

**RESPUESTA DEL ALGODÓN *Gossypium hirsutum* L. A LA SIEMBRA  
EN SURCOS ULTRA- ESTRECHOS Y ALTAS DENSIDADES  
POBLACIONALES**

**FILIBERTO MARTINEZ LARA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**Asesor principal: Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA**

**Torreón, Coahuila, México, Febrero de 2013**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

RESPUESTA DEL ALGODÓN *Gossypium hirsutum* L. A LA  
SIEMBRA EN SURCOS ULTRA- ESTRECHOS Y ALTAS DENSIDADES

POBLACIONALES

TESIS

POR

FILIBERTO MARTÍNEZ LARA

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

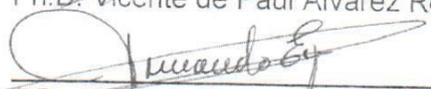
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité particular de asesoría:

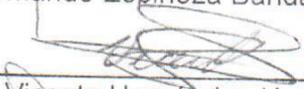
Asesor Principal:

  
Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna

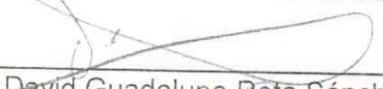
Asesor

  
DR. Armando Espinoza Banda

Asesor:

  
Ph.D. Vicente Hernández Hernández

Asesor:

  
Ph.D. David Guadalupe Reta Sánchez

  
Dr. Fernando Ruiz Zárate  
Subdirector de Postgrado

  
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo  
Jefe del Departamento de postgrado

Torreón, Coahuila, México.

Febrero de 2013.

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, por otorgarme la vida, mantenerme con buena salud y darme el conocimiento para terminar un ciclo más de enseñanza y alcanzar la meta propuesta en mi vida personal y profesional.

**A mis padres, Fernando Martínez Concepción y Catalina Lara Manuela**, gracias por el apoyo y confianza brindado en cada etapa de mi vida.

**A mis hermanos: Juan, Cirenio, Efrén y Miguel**, por estar pendientes de mi familia y estar siempre en apoyo de mi carrera profesional.

**A mi esposa Gabriela Arenas Hernández**, por amarme y estar siempre a mi lado apoyándome en mis deseos de superación.

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por financiar mis estudios de posgrado y concluir satisfactoriamente, soporte de mi formación profesional.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL)**, por haberme recibido nuevamente y permitido usar sus instalaciones junto con su equipo técnico, y contribuir en mi desarrollo y desempeño profesional.

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

**Al Ph.D. Arturo Palomo Gil**, por su valiosa colaboración hacia mi formación profesional, por su enseñanza, amistad y ser un ejemplo y guía en el camino de la investigación. Descanse en paz.

**A mis asesores: Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna, Dr. Armando Espinoza Banda, Ph.D. Vicente Hernández Hernández y Ph.D. David Guadalupe Reta Sánchez**, por su valiosa colaboración en la realización del trabajo de investigación, consejos, enseñanza y amistad.

**A la Sra. Esther Peña Revuelta** por su valiosa colaboración y asesoría en todos los trámites realizados durante mi carrera y sobre todo por su amistad.

**A mis maestros, compañeros y amigos** con quienes conviví y siempre me brindaron su apoyo, amistad y cariño incondicional.

**¡Muchas gracias a todos!**

## DEDICATORIAS

**Con cariño a mis padres:**

**Fernando Martínez Concepción y Catalina Lara Manuela**, quienes con mucho sacrificio, orgullo y amor han confiado en mis planes de superación profesional y con quienes comparto cada uno de mis logros.

**A mis hermanos:**

**Juan, Cirenio, Efrén y Miguel**, por ser parte importante en mi familia, y el apoyo brindado durante mi carrera profesional.

**A mi esposa Gabriela Arenas Hernández**, mi compañera fiel en las buenas y malas, por apoyarme en mi proyecto de vida y sobre todo ser la madre de **mi princesa hermosa Dulce Briseyda** con todo mi amor. **¡Las amo mis mujercitas!**

## COMPENDIO

# RESPUESTA DEL ALGODÓN *Gossypium hirsutum* L. A LA SIEMBRA EN SURCOS ULTRA- ESTRECHOS Y ALTAS DENSIDADES POBLACIONALES

Por

**FILIBERTO MARTÍNEZ LARA**

MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, México.

Febrero 2013

**Palabras clave:** Calidad de fibra, Densidad de población, *Gossypium hirsutum* L, Rendimiento de algodón, Surcos ultra-estrechos.

La siembra de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en surcos más estrechos que los convencionales a 75 cm., o más, sugiere ser una alternativa para aumentar el rendimiento y reducir los costos de producción. Con el objetivo de conocer el efecto que los surcos ultra-estrechos y densidad de población tienen sobre el potencial productivo de biomasa y calidad de fibra en algodón, se evaluaron tres distanciamientos entre surcos y tres densidades de plantas en la Comarca Lagunera, México. Se utilizaron distanciamientos de 50 y 35., cm como surcos ultra estrechos, y el testigo a 75 cm. Las densidades de plantas fueron 80, 100 y 120 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizó la variedad convencional Fiber max 989. Los nueve tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y un arreglo de parcelas divididas. El distanciamiento

entre surcos se asignó a la parcela mayor y la densidad de plantas a la parcela menor. Las variables evaluadas fueron rendimiento de algodón en hueso y pluma (fibra) en  $\text{kg ha}^{-1}$ , componentes de rendimiento (peso de capullo, porcentaje de pluma e índice de semilla), calidad de fibra (longitud, resistencia y finura) y los índices de crecimiento: relación de peso foliar (RFP), índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF).

El rendimiento en hueso fue diferente para los distanciamientos de 75, 50 y 35 cm., con 4,504, 5,377 y 6,259  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente. El mayor rendimiento en el distanciamiento entre surcos se encontró a un separación de a 35 cm., la cual superó en un 15 por ciento a los surcos de 50 cm., y en 29 por ciento a los de 75 cm. La calidad de fibra no fue afectada por la distancia entre surcos ni por la densidad de plantas. La distancia entre surcos no afectó la magnitud de los índices de crecimiento determinados. El sistema de producción en surcos a 35 cm., con una densidad de 120,00 plantas  $\text{ha}^{-1}$  constituye una alternativa para incrementar el rendimiento y reducir los costos de producción, sin afectar la calidad, generando mayor utilidad para el productor.

## ABSTRACT

### COTTON (*Gossypium hirsutum* L.) RESPONSE TO PLANTING IN ULTRA-NARROW ROWS AND HIGH PLANT DENSITY

By

**FILIBERTO MARTÍNEZ LARA**

MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, México,

February, 2013

**Keywords:** Fiber quality, plant density, *Gossypium hirsutum* L, cotton yield, ultra-narrow rows.

The cotton planting (*Gossypium hirsutum* L.) on narrow rows instead on conventional rows to 75 cm., show to be an alternative to increase crop yield and to reduce production costs. The objective of this research was to study the effects of ultra-narrow rows and plant density on the biomass production and fiber quality. Three row spacings and three plant densities were evaluated in the Comarca Lagunera, México. Ultra-narrow rows 50 and 35 cm., apart and conventional rows spaced to 75 cm., were used. The population densities were 80,000, 100,000 and 120,000 plants ha<sup>-1</sup>. The conventional variety Fiber max 98 was used. The nine treatments were assigned to a randomized complete block design with three replications in a split plot arrangement. Row spacings were assigned to main plots and the population densities to subplots. Seed-cotton and lint yield were evaluated in kg ha<sup>-1</sup>, yield components (boll weight, lint percentage and seed index), fiber quality (length, resistance and fineness) and the plant growth indexes,

leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR), specific leaf area (SLA), leaf weight fraction (LWF) and leaf area ratio (LAR). Seed-cotton yield was different ( $P < 0.01$ ) to 75, 50 and 35 cm., row spacings, with 4,504, 5,377 and 6,259 ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), respectively. The highest yield was obtained in 35 cm., row spacing, which was higher 15 and 29% to the obtained on 50 and 75 cm., row spacings, respectively. The fiber quality was not affected by row spacings and plant density. Row spacing did not affected the plant growth indexes measured. The cotton production system on 35 cm rows with a plant density of 120,000 plants  $\text{ha}^{-1}$  can be an alternative to increase yield and to reduce production costs, without yield reduction. Getting more profit for the producer.

## INDICE

	<b>Paginas</b>
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	v
COMPENDIO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
I.INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivo.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1. Origen y constitución genómica del algodón.....	5
2.2. Generalidades del cultivo .....	7
2.2.1. Clima.....	7
2.2.2. Temperatura.....	7
2.2.3. Precipitación.....	7
2.2.4. Humedad relativa.....	8
2.3. Surcos ultra-estrechos.....	8
2.4. Índices de crecimiento.....	11

2.4.1. Índice de área foliar (IAF).....	12
2.4.2. Tasa de asimilación neta (TAN).....	12
2.4.3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).....	13
2.4.4. Área foliar específica (AFE).....	13
2.4.5. Relación de área foliar (RAF).....	13
2.5. Índices de crecimiento y biomasa.....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Rendimiento y componentes del rendimiento.....	21
4.2 Calidad de fibra.....	24
4.3 Índices de crecimiento.....	26
V.CONCLUSIONES.....	30
VI. LITERATURA CITADA.....	31

## I. INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es una importante zona de explotación del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Es considerada una de las zonas agrícolas más importantes del país por ser un factor importante en la economía del país. La mayor parte de los países productores de algodón han adoptado la tecnología de la industria textil la cual ha sido factor para la exportación de productos manufacturados y generadora de empleo en el sector industrial y agrícola.

El algodón es actualmente la fibra textil de mayor uso en el mundo, de este cultivo, además de la fibra, se obtiene también semilla, de la cual se obtienen aceite comestible y harinolina usada como alimento para el ganado.

Este es un cultivo de gran tradición en México y la Comarca Lagunera, que tiene importancia económica como generador de ingresos y divisas, además destaca su importancia social debido a su alta demanda de mano de obra desde la preparación del terreno hasta cosecha, y después en labores de transporte y desepite (Espinoza et al., 2009).

Las reducidas ganancias de este cultivo es un problema tradicional y recurrente de los productores, debido a los constantes incrementos en los costos de producción y bajo precio de la fibra en el mercado internacional. El precio de la fibra está sujeto a la producción, reservas y demanda mundial de la misma. Ante esta situación se han estado explorando nuevas alternativas para elevar el rendimiento unitario y hacer más redituable el cultivo.

El aumento de la productividad unitaria y reducción de costos requieren de genotipos con mayor eficiencia fotosintética y nuevos sistemas de producción. En la actualidad existen investigaciones 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 en la producción de fibra. Lo anterior se busca a través de la adecuación o modificación de prácticas de cultivo y reducción en la aplicación de insumos, sin que se afecte la productividad.

Resultado de estas investigaciones dieron origen al sistema de producción de algodón en surcos ultra-estrechos con alta densidad de planta. El concepto de surcos ultra-estrechos (surcos con una distancia inferior a los 75 cm) se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998). Por otra parte, La reducción de los costos de producción con el sistema de surcos ultra-estrechos podría derivarse del acortamiento del ciclo del cultivo (Lewis, 1971). La planta de algodón fructifica en una forma ordenada y secuencial, emitiendo una flor a intervalos regulares de 3 días en ramas fructíferas sucesivas e intervalos de 7 días entre flores de la misma rama fructífera. En el sistema de producción de surcos ultra-estrechos e incremento en la densidad de planta se requerirían menos frutos por planta para mantener el rendimiento actual. Requiriendo pocas bellotas para mantener ese rendimiento. El tiempo requerido para obtenerlo, sería menor al del sistema de siembra convencional (surcos con separación de 75 a 100 cm). En el sistema de producción de surcos ultra-estrechos, las plantas podrían exhibir sus estructuras fructíferas en estados de desarrollo muy idénticos a través del ciclo (Lewis, 1971). Ésta característica de crecimiento contrasta con la

que se tiene en el sistema de siembra convencional que presenta fructificaciones en muy variados estados de desarrollo durante el período de floración y maduración de las bellotas.

Un patrón de floración más sincronizado conduciría a un control químico de plagas más eficiente y regulación del crecimiento de la planta con fitoreguladores, incrementando la posibilidad de elevar la producción unitaria. La reducción del ciclo del cultivo traería consigo una reducción del número de aplicaciones de insecticida para proteger la fructificación (Allen, 1998).

### **1.1. Objetivo**

Evaluar el efecto de surcos ultra-estrechos y densidad de plantas sobre el rendimiento, producción de biomasa y calidad de fibra del algodón

### **1.2. Hipótesis**

La siembra en surcos ultra-estrechos y densidad de planta afecta el rendimiento del algodón y costos de producción.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

La Comarca Lagunera, es una zona agrícola importante del país, donde el cultivo del algodón, ha sido un factor importante en la economía del país y de la región. En el ciclo primavera – verano de 2010 se sembraron 18,985.20 hectáreas, con un valor de la producción de \$ 514,153.80. A nivel nacional en el mismo ciclo se sembraron 114,651.24 hectáreas, con un valor de la producción de \$ 4, 026,217.90 (SIAP-SAGARPA, 2010).

### 2.1 Origen y constitución genómica del algodón

El origen de los algodones americanos cultivados es un enigma aún no resuelto, aunque existe mucha información cromosómica y molecular al respecto. *Gossypium hirsutum* L., como *G. barbadense* L., son anfidiplóides ( $2n=4x=52$ ) con un genomio AA procedente del SE de África, *G. herbaceum* var. *africanum* y el otro DD de Perú en América, *G. Raimondii* Ulbr. Sin embargo, no se sabe ni el lugar ni cuando se produjo el cruzamiento que unió estos dos genomios. Hasta ahora se aceptan tres especies silvestres de algodones poliploides de *Gossypium* L. subgen. *Karpas* Rafin., al que pertenecen los algodones cultivados *G. hirsutum* y *G. barbadense* (Krapovickas y Seijo, 2008).

El género *Gossypium*, miembro de la familia Malvaceae, cuenta con más de 20 especies distribuidas por el mundo, todas ellas de origen tropical y de regiones de temperatura cálida, entre las que encontramos plantas

anuales, bienales, perennes, herbáceas, arbustivas y arbóreas. Cuatro especies han sido domesticadas y de éstas, *Gossypium hirsutum* L. se ha convertido en la especie comercial predominante de algodón. Las otras especies cultivadas son *G. barbadense* L., *G. herbaceum* L. y *G. arboreum* L.

Se han reconocido sólo 20 especies de algodón clasificados de acuerdo a su número cromosómico y distribución geográfica de origen. De las 20 especies de algodón, nueve pertenecen al Viejo Mundo (Asia, África y Australia), con un número cromosómico de  $2n = 26$  cromosomas grandes, de estas nueve especies sólo se cultivan comercialmente dos, *G. arboreum* y *G. herbaceum*. Las 11 especies restantes pertenecen al Nuevo Mundo (Continente Americano), de ellas ocho poseen número cromosómico  $2n = 26$  de tamaño pequeño, las otras tres poseen número cromosómico  $2n = 52$ , (*G. hirsutum*, *G. barbadense* y *G. tomentosum*), cultivándose comercialmente sólo las dos primeras (Ferrer *et al.*, 2007).

## **2.2 Generalidades del cultivo**

### **2.2.1. Clima**

De acuerdo con la clasificación de climas del Dr. Thorntwhite, el clima de la Comarca Lagunera es árido en casi toda su área cultivable, con lluvia deficiente en todas las estaciones, mesotermal y una temperatura aproximada de 30° C (Quiñones, 1988).

### **2.2.2. Temperatura**

La temperatura en la Comarca Lagunera se puede dividir en dos épocas, la primera comprende de Abril a Octubre, en el cual la temperatura media mensual excede de los 20° C, y la segunda abarca los meses de Noviembre a Marzo, en los cuales la temperatura media mensual oscila entre 13.6° C y 19.4° C. Los meses más calurosos son de Mayo a Agosto y los más fríos son Diciembre y Enero (Farías, 1980).

### **2.2.3. Precipitación**

De acuerdo con la lluvia registrada durante los últimos 30 años en la estación climatológica de Lerdo, Dgo., se concluye que en la Comarca Lagunera, el periodo máximo de precipitación está comprendido en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto. La precipitación media anual de las últimas décadas es de 220 mm., (Quiñones, 1988).

#### **2.2.4. Humedad Relativa**

La humedad relativa varía según las estaciones del año. La humedad promedio de las observaciones efectuadas durante el día, son las siguientes: Primavera 31.3%, Verano 46.2%, Otoño 52.9%, Invierno 44.3% (Quiñones, 1988).

#### **2.3. Surcos ultra-estrechos**

La reducción del distanciamiento entre surcos e incremento en la densidad de plantas induce un cierre de cultivo más temprano que en los surcos convencionales (George, 1971). El más rápido cubrimiento del suelo por la cobertura vegetal reduce el período crítico de competencia con maleza (Snipes, 1996), incrementa la intercepción de radiación solar y disminuye la pérdida de agua por evaporación (Kreig, 1996).

La reducción de la distancia entre surcos aumenta la intercepción total de luz estacional, lo que potencialmente puede aumentar el rendimiento de algodón (Heitholt *et al.*, 1992). Estudios en el Centro-Sur y Sudeste de EE.UU., sobre el acortamiento de la distancia entre hileras ha tenido resultados variables debido al tipo y manejo del suelo, clima local y la ubicación (Steglich *et al.*, 2000).

En el Oeste de Texas, se determinó que en el sistema de siembra convencional (surcos de 90 a 100 cm), 40% del agua disponible para el cultivo se pierde por evaporación por lo que, el uso de surcos ultra estrechos permitiría que una mayor cantidad de agua sea absorbida por la planta, en lugar de que se pierda por evaporación (Krieg, 1996). La siembra en surcos ultra-estrechos incrementó el rendimiento hasta un 37% y, redujo en 12 días

el ciclo del cultivo en comparación con la siembra en surcos de 76 cm., (Gerik *et al.*, 1998).

En tanto que incrementos más modestos se han reportado en la producción (5 a 11 %) con una reducción de 7 a 10 días del ciclo del cultivo, con respecto a la siembra en surcos de 92 cm., (Cawley *et al.*, 2002). Esta tecnología logra aumentar el rendimiento unitario, reducir el ciclo del cultivo, controlar el crecimiento excesivo de la planta y disminuir costos de producción (Prince *et al.*, 2002). No diferencias en rendimiento se reportan al sembrar en surcos distanciados a 50 y 76 cm, ni entre densidades poblacionales que oscilaron entre 80 000 y 200 000 plantas ha<sup>-1</sup>, pero indican que la siembra en surcos de 50 cm disminuyó en siete días el ciclo del cultivo Gaytán *et al.*, 2002). La precocidad y/o acortamiento del ciclo del cultivo, es una característica que confiere resistencia (pseudo resistencia) al daño de plagas al permitir que las plantas escapen al daño de las últimas generaciones de los insectos dañinos.

Otra cualidad de la precocidad, y acortamiento del ciclo del cultivo, es el de escapar a condiciones ambientales adversas como baja temperatura o períodos lluviosos que pueden afectar la producción y calidad de la fibra. Sin embargo, algunos investigadores indican que la calidad de la fibra puede verse afectada por deficiencias de humedad o de N (Mark *et al.*, 2002), o por diferencias entre variedades, densidad poblacional, espaciamiento entre surcos, efecto de año, o por alguna de sus interacciones (Mohamad *et al.*, 1982).

Al evaluar tres variedades de algodón, dos convencionales y una transgénica con separación de 50 y 35 cm como surcos ultra-estrechos y un testigo a 75 cm, se encontró que las variedades presentaron el mismo potencial con buena calidad de fibra y los surcos ultra-estrechos rindieron 10 y 26% más que a 75 cm; este sistema es una buena alternativa para incrementar el rendimiento unitario y aumentar las ganancias del productor (Estrada *et al.*, 2008).

Un estudio en Tennessee, U.S.A sobre algodón de la variedad 'Deltapine 20', sembrado a una distancia de entre surcos de 25 cm comparada a una sembrada a 100 cm., incremento rendimiento con surcos más estrechos. Otro estudio con la variedad Chembred 830' sembrado a una distancia de entre surcos de 19 cm., comparada con una sembrada a 100 cm., no presento diferencia en rendimiento (Gwathmey y Hayes, 1996).

En Mississippi U.S.A. se estudiaron distanciamientos entre surcos en el cultivo de algodón de 19 y 76 cm., en el cual no se encontró diferencia en rendimiento en algodón pluma siendo similares (Jones *et al.*, 2000). En Arkansas el algodón cultivado con distanciamiento de 19 cm., entre surcos produjo mayor rendimiento que el algodón sembrado a 97cm., en el primer año de tres evaluados (Vories *et al.*, 2001). Otro estudio en Mississippi, usando surcos ultra estrechos presento diferencia en rendimiento a través de diferentes ciclos. Un espaciamento entre surcos de 76 cm., redujo el rendimiento del algodón (Colwickk *et al.*, y Tupper et al, 1977). En Arkansas, un estudio demostró que el algodón sembrado a espaciamentos entre surcos de 19 y 76 cm produjeron un rendimiento similar (Mobley *et al.*, 2000), de igual manera en Mississippi, no se encontró diferencia

significativa en rendimiento de algodón plantado a un distanciamiento de 19 y 76 cm., de distancia entre surcos (Buehring y Dobbs 2000).

Como lo han demostrado diferentes trabajos de investigación sobre los componentes de rendimiento en surcos convencionales y surcos ultra estrechos, estos varían de acuerdo a las condiciones en se desarrolle el cultivo. Cawley *et al.* (1999) y Koli (1976) estos investigadores reportan un aumento considerable en el número de bellotas por planta en algodón sembrado en surcos estrechos comparados con surcos convencionales (Cawley *et al.*, 1999 y Koli, 1976) deducen que las variaciones encontradas son el resultado de las diferencia entre densidad de población.

Por otro lado Witten y Cothren (2000) en un estudio de ocho siembras con espaciamentos de 38 y 19 cm., entre surcos encontraron que los espaciamentos de 38 cm., rindieron más que las de 19 cm., debido a que se obtuvieron más bellotas y de mayor tamaño (Witten y Cothren, 2000).

#### **2.4. Índices de crecimiento**

La productividad del cultivo de algodón es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca en cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética. En el análisis de la eficiencia fisiológica de una planta en función de sus parámetros de crecimiento, se requiere de dos procedimientos básicos primero de la cuantificación del material vegetal que existe en una planta o cultivo, y segundo de la medición del sistema asimilador de la planta o cultivo en intervalos de tiempo sucesivos (Miranda, 1995). Igualmente se menciona que de esas operaciones se obtienen medidas directas, como materia seca (W), área foliar total (AF), tiempo (t) e

índices derivados como la tasa relativa de crecimiento (TRC), índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional.

#### **2.4.1. Índice de área foliar (IAF)**

Expresa la superficie de la hoja por unidad de área de superficie ocupada por la planta. Este aumenta con el crecimiento del cultivo hasta alcanzar un valor máximo en el cual se alcanza la máxima capacidad para interceptar la energía solar, momento en que la TCC es a su vez máxima (Hunt, 1982). La reducción del IAF por efecto de salinidad puede ser causado por una disminución en el área foliar específica (incremento de biomasa por unidad de área foliar) y/o una disminución en la proporción de materia seca acumulada en los tejidos foliares (Curtis y Läuchli, 1986).

#### **2.4.2. Tasa de asimilación neta (TAN)**

La TAN es una medida de la eficiencia promedio de las hojas de la planta (Brown, 1984), es decir, 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.

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 dependiendo del área foliar, disposición y edad de

las hojas y procesos de regulación interna relacionados con la demanda de asimilados (Hunt, 1982).

#### **2.4.3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)**

Mide la ganancia de biomasa vegetal en el área de superficie ocupada por la planta. Esto es aceptable en plantas con competencia (Hunt, 1982). La máxima TCC ocurre cuando las plantas son suficientemente grandes o densas para explotar al máximo todos los factores ambientales. En ambientes favorables, la máxima TCC ocurre cuando existe un cierre completo del cultivo donde la cobertura de las hojas es completa, y puede representar el máximo potencial de producción de materia seca y de tasa de conversión en un momento dado (Brown, 1984).

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

Es una medida de la superficie foliar de la planta en términos de densidad o 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).

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

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

## 2.5. Índices de crecimiento y biomasa

El análisis de índices de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso específico (RPF) son una herramienta útil para conocer cómo un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra (Hunt *et al.*, 1990). Los índices RAF, AFE y RPF son utilizados para la diferenciación 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 (Gaytán *et al.*, 2001). Por lo tanto el crecimiento de los cultivos está influenciado de igual manera por su capacidad para interceptar la radiación y convertirla en materia seca, habiendo diferencia entre especies vegetales de acuerdo a la eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa (Andrade y Sadras, 2000).

La producción de materia seca, está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación incidente, capacidad de intercepción y eficiencia del cultivo para transformarla (Gardner *et al.*, 1985). La eficiencia de la planta en el proceso de partición y producción de materia seca total se considera de gran importancia en los cultivos (Villar, 1996). Existe diferencia en relación al rendimiento entre los cultivares de algodón debido a la capacidad de asimilación de sus órganos reproductivos y a su capacidad fotosintética (Hearn, 1969). En la determinación de los modelos de acumulación y asignación de biomasa en plantas de algodón, la mayoría de los investigadores se han enfocado en el estudio de métodos de

siembra, genotipos, densidad de población, fertilización, etc. en sistemas de producción de surcos convencionales (Mohamad *et al.*, 1982).

Resultado de este tipo de manejo, la diferencia entre variedades se atribuye a un bajo rendimiento, una producción de biomasa total y a una ineficiente asignación de materia seca hacia los órganos reproductivos (Unruh y Silverthooth, 1996). En la actualidad se realizan trabajos para obtener plantas fotosintéticamente eficientes en los cuales se induce cambios en la morfología de la planta (Número de nudos y altura de planta) y en la fisiología (Precocidad, sincronización entre la relación peso vegetativo y peso reproductivo) que permitan aumentar la eficiencia en rendimiento, producción y distribución de biomasa (Palomo *et al.*, 2001).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en 2011 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en Torreón, Coah., México, localizada entre los paralelos 25° 42' y 24° 48' de latitud norte y los meridianos 103° 31' y 102° 58' de longitud oeste a una altitud de 1120 m.s.n.m (INEGÍ, 2009). Se evaluaron tres distanciamientos entre surcos 75 cm., (testigo), 50 y 35 cm., (surcos ultra estrechos); y tres densidades de población: 80,000, 100,000 y 120,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

La variedad utilizada fue Fiber max 989. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas. La distancia entre surcos se asignó a la parcela mayor y, la densidad de población a la parcela menor. Cada parcela menor consistió de ocho surcos de 5 m. de largo y la parcela útil de seis surcos de 4 m., de longitud en donde se tomaron los datos de rendimiento, producción y distribución de biomasa. La siembra se efectuó en suelo seco el 16 de abril de 2011. Se fertilizó con una dosis por hectárea de 100 kg de N y 30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, posteriormente se aplicó un riego de siembra y tres de auxilio a 73, 93 y 108 dds.

Durante el ciclo las plagas problema fueron el gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner), la cual se controló con la aplicación de la mezcla de cipermetrina a razón de 0.5 l ha<sup>-1</sup> en conjunto con clorpirifós con un dosis de 1.5 l ha<sup>-1</sup>; y mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellous & Perring), para la cual se aplicó Endosulfán con una dosis de 2.3 l ha<sup>-1</sup>. La maleza fue controlada manualmente.

El rendimiento de algodón en hueso (RAH) y pluma (RAP) en  $\text{kg ha}^{-1}$ ; se estimó cosechando manualmente dos surcos de tres metros de largo por parcela. En una muestra de 20 capullos tomados al azar por parcela se evaluaron los componentes de rendimiento, peso de capullo (PC), porcentaje de fibra (PF), e índice de semilla (IS), que es el resultado del peso de 100 semillas. La muestra de 20 capullos se despepitó separando la fibra de la semilla, para determina el porcentaje que representa el peso de los 20 capullos. En la determinación de calidad de fibra la muestra despepitada de los 20 capullos cosechados por parcela, se envió al laboratorio de fibras del CIRNOC INIFAP, donde fueron analizadas para determinar los valores de finura (MIC) por medio de los micronaire, longitud de fibra (LEN) en mm., y resistencia de fibra (STR) en  $(\text{KNm kg}^{-1})$ .

La dinámica de producción de materia seca, se determinó realizando tres muestreos destructivos a los 74, 94 y 136 dds. En cada muestreo se tomaron dos plantas por parcela con competencia completa y se dividió en cuatro submuestras; tallo, ramas, hojas y fructificaciones. Cada submuestra se colocó en bolsa de papel por separado. Las submuestras se llevaron a peso seco para lo cual se colocaron en estufa de secado a una temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 72 horas. Después se pesaron para la obtención del peso seco. La suma de los pesos de tallo, ramas y hojas determinaron la cantidad de biomasa acumulada en los órganos vegetativos.

La suma del peso seco de órganos vegetativos y fructíferos proporcionó el peso seco total por planta. En la obtención del área foliar por planta se midió el área de las submuestras de láminas foliares (taleolas) de área conocida formando grupos de diferentes tamaños de la cual a cada grupo se

le determinó su peso seco con el mismo procedimiento de secado que para la obtención de biomasa. Con la información obtenida se realizó un análisis de regresión simple en la cual la variable dependiente (Y) fue el área foliar y la variable independiente (X) el peso seco de las submuestras.

Con los valores de materia seca se calcularon los índices de crecimiento, de acuerdo con Radford (1976) y Hunt (1978), Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), que mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo, Tasa de asimilación neta (TAN), que estima la eficiencia fotosintética de la planta, Relación de Área Foliar (RAF), que 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, Área Foliar Específica (AFE), mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja, Relación de Peso Foliar (RPF), determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta e Índice de Área Foliar (IAF), es el área foliar existente por unidad de superficie de suelo generalmente 1 m<sup>2</sup>.

### **1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).**

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

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 dds.

t<sub>2</sub> = Fecha de muestreo 2 expresado en dds

### **2. Tasa de asimilación neta (TAN).**

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

Dónde:

Ln<sub>e</sub> = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub>.

AF = Área foliar en el periodo t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub>.

### **3. Relación de Área Foliar (RAF).**

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

Dónde:

AF = Área foliar

PS = Peso Seco Total

#### **4. Área Foliar Específica (AFE).**

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

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.

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

#### **6. Índice de Área Foliar (IAF).**

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

Donde:

AFM = Área foliar existente en un  $\text{m}^2$  de suelo de acuerdo con la densidad poblacional utilizada.

S = Área de suelo ocupada.

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico SAS, mediante el procedimiento de análisis de varianza combinado incluyendo distancia entre surcos y densidad de población, en la comparación de medias se utilizó la prueba DMS ( $P \leq 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Rendimiento y componentes del rendimiento

El análisis de varianza sólo mostró efecto significativo ( $P < 0.05$ ) para la distancia entre surcos; por otra parte no hubo diferencia significativa para las interacciones. Sin embargo, para la distancia entre surcos se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en rendimiento de algodón en hueso (RAH) y rendimiento de algodón pluma (RAP). Los surcos a 35 cm., superaron en al menos 15 % a los surcos a 50 cm., y en un 29 % a los de 75 cm. En peso de capullo (PC), porcentaje de fibra (PF), índice de semilla (IS) y altura de planta (AP), no se presentó diferencia significativa (Cuadro 1). Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación coinciden con los reportados por Palomo *et al.*, (2007), quienes encontraron rendimientos de algodón hueso, algodón pluma y capullos por  $m^2$ , significativamente más altos, para la distancia entre surcos a 35 cm comparada con las distancias a 50 y 75 cm. Estrada *et al.* (2008) reportan rendimientos más altos y estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) en surcos a 35 cm., respecto a surcos a 50 y 75 cm., y en promedio, el rendimiento de surcos a 35 cm., superó en 10% a 50 cm., y en 26% a 75 cm., (testigo). Rendimientos más altos fueron obtenidos en algodón sembrado a 19 cm., comparado con surcos a 97 cm., donde el componente capullos por  $m^2$  determinó el rendimiento de algodón hueso y algodón pluma de los surcos a 35 cm., sobre los surcos de 50 y 75 cm., (Vories y Glover, 2006). Los surcos ultra-estrechos rinden 16 % más de algodón hueso que la siembra en surcos a 75 cm., y además el peso de capullo y tamaño de la semilla tuvieron una

tendencia a decrecer a medida que se redujo el distanciamiento de los surcos, por lo que la variedad transgénica y la convencional tuvieron el mismo potencial (Palomo et al., 2007). Por otra parte, se reporta que la reducción a 35 cm., entre surcos ocasionó una disminución del peso del capullo y de semilla, pero aumentó el número de capullos por unidad de superficie, lo cual se reflejó en el rendimiento de algodón hueso (Estrada et al., 2008).

**Cuadro 1.** Rendimiento de algodón ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y sus componentes en tres distanciamientos entre surcos. UAAAN – UL, 2011.

Distancia surcos (cm)	Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Peso de Capullo (g)	% de fibra	Índice de semilla	Altura de planta (cm)
	Hueso	Pluma				
75	4504.1 c	1967 c	5.8 a	43.8 a	9.1 a	76.4 a
50	5377.0 b	2396.1 b	6.0 a	44.5 a	9.1 a	77.4 a
35	6259.1 a	2733.1 a	5.9 a	43.6 a	8.0 a	70.5 a
Media	5380	2365	5.9	43.9	9.0	74.7

Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes. DMS ( $P \leq 0.05$ ).

La densidad poblacional no afectó el rendimiento de algodón en hueso (RAH) y rendimiento de algodón pluma (RAP); ni el peso de capullo (PC), porcentaje de fibra (PF), índice de semilla (IS) y altura de planta (AP) (Cuadro 2). La siembra en surcos a 35 cm., con una densidad de 98,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  mostró los rendimientos más altos, rindiendo un 22 % más que los surcos a 50 cm., con una densidad de 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 27 % más que la siembra en surcos a 75 cm., con una densidad de 67,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ; con excepción de peso de capullo, los demás componentes del rendimiento

no fueron afectados por el sistema de producción (Palomo et al., 2007). No se reportan diferencias para los valores de los componentes del rendimiento, peso de capullo e índice de semilla; además de confirmar la ausencia de respuesta para rendimiento de algodón en las diferentes distancias entre surcos y densidades de población evaluados (Gaytán et al, 2004). Las densidades de población no afectan el rendimiento ni sus componentes solo se encontró diferencia en el índice de semilla, el cual disminuyó al incrementar la densidad de población (Palomo et al., 2007).

**Cuadro 2.** Rendimiento de algodón ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y sus componentes en tres densidades de población. UAAAN – UL, 2011.

Plantas ( $\text{m}^{-2}$ )	Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Peso de capullo (g)	% de fibra	Índice de semilla	Altura de planta (cm)
	Hueso	Pluma				
8	5391.4 a	2361.4 a	6.0 a	43.9 a	9.1 a	75.7 a
10	5493.0 a	2403.9 a	5.9 a	43.6 a	8.9 a	72.0 a
12	5255.0 a	2331.4 a	5.9 a	44.3 a	9.1 a	76.6 a
Media	5379.8	2365.5	5.9	43.9	9.0	74.7

Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes. DMS ( $P \leq 0.05$ ).

#### **4.2. Calidad de fibra**

La calidad de fibra solo mostró diferencia en el componente de finura, las distancias entre surcos de 50 y 35 cm., fueron mejores que el de 75 cm. En densidad de población se observó diferencia para resistencia de la fibra, donde las densidades de 8 y 10 plantas  $m^{-2}$  presentaron mejores valores que 12 plantas  $m^{-2}$ . Palomo *et al.* (2001) mencionan que generalmente en los años con alta temperatura se obtiene fibra con menor longitud y resistencia pero de mayor grosor (Palomo *et al.*, 2001). Igualmente deducen que el efecto de año sobre la calidad de fibra depende de las condiciones ambientales prevalecientes durante el periodo de crecimiento de la bellota. Los resultados reportados por Chavarría (1998) coinciden con los resultados obtenidos en este estudio, donde la resistencia de la fibra tuvo una tendencia a decrecer a medida que se incrementó la densidad de plantas. En las propiedades determinantes de la calidad de fibra, solo la longitud fue afectada por la distancia entre surcos y la densidad de población, la resistencia no se modificó por estos factores y el grosor solo se modificó por efecto de distancia entre surcos (Gaytan *et al.*, 2004). Las diferencias en la calidad de fibra del algodón entre el sistema de surcos ultra-estrechos y los surcos convencionales, es debido a la zona de localización de las bellotas en la planta, su establecimiento temporal y su desarrollo, ya que estas influyen en las propiedades de la fibra y regularmente son afectadas por la distancia entre surcos (Bradow y Davidonis, 2000). En experimentos con variedades actuales se han obtenido datos que muestran la nula influencia del sistema de surcos ultra-estrechos en la calidad de la fibra (Heitholt *et al.*, 1993). Sin embargo, en otros estudios realizados con surcos ultra-estrechos

se reporta que la calidad de fibra de algodón puede ser afectada por la distancia entre surcos y la densidad de población (Bradow y Davidonis, 2000). Jost y Cothren (2000) en su estudio No se encontró diferencia en finura y resistencia de fibra al hacer una reducción en la distancia entre surcos de 100 a 19 cm., pero sí en la longitud de fibra, la cual disminuyó significativamente (Jost y Cothren, 2000). Se ha encontrado que las propiedades de calidad de fibra de algodón que se produjo en surcos ultra-estrechos en Arkansas fueron menos deseables que las obtenidas en algodón producido en distancia entre surcos a 97 cm., debido a que los parámetros de calidad de fibra obtenidos fueron más bajos para el sistema de surcos ultra-estrechos principalmente por influencia del proceso de despepitado (Vories et al., 2001). Sin embargo, no se encontró diferencia en longitud de fibra en un sistema de surcos ultra-estrechos comparado con un sistema de surcos convencionales, pero si disminuyó la resistencia en surcos ultra-estrechos en uno de dos ciclos del cultivo (Baker, 1976). Igualmente se reporta no haberse encontrado diferencia significativa entre la longitud de fibra y resistencia de la fibra en surcos ultra-estrechos y surcos convencionales lo cual coincide con resultados obtenidos por otros investigadores (McAlister, 2001).

**Cuadro 3.** Calidad de fibra del algodón bajo tres distanciamientos entre surcos y tres densidades de población UAAAN – UL, 2011.

Factores de variación	Longitud (mm)	Resistencia (KNm kg <sup>-1</sup> )	Finura (Micronaire)
Distancia entre surcos (cm)			
75	1126.0 a	27.0 a	4.3 b
50	1121.0 a	27.2 a	4.5 a
35	1134.2 a	27.1 a	4.4 a
Media	1127.0	27.1	4.4
Densidad de población Plantas (m <sup>-2</sup> )			
8	1127.3 a	27.0 a	4.4 a
10	1135.4 a	27.5 a	4.4 a
12	1118.4 a	26.7 b	4.4 a
Media	1127.0	27.0	4.4

Medias seguidas con la misma letra en cada columna dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes. DMS ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.3. Índices de crecimiento

Los análisis de varianza para la mayoría de los índices de crecimiento no detectaron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), Sin embargo para la relación peso foliar (RPF), que determina la distribución de asimilados hacia las hojas y es un indicador de la frondosidad de la planta, se encontró diferencia. La distancia entre surcos de 75 cm., presento mejores valores que los surcos espaciados a 50 y 35 cm., (Cuadro 5). Este resultado indica que los surcos a 75 cm., tuvieron un aparato fotosintético mucho mayor que los demás distanciamientos por lo que los foto-asimilados fueron distribuidos más eficientemente. En este trabajo se observó que los valores más altos de relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF) se presentaron

en las primeras fases de crecimiento de las plantas y tienden a declinar conforme avanza la edad del cultivo. Lo anterior se debe a que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que disminuye gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003). Los índices RAF, AFE y RPF son utilizados para establecer diferencia entre variedades en cuanto al grosor de hoja y vigor de la planta; estos índices pueden permitir determinar diferencia entre variedades de la misma especie (Gaytán *et al.*, 2001).

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), relación de peso foliar (RPF), son indicadores para el estudio de la eficiencia del desarrollo de las plantas (Escalante y Kohachi, 1993; Hunt, 1978; Radford, 1967). La eficiencia y sincronía de la planta puede ser influenciada por sus características como la precocidad, altura, ramas, área foliar eficiente para la captación de luz, y tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Kerby *et al.*, 1990; Baloch, 2004). La eficiencia fotosintética que puede tener un cultivo al acortar el espacio entre surcos y el arreglo espacial que tienen las plantas ha sido estudiada con resultados favorables (Gardner *et al.*, 1985).

La estimación de los índices de crecimiento requiere de la medición precisa del peso seco total de las plantas, así como de sus diferentes órganos y área foliar, en determinados intervalos de tiempo durante su desarrollo (Radford, 1967). Las mediciones que se obtienen muestran una información más precisa acerca de la eficiencia de las plantas en la acumulación y transporte de asimilados (Borrego *et al.*, 2000).

**Cuadro 4.** Índices de crecimiento de algodón convencional Fiber Max 989 bajo tres distanciamientos entre surcos y densidad de población. UAAAN-UL, 2011.

ÍNDICES	DS (cm)	plantas (m <sup>-2</sup> )	MUESTREO					
			1º		2º		3º	
			DDS					
			0-74	74-94	94-136			
TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	75	8	24.3	a	15.9	a	10.5	a
	50	10	25.2	a	18.5	a	12.5	a
	35	12	26.9	a	15.4	a	10.4	a
TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	75	8	12.8	a	12.7	a	11.0	a
	50	10	12.6	a	13.4	a	12.1	a
	35	12	14.5	a	13.0	a	12.7	a
IAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	75	8	1.1	a	2.4	a	2.0	a
	50	10	1.1	a	2.5	a	1.9	a
	35	12	1.0	a	2.5	a	1.7	a

Medias seguidas con la misma letra en cada columna dentro de cada variable no son significativamente diferentes. DMS ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 5.** Índices de crecimiento de algodón convencional Fiber Max 989 bajo tres distanciamientos entre surcos y densidad de población. UAAAN-UL, 2011.

ÍNDICES	DS (cm)	Plantas (m <sup>-2</sup> )	MUESTREO					
			1º		2º		3º	
			0-74	74-94	74-94	94-136	94-136	94-136
RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	75	8	51.3	a	36.7	a	16.0	a
	50	10	53.4	a	38.6	a	14.2	a
	35	12	51.8	a	36.9	a	13.8	a
AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	75	8	117.4	a	116.1	a	116.1	a
	50	10	117.4	a	116.1	a	116.1	a
	35	12	117.5	a	116.1	a	116.1	a
RPF (g g <sup>-1</sup> )	75	8	0.43	a	0.31	a	0.13	a
	50	10	0.45	a	0.33	a	0.12	b
	35	12	0.44	a	0.31	a	0.12	b

Medias seguidas con la misma letra en cada columna dentro de cada variable no son significativamente diferentes. DMS ( $P \leq 0.05$ ).

## V. CONCLUSIONES

El mayor rendimiento se obtuvo en surcos a 35 cm., y una densidad de población de 120,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

La calidad de fibra no fue afectada por la distancia entre surcos ni por la densidad población.

La distancia entre surcos no afectó en su mayoría los índices de crecimiento determinados. Excepto la distancia de 75 cm que obtuvo mejores valores en RPF que los demás distanciamientos por lo tanto una mayor magnitud del aparato fotosintético en estas plantas, y una mayor eficiencia en la distribución de fotoasimilados.

El sistema de producción en surcos a 35 cm es una alternativa para incrementar rendimiento, reducir costos de producción, sin reducir la calidad.

## VI. LITERATURA CITADA

- Allen, C. T., C Kennedy, B Robertson, M Kharboutli, K Bryant, C Capps, and L Earnest. 1998. Potential of ultra-narrow row cotton in Southeast Arkansas. P. 1403-1406. *In* P. Dugger and D. Richter (ed). Proc. Beltwide Cotton Conf. San Diego, CA. 5-9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.
- Andrade, F., Sadras, V. 2000. Bases para el manejo del maíz, girasol y soja. Unidad Integrada FCA-INTA Balcarce. Advanta semillas. Editorial Medica Panamericana S. A. 443 p.
- Baker, S.H. 1976. Response of cotton to row patterns and plant populations. *Agron. J.* 68:85-88.
- Bradow, J. M., and G. H. Davidonis. 2000. Quantitation of fiber quality and the cotton production–processing interface: A physiologist's perspective. *Journal of 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.
- Buehring, N., and R. Dobbs. 2000. Cotton plant population effect on growth and yield. p. 660–661. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. 4–8 Jan. 2000. National Cotton Council, Memphis, TN.
- Cawley, N., K. Edmisten, R. Wells, and A. Stewart. 1999. Evaluation of ultra narrow row cotton in North Carolina. p. 558–559. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., Orlando, FL. 3–7 Jan. 1999. National Cotton Council, Memphis, TN.
- Cawley N, K Edmisten, R Wells, and A Stewart. 2002. Cotton physiology conference. Proc. Beltwide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council, Memphis TN.
- Chavarría, R.M.G. 1998. Efecto de la dosis de nitrógeno y del número de riegos de auxilio en el rendimiento y calidad de la fibra de algodón. Tesis de Maestría. UAAAN UL. 25P.
- Colwick, R.F., G.L. Barker, and S.T. Rayburn, Jr. 1979. Row spacing, short season and stripper harvesting of cotton in northeast Mississippi. *Mississippi Agric. For. Exp. Stn. Tech. Bull.* 94.
- Contreras M. J. G. 2011. Surcos ultra estrechos, dosis de nitrógeno y su efecto en: i. el rendimiento y calidad de fibra del algodón, y ii. Producción y distribución de biomasa, Tesis doctorado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna, Torreón Coahuila, México.

- Curtis, P.S. and A. Läuchli. 1986. The role of leaf area development and photosynthetic capacity in determining growth of kenaf under moderate salt stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 553-565.
- Escalante, E.J.A. y S.J. Kohashi. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo. p. 84.
- Espinoza-Arellano, J.J., H. S. González, I. O. Castillo, y M. P. Rodríguez. 2009. Planeación de la investigación de la INIFAP en la Comarca Lagunera en base a la situación de mercado de los principales productos agrícolas de la región. *Revista Mexicana de Agronegocios* 13: 758-773.
- 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. Fitotec. Mex.* 31:79-83.
- Farias, F.J.M. 1980 Producción de forrajes en la Comarca Lagunera: El agua como factor limitante. En: Seminarios técnicos. Vol. 5 Núm. 26. CIANCELALA-INIA-SARH.
- Ferrer-Pereira, H.E., J.R. Mendez-Natera, N.C. Alcorces de Guerra. 2007. Longitudes cromosómicas de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *Gossypium barbadense* L. *Acta Biol. Par. Curitiba* 36:151-173.
- 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., R. B. Pearce, and Mitchel, R.L. 1985. Carbon fixation by crop canopies. p. 31-57. In: *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press, USA.
- Gaytán-Mascorro, A., A. Palomo-Gil, y S. Godoy-Avila. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 24:197-202.
- Gaytán, M. A., A. Palomo-Gil, D. G. Reta-Sánchez, S. Godoy-Ávila, y E. A. García-Castañeda. 2004. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *PHYTON Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- George, A G. 1971. Narrow row cotton – A progress report. *Ginn's Journal & Yearbook*. P. 53.

- 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.
- Gwathmey, O.W., and R.M. Hayes. 1996. Ultra-narrow-row systems of no-till cotton production: Research progress in Tennessee. p. 61-67. *In* Proc. South. Conserv. Tillage Conf. for Sustain. Agric., Jackson, TN. 23-25 July 1996. Tenn. Agric. Exp. Stn. Spec. Publ. 96-07.
- Hearn, A. B. 1969. The growth and performance of cotton in a desert environment. II. Dry matter production. *J. Agric. Sci. Camb.* 73:75-86
- Heitholt, J. J., W. T. Pettigrew, and W.R. Meredith Jr. 1993. Growth, boll opening rate, and fiber properties of narrow-row Cotton. *Agron. J.* 85:590-594.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. Institute of Biology's. Studies in Biology Num. 96. Published by Edward Arnold. 67 p.
- 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., C.E. Snipes, and G.R. Tupper. 2000. Management systems for transgenic cotton in ultra-narrow rows. p. 714-717. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. 4-8 Jan. 2000. National Cotton Council, Memphis, TN.
- Jost, P. H., and J. T. Cothren. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing. *Crop Sci.* 40: 430-435.
- Koli, S.E. 1976. Influence of nitrogen, narrow rows and plant population on cotton yield and growth. *Agron. J.* 68:897-901
- Krapovickas, A. & G. Seijo. 2008. *Gossypium Ekmanianum* (Malvaceae), a wildcotton from Dominican Republic. *Bonplandia* 17(1): 55-63. ISSN: 0524-0476.
- Kreig, D R. 1996. Physiological aspects of ultra-narrow row cotton production. p. 66. *In* P. Dugger and D. Richter (ed) Proc. Beltwide Cotton Conf. Nashville, TN. 9-12 Jan. 1996. Natl. Cotton Council, Memphis, TN.
- Lewis, H L. 1971. What is narrow row-high population cotton? *Ginners Journal & Yearbook*. p. 49.
- Mark L, M L MacFarland, R G Lemon, F J Mazac, D J Pigg, A Abrameit, T J Gerik and F M Hons. 2002. Cotton physiology conference. Proc. Beltwide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council, Memphis TN.

- McAlister, III., D. D. 2001. Comparison of ultra-narrow row and conventionally grown cottons. *Appl. Eng. Agric.* 17:737–741.
- Miranda, L., D. 1995. Análisis integrado del crecimiento y desarrollo en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. cv. ICA Cerinza) en condiciones de campo. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Mobley, M.L., N.R. Burgos, and M.R. McClelland. 2000. Weed control and yield performance of transgenic cotton in ultra narrow rows. *Arkansas Agric. Exp. Stn. Spec. Rep.* 198.
- Mohamad, K, G Kassman and J M Pohelman. 1982. Cotton cultivars response to plant population in a short – season narrow row cultural system. *Agronomy Journal.* 74;619-625.
- Palomo, G. A., A. Gaytan, 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* 19:265-271.
- Palomo Gil A, Arnaldo Orozco Vidal, Emiliano Gutiérrez del Río, Armando Espinoza Banda y Sergio Rodríguez Herrera. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24 (2): 197 – 202.
- Palomo-Gil A, Estrada, T. O., A. Espinoza-Banda, O. Antuna Gijalva y E. Gutiérrez Del Río. 2007. Surcos Ultra- estrechos, Variedades y su efecto en el rendimiento de algodón. Memoria de la XIX Semana internacional de agronomía FAZ-UJED. Gomez Palacio, Dgo. México, P. 572.
- Palomo Gil A, Estrada, T. O., A. Espinoza-Banda, E. Gutiérrez Del Río, S. Alfredo Rodríguez, A. Ogaz y O. Antuna Gijalva,. 2007. Rendimiento, producción de biomasa y su asignación en surcos Ultra- estrechos. Memoria de la XIX Semana internacional de agronomía FAZ-UJED. Gomez Palacio, Dgo. Mexico, P. 576.
- Perkins, W R. 1996. 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.
- Prince, W B, J A Landivar and C W Livingston. 2002. Growth, lint yield and fiber quality as affected by 15 and 30- inch row spacing and PIX rates. p. 1481. *Cotton Physiology Conference. Proc. Beltwide Cotton Conf.* Atlanta GA, 8-12 Jan. 2002. Natl. Cotton Council, Memphis TN.

- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Torreón, Coahuila de Zaragoza, 2009. Clave geoestadística 05035.<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05035.pdf>
- Quiñones, R.E. 1988. Función de producción de maíz forrajero usando láminas y frecuencias de riego. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Torreón, Coah., México.
- Radford P J. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science*. 7:171-173.
- SIAP-SAGARPA .2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría 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.
- Tupper, G.R., J.M. Anderson, W.I. Spurgeon, and R.R. Bridge. 1977. Relationships of row spacings, nitrogen and seeding rates for cotton production in the Mississippi Delta. *Mississippi Agric. For. Exp. Stn. Bull.* 857.
- Unruh, B.L., and J.C. Silverthooth. 1996. Comparisons between an Upland and a Pima Cotton Cultivars: II. Nutrient Uptake and Partitioning. *Agron. J.* 88: 589-595
- Villar, P. A. J. 1996. Conceptos basicos de ecofisiologia de cultivos. EEA INTA Oliveros-Santa Fe. Argentina.
- 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.
- Vories, E D, R E Glover. 2006. Comparison of Growth and Yield Components of conventional and Ultra- narrow Row Cotton *Journal of cotton Science* 10:235-243.
- Witten, T.K., and J.T. Cothren. 2000. Varietal comparisons in ultra narrow row cotton (UNRC). p. 608. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. 4–8 Jan. 2000. National Cotton Council, Memphis, TN.