rendimiento del cultivo del algodón 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 los indicadores de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), y del tamaño del aparato fotosintético, como índice de área foliar (IAF), relación del área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF) y área foliar específica (AFE), son de gran utilidad para conocer como el ambiente o la práctica de manejo del cultivo afecta la tasa de crecimiento y la eficiencia fotosintética de las plantas (Carranza *et al.*, 2009). Sin embargo, en la actualidad hay pocos estudios relacionados respecto al cultivo del algodón, la mayoría de ellos son muy antiguos y se han conducido con genotipos frondosos, de ciclos largo, y que originalmente fueron desarrollados para sistemas de producción en el que se utilizaban surcos más amplios de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982).

Por lo anterior se realizó la presente investigación con el objetivo de 1). Evaluar los surcos ultra-estrechos-densidades poblacional y su efecto en la producción y calidad de fibra del algodón y 2). El efecto en la producción y distribución de biomasa de las plantas y en indicadores del crecimiento del cultivo. Para esto, se realizaron dos experimentos de investigación en los cuales se involucraron tres sistemas de producción caracterizados por la distancia entre surcos y la densidad poblacional, siendo ellos: distancia de 0.75

m entre surcos con 70 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ (testigo), y surcos ultra-estrechos dados por una distancia de 0.50 m entre surcos con 90 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 0.35 m entre surcos con 110 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

## 1.1 Objetivos

- 1). Evaluar la producción y calidad de fibra del algodón en dos sistemas de producción en surcos ultra-estrechos de 0.50 y 0.35 m con densidades poblacionales de 90 000 y 110 000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en comparación con el convencional (surcos de 0.75 m y 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>).
- 2). Evaluar el potencial de producción y distribución de biomasa del algodón así como el comportamiento de indicadores del crecimiento y del tamaño del aparato fotosintético en tres sistemas de producción.

## 1.2 Hipótesis

**Ho.** Los sistemas de producción en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional no incrementan la producción y calidad de fibra del algodón.

**Ho.** La producción y distribución de materia seca (MS) y los indicadores de la magnitud del aparato fotosintético no se ven afectados por los sistemas de producción.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Surcos ultra-estrechos

El sistema de producción de surcos ultra-estrechos consiste en sembrar surcos más estrechos (surcos  $\leq$  a 0.50 m) que los convencionales (surcos de 0.75 m), este concepto se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998), teniendo como ventajas la inducción a precocidad (cierre de cultivo más temprano, apertura de capullos, acortamiento del lapso para producir más del 85 % de capullos) y la reducción del ciclo del cultivo, sin afectar la producción y calidad (Gaytán *et al.*, 2004).

La ventaja del sistema de producción de surcos ultra-estrechos a un surco estrecho es el cierre más rápido de la cobertura vegetal (Jost y Cothren, 2001), que en ocasiones reduce la competencia de la maleza (Snipes, 1996; Wright *et al.*, 2004), y la evaporación del agua (Krieg, 1996).

El cierre más rápido de la cobertura vegetal en los surcos estrechos (SE) y surcos ultra-estrechos (SUE) comparado al sistema convencional conduce a una mejor intercepción de luz (Krieg, 1996; Heitholt, *et al.*, 1994), Sin embargo, bajo las condiciones climáticas que promueven un excesivo crecimiento vegetativo, el índice de área foliar conforme avanza el crecimiento reduce la eficiencia de intercepción del flujo de los fotones fotosintéticos (Heitholt, *et al.*, 1994)

Algunas prácticas agronómicas tales como la “fertilización de arranque”, altas densidades poblacionales y un mejor arreglo espacial de las plantas (por ejemplo hileras estrechas), son usadas para acelerar la cobertura del suelo e incrementar la intercepción de luz (Gardner *et al.*, 1985)

Existen ventajas en rendimiento de algodón en el sistema de surcos ultra-estrechos con respecto a la siembra de algodón en surcos a 76 y 101 cm, sistemas de siembra en surcos convencionales (SC), sobre todo en suelos menos productivos (Jost y Cothren, 2000; Nichols *et al.*, 2004; Vories *et al.*, 2001). Este sistema de producción incrementa el rendimiento entre un 5 y un 11%, y se reduce de 7 a 10 días el ciclo del cultivo con respecto a la siembra en surcos de 92 cm. Cawley *et al.*, (2002).

Se han encontrado incrementos significativos en el rendimiento de algodón a medida que la distancia entre surcos disminuye de 101.6 a 19.0 cm en un año seco. (Jost y Cothren 2000). Vories y Glover (2006) mencionan que 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. La altura de planta, el número de ramas fructíferas y el total de bellotas por planta fueron reducidas a medida que se acortó la distancia entre surcos (Nichols *et al.*, 2004).

El efecto de una mayor penetración y disponibilidad de luz dentro del cultivo, produjo incrementos significativos en rendimiento de algodón hueso, resultado esto, de un incremento significativo en el componente de capullos por m<sup>2</sup>; (Reta-Sánchez y Fowler, 2002), de la misma manera Heitholt *et al.*, (1992) encontraron ventaja en rendimiento de los surcos más estrechos debido al incremento en la intercepción de luz al inicio del ciclo del cultivo y una mayor producción de capullos por unidad de superficie, mientras que Worley *et al.*, (1974) concluyeron que el número de capullos por m<sup>2</sup> es el componente que más aporta para un mayor rendimiento de fibra del algodón.

Puede haber diferencias en rendimiento entre variedades, densidad de población, espaciamiento entre surcos, años, o por algunas de sus interacciones (Mohamad *et al.*, 1982). Además, indican que este sistema es una buena alternativa para aumentar los rendimientos unitarios y las ganancias del productor.

El implemento de surcos estrechos en el cultivo del maíz, con un distanciamiento menor al convencional (76 cm) permite incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie debido, principalmente, a una mayor intercepción de radiación solar durante el ciclo del crecimiento (Barbieri *et al.*, 2000). Otros autores encontraron que en la medida en que se reduce la distancia entre surcos e incrementa la distancia entre plantas se mantiene constante la densidad de plantación y es posible incrementar de 7 a 20 % el rendimiento de maíz grano. (Murphy *et al.*, 1996; Porter *et al.*, 1997;

Barbieri *et al.*, 2000) y de 4 a 19 % el rendimiento de materia seca (Bullock *et al.*, 1988; Cox *et al.*, 1998; Cox y Cherney, 2001; Widdicombe y Thelen, 2002).

## **2. 2 Densidad poblacional**

Existen diferentes estrategias para incrementar la producción de biomasa en las plantas cultivadas. Un camino es el mejoramiento genético, a través del cual se derivan plantas con un mayor potencial para explotar determinados ambientes (Langer, 1987). 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 eficientar los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción de biomasa.

El incremento de la densidad de plantas con la disminución del espaciamiento entre surcos de algodón, fue estudiado como un método potencial alternativo para optimizar y mejorar las ganancias del cultivo. En años recientes, diferentes sistemas de espaciamiento de surcos, en un rango de 75 a 19 cm, fueron estudiados en comparación con los espaciamientos de 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 surcos ultra-estrechos con altas densidades de población, a menudo excediendo 25 plantas por m<sup>2</sup> (Perkins, 1998; Jones, 2001).

La disposición de las plantas sobre la superficie del terreno, su arquitectura y la densidad poblacional, tienen una influencia marcada en la distribución y cantidad de la radiación interceptada, por tal razón es pertinente conocer la población de plantas que permita hacer más eficiente la captación de la luz y que además interaccione positivamente con la disponibilidad de agua (Evans *et al.*, 1989).

La densidad poblacional es un importante factor de manejo a tener en cuenta en cualquier sistema de producción. Si bien en distanciamientos convencionales se acepta que variaciones de entre 80 000 y 110 000 plantas por hectárea no presentan diferencias en el rendimiento en la mayoría de las condiciones (Heitholt *et al.*, 1993; Kerby *et al.*, 1996). Numerosos autores han establecido que el acortamiento de la distancia entre surcos permitiría el incremento de la densidad de plantas lo que se traducirá en aumentos en el rendimiento del cultivo, aunque condicionados por una serie de factores propios de cada experiencia como lo serían el cultivo, clima, condiciones de fertilidad y disponibilidad de agua (Gerik *et al.*, 2000; Mass, 1997; Mondino, 2000).

### **2.3. Calidad de la fibra**

La calidad de fibra de algodón obtenida bajo un sistema de producción es importante debido a que la industria textil tiene establecidos valores mínimos de calidad que pueden ser aceptados (Palomo *et al.*, 2003). Se ha encontrado

que la calidad de fibra de algodón puede ser afectada por la distancia entre surcos y la densidad de población (Bradow y Davidonis, 2000).

Las diferencias en la calidad de la fibra del algodón en el sistema de SUE y el sistema de SC son posibles debido a que, la localización de las bellotas en la planta, su establecimiento temporal y su desarrollo, influyen en las propiedades de la fibra y éstas son afectadas por la distancia entre surcos (Bradow y Davidonis, 2000). Sin embargo, estudios con variedades actuales han fallado en mostrar cualquier influencia detectable del sistema de SUE en la calidad de fibra (Heitholt *et al.*, 1993; Gerik *et al.*, 1998).

A diferencia de los investigadores anteriores, La longitud de fibra de algodón se redujo, mientras que la finura aumentó en forma significativa al reducir la distancia entre surcos de 76 a 50 cm (Gaytán *et al.*, 2004). No se encontraron diferencias significativas en finura y resistencia de fibra al reducir las distancias entre surcos de 101.6 a 19 cm, pero si en longitud de fibra, la cual disminuyo significativamente (Jost y Cothren., 2000). En Arkansas las propiedades de calidad de fibra de algodón producido en SUE fueron menos deseables que las obtenidas para algodón producido en distancia entre surcos de 97 cm. (Vories *et al.*, 2001). En estudios realizados en la Comarca Lagunera la siembra en surcos de 50 y 35 cm (surcos ultra-estrechos) rindieron 10 y 26% más que los surcos de 75 cm, respectivamente, sin afectar la calidad de la fibra (Estrada *et al.*, 2008). En cambio en otros trabajos no se encontró efecto sobre la calidad de la fibra de la siembra en surcos ultra-estrechos (38 cm) con

densidades de población que oscilaron entre 35 000 y 150 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Mcknigh, 2002).

La calidad de la fibra puede verse afectada por diferencias entre variedades, densidad de población, espaciamento entre surcos, efecto de año, o por algunas de sus interacciones (Mohamad *et al.*, 1982).

#### **2.4. Índices de crecimiento**

Los índices de crecimiento se utilizan para explicar el rendimiento de los cultivos a través de la formación y acumulación de biomasa (producción primaria neta), que es la cantidad de materia fotosintetizada menos las pérdidas por respiración (Roberts *et al.*, 1985)

La distribución de la materia seca entre las distintas demandas de la planta, es un parámetro que en la actualidad tiene bastante peso en la selección de materiales por productividad, dado que es más importante la mayor distribución hacia órganos económicos que la fotosíntesis total de la planta (Daie, 1985; Azcon-Bieto y Talon, 2000)

El rendimiento de los cultivos puede incrementarse de varias formas: a través del incremento de materia seca total (biomasa), del incremento en el índice de cosecha, o de ambos (Gardner *et al.*, 1985)

En estudios sobre el crecimiento y desarrollo del algodón se ha encontrado que las diferencias en rendimiento entre cultivares se deben al

tamaño de la demanda en sus órganos reproductivos (número y tamaño), más que a su capacidad fotosintética o al tamaño de la fuente (Hearn, 1969), y que la única forma de incrementar el rendimiento con los métodos convencionales de mejoramiento, es que las planta trasloque más carbohidratos a los órganos reproductivos (Meredith y Wells, 1989); es decir con aumentos en su índice de cosecha.

En algodón la dinámica de producción de materia seca y la demanda reproductiva tienen un significativo impacto sobre el rendimiento de diferentes genotipos (Wells y Meredith, 1984; Quisenberry y Roark, 1976; Stiller, 2000).

#### **2.4.1. Tasa de crecimiento del cultivo**

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se expresa en términos de materia seca por unidad de superficie y tiempo, mide la ganancia de biomasa vegetal en el área de superficie ocupada por la planta. Es aplicable a las plantas que crecen juntas en cultivos cerrados (Hunt, 1982). La máxima TCC ocurre cuando las plantas son suficientemente grandes o suficientemente densas para explotar todos los factores ambientales en mayor grado (Hunt 1982; Hunt 1990; Gardner *et al.*, 1985; Flórez *et al.*, 2006). En ambientes favorables la máxima TCC ocurre cuando la cobertura de las hojas es completa y puede representar el máximo potencial de producción de materia seca y de tasas de conversión de energía en una especie dada.

### **2.4.2. Tasa de asimilación neta**

La tasa de asimilación neta (TAN) indica la eficiencia fotosintética promedio, individual o en una comunidad de plantas; la capacidad de la planta para incrementar su materia seca en función del área asimilatoria en periodos cortos, a lo largo del ciclo de crecimiento; depende del área foliar, de la disposición y edad de las hojas y de los procesos de regulación interna relacionados con la demanda de los fotoasimilados (Hunt, 1982). Este índice es una medida promedio de la eficiencia de las hojas de la planta o del dosel del cultivo (Brown, 1984), es decir, es una medida indirecta de la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar en una unidad de tiempo; esta no es constante y decrece con la edad de la planta o población.

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

### **2.4.3. Índice de área foliar**

El índice de área foliar (IAF) expresa la superficie de la hoja por unidad de área de superficie ocupada por la planta. Aumenta con el crecimiento del cultivo hasta alcanzar un valor máximo, en el cual se alcanza la máxima capacidad para interceptar energía solar (Hunt, 1982; Hunt, 1990; Gardner *et al.*, 1985).

El índice de área foliar (IAF) especifica el tamaño del aparato asimilatorio, que un cultivo tiene por unidad de superficie de suelo (Langer, 1987). Este factor puede ser alterado por prácticas de manejo como la densidad de plantas, la fertilización y los riegos. Por otro lado la mayor eficiencia se tiene cuando el índice de área foliar es máximo.

Los cultivos más eficientes tienden con frecuencia a invertir en las etapas más tempranas del crecimiento en expansión del área foliar, lo cual resulta en un uso eficiente de la radiación solar también dice que muchas practicas agronómicas, tales como la fertilización altas densidades de plantas y arreglos de siembra para una mejor distribución espacial de las plantas se utilizan para acelerar la cubierta vegetal e incrementar la intercepción de luz (Gardner *et al.*, 1990). Así mismo plantea que el inicio del área foliar tiene una tasa exponencial de desarrollo, pues a medida que se generan más hojas, se intercepta más luz pero como el área foliar al principio es pequeña, una porción importante de intercepción de luz se pierde o no es capturada por el follaje. Al final de la floración, el área foliar se ha desarrollado en su totalidad, por lo que el objetivo de las prácticas culturales son maximizar la fotosíntesis por la intercepción total o casi total de la radiación solar.

El rendimiento de algodón en variedades con hoja normal o tipo okra se redujo cuando presentaron valores de IAF superiores a 5, y por el contrario se incrementó a medida que el valor de IAF fue de 2 a 3 (Heitholt y Meredith, 2002).

La intercepción de la radiación solar incidente que asegura la máxima tasa de crecimiento del cultivo, se encuentra cuando el índice de área foliar (IAF) aumenta hasta el IAF crítico, que permite captar el 95% de la radiación incidente (Andrade *et al.*, 1993; Gardner *et al.*, 1985).

## **2.5. Componentes de tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF)**

Los índices RAF, AFE y RPF; son útiles en el establecimiento de diferencias entre variedades en cuanto al grosor de la hoja y vigor de la planta, pues a medida que se incrementa el vigor de la planta decrece el grosor de la hoja (Palomo *et al.*, 2001); Además estos autores indicaron que la frondosidad de la planta depende más de AFE que de RPF. En la actualidad se realizan trabajos para inducir cambios morfológicos (número de nudos y altura de planta) y fisiológicos (precocidad, sincronización entre la relación peso vegetativo y peso reproductivo) que permitan aumentar la eficiencia en la producción de la fibra.

### **2.5.1. Relación de área foliar (RAF)**

Es un índice de la superficie foliar de la planta con base en la materia seca. Se define como la fracción de materia seca total que corresponde a las hojas y sus valores oscilan entre 0 y 1 (Flórez *et al.*, 2006).

### **2.5.2. Área foliar específica (AFE)**

Es una medida de la superficie foliar de la planta en términos de densidad y grosor relativo de la hoja. Se define como la relación entre el área total de la hoja y la masa del área foliar de la planta (Flórez *et al.*, 2006).

### **2.5.3. Relación de peso foliar (RPF)**

Es un indicador de la frondosidad de la planta, y a su vez determina la distribución de asimilados hacia las hojas (Flórez *et al.*, 2006).

**SURCOS ULTRA-ESTRECHOS (SUE) Y DENSIDAD POBLACIONAL EN LA  
PRODUCCION Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODÓN**

**ULTRA NARROW-ROWS (UNR) AND POPULATION DENSITY ON COTTON  
YIELD AND FIBER QUALITY**

**Ana Rosa Ramírez Seañez <sup>1\*</sup>, Arturo Palomo Gil <sup>2</sup>, Juan Gabriel Contreras  
Martínez <sup>1</sup>, Vicente de Paul Álvarez Reyna <sup>2</sup>, Mario García Carrillo <sup>2</sup>,  
Armando Espinoza Banda <sup>2</sup> y David G. Reta Sánchez <sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de Postgrado en Ciencias Agrarias, <sup>2</sup> Profesor Investigador  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl  
López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coahuila. Tel. 01 (871) 729-7676. <sup>3</sup>  
Investigador del Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos  
Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Matamoros, Coahuila. Tel. (871) 18 23 081.

\* *Autor para correspondencia* ([ana\\_ramirez04@hotmail.com](mailto:ana_ramirez04@hotmail.com))

**RESUMEN**

El objetivo del presente estudio, realizado en los años 2007 – 2009, fue evaluar el rendimiento potencial y la calidad de la fibra del cultivo del algodón en dos nuevos sistemas de producción (Surcos Ultra-Estrechos, SUE), los cuales consistieron en sembrar en surcos espaciados a 0.35 y 0.50 m con densidades poblacionales de 110,000 y 90,000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Como testigo se incluyó el sistema de producción actual, surcos de 0.75 m –densidad

poblacional de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El diseño utilizado fue bloques completamente al azar con 8 repeticiones. La parcela total consistió de 8 surcos de 5 m de largo y se cosecharon 2 surcos de 3 m de largo para medir el rendimiento del algodón hueso y algodón pluma. También se evaluaron los componentes de rendimiento (peso de capullo, % de fibra e índice de semilla) y la calidad de fibra (longitud, resistencia y finura). El rendimiento del algodón fue afectado por el sistema de producción y el año de plantación. Los rendimientos de los años 2008 y 2009 fueron 19% más altos que los obtenidos en el año 2007. Los rendimientos de algodón hueso en surcos espaciados en 0.35 y 0.50 m, fueron de 43 y 16% más altos que los rendimientos obtenidos por el testigo. El % de fibra y el índice de semilla presentaron efecto de año. El mejor porcentaje de fibra (43.2) e índice de semilla (10.56) fueron obtenidos en el 2008. La calidad de la fibra fue afectada por el año de siembra pero no por el sistema de producción. La mejor longitud de fibra (1 7/32") y resistencia (31.94 g/tex) fueron obtenidos en el 2008, y la mejor finura de fibra en 2007 (4.19 micronaires). De acuerdo a estos resultados el sistema de producción del cultivo del algodón en SUE y altas densidades poblacionales, aumentan el rendimiento del cultivo de algodón haciéndolo más redituable para el productor.

**Palabras clave:** *Gossypium hirsutum* L, surcos ultra-estrechos, densidad poblacional, rendimiento, calidad de fibra.

## SUMMARY

The objective of this study, carried out in 2007 - 2009 years, were to know the yielding potential and fiber quality of cotton crop grown in two new cotton production systems (Ultra-Narrow Row, UNR). UNR production systems consisted in rows spaced at 0.35 and 0.50 m with population densities of 110,000 and 90,000 plants ha<sup>-1</sup>, respectively. The actual cotton production system of rows spaced at 0.75 m, and population density of 70,000 plants ha<sup>-1</sup> was used as a check. A completely randomized blocks experimental design with eight replications was used. Total plot consisted of 8 rows of 5 m long and, two rows 3 m long were harvested to measure seed-cotton and lint cotton yields. Yield components (boll weight, fiber percentage and seed index) and fiber quality (fiber length, strength and fineness) were also measured. Cotton yield was affected by planting year and production system. Yields of 2008 and 2009 years were 19 % higher than yields of 2007 year. Seed cotton yields of rows spaced at 0.35 and 0.50 m, were 43 and 16 % higher than yield obtained by the check. Fiber percentage and seed index showed year effect. The best fiber percentage (43.2) and seed index (10.56) were obtained in 2008. Fiber quality was affected by the planting year but not by the cotton production system. The best fiber length (1 7/32 inches) and strength (31.94 g/tex) were obtained in 2008 and the best fiber fineness (4.19 micronaires) in 2007. According with these results, cotton growth in the UNR-high plant population densities cotton production systems, will increase cotton producer income.

**Index words:** *Gossypium hirsutum* L, ultra-narrow rows, population density, yield, fiber quality.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el productor de algodón se encuentra en una situación desfavorable puesto que este cultivo no es muy redituable debido a los altos costos de producción y sus reducidas ganancias, esto ha originado la búsqueda de nuevas tecnologías para incrementar la producción y la redituabilidad del cultivo. El aumento de la productividad unitaria y la reducción de costos, requiere de genotipos con mayor eficiencia fotosintética y de nuevos sistemas de producción. En la actualidad se realizan trabajos para inducir cambios morfológicos (número de nudos, altura de planta) y fisiológicos (precocidad, sincronización entre la relación peso vegetativo y peso reproductivo) que permitan aumentar la producción de fibra (Prince *et al.*, 2002). Investigaciones realizadas para producir algodón en surcos más estrechos que los usualmente utilizados (surcos de 0.75 m) dieron origen al sistema de producción de "surcos ultra-estrechos", surcos  $\leq$  a 0.50 m, (Perkins *et al.*, 1998). Las plantas cultivadas en surcos muy estrechos interceptan y utilizan más eficientemente la luz solar, además de obtener beneficios potenciales como; reducción de los costos de producción, menor erosión del suelo, mayores rendimientos y una mayor precocidad a cosecha (Larson *et al.*, 1997; Mondino, 2001; Mc Connell *et al.*, 2002).

Gaytán *et al.*, (2004) señalan que con este sistema se puede inducir precocidad (cierre de cultivo, apertura de capullos, acortamiento del lapso para producir más del 85% de capullos) y reducir el ciclo del cultivo, sin afectar la producción y calidad. Cawley *et al.*, (2002) reportan que con este sistema de producción se incrementa el rendimiento entre un 5 y un 11%, y se reduce de 7 a 10 días el ciclo del cultivo con respecto al sistema de siembra en surcos de 92 cm. Investigaciones de Gerik *et al.*, (1998) señalan que la siembra de algodón en surcos ultra estrechos incrementa el rendimiento hasta en 37 % y reduce 12 días el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 75 cm. Jost y Cothren (2000) compararon distancias entre surcos de 19, 38, 76 y 101 cm encontrando que la distancia de 19 cm rindió de 4 a 23 % más que la de 38 cm. Asegurando que las distancias de 19 y 38 cm entre surcos dan, cuando menos, los mismos rendimientos que la siembra de surcos estrechos (76 cm). Gaytán *et al.*, (2004) al sembrar en surcos distanciados a 50 y 76 cm no encontraron diferencias significativas entre espaciamientos de surco, ni entre densidades poblacionales, que oscilaron entre 80,000 y 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>, pero indicaron que la siembra en surcos de 50 cm disminuye en 7 días el ciclo del cultivo. Estrada *et al.*, (2008) concluyeron que la siembra en surcos de 50 y 35 cm (surcos ultra-estrechos) rinden 10 y 26% más que los surcos de 75 cm, respectivamente, sin afectar la calidad de la fibra. Mohamad *et al.*, (1982) señalan que puede haber diferencias en rendimiento entre variedades, densidad de población, espaciamiento entre surcos, años, o por algunas de sus interacciones. Además, indican que este sistema es una buena alternativa para aumentar los rendimientos unitarios y las ganancias del productor. El objetivo

del presente estudio fue evaluar dos sistemas de producción en surcos ultra-estrechos como alternativa para aumentar los rendimientos unitarios de este cultivo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en 2007 - 2009 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón Coahuila, municipio que se encuentra en la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y los 105° LO, a una latitud de 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<sup>-1</sup>) de materia orgánica, 0.11 % de contenido de nitrógeno total. Se evaluaron dos sistemas de producción en surcos ultra-estrechos (SUE); surcos espaciados a 0.35 y 0.50 m con densidades poblacionales de 110 000 y 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente y se incluyó como testigo el sistema de producción actualmente utilizado de 0.75 m entre surcos y densidad poblacional de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La variedad utilizada fue FIBER MAX 963. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 8 repeticiones. La parcela total consistió de 8 surcos de 5 m de largo y la parcela útil, para evaluar el rendimiento de algodón, fue de 2 surcos de 3 m de largo. En los tres 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<sup>-1</sup>. Se dieron cuatro riegos, uno de presembrado y tres de

auxilio los cuales se aplicaron, en promedio, a los 58, 79 y 100 días después de la siembra (dds), La maleza se controló manualmente. Durante los ciclos 2007 – 2009 en el cultivo se presentaron las siguientes plagas; mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) la cual se controló químicamente aplicando Endosulfan ( $2.4 \text{ L ha}^{-1}$ ) y Herald ( $0.45 - 0.60 \text{ L ha}^{-1}$ ), presentándose también Pulgón (*Aphis gossypii*) controlándose con la aplicación de Furadan ( $5.0 - 8.0 \text{ L ha}^{-1}$ ), y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) que se controló con Clorpirifos etil \*480 EM ( $1.0 - 2.0 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Se evaluó el rendimiento de algodón hueso y pluma (fibra), componentes del rendimiento y calidad de fibra. Para determinar el valor de los componentes del rendimiento (peso de capullo (g), porcentaje de fibra e índice de semilla) se tomó aleatoriamente una muestra de 20 capullos por parcela la cual se pesó y despepitó para separar la fibra de la semilla. El peso del capullo se obtuvo al dividir el peso de los 20 capullos entre su número, el porcentaje de fibra se obtuvo al determinar el peso de la fibra del peso total de la muestra de 20 capullos, el índice de semilla se obtuvo del peso de 100 semillas. En calidad de fibra se evaluó la longitud en pulgadas y mm, la resistencia en g/tex y la finura (grosor) de la fibra en unidades de micronaire. El análisis de la calidad se realizó en el aparato Instrumento de Alto Volumen (High Volume Instrument, HVI) del laboratorio de fibras del CIRNOC INIFAP, Campo Laguna. La información fue sometida a análisis de varianza combinado con el paquete estadístico (SAS, 1996), y al encontrarse diferencias entre medias la comparación de las mismas se realizó con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre años y sistemas de producción para rendimiento de algodón hueso y pluma más no hubo interacción entre éstos dos factores. Los rendimientos obtenidos en 2008 y 2009 fueron estadísticamente iguales y superiores, a la vez, en 19 % a los obtenidos en 2007 (Cuadro 1). Jost y Cothren (2000) y Palomo *et al.*, (2004) mencionan que es normal que los rendimientos presenten diferencias entre años, debido a las variaciones ambientales (precipitación pluvial y temperatura, principalmente) prevaletientes durante el ciclo del cultivo.

Los rendimientos obtenidos por los sistemas de producción con espaciamiento de 0.35 m entre surcos-densidad poblacional de 110,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y de 0.50 m entre surcos-densidad poblacional de 90,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  fueron 43 y 16 % superiores al rendimiento obtenido por el espaciamiento de 0.75 m con 70,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (testigo), Cuadro 1. Estos resultados corroboran los obtenidos por Estrada *et al.*, (2008) quienes 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 ésta investigación la densidad poblacional fue similar para los tres espaciamientos (100,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ). Cawley *et al.*, (2002) manifiestan que los surcos ultra-estrechos rinden más que los surcos 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 12 días el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 75 cm.

Desde el punto de vista económico, el precio de la libra (454 g) de algodón se cotiza en dólares. El precio se fija internacionalmente y éste fluctúa de acuerdo con la producción mundial, con el consumo y con las reservas que se tengan. Bajo estas condiciones el valor de la libra puede oscilar de 60 centavos a un dólar como en este año (2010), precio que en contadas ocasiones se puede presentar. (SAGARPA, 2010).

Bajo esta perspectiva, y de acuerdo con el aumento en producción que se logra, se infiere que con la siembra de algodón en surcos de 50 cm y densidad poblacional de 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>, la ganancia potencial del productor oscilará de 1565 a 2609 dólares ha<sup>-1</sup>. Y si adopta la siembra en surcos de 35 cm- 110 000 plantas ha<sup>-1</sup>, la ganancia extra potencial sería de 4250 a 7080 dólares ha<sup>-1</sup>.

### **Componentes de rendimiento**

El año de siembra afectó el porcentaje de fibra y el peso de la semilla (índice de semilla) pero no el peso de capullo. El mejor porcentaje de fibra se obtuvo en 2008 y 2009 y el mejor peso de semilla en 2008 (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Estrada *et al.*, (2008) quienes en dos años de investigación (2005 y 2006) encontraron que las condiciones

ambientales de cada ciclo del cultivo afectan el rendimiento y sus componentes. La ausencia de diferencias estadísticas entre sistemas de producción para los componentes de rendimiento implica que el espaciamiento entre surcos y la diferencia en densidades poblacionales no afectan el peso del capullo, el porcentaje de fibra o el índice de semilla (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Gaytán *et al.*, (2004) pero difieren de los obtenidos por Estrada *et al.*, (2008) quienes mencionan que al reducir el espaciamiento entre surcos (0.35 m) disminuyen el peso del capullo y el índice de semilla.

**Cuadro 1. Rendimiento y componentes del rendimiento del algodón promedio de 2007 – 2009, UAAAN U.L.**

Factor de Variación	Rendimiento de algodón				Fibra (%)	Peso de capullo	Índice de Semilla
	Hueso	%	Pluma	%			
Años							
2007	7870 b	100	3216 b	100	40.8 c	5.81 a	9.50 b
2008	9369 a	119	4048 a	125	43.2 a	6.04 a	10.56 a
2009	9335 a	118	3927 a	122	42.1 b	5.85 a	9.30 b
Distancia entre surcos (cm)							
75	7389 c	100	3105 c	100	41.9 a	5.94 a	9.87 a
50	8575 b	116	3587 b	115	41.8 a	5.77 a	9.63 a
35	1061a	143	4500 a	145	42.3 a	5.98 a	9.86 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05)

## Calidad de fibra

Aún y cuando las propiedades de la fibra están mayormente condicionadas por factores genéticos (Berdnarz *et al.*, 2005) éstas se ven afectadas por las variaciones ambientales anuales prevaecientes durante el crecimiento de las bellotas (Palomo *et al.*, 2001), de tal forma que en este estudio se manifestaron diferencias significativas entre años para calidad de fibra (Cuadro 2). La mejor longitud y resistencia se obtuvieron en 2008 y la fibra más fina en 2007. Sin embargo, todos los valores de calidad se situaron por arriba de los requerimientos mínimos de la industria textil de longitud mínima de 1 1/16 pulgadas (26.9 mm), resistencia mínima de 23 g/tex y finura que oscile entre 3.5 y 4.9 micronaires, valores que también expresan el grado de madurez de la fibra.

El sistema de producción, dado por el espaciamiento de surco y densidad poblacional, no afectó la calidad de la fibra (longitud, resistencia y finura) (Cuadro 2) lo cual corrobora los resultados obtenidos por Estrada *et al.*, (2008) quienes en un estudio de dos años (2005 y 2006) con espaciamientos de 75, 50 y 35 cm y densidad poblacional de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, no encontraron efecto de espaciamiento de surco en la calidad de la fibra, pero difieren de lo reportado por Jost y Cothren (2000) respecto a que al reducirse la distancia entre surcos disminuye la uniformidad y la longitud de la fibra.

**Cuadro 2. Año y sistema de producción en la calidad de fibra del algodón. Promedio de 2007 – 2009, UAAAN U.L.**

Factor de variación	Longitud		Resistencia (g/tex)	Finura (micronaire)
	(mm)	(pulgadas)		
Año				
2007	28.70 b	1 1/8 b	24.82 b	4.19 b
2008	30.48 a	1 7/32 a	31.94 a	4.48 a
2009	27.68 c	1 3/32 c	25.50 b	4.47 a
Distancia entre surcos (cm) - Densidad poblacional (plantas ha <sup>-1</sup> )				
75-70 000	29.00 a	1 5/32 a	27.29 a	4.40 a
50-90 000	29.08 a	1 5/32 a	27.45 a	4.32 a
35-110 000	29.03 a	1 5/32 a	27.52 a	4.43 a

Dentro de columnas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

## CONCLUSIONES

El rendimiento, componentes de rendimiento y calidad de fibra se ven afectados por las condiciones ambientales prevalecientes en cada ciclo del cultivo ya que el manejo es el mismo. El sistema de producción en surcos espaciados a 0.35 m y alta densidad poblacional (110 000 plantas ha<sup>-1</sup>) aumenta el rendimiento de algodón pluma hasta un 45 % con respecto al espaciamiento de 0.75 m (testigo). La reducción de la distancia entre surcos y el aumento en la densidad poblacional no afectan la calidad de la fibra.

La producción de algodón en surcos ultra-estrechos (SUE) y altas densidades poblacionales aumenta la rentabilidad del cultivo.

## LITERATURA CITADA

- Berdnarz, C. W, W. D. Shurley, W. S. Anthony, and R. L. Nichols. 2005. Yield, quality, and profitability of cotton produced at varying plant densities. *Agronomy Journal* 97:235–240.
- Cawley, N, K. Edminsten, R. Wells & A. Stewart. 2002. Proc. Belt-wide Cotton Physiology Conference. Cotton Conf. Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council, Memphis TN.
- Estrada, O. T, A. Palomo-Gil, A. Espinoza-Banda, S. A. Rodríguez-Herrera y N. A. Ruiz-Torres. 2008. Rendimiento y calidad de fibra de algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. *Rev. Fito. Mex.* 31:79-83.
- Gaytán, M. A, A. Palomo-Gil, D. G. Reta-Sánchez, S. Godoy-Ávila, E. A. García-Castañeda. 2004. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de la fibra. *PHYTON. Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- Gerik, T. J, R. G. Lemon, K L Faver, T A Hoelewyn, & M. Jungman. 1998. Performance of ultra-narrow row cotton in Central Texas. pp. 1406-1409. *In: Proc. Belt-wide Cotton Conference. San Diego, CA. 5-9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.*
- Jost, P. H. & J. T. Cothren. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing. *Crop Sci.*40: 430-435.
- Larson, J. A, B. C. English, C. O. Gwathmey and R. M. Hayes. 1997. Economic feasibility analysis of ultra-narrow-row cotton in Tennessee, pp. 315-317. *In: D. Richter and P. Dugger (ed.) proceedings of Belt-wide Cotton Conference. National Cotton Council of America.*
- Mc Connell, J. S, R. C. Kirst Jr, R. E. Glover, and R. Benson. 2002. Nitrogen fertilization of ultra-narrow row cotton. *In: D.M. Oosterhuis (ed.) Summaries of Arkansas Cotton Research un Progress in 2001, pag. 129-132 Arkansas Agricultural Experiment Station, Research Series 497.*
- Mohamad, K. B, W. P. Sappenfield & J. W. Pohelman. 1982. Cotton cultivars response to plant population 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, 95 pp.
- Palomo, G. A, A. Gaytán-Mascorro, R. Faz-Contreras, D. G. Reta-Sánchez y E. Gutiérrez Del Río. 2004. Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Terra Lat.* 22:299-305.
- Palomo, G. A, A. Gaytán-Mascorro, S. Godoy-Ávila. 2001. Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de fibra del algodón. *Terra* 19:265-271.
- Perkins, W. R. 1998. Three year overview of UNRC vs. conventional cotton. pp. 91. *In: Proc. Beltwide Cotton Conference. Nashville TN. 9-12 Jan. Natl. Cotton Council, Memphis TN.*
- Prince, W. B, J. A. Landivar & C. W. Livingston. 2002. Growth, lint yield and fiber quality as affected by 15 and 30- inch row spacing and PIX rates. pp.1481 *In: Proc. Belt-wide Cotton Conference. Cotton Physiology Conference. Atlanta GA, 8-12 Jan.. Natl. Cotton Council, Memphis TN.*
- SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Monitor de Precios Agropecuarios. Algodón. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios Dirección General de Apoyo al Financiamiento Rural. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/>
- Statistical Analysis System, SAS. 1996. SAS/STAT User's Guide. Cary, N.C, Release 6.12.

**PRODUCCION DE BIOMASA DE ALGODON  
EN SURCOS ULTRA-ESTRECHOS Y DENSIDAD POBLACIONAL**

**Cotton Biomass Production as Affected by Ultra-narrow Rows and  
Population Density**

**Ana Rosa Ramírez-Seañez <sup>1\*</sup>, Arturo Palomo-Gil <sup>2</sup>, Juan Gabriel Contreras-  
Martínez <sup>1</sup>, Vicente de Paul Álvarez-Reyna <sup>2</sup>, Sergio Alfredo Rodríguez-  
Herrera <sup>2</sup>, y David G. Reta-Sánchez <sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de Postgrado en Ciencias Agrarias, <sup>2</sup> Profesor Investigador  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl  
López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coahuila. Tel. 01 (871) 729-7676. <sup>3</sup>  
Investigador del Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos  
Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Matamoros, Coahuila. Tel. (871) 18 23 081.

\* *Autor para correspondencia ([ana\\_ramirez04@hotmail.com](mailto:ana_ramirez04@hotmail.com))*

**RESUMEN**

En 2008 y 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<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizándose  
el espaciamiento de 0.75 m con una densidad de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup> como

testigo, a fin de conocer su eficiencia en la producción de materia seca (MS) y su asignación a estructuras vegetativas y reproductivas así como su efecto en indicadores del crecimiento del cultivo y de la magnitud del aparato fotosintético. En los dos años se evaluó el rendimiento de algodón hueso, pluma y MS total, solo en 2009 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 muestreo se colectó dos plantas por parcela y se les determinó el peso seco total, peso seco de órganos vegetativos y reproductivos y el área foliar. El espaciamiento entre surcos de 0.35 m y 110 000 plantas ha<sup>-1</sup> rindió un 16 y 43% más algodón hueso que los de 0.50-90 000 y 0.75-70 000 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente. El sistema de producción no afectó el tamaño relativo del aparato fotosintético 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.

## SUMMARY

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<sup>-1</sup> respectively, with a density of 70 000 plants ha<sup>-1</sup> the row of 0.75 m was used as a check, in order to know its efficiency in dry matter production, and its allocation to vegetative and reproductive structures and their effect on crop growth indicators and the magnitude on the photosynthetic apparatus. In both years were evaluated the seed-cotton, lint-cotton yield and total dry matter, only in 2009 was evaluated the 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). For the estimation of these indicators, three destructive samples 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. The spacing between rows of 0.35 m and 110 000 plants ha<sup>-1</sup> the seed cotton yield was 16 and 43% higher than 0.50-90 000 and 0.75-70 000 plants ha<sup>-1</sup> respectively. The production system did not affect the relative size of the photosynthetic apparatus according with the LAR, SLA and LWR.

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

## INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de 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 para el productor los cuales son: el incremento en los rendimientos y la disminución de los altos costos de producción, generando que este cultivo sea más redituable. Este sistema consiste en sembrar surcos más estrechos (surcos  $\leq$  a 0.50 m) que los convencionales (surcos de 0.75 m), este concepto se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998), teniendo como ventajas la inducción de precocidad, cierre de cultivo y apertura de capullos más temprano, y la reducción del ciclo del cultivo, sin afectar la producción y calidad (Gaytán *et al.*, 2004). Larson *et al.*, (1997), Mondino, (2001) y Mc Connell *et al.*, (2002), encontraron que las plantas cultivadas en surcos muy estrechos interceptan y utilizan más eficientemente la luz solar, además de obtener beneficios potenciales como; reducción de los costos de producción, menor erosión del suelo, mayores rendimientos y una mayor precocidad a cosecha. En suelos menos productivos se pueden destacar ventajas de los surcos ultra-estrechos (SUE) respecto a los surcos convencionales (SC) de 76 y 101 cm, en cuanto a los rendimientos obtenidos en el cultivo de algodón (Jost y Cothren, 2000; Nichols *et al.*, 2004; Vories *et al.*, 2001). Langer, (1987) define varias estrategias para incrementar la producción de biomasa en las plantas cultivadas. 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 eficientar los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción de biomasa.

Según Boquet (2005), 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, y sugiere que los componentes, número de capullos  $m^{-2}$  y peso de capullo, proporcionan mejor información del efecto de los surcos ultra-estrechos en el rendimiento.

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 (Gerik *et al.*, 2000; Mass, 1997)

Vories y Glover (2006) indican que 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. Nichols *et al.*, (2004) encontraron 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), etc. son de gran utilidad para conocer como 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 éstos se han utilizado variedades frondosas y de ciclo largo, hoy obsoletas y que originalmente fueron desarrolladas para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982). Dadas estas condiciones el objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento, en cuanto a la producción y distribución de materia seca (MS) y área foliar (AF), del cultivo del algodón en dos sistemas de producción de surcos ultra-estrechos-densidad poblacional, en comparación con el sistema 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 una latitud de 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<sup>-1</sup>) de materia orgánica y 0.11 % de contenido de nitrógeno total. 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, éstas se calcularon considerando los límites de temperatura para el algodón propuesto por (Kerby *et al.*, 1982; Supak, 1982), y que son: temperatura base mínima de 15.5° C y temperatura máxima de 38° C. Se evaluaron dos sistemas de producción en surcos ultra-estrechos (SUE); surcos espaciados a 0.35 y 0.50 m con densidades poblacionales de 110 000 y 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y se incluyó como testigo el sistema de producción actualmente utilizado de 0.75 m entre surcos y densidad poblacional de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La variedad utilizada fue FIBER MAX 963. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 8 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<sup>-1</sup>. Se dieron cuatro riegos, uno de presembrado 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 químicamente aplicando Endosulfan (2.4 L ha<sup>-1</sup>) y Herald (0.45 – 0.60 L ha<sup>-1</sup>), presentándose también Pulgón (*Aphis gossypii*) controlándose con la aplicación de Furadan (5.0 – 8.0 L ha<sup>-1</sup>), y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) que se controló con Clorpirifos etil \*480 EM (1.0 – 2.0 L ha<sup>-1</sup>).

Únicamente en 2008 se evaluó la dinámica de crecimiento del cultivo y, en ambos años, además del rendimiento de algodón hueso y algodón pluma se evaluó en conjunto la producción y distribución de biomasa de la planta de algodón. La parcela total estuvo compuesta por 8 surcos de 5 metros de largo y la parcela útil, para evaluar rendimiento, de 2 surcos de 3 metros de largo. Para determinar la dinámica de producción de materia seca se realizaron tres muestreos destructivos, a los 58, 79, y 100 (DDS) época en la cual la planta está a una semana de iniciar floración, inicio de tercera semana de floración y máxima floración y desarrollo foliar. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela. A cada planta se le separaron los órganos vegetativos (hojas, tallos y ramas) y los reproductivos (frutos). Para el secado de estos órganos, los tallos y ramas, las hojas, y los frutos se colocaron en bolsas de papel por separado y se sometieron a secado en estufa marca "Felisa" 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 muestras de láminas foliares formando grupos de diferentes tamaños y también a cada grupo 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:

$$TCC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1), \quad (\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Dónde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

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 en que el área foliar es un estimador de la magnitud del aparato fotosintético. La TAN estima la eficiencia fotosintética de la planta o de una comunidad de plantas. En la determinación del TAN se asume una relación lineal entre el área foliar y el peso seco de la planta. Su fórmula es:

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(Ln_e AF_2 - Ln_e AF_1) / (t_2 - t_1)], \quad (\text{gm}^2 \text{ dia}^{-1})$$

Dónde:

Ln<sub>e</sub> = 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 la planta entre el peso seco total de la misma.

$$RAF = AF/PS, (\text{cm}^2 \text{g}^{-1})$$

Dónde:

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. En cierta forma es una medida del grosor relativo de las hojas; representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja. Su fórmula es:

$$AFE = AF/PSAF, (\text{cm}^2 \text{g}^{-1}).$$

Dónde:

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:

$$RPF = PSAF/ PS, (\text{g g}^{-1})$$

Dónde:

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:

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

Dónde:

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., 1996) 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 calor acumuladas ya que durante el ciclo del cultivo (abril-agosto) en 2008 se acumularon 1,707, mientras que en 2009 fueron 1,742 UC. Por lo mínimo de la diferencia se concluye que las UC no influyeron en los resultados del estudio.

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

Mes	Años							
	2008				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)	Unidades calor acumuladas (UCA)	
	2008	2009
58 – 79	524	546
79 – 100	817	812
58 – 100	1,341	1,358

UCA= Unidades calor acumuladas por el cultivo a una temperatura base de 15.5 °C  
 DDS= Días después de la siembra.

### Índices de crecimiento

La estimación de los índices de crecimiento es el método común para estudiar las características fisiológicas y morfológicas que influyen en el rendimiento de los cultivos a través de la formación y acumulación de biomasa, es decir, la cantidad de materia orgánica asimilada menos las pérdidas por

respiración (Roberts *et al.*, 1985). 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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 que en los otros dos espaciamientos, (Cuadro 2). Por las diferencias en períodos muestreados, año, genotipo utilizado etc., puede haber diferencias en los valores de TCC así por ejemplo, Orozco *et al.*, 2008 quienes 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<sup>-1</sup> reportaron valores de TCC de 26.90 g m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, en el período comprendido entre los 99 – 113 DDS.

En la TAN no se presentaron diferencias significativas entre sistemas de producción, observándose solo lo esperado, 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 *et al.*, (2003) señalan que la disminución progresiva de la TAN es resultado del aumento de la edad de la planta y del sombreado por el aumento del IAF que excede el incremento de masa seca o viceversa.

Langer, (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, encontrado valores de IAF máximo entre 4,2 y 5,5 entre los 80 y 95 días después de emergencia). Langer, (1987) también menciona que el IAF puede ser alterado por prácticas de manejo como la densidad de plantas, la fertilización y los riegos.

**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. Ciclo 2008 Torreón, Coahuila.**

Muestreo (DDS)	Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas ha <sup>-1</sup> )			Media
	0.75 – 70 000	0.50 – 90 000	0.35 – 110 000	
Tasa de crecimiento del cultivo (g m <sup>2</sup> día <sup>-1</sup> )				
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 <sup>-1</sup> )				
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.

### **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), según se observa en el 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) y la relación entre el área foliar de la hoja y su propio peso seco (AFE) y 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. La disminución en los valores de RAF y RPF es normal conforme avanza la edad del cultivo, ya que 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. 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  $163.16 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  a los 105 DDS, lo que es de esperarse por diferencias en genotipo utilizado, crecimiento alcanzado por la planta, año, variaciones climatológicas durante el ciclo del cultivo, tipo de suelo, etc.

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

Muestreo (DDS)	Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas ha <sup>-1</sup> )			Media
	0.75 – 70 000	0.50 – 90 000	0.35 – 110 000	
	Relación de área foliar (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )			
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
	Área foliar específica (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )			
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
	Relación de peso foliar (g g <sup>-1</sup> )			
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

### **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 si 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<sup>-1</sup>. Lo anterior coincide con lo reportado por Gitte y Khandagale (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<sup>-1</sup> no es discutible sin embargo, al considerar la producción y distribución de biomasa en términos relativos no se detecta ninguna diferencia entre sistemas de producción, lo cual significa que la planta, independientemente del crecimiento alcanzado, de la biomasa acumulada y de los factores de la producción en estudio, distribuye el mismo porcentaje de fotosintatos a sus diferentes órganos (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Sistema de producción y peso seco total (PST), de estructuras vegetativas (PV), y reproductivas (PR) del algodón. Promedio de años 2008 y 2009.**

Factor de Variación	PST (g m <sup>2</sup> )	PV (g m <sup>2</sup> )	PR (g m <sup>2</sup> )	V (%)	R (%)
Años					
2008	1569.67 a	753.77 a	815.90 a	48	52
2009	1543.71 a	760.05 a	783.65 a	49	51
Distancia entre surcos (m) - Densidad poblacional (plantas ha <sup>-1</sup> )					
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<sup>-1</sup> y de 0.50 m entre surcos-densidad poblacional de 90,000 plantas ha<sup>-1</sup> fueron 43 y 16 % superiores al rendimiento obtenido por el espaciamiento de 0.75 m con 70, 000 plantas ha<sup>-1</sup>(testigo), Cuadro 5. Estos resultados corroboran

los obtenidos por Estrada *et al.*, (2008) quienes 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 ésta investigación la densidad poblacional fue similar para los tres espaciamientos (100,000 plantas ha<sup>-1</sup>). Cawley *et al.* (2002) manifiestan que los surcos ultra-estrechos rinden más que los surcos 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 12 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.**

Factor de Variación	Rendimiento de algodón (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Hueso	%	Pluma	%
	Años			
2008	9369 a		4048 a	
2009	9335 a		3927 a	
	Distancia entre surcos (m) – Densidad poblacional ( Plantas ha <sup>-1</sup> )			
0.75-70 000	7389 c	100	3105 c	100
0.50- 90 000	8575 b	116	3587 b	115
0.35- 110 000	10610 a	143	4500 a	145

Dentro de columnas, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

## CONCLUSIONES

En el sistema de producción de surcos a 0.35 m – 110 000 plantas ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>.

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<sup>-1</sup>) 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

- Bange, M. P., Milroy, S. P. 2004. Growth and dry matter partitioning of diverse cotton genotypes. *Field Crops Res.* 87:73-87.
- Boquet, D. J. 2005. Cotton in ultra-narrow row spacing: Plant density and nitrogen fertilizer rates. *Agronomy Journal* 97:279–287.
- Cawley, N, K. Edminsten, R. Wells & A. Stewart. 2002. Proc. Belt-wide Cotton Physiology Conference. Cotton Conf. Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council, Memphis TN.
- Estrada, T. O., A. Palomo-Gil., A. Espinoza-Banda., S. Rodríguez-Herrera., N. Rodríguez-Torres. 2008. Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. *Rev. Fito. Mex.* 31:79-83.
- Gardner, P., Pearce, R. B., Mitchell, R. L. 2003. *Physiology of crop plants*, Blackwell Publishing Company. Iowa, 326 p.
- Gaytán, M. A., A. Palomo-Gil, D. G. Reta-Sánchez, S. Godoy-Ávila, E. A. García- Castañeda. 2004. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamento entre surcos y densidad poblacional. I. rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *PHYTON Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- Gaytán-Mascorro, A., A. Palomo-Gil y S. Godoy-Ávila. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces del algodón. *Rev Fitotec. Mex.* 24: 197-202.
- Gerik, T. J, R. G. Lemon, K. L. Faver, T. A. Hoelewyn, & M. Jungman. 1998. Performance of ultra-narrow row cotton in Central Texas. Proc. Belt-wide Cotton Conference. San Diego, CA. 5-9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN. Pp: 1406-1409.
- Gerik, T. J.; Lemon, R. G.; Abrameit, A.; Valco, T. D.; Steglich, E. M.; Cothren, J. T.; Pigg, J. 2000. Using ultra-narrow rows to increase cotton production In: Beltwide Cotton Conferences. Proceeding... Memphis: National Cotton Council of America, p. 1653.
- Gitte, A. N. y G. B. Khandagale. 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.

- INIFAP – SAGARPA. 2011. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatólogicas. Mpio. Matamoros Estado Coahuila, <http://www.clima.inifap.gob.mx>.
- Jost, P. H., and J. T. Cothren. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing *Crop Science* 40: 430-435.
- Kerby, T. A., and P. Goodell. 1982. Using heat units as a basis for cultural practices. *Proc. Western Cotton Prod. Conf.* P. 10-13.
- Langer, M. R. D., Hill, G. D. 1987 *Plantas de interés agrícola. Introducción a la botánica agrícola.* Editorial Acriba, S. A. Zaragoza España.
- Larson, J. A, B. C. English, C. O. Gwathmey and R. M. Hayes. 1997. Economic feasibility analysis of ultra-narrow-row cotton in Tennessee, pag. 315-317. In: D. Richter and P. Dugger (ed.) *proceedings of Belt-wide Cotton Conference.* National Cotton Council of America.
- Mass, S. J. 1997. Competition among equally-spaced cotton plants grown at four plant populations densities. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES. *Proceedings...Memphis: National Cotton Council of America, 1997, v. 2, p. 1485-1487.*
- Mc Connell, J. S, R. C. Kirst Jr, R. E. Glover, and R. Benson. 2002. Nitrogen fertilization of ultranarrow-row cotton. In: D.M. Oosterhuis (ed.) *Summaries of Arkansas Cotton Research un Progress in 2001,* pag. 129-132 *Arkansas Agricultural Experiment Station, Research Series 497.*
- Mohamad, K. B., W. P. Sopenfield, and J. M. Poehlman. 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, 95 pág.
- Nichols, S. P., C. E. Snipes, and M. A. Jones. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar [online]. *J. Cotton Sci.* 8:1-12. Available at <http://www.cotton.org/journal/2004-08/1/1>. cfm (verified 12 Oct. 2007).
- Orozco V. J. A., A. Palomo-Gil, E. Gutiérrez-Del Río, A. Espinoza-Banda y V. Hernández-Hernández. 2008. Dosis de nitrógeno y su efecto en la

producción y distribución de biomasa de algodón transgénico. *Terra Latinoamericana* 26 (1):29-35.

- Perkins, W. R. 1998. Three year overview of UNRC vs. conventional cotton. p. 91. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) *Proc. Beltwide Cotton Conf.* Nashville, TN. 9–12 Jan. 1996. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.
- Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7, 171-175.
- Roberts, M. J., S. P. Long, LL. Tiezen, and C. L. Beadle. 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. *In: Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis.* J. Coombs, D. O. Hall, S. P. Long, and J. M. O. Scurlock (eds.). Pergamon Press. London. p. 1 – 19.
- Statistical Analysis System, SAS. 1996. *SAS/STAT User's Guide.* Cary, N.C, Release 6.12.
- Supak, J. R. 1982. Using heats units in the high plants. *Proc. Western. Cotton. Prod. Conf.* p: 14-16.
- Vories, E. D., and R. E. Glover. 2006. Comparison of Growth and Yield Components of Conventional and Ultra-narrow Row Cotton *Journal of Cotton Science* 10:235–243.
- Vories, E. D., T. D. Valco, K. J. Bryant, and R. E. Glover. 2001. Three-year comparison of conventional and ultra-narrow row cotton production systems. *Appl. Eng. Agric.* 17:583–589.

## CONCLUSIONES GENERALES

El sistema de producción en surcos ultra-estrechos (0.50 y 0.35 m) y altas densidades poblacionales (90 000 y 110 000 plantas ha<sup>-1</sup>) aumenta el rendimiento del cultivo del algodón, hasta un 45% respecto al espaciamiento de surco convencional de 0.75 m (testigo). Los surcos ultra-estrechos y las altas densidades de población no afectan la calidad de fibra.

El sistema de producción de 0.35 m y densidad poblacional de 110 000 plantas ha<sup>-1</sup>, mostraron una mayor TCC e IAF en comparación con los sistemas de producción de 0.50 y 0.75 m con una densidad poblacional de 90 000 y 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>, no afectando el tamaño relativo del aparato fotosintético de acuerdo con los estimadores RAF, AFE y RPF.

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.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, F., Uhart, S. A. y Frugone, M. I. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. Plant density effects. *Crop. Science*, 33:482-485.
- Atwell, S. D. 1996. Influence of ultra-narrow row on cotton growth and development. P. 1187-1188. In Proc. Beltwide Cotton Conf., Nashville, TN. 9-12 Jan. 1996. Natl. Cotton Counc. Am., Memphis, TN.
- Azcon-Bieto, J and Talon, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill/Iberoamericana de España. Madrid. 522 pp.
- Barbieri, P. A., Sainz-Rozas, H. R.; Andrade, F. H. and Echeverría, H. E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:283-288.
- Bradow, J. M., and G. H. Davidonis. 2000. Quantitation of fiber quality and the cotton production–processing interface: A physiologist's perspective. *Journal Cotton Science* 4:34–64.
- Brown, R. H. 1984. Growth of the green plant. Pp. 153-174. En: *Physiological basis of crop growth and development*. American Society of Agronomy, Madison.
- Bullock, D. G.; Nielsen, R. L. and Nyquist, W. E. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 28:254-258.
- Carranza, C., O. Lancho., D. Miranda y B. Chávez. 2009. Análisis de crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la sabana de Bogotá. *Agron. Colomb.* 27: 41-48.
- Cawley, N. K. E., R. Wells., A. Stewart. 2002. Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Counc., Memphis TN.
- Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.
- Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. and Hanchar, J. J. 1998. Row spacing, hybrid and plant density effects on corn silage yield and quality. *J. Prod. Agric.* 11:128-134.
- Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crop. *Horticultural Review*. Vol. 7:69-108.

- Darawsheh, M. K., Aivalakis, G. and Bouranis, D. L. 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.
- Estrada. T. O., A. Palomo-Gil., A. Espinoza-Banda., S. Rodríguez-Herrera., N. Rodríguez-Torres. 2008. Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. *Rev. Fito. Mex.* 31:79-83.
- Evans, G. C., Ottman, M. J., and Welch, L. F. 1989. Planting patterns and radiation interceptions, Plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81:167-174. USA.
- Flórez, V., D. Miranda., B. Chaves., L. Chaparro., C. Cárdenas y A. Farías. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández, D. Miranda, B. Chaves y J.M. Guzmán (eds.). *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana.* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gardner, F.P.; Brent Pearce, R; Mitchel, R.L. 1985. Carbon fixation by crop cano-pies. In: *Physiology of Crop Plants.* Iowa State University Press. Pp. 31-57.
- Gardner, F.P.; R. B. Pearce and R. L. 1990. *Physiology of crop plants.* Iowa State University Press. Iowa, EUA. p.327.
- Gardner, P., Pearce, R. B., Mitchell, R. L. 2003. *Physiology of crop plants,* Blackwell Publishing company. Iowa, 326 p.
- Gaytán, M. A., A. Palomo-Gil, D. G. Reta-Sánchez, S. Godoy-Ávila, E. A .García-Castañeda. 2004. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *PHYTON Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- Gerik, T. J., Lemon, R. G., Abrameit, A., Valco, T. D., Steglich, E. M., Cothren, J. T., Pigg, J. 2000. Using ultra-narrow row to increase cotton production. In: *BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 2000. Proceeding...* Memphis: National Cotton council of America, p 1653.
- Gerik, T. J., R. G. Lemon, K. L. Faver, T. A. Hoelewyn, and M. Jungman. 1998. Performance of ultra-narrow row cotton in central Texas. p. 1406–1409. *In:* P. Dugger and D. Richter (ed.) *Proc. Beltwide Cotton Conf.* San Diego, CA. 5–9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.
- Hearn, A. B. 1969. The growth and performance of cotton in a dessert environment. II. Dry matter production. *J. Agric. Sci. Camb.* 73:75-86

- Heitholt, J. J, WR Meredith, Jr. 2002. Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide Cotton Conf. Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council., Memphis TN.
- Heitholt, J. J. 1994. Canopy characteristics associated with deficient and excessive cotton plant population densities. *Crop Science* 34:1291-1297.
- Heitholt, J. J., W. T. Pettigrew, and W. R. Meredith Jr. 1993. Growth, Boll Opening Rate, and Fiber Properties of Narrow Row Cotton. *Agronomy Journal* 85:590-594.
- Heitholt, J.J., W.T. Pettigrew, and W.R. Meredith, Jr. 1992. Light interception and lint yield of narrow-row cotton. *Crop Sci.* 32:728-733.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London.
- Hunt, R., 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. London UNWIN HYMAN: 112.
- Jones, M. A. 2001. Evaluation of ultra-narrow row cotton in South Carolina. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Anaheim, CA, Cotton Council. Memphis TN, 9-13 Jan., pp. 522-524.
- Jost, P. H., and J. T. Cothren. 2001. Phenotypic alterations and crop maturity differences in ultra-narrow row and conventionally spaced cotton. *Crop Science* 41:1150–1159.
- Jost, P.H. and J.T. Cothren. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings. *Crop Sci.* 40:430-435.
- Kerby, T. A., S. J. Hake, K. D. Hake, L. M. Carter and R. H. Garber. 1996. Seed quality and planting environment. P. 203-209. In S. J. Hake, T. A. Kerby, K. D. Hake (eds). Cotton production manual, ANR Publications, University of California, Oakland, CA.
- Krieg, D. R. 1996. Physiological aspects of ultra-narrow row cotton production. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, Nashville. TN. National Cotton Council. Memphis TN. 9-12 Jan. 1996, pp. 66.
- Langer, M. R. D., Hill, G. D. 1987. Plantas de interés agrícola. Introducción a la botánica agrícola Editorial Acriba, S. A. Zaragoza, España.
- Larson, J. A., Gwathmey, C. O., Roberts, R. K., and Hayes, R. M. 2004. Economics and marketing. Effects of plant population density an net

revenues from ultra-narrow row cotton. *Journal of Cotton Science* 8:69-82.

MacKnight LA, 2002. Influence of High Plant Densities on Yield, Row Quality and Earliness in Ultra-Narrow Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in The San Joaquin Valley California. Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan 2002. Natl. Cotton Counc. Memphis TN.

Mark L, ML McFarland, RG Lemon, FJ Mazac, DJ Pigg, a Abrameit, TJ Gerik, FM Hons, 2002. Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Counc., Memphis TN.

Mass, S. J. 1997. Competition among equally-spaced cotton plants grown at four plant populations densities. In: BELT-WIDE COTTON CONFERENCES, 1997. Proceedings...Memphis: National Cotton Council of America, 1997, v. 2, p. 1485-1487.

Meredith, W.R. Jr. and R. Wells. 1989. Potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures. *Crop Sci.*, 29: 636-639.

Miranda, W. R. 2008. Caracterización de la producción del cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum*, L) en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Julio-Diciembre, año/vol. XII, número 023 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C: Universidad Autónoma de la Laguna: UAAAN Torreón, México. Pp. 696-705.

Mohamad, K. B., W. P. Sappenfield., J. W. Pohelman. 1982. Cotton cultivars response to plant population in a short season narrow-row cultural system. *Agron. J.* 74:619-625.

Mondino, M. 2000. 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, 95 pág.

Murphy, S. D.; Yakubu, Y.; Weise, S. F. and Swanton, C. J. 1996. Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late-emerging weeds. *Weed Sci.* 44:856-870.

Nichols, S. P., C. E. Snipes, and M. A. Jones. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar [online]. *J. Cotton Sci.* 8:1-12. Available at <http://www.cotton.org/journal/2004-08/1/1>. cfm (verified 12 Oct. 2007).

- Palomo, G. A., A. Gaytán, M. y S. Godoy, A. 2001. Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de fibra del algodón. *Terra Latinoamericana* V 19 (003):265-271.
- Palomo-Gil, A., A. Gaytán-Mascorro y S. Godoy-Ávila. 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, D. W., Cooke, F. T. and Martin, S. W. 2000. Alternative Cotton Production Systems. Dept. Agric. Econ. Res. Rep. 2000-010. Mississippi State, MS.
- Perkins, R. 1998. Three year overview of UNR vs. conventional cotton. Proc. Belt-wide Cotton Conference. Nashville TN. 9-12 Jan. Natl. Cotton Council, Memphis TN. p. 91.
- Porter, P. M.; Hicks, D. R.; Lueschen, W. E.; Ford, J. H.; Warnes, D. D. and Hoverstad, T. R. 1997. Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. *J. Prod. Agric.* 10:293-300.
- Quisenberry, J. E., Roark, B. 1976. Influence of indeterminate growth habit on yield and irrigation water-use efficiency in upland cotton. *Crop Sci.* 16: 726-765.
- Reta-Sánchez, D.G., and J. L. Fowler. 2002. Canopy light environment and yield of narrow-row cotton as Affected by canopy architecture *Agronomy Journal* 94:1317-1323.
- Roberts, M. J., S. P. Long, LL. Tiezen, and C. L. Beadle. 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. In: *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. J. Coombs, D. O. Hall, S. P. Long, and J. M. O. Scurlock (eds.). Pergamon Press. London. pp: 1 – 19.
- SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cierre de producción por cultivo (algodón), Estado Coahuila. <http://www.siap.gob.mx/>.
- SIAP-SAGARPA. 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cierre de producción por cultivo (algodón), Estado Coahuila. <http://www.siap.gob.mx/>.
- Snipes, C. E. 1996. Weed control in ultra-narrow row cotton — Possible strategies assuming a worst case scenario. p. 66–67. *In* P. Dugger and D.

- Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf. Nashville, TN. 9–12 Jan. 1996. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.
- Steglich, E.M., T.J. Gerik, J. Kiniry, J.T. Cothren, and R.G. Lemon. 2000. Change in the light extinction coefficient with row spacing in upland cotton. p. 606–608. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. 4–8 Jan. National Cotton Council, Memphis, TN.
- Stiller, W. N. 2000. Use of physiological measurements in breeding cotton for improved water use efficiency. Ph. D. Dissertation. The University of Sydney, Australia.
- Vories, E. D., and R. E. Glover. 2006. Comparison of Growth and Yield Components of Conventional and Ultra-narrow Row Cotton *Journal of Cotton Science* 10:235–243.
- Vories, E. D., T. D. Valco, K. J. Bryant, and R. E. Glover. 2001. Three-year comparison of conventional and ultra-narrow row cotton production systems. *Appl. Eng. Agric.* 17:583–589.
- Wells, R., and W. R. Meredith Jr. 1984. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. II. Reproductive dry matter partitioning. *Crop Sci.* 24:863-868.
- Widdicombe, W. D. and Thelen, K. D. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron J.* 94:326-330.
- Worley, S., T. W. Culp, and D. C. Harrell. 1974. The relative contributions of yield components to lint yield of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Euphytica* 23:399–403.
- Wright, D. L., Marios, J. J., Wiatrak, JP. J., Sprenkel, R. K., Rich, J. R., Breacke, B and Katsvario, T. W. 2004. Production of Ultra Narrow Row Cotton. SS-AGR-83, Institute of Food and Agricultural Science, Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida.

## APÉNDICE

**ANEXO 1. Carta de recepción del Artículo I. Enviado a la Revista Fitotecnia Mexicana.**



## REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

### CARTA DE RECEPCIÓN

25 de Febrero del 2011

**ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ**  
ESTUDIANTE DE POSTGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA. PERIFÉRICO RAÚL LÓPEZ SÁNCHEZ KM. 2.  
27059, TORREÓN, COAHUILA.  
TEL. 01 (871) 729-7676

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

#### **SURCOS ULTRA-ESTRECHOS (SUE) Y DENSIDAD POBLACIONAL EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODÓN**

**Autores: ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ\*, ARTURO PALOMO GIL, JUAN GABRIEL CONTRERAS MARTÍNEZ, VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA, MARIO GARCÍA CARRILLO, ARMANDO ESPINOZA BANDA Y DAVID G. RETA SÁNCHEZ**

Para su evaluación, el manuscrito con clave: **RFM/11011** será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquetería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

  
**VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**  
Director de la RFM

Anexo  
VAGH/ihg\*

Dirección Física: Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco, Edif. "Hernández Xolocotzi", Ofna. 319-3er Piso 56230, Chapingo, Edo. de México.  
Dirección Postal: Apdo. Postal No. 21, 56230, Chapingo, Edo. de México, Tels: 01 (595) 952-1729 y 952-1500 Ext. 5795 y 1729. Fax: 01 (595) 954-6652.  
Desde el D.F. al Tel. (55) 5133-1108 Ext. 1729 o 5795 Correo electrónico: revfitotecniamex@somefi.org <http://www.somefi.org>

**ANEXO 2. Carta de recepción del Artículo II. Enviado a la Revista  
Agronomía Mesoamericana.**

# AGRONOMÍA MESOAMERICANA

Órgano divulgativo del Programa Cooperativo Centroamericano  
para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA).

ISSN 1021-7444 versión impresa / ISSN 1659-1321 versión electrónica (CD).

Telfax: (506) 2511 7770/2433 5963.

Apartado postal 183-4050. Alajuela, Costa Rica.

E- mail: [pccmca@gmail.com](mailto:pccmca@gmail.com); [pccmca@ucr.ac.cr](mailto:pccmca@ucr.ac.cr)

17 de noviembre, 2011

Alajuela, Costa Rica

Por medio de la presente hago constar que Ana Rosa Ramírez Seañez, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, posee un trabajo en la revista Agronomía Mesoamericana llamado "Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional" el cual se encuentra en proceso de edición para su posible publicación.

Agradezco la atención que se le preste a este escrito.

Atentamente,



**Rodolfo Araya**

**Editor**

**Revista Agronomía Mesoamericana**

