

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**SURCOS ULTRA-ESTRECHOS, SU EFECTO EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODÓN**

POR:

ERUBIEL LIMONES GUTIÉRREZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Febrero de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

POR:

ERUBIEL LIMONES GUTIÉRREZ

TESIS

**Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobado como requisito para obtener el título de:**

“INGENIERO AGRÓNOMO”

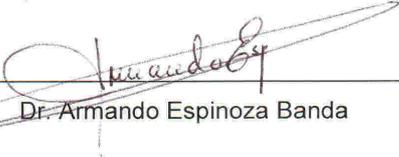
Comité Particular

Asesor principal:



Ph.D. Arturo Palomo Gil

Asesor:



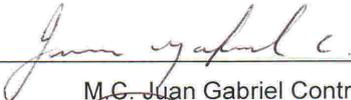
Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:

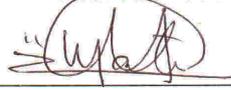


MC. Oralia Antuna Grijalva

Asesor:



M.C. Juan Gabriel Contreras Martínez



MC. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Febrero de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS QUE EL C. ERUBIEL LIMONES GUTIÉRREZ SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR:

PRESIDENTE:



Ph.D. Arturo Palomo Gil.

VOCAL:



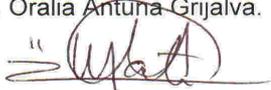
Dr. Armando Espinoza Banda.

VOCAL:

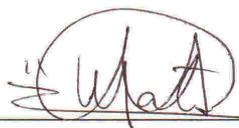


MC. Oralia Antuna Grijalva.

VOCAL SUPLENTE:



MC. Víctor Martínez Cueto



MC. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón Coahuila.

Febrero de 2010



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

A MI ¡ALMA TERRA MATER!: La Narro gracias por darme la oportunidad de formar parte de ella durante 4 años y medio y haber sido refugio durante mi etapa de estudiante, por permitirme iniciar y terminar una carrera profesional dentro de sus instalaciones.

A MI COMITÉ DE ASESORES: Ph. D. Arturo Palomo Gil, MC. Juan Gabriel Contreras Martínez, Dr. Armando Espinoza Banda, MC. Oralia Antuna Grijalva, por su apoyo y tiempo brindado para la realización de mi proyecto de tesis. Así como a todos mis profesores que me prepararon para seguir adelante en mi carrera profesional, a mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma permitieron que esta investigación se realizara.

A MIS COMPAÑEROS DE GRUPO, que durante cuatro años y medio, compartimos momentos de alegría, de tristezas, pero que de alguna manera seguimos adelante y logramos el objetivo que teníamos propuesto.

A MIS AMIGOS

José Luis, Hugo Israel, Florentino, José Manuel, Obniel, Fernando Villalpando, Efraín, Miguel Ángel, Mayra, Vanía, Gabriela, Elvia. Gracias por la valiosa amistad que me brindaron durante estos cuatros años y medio ya que siempre estuvieron en los momento difíciles y alegres de mi vida por que me enseñaron que aquí tengo otra familia los llevo siempre presente en mi corazón y mi mente.

A TÍ

Sí a tí que estas en este momento leyendo esta tesis, quiero decirte que esto fue fruto del esfuerzo que hice, ya que no existe pretexto para no lograr tus metas, sí te sientes decaído y no sabes que hacer, busca a dios y el sanara tus heridas.

DEDICATORIAS

A DIOS. Por darme la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa, gracias señor por levantarme en cada tropiezo de mi vida, por estar conmigo en los momentos mas difíciles.

A MIS PADRES:

JOSÉ MANUEL LIMONES VÁZQUEZ

y

MARÍA LUISA GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ

Queridos padres:

Primeramente gracias por permitirme estar con ustedes por darme la vida, por guiarme en el buen sendero, por motivarme para seguir adelante y concluir la carrera. Les dedico este trabajo por todos sus esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí y por sus consejos, cariño y amor. Gracias a su apoyo concluí una meta más de mi vida, en verdad les agradezco por comprenderme y por haber depositado su confianza en mí. Mil gracias papas, los quiero y que dios los bendiga.

AMIS HERMANOS

Oscar Lisandro, Lorena Guadalupe, Laura del rosario, Eva, Fátima Azucena, por todo el apoyo que siempre me brindaron, por los momentos difíciles que vivieron para que yo lograr este sueño este triunfo también es de ustedes, gracias por tener una familia tan valiosa y maravillosa como ustedes.

A MI CUÑADO MARCOS, por el apoyo y consejos que me ha brindado, por que ya eres parte de la familia.

A MIS SOBRINAS MONTSERRAT Y YOSELIN, que con su inocencia y alegría siempre alegran mi vida y la de mis padres, hacen ver la vida más interesante.

A MIS ABUELOS

ADELINA FERNÁNDEZ, JOSÉ LIMONES RUÍZ†, TRINIDAD VÁZQUEZ†

Ustedes que son los cimientos de esta gran familia que Dios me regaló. Por sus sabios consejos e inteligentes por las palabras que me compartieron que son parte de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	iix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	4
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. Generalidades del cultivo	5
2.1.1. Origen.....	5
2.1.2. Clasificación taxonómica (Robles, 1980).....	6
2.1.3. Ciclo del algodón.....	6
2.2. Descripción morfológica del algodón.....	7
2.2.1. Forma	7
2.2.2. Raíz.....	8
2.2.3. Tallo.....	8
2.2.4. Ramas vegetativas	9
2.2.5. Ramas fructíferas	9
2.2.6. Hojas	9
2.2.7. Flor.....	10
2.2.8. Fruto.....	10
2.2.9. Semilla.....	10
2.3. Surcos ultra estrechos.....	11

2.4. Surcos estrechos.....	13
2.5. Variedad	13
2.6. Espaciamiento de surcos	14
2.7. Materia seca.....	14
2.8 Índice de área foliar.....	15
2.9. Calidad de fibra del algodón.....	16
2.9.1. Longitud de fibra.....	16
2.9.2 Resistencia de fibra.....	17
2.9.3. Finura de la fibra	18
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Localización geográfica del experimento.....	19
3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera.....	20
3.2.1. Clima	20
3.2.2. Temperatura	20
3.2.3. Precipitación.....	21
3.2.4. Humedad Relativa	21
3.3. Origen de los suelos de la Comarca Lagunera	22
3.4. Tratamientos	22
3.5. Material genético	23
3.6. Manejo agronómico.....	23
3.6.1. Preparación del terreno.....	23

3.6.2. Siembra	23
3.6.3. Aclareo	24
3.6.4. Aporque y control de malas hierbas.	24
3.6.5. Riegos	24
3.6.6. Control de Plagas.....	25
3.7. Variables evaluadas.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	30
VI. LITERATURA CITADA.....	31

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Longitud de la fibra expresada en pulgadas.....	17
Cuadro 2. Resistencia de la fibra.....	17
Cuadro 3. Finura de la fibra.....	18
Cuadro 4. Calendario de riegos y días después de la siembra en que se aplicaron.....	25
Cuadro 5. Plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, producto químico y dosis por hectárea que se utilizó para el combate.....	25
Cuadro 6. Efecto de surcos ultra-estrechos en los componentes de rendimiento de algodón.....	27
Cuadro 7. Efecto de surcos ultra-estrechos en el rendimiento.....	28
Cuadro 8. Efecto de surcos ultra-estrechos en la calidad de fibra del algodón.....	29

RESUMEN

La poca redituabilidad del cultivo del algodón *Gossypium hirsutum* L., a causa de los altos costos de producción y bajo precio de la fibra en el mercado internacional, ah motivado al investigador a explorar nuevas alternativas para elevar los rendimientos unitarios y reducir costos de producción. Una alternativa es la siembra en surcos más estrechos que los actualmente utilizados (0.75 m entre surcos). El objetivo de esta investigación fue evaluar los surcos ultra-estrechos como una alternativa para aumentar los rendimientos unitarios de algodón y reducir costos de producción así mismo determinar el rendimiento y calidad de la fibra del algodón. El estudio se realizo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en Torreón Coahuila, México, localizada en la parte central de la porción norte de los estados Unidos Mexicanos, se encuentra ubicada entre los paralelos 24° 22' y los 26° 23' de latitud norte y los meridianos 102° 22' y 104° 47' de longitud oeste. La altura media sobre el nivel del mar es de 1139 m (INEGI, 2000). Donde se evaluaron tres sistemas de producción diferenciados por el espaciamiento entre surcos y la densidad poblacional, los cuales fueron, distancia de 75, 50 y 35 cm entre surcos correspondientes a una densidad poblacional, de 70,000 plantas ha⁻¹, 80,000 y 98,000 plantas ha⁻¹ respectivamente; los cuales son nuevos sistemas de producción en estudio y que se les conoce como sucos ultra-estrechos. Las variables evaluadas fueron: el rendimiento de algodón hueso y pluma, componentes del rendimiento (peso de capullo, porcentaje de fibra, índice de

semilla y altura de planta) y calidad de fibra (longitud, finura y resistencia de la fibra). Como resultados se menciona que hubo efecto de los surcos ultra-estrechos en cuanto al rendimiento de algodón pluma y hueso ya que el espaciamiento de 0.35 m entre surcos presento los mayores rendimientos con un rendimiento del 59% mas que la de 0.75 m. para el distanciamiento de 0.50 m entre surcos presento un rendimiento de 29% más que la de 0.75 m. Mientras que los surcos de 0.50 y 0.75 m presentaron rendimientos menores estadísticamente diferentes. Por otra parte no se presentaron diferencias estadísticas en el distanciamiento de 0.35 m, el cual presento en los componentes de rendimiento, el por ciento de fibra no así para el peso de capullo, índice de semilla y altura de planta el cual si presentaron diferencias significativas. Ya que a medida que se reduce la distancia entre surcos, la altura de planta e índice de semilla tiende aumentar mientras que el peso de capullo disminuye esto debido a la concentración de nitrógeno en suelo. Las propiedades de calidad de fibra no fueron afectadas por el distanciamiento entre surcos.

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

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los productores de algodón han visto reducidas sus ganancias debido a incrementos en los costos de producción y al bajo precio de la fibra en el mercado internacional, lo cual ha conducido a que el gobierno mexicano subsidie la producción de algodón. Ante esta situación los investigadores han estado explorando nuevas alternativas para elevar los rendimientos unitarios y hacer más redituable su cultivo. Una alternativa es la siembra de algodón en surcos más estrechos que los actualmente utilizados. A esta opción se le conoce como “sistema de producción de algodón en surcos ultra-estrechos”. El concepto de surcos ultra estrechos se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998).

Durante el ciclo 1993-2000, el rendimiento en la Región Lagunera tuvo una tendencia a la alza en 1993 el rendimiento se estableció en 1.736 pacas por hectárea y en el 2002 tuvo un incremento en el rendimiento considerable de 6.147 (Pacas/ha). (SAGARPA-INIFAP-UPAECH-fundación produce Chihuahua, 2002). La producción mundial de algodón 2002/03, alcanzó la cifra de 98.2 millones de pacas, de las cuales China fue el país líder produciendo el 25.6%, seguido de Estados Unidos con 19.4%, India con 12.6% y Paquistán 8.8%. Mientras que México solo produce el 0.2% de la producción mundial (ACERCA, 2003).

Es importante señalar que durante los últimos diez años el rendimiento de algodón se ha incrementado notablemente. En 1993 el rendimiento de algodón en hueso fue de 1.912 t ha⁻¹ y en 2003 fue de 3.457 t ha⁻¹ 1.8 veces más (1545 kg). Comparando los rendimientos que se tuvieron en 1996 (2.493 t ha⁻¹), año en que se introdujeron los materiales transgénicos a México con los del 2003 se tiene un incremento de aproximadamente una tonelada más de algodón en hueso (Martínez, 1994).

Datos estadísticos de la Confederación de Asociaciones Algodoneras de la República Mexicana, A.C. (CAARM), indican que los principales estados productores de algodón en México durante la temporada 2000-2001 y 2001- 2002 son: Chihuahua, Baja California Norte, Tamaulipas, Sonora, Coahuila y Sinaloa. En el primer ciclo estos estados cosecharon 71,840 ha⁻¹. Con una producción de 332,500 pacas de 480 lb., con un incremento en el ciclo 2001-2002 de 7,740 ha⁻¹ y una producción de 88,570 pacas. La reducción del distanciamiento entre surcos 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 interceptación de radiación solar y disminuye la pérdida de agua por evaporación (Kreig, 1996). Prince *et al.* (2002) señalan que con esta tecnología se logra aumentar el rendimiento unitario, reducir el ciclo del cultivo, controlar el crecimiento excesivo de la planta, disminuir costos de producción. Gerik *et al.* (1998) reportan que la siembra en surcos ultra-estrechos incrementa el rendimiento hasta un 37 %, y reduce en 12 días el ciclo del cultivo en comparación

con la siembra en surcos de 76 cm. 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 (Bradow y Davidonis, 2000).

Gaytán *et al.* (2004) encontraron que 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. Por otro lado Jost y Cothren, (2000) no encontraron diferencias significativas en finura y resistencia de fibra al reducir las distancias entre surcos de 101,6 a 19 cm, pero sí en la longitud de fibra la cual disminuyó significativamente. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se tiene el siguiente objetivo.

1.1. Objetivo

Evaluar los surcos ultra-estrechos como una alternativa para aumentar los rendimientos unitarios de algodón y reducir costos de producción así mismo determinar el rendimiento y calidad de la fibra del algodón en siembras a 75, 50 y 35 cm de distancia entre surcos.

1.2. Hipótesis

H₀₁: El sistema de producción de surcos ultra-estrechos no afecta el rendimiento ni la producción de la planta de algodón.

H₀₂: El sistema de producción de surcos ultra-estrechos afecta el rendimiento y la producción de la planta de algodón.

H₀₃: El sistema de producción surcos ultra-estrechos afecta la calidad de fibra del algodón.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Origen

Sarmiento (Hernández *et al.*, 1992) mencionó que el algodón y el aprovechamiento de su fibra, data de tiempos remotos. En el Noroeste de la India (valle del río Indo Pakistán oriental), se comprobó la existencia de tallos y productos fabricados con algodón en antiguas tumbas hindúes, que datan de 3,000 años a.C., y pertenecen a *Gossypium arboreum* L. , existente aún en la India.

Robles (1980) señala que el algodón es nativo del viejo y del nuevo mundo, concepto que a veces causa confusión pero hay que recordar que la explicación lógica puede ser la teoría de la deriva de los continentes, en donde éstos se fueron separando, después de que diferentes especies vegetales se habían dispersado, en grandes áreas geográficas.

2.1.2. Clasificación taxonómica (Robles, 1980)

Reino_____	Vegetal
División_____	Tracheophita
Subdivisión_____	Pteropsida
Clase_____	Angiospermae
Subclase_____	Dicotiledóneas
Orden_____	Málvales
Familia_____	Malváceas
Tribu_____	Hibisceas
Genero_____	Gossypium
Especie_____	hisurtum (cultivado)
Especie_____	barbadense (cultivado)

2.1.3. Ciclo del algodón

Según Díaz (2002) el ciclo del algodón se divide en cinco partes diferentes, las cuales son:

1.- Fase nacencia. De la germinación al despliegue de los cotiledones. De 6 – 10 días.

2.- Fase “plántula” o embrión: Desde el despliegue de los cotiledones al estadio de 3 a 4 hojas. Duración de 20 a 25 días.

3.- Fase de prefoliación: del estadio de 3 a 4 hojas al comienzo de la floración. Duración de 30 – 35 días.

4.- Fase de floración: duración de 50 – 70 días.

5.- Fase de la maduración de las cápsulas: duración de 50 – 80 días.

2.2. Descripción morfológica del algodón

La morfología o estructura fundamental del algodón, es relativamente simple. De todos modos, varia ampliamente según la especie y la influencia del ambiente, de las condiciones del cultivo y del desarrollo de la selección.

Díaz (2002) describe la planta del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) De la siguiente manera:

2.2.1. Forma

En algodón muy desarrollado, el tallo principal es erguido y su crecimiento es terminal y continuo, las ramas secundarias y después las siguientes, se desarrollan de manera continua (monopódica) o discontinua (simpódica). La longitud del tallo principal así como la de las ramas, es variable; el conjunto constituye el porte que varia de piramidal a esférico.

2.2.2. Raíz

La raíz principal es axonomorfa o pivotante, con raíces secundarias al lado de la principal, siguen una dirección más o menos horizontal, las cercanas al cuello más larga y obviamente, las próximas al ápice mas cortas. Las raíces secundarias se ramifican consecutivamente hasta llegar a los pelos absorbentes radicales. La profundidad de su penetración en suelo varía de 50 a 100 cm, y bajo condiciones muy favorables, en suelos que tengan buen drenaje alcanza hasta más de 2 m de profundidad.

2.2.3. Tallo

El tallo principal es erecto, con un crecimiento monopodial, integrados por nudos y entrenudos. De un nudo se desarrolla una hoja y en la base del pecíolo emergen dos yemas, una es vegetativa otra la fructífera. La corteza, es moderadamente gruesa, dura y encierran a las fibras liberianas con la cara extrema más o menos suberificado. Los tallos son de color amarillento sobre las partes viejas, verdosas y rojizas sobre las partes jóvenes.

2.2.4. Ramas vegetativas

Las ramas vegetativas se encuentran en la zona definida cerca de la base de la planta, sobre ella no se desarrollan directamente órganos reproductivos. Normalmente la planta desarrolla dos o tres de estas ramas.

2.2.5. Ramas fructíferas

Se producen a partir del quinto al sexto nudo del eje principal, su crecimiento simpódico les hace adquirir la forma de zig-zag. El punto de crecimiento termina en una flor. En cada nudo de la rama fructífera se encuentran dos yemas: una dará origen a una flor y la otra a una hoja. Las posiciones, tanto de la hoja como de la estructura reproductiva se hacen alternas en la medida que se separan al tallo principal.

2.2.6. Hojas

Las hojas nacen sobre el tallo principal, las hojas de las variedades cultivadas tienen de tres a cinco lóbulos pueden ser de color verde oscuro o rojizo. Tienen de tres a cinco nervaduras con nectarios en el envés que excreta un fluido dulce.

2.2.7. Flor

Las flores son dialipétalas, con cuatro brácteas y estambres numerosos que envuelven al pistilo: Es planta autógama, aunque algunas flores abren antes de la fecundación, produciendo semillas híbridas.

2.2.8. Fruto

El fruto es una cápsula con tres a cinco carpelos, que tienen de seis a nueve semillas cada uno. Las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra llamada algodón. La longitud de la fibra varía entre 20 y 45 cm., y el calibre o grosor, entre 15 y 25 micras. Después de la maduración del fruto se produce la dehiscencia, abriéndose la cápsula. La floración de la planta de algodón es escalonada. El aprovechamiento principal del algodón es la fibra textil.

2.2.9. Semilla

En cada celda hay un promedio de seis a nueve semillas ovales. La semilla produce del 18 al 20% del aceite comestible, el orujo o torta se utiliza para la alimentación ganadera. La torta tiene una alta riqueza en proteínas, pero tiene también un alcaloide denominado gossypol, que es tóxico. Hoy se

prepara una torta de la que se extrae el gossypol, pero hay que tener cuidado, sobre todo en la alimentación de cerdos y aves, por los residuos que pueda tener.

2.3. Surcos ultra estrechos

El algodón sembrado bajo el sistema de surcos ultra estrechos, trae consigo la utilización de maquinas sembradoras de precisión, las cuales permite tener un espacio entre surcos de diez pulgadas o menos, esto previene el uso de cultivos mecánicos y el uso de herbicidas, que requieren aspersión. En lugar de usar una cosechadora de husillos se utiliza la “Stripper” que tiene una banda para cosechar el algodón. En dicho sistema el crecimiento de la planta debe ser controlado, con un regulador de crecimiento y así facilitar, tanto el manejo de maleza, como el cosechado. (Brown *et al.*, 1996).

Kerby (1998) los surcos ultra estrechos han progresado exitosamente en suelos donde el crecimiento de la planta es limitado severamente. Bajo estas condiciones en un sistema de surcos ultra estrechos (SSU=UNR), el rendimiento puede incrementar. Además el SSU puede progresar en terrenos donde el desagüe es muy reducido. La disponibilidad de nuevos productos químicos y variedades transgénicas tolerantes a los herbicidas hacen a este sistema más atractivo. La estrategia del sistema de surcos ultra estrechos tiene cuatro componentes: control de costos de producción, mantenimiento del recurso suelo,

mejoramiento de la producción del hilado y optimización de la calidad de la fibra. Puesto que los resultados de la investigación desde 1994 indican que el algodón en el sistema de surcos ultra estrechos, es compatible con los métodos de cero labranza y reducción del daño por enfermedades y puede mejorar la producción del hilado (Jackson, 1998).

Es de gran importancia, que haya una densidad de planta uniforme para evitar cualquier espacio, ya que el distanciamiento producirá plantas grandes con desmembramientos vegetativos (Kerby, 1998). El interés del algodón en el sistema de surcos ultra estrechos ha aumentado en el último año. Los estudios fueron llevados a cabo, para evaluar el crecimiento y desarrollo del algodón en (SSU) comparado con el algodón convencional, en términos de crecimiento y desarrollo, los datos obtenidos de las plantas suministran una visión de las diferencias del algodón en SSU. El algodón en el sistema de surcos ultra estrechos tiene un mayor porcentaje de bellotas en la primera posición. El porcentaje de bellotas, la altura de la planta y número de ramas vegetativas para el SSU, fue mucho menor que para el algodón convencional, también el periodo de floración completo, ocurrió más temprano. Básicamente el SSU comparado con el algodón convencional es más precoz, es de porte mas bajo, adopta una forma columnar y fija casi todas las bellotas de la primera posición. La producción del hilado no fue significativamente diferente entre los dos sistemas sin embargo el algodón en el sistema de surcos ultra estrechos fue cosechado doce días antes que el algodón convencional (Cawley *et al.*, 1998).

La producción en SSU es una buena alternativa para producir algodón con insumos reducidos en tierra marginales. Los retos de la producción primaria son: establecer un cultivo, en el rango óptimo de población de plantas y realizar un compromiso para reducir los insumos (Kennedy, 1998).

2.4. Surcos estrechos

La determinación de la distancia entre hileras y población de plantas óptimas para el cultivo del algodón ha sido de interés, desde que empezó a explotarse en cualquier parte del mundo, tanto para productores como para investigadores.

Anderson (1973) y Sappingfield *et al.*, (1970) reportaron que la siembra en surcos estrechos produjo más rendimiento, más temprano y además dio como resultado que las plantas fueran de porte más bajo comparado con el sistema tradicional de hileras a un metro.

2.5. Variedad

La variedad Fiber Max tiene un porte alto, hoja tipo normal y ramas fructíferas largas (Palomo *et al.*, 2003).

2.6. Espaciamiento de surcos

El concepto de surcos ultra estrechos (surcos menores de 75 cm entre hileras) se remonta a 1920 (Perkins *et al.*, 1998), sin embargo el uso de esta tecnología a nivel comercial es reciente y se aplica principalmente en los estados unidos. En surcos ultra estrechos se obtiene el mismo rendimiento de fibra o se incrementa entre un 5 y un 11% y se han tenido reducciones del ciclo del cultivo de entre 7 y 10 días con respecto al sistema de siembra en surcos de 92 cm (Cawley, *et al.*, 2002), por diferencias entre variedades, densidades de poblaciones, espaciamiento entre surcos, efecto de año o por alguna de sus interacciones (Mamad *et al.*, 1982).

2.7. Materia seca

El crecimiento de los cultivos está asociado con su capacidad para interceptar la radiación incidente y convertirla en materia seca. Las distintas especies vegetales difieren en la eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa (Andrade, 2000). La producción de materia seca, esta estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación incidente, de la capacidad de intercepción y la eficiencia del cultivo para transformarla (Gardner *et al.*, 1985).

La eficiencia del proceso de de partición y la producción de materia seca total posee gran importancia en los cultivos (Villar, 1996). Una de las manifestaciones más claras del crecimiento del cultivo esta dada por el aumento del peso de las plantas y por la asignación de una diferente proporción de materia seca a los distintos órganos que la conforman (Andrade,1996).

2.8 Índice de área foliar

La agricultura no es más que la cosecha de energía solar y su transformación a materia seca. Los cultivos eficientes tienden a invertir la mayor parte de su crecimiento temprano en expandir su área foliar, lo que resulta en un mejor aprovechamiento de la radiación solar. La interpretación de la radiación solar incidente que asegura las máximas tasas 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). Para que un cultivo use eficientemente la radiación solar, gran parte de esta debe ser debe ser absorbida por los tejidos fotosintéticos. Las hojas, principales órganos responsables de la fotosíntesis e intercepción de luz, se desarrollan en el embrión de la semilla y en los tejidos meristemáticos del tallo (Miralles, 2004). Esta intercepción es función de la densidad de plantas y del arreglo espacial de estas plantas y de sus hojas en el terreno (Willey y Health, 1969; Larcher, 1983). Algunas prácticas agronómicas tales como fertilización, altas

densidades de siembra y un mejor arreglo espacial de las plantas (por ejemplo surcos ultra estrechos), son usadas para acelerar la cobertura del suelo e incrementar la intercepción de luz (Gardner *et al*, 1985).

2.9. Calidad de fibra del algodón

2.9.1. Longitud de fibra

La longitud de la fibra es una de las cualidades importantes del algodón, se determina por medio de un aparato llamado “fibrografo” y se expresa en pulgadas o en milímetros. La longitud de fibra se clasifica de la siguiente manera.

Cuadro 1. Longitud de la fibra expresada en pulgadas.

Longitud (pulgadas)	Clasificación
11/8 a 1” /32	Fibra larga
11/16 a 13/32	Fibra intermedia
menos 1/16	Fibra corta

2.9.2 Resistencia de fibra

La resistencia de la fibra se mide mediante el índice de Presley, el cual se obtiene con la resistencia de la fibra a la tensión en miles de libras por pulgada cuadrada a que es sometida. Los valores del índice se presentan continuación.

Cuadro 2. Resistencia de la fibra

Resistencia (Miles de lb./in ²)	Clasificación
Más de 95	Muy fuertes
86 a 95	Fuertes
76 a 85	Medias
66 a 75	Aceptables
Menos de 65	Débiles

2.9.3. Finura de la fibra

El conocimiento de la finura de la fibra determina las proporciones de materia prima de diferentes características que intervienen en la mezcla utilizadas en la manufactura de las telas de diferente calidad.

Para medir la finura de la fibra se hace uso del índice de “micronaire” cuyos valores se clasifican de la manera que se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Finura de la fibra.

Índice de Micronaire	Clasificación
Menor de 3.0	Muy fina
De 3.0 a 3.9	Fina
De 4.0 a 4.9	Intermedia
De 5.0 a 5.9	Gruesa
Mayor de 6.0	Muy gruesa

III. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en 2009, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, de Torreón Coahuila.

3.1. Localización geográfica del experimento

La Comarca Lagunera, esta integrada por los municipios de Torreón, Matamoros, Francisco I. Madero, San Pedro y Viesca en el estado de Coahuila; y los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo y Mapimi, Nazas, en el estado de Durango. Esta se encuentra ubicada entre los paralelos 24°05' Y 26°45' de latitud norte y los meridianos 101°40' Y 104°45' de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas y urbanas. Al norte colinda con el estado de Chihuahua los municipios de Sierra Mojada y Cuatro ciénegas en Coahuila, al este, con los municipios de General Cepeda y Saltillo, Coahuila; al sur, con el estado de Zacatecas y el municipio de Guadalupe Victoria, Durango; y al oeste,

con los municipios de Hidalgo, San Pedro del Gallo, Inde, Centro de Comonfort y San Juan del Río, Durango (Aguirre, 1981).

3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera

3.2.1. 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 lluvias deficientes en todas las estaciones, mesotermal y con una temperatura aproximada de 30° C. (Quiñones, 1981).

3.2.2. 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).

3.2.3. Precipitación

De acuerdo con las lluvias registradas durante los últimos 30 años en la estación climatológica de Lerdo, Dgo., se concluye que en la Comarca Lagunera, el periodo máximo de precipitación esta comprendido en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto. La precipitación pluvial característica de la región, condiciona la existencia de una atmósfera desprovista de humedad, la precipitación media anual de las últimas décadas es de 220 mm. (Quiñones, 1988).

3.2.4. Humedad Relativa

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

3.3. Origen de los suelos de la Comarca Lagunera

Un estudio agrológico de la Comarca Lagunera, realizado por el ingeniero Geólogo H. Allera, quien describe el origen de los suelos de la Laguna de la siguiente manera: En épocas remotas, la Comarca Lagunera, estaba cubierta por mares que en el transcurso del tiempo se desecaron; iniciándose el relleno de estas oquedades en la última etapa del periodo terciario y prolongándose después de ese periodo por un millón de años. Terminando el relleno, los acarrees sucesivos de los ríos nivelaron las acumulaciones sedimentarias dando origen a casi la totalidad de los suelos regionales. (Quiñones ,1988).

3.4. Tratamientos

Se evaluaron tres sistemas de producción diferenciados por el espaciamiento entre surcos y la densidad poblacional, los cuales fueron, distancia de 75 cm entre surcos y la densidad poblacional, de 70,000 plantas ha (surcos estrechos, testigo), y distancia entre surcos de 50 y 35 cm con densidades poblacionales de 80,000 y 98,000 plantas ha. Respectivamente, los cuales son nuevos sistemas de producción en estudio y que se les conoce como surcos ultra-estrechos.

3.5. Material genético

La variedad utilizada fue Fiber Max 832., la cual posee un porte alto, hoja tipo normal y ramas fructíferas largas.

3.6. Manejo agronómico

3.6.1. Preparación del terreno

Esta se realizó dos días antes de la siembra iniciando con el barbecho, rastreo, empareje del terreno y levantamiento de los respectivos bordos.

3.6.2. Siembra

Se realizó en seco de manera manual a “chorrillo” para contar con las densidades poblacionales requeridas, esta se realizó el día 1 de abril de 2009.

3.6.3. Aclareo

Este se realizo a los 35 días después de la siembra, dejando las poblaciones de plantas deseada para cada tratamiento. La distancia fue de 13, 20 y 28 cm entre plantas para las distancias de 75, 50 y 35 cm entre surcos, respectivamente.

3.6.4. Aporque y control de malas hierbas.

Para aporcar y mantener el cultivo libre de malas hierbas se realizó un aporque a los 30 días después de la siembra. Se realizo un control de maleza manualmente.

3.6.5. Riegos

El riego fue por gravedad, donde se aplico un riego de pre siembra con una lamina de riego de 20 centímetro y cuatro riegos de auxilio a los días después de la siembra, con una lamina de 12 centímetros cada uno.

Cuadro 4: Calendario de riegos y días después de la siembra en que se aplicaron.

RIEGOS	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	FECHA
1 ^{er} auxilio	71	10-jun-09
2 ^o auxilio	88	27-jun-09
3 ^{er} auxilio	108	17-jul-09
4 ^o auxilio	127	27-Jul-09

3.6.6. Control de Plagas

Durante el ciclo del cultivo se presento problemas con, Mosquita Blanca, Gusano Soldado, pulgón. Y fueron controlados con diferentes productos.

Cuadro 5. Plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, producto químico y dosis por hectárea que se utilizo para el combate.

PLAGAS	APLICACIÓN	PRODUCTO	Dosis (L/ha ⁻¹)
Pulgón (<i>Aphis gossypii glover</i>)	1 ^a	Furadan	5.0 – 8.0
Mosquita Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	2 ^a	Endosulfan	2.4
	2 ^a	Herald	0.450 – 0.600
Gusano Soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	3 ^a	Clorpirifos etil *480 EM	1.0 – 2.0

3.7. Variables evaluadas.

Se evaluó el rendimiento de algodón hueso y algodón pluma en kg ha^{-1} , y altura de planta en cm. En componentes del rendimiento se evaluó el peso del capullo, el porcentaje de fibra (pluma) y el índice de semilla (peso de 100 semillas). Para determinar el valor de los componentes del rendimiento se tomó una muestra de 20 capullos parcela, la cual se pesó y después se separó 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 por determinar el porcentaje que representa el peso de la fibra del peso total de la muestra de 20 capullos.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza de acuerdo con el diseño utilizado y cuando se detectaron diferencias entre medias la comparación de las mismas se realizó con la prueba DMS AL 0.05 para comparar medias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta los resultados obtenidos en cuanto a los componentes de rendimiento y al efecto que se presenta en surcos ultra-estrechos, y se puede decir que para el por ciento de fibra no hubo diferencias estadísticas, pero para peso de capullo, índice de semilla y altura de planta si hubo diferencias estadísticas. Ya que a medida que se reduce la distancia entre surcos, la altura de planta e índice de semilla tiende a aumentar mientras que el peso de capullo disminuye, esto debido a la concentración de nitrógeno en suelo.

Cuadro 6. Efecto de surcos ultra estrechos en los componentes de rendimiento de algodón

Distanciamiento (cm)	% de fibra	Peso de capullo (gr)	Índice de semilla	Altura de planta (cm)
75	41.71 a	6.03 a	9.37 a	97.52 a
50	42.46 a	5.65b	9.00 b	97.23 b
35	42.01 a	5.88 a	9.53 a	102.47 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para rendimiento de algodón hueso y algodón pluma donde se puede observar que la distancia entre surcos si representaron diferencias estadísticas significativas.

El espaciamiento de 0.35 m entre surcos presento los mayores rendimientos mientras que los surcos de 0.50 y 0.75 m presentaron rendimientos menores, estadísticamente diferentes. El distanciamiento de 0.35 m entre surcos presento un rendimiento de 59% más que la de 0.75 m. para el distanciamiento de 0.50 m entre surcos presento un rendimiento de 29% mas que la de 0.75 m. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Vories y Glover (2006) quienes en un estudio de tres años reportaron rendimientos más altos en surcos espaciados a 19 cm que en surcos de 97 cm. Al igual que Heitholt *et al.* (1992) indicaron que el mayor rendimiento de los surcos más estrechos se debe al incremento en la intercepción de luz al inicio del ciclo del cultivo, y a una mayor producción de capullos por unidad de superficie.

Cuadro 7. Efecto de surcos ultra estrechos en el rendimiento.

Distanciamiento (cm)	Rendimiento algodón hueso (kg ha ⁻¹)	Rendimiento algodón Pluma (kg ha ⁻¹)	Diferencia (%)
75	7203. 7 c	3005.6 c	100
50	9294. 4 b	3943.9 b	29
35	11507. 9 a	4833.4 a	59

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

Hablando de los efectos de surcos-estrechos en la calidad de fibra del algodón se puede decir que no se presentaron diferencias significativas como se puede observar en el Cuadro 3. Ya que las propiedades determinantes de la calidad de fibra no fueron afectadas por el distanciamiento entre surcos. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Jost y Cothren (2000) que no encontraron diferencias significativas en finura y resistencia de fibra al reducir las distancias entre surcos de 101,6 a 19 cm

Cuadro 8. Efecto de surcos ultra estrechos en la calidad de fibra del algodón.

Distanciamiento (cm)	Longitud de fibra (pulgadas)	Resistencia de fibra (Miles de lb./in ²)	Finura de fibra (Micronaire)
75	1. 10 a	25. 64 a	4. 43 a
50	1. 09 a	25. 26 a	4. 50 a
35	1. 09 a	25. 61 a	4. 49 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

V. CONCLUSIONES

En esta investigación se puede mencionar que la siembra de algodón en surcos de 35 cm rinde 59 % más algodón hueso y 60 % más algodón pluma que los surcos espaciados a 75 cm (testigo). Por lo cual la siembra en surcos ultra-estrechos es una alternativa viable para aumentar el rendimiento del algodón y la rentabilidad del cultivo además, de que se pueden establecer siembras con los niveles de población estudiados y así obtener un mayor ahorro, en los insumos.

Hablando de la calidad de fibra cabe mencionar que los surcos ultra-estrechos no representaron diferencias significativas ya que estas no fueron influenciadas por la distancia entre surcos.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre, S. O. 1981. Guía climática de la Comarca Lagunera, publicación especial, CIAN CELALA-INIA-SARH.
- Anderson, K. L. 1973. "Effects of nitrogen rate, method of application, leaf type and row width on certain characteristics of cotton," Ph. D. Dissertation Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi.
- Andrade, F., Sadras, V 2000. Bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Unidad integrada FCA-INTA Balcarce. Advanta semillas. Editorial Médica Panamericana S.A. 443 p.
- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, m.1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Unidad Integrada FCA-INTA Balcarce. Dekalb Press. Editorial La Barrosa. 292 p.
- Andrade, F., Uhart, S.A. and Frugone, M.I. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. plant density affects. Crop Science, 33:482-485.
- Anderson, K. L. 1973. "Effects of nitrogen rate, method of application, leaf type and row width on certain characteristics of cotton," Ph. D. Dissertation Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi.
- Brown, A. B. 1996. Evaluación económica de BASF graficas de campo. Departamento de agricultura y recursos económicos, universidad del estado de Carolina del Norte.
- Cawley, N. 1998. Evaluación del algodón en surcos ultra estrechos en carolina del Norte. Departamento de la ciencia de la tierra en la universidad del estado de carolina del Norte.
- Cawley, N., Edminsten, K., Wells, R., Stewart, A., 2002. Cotton physiology conference. Proc. Beltwide Cotton Conf., 8-12 Jan. 2002, Atlanta GA., National Cotton Council, Memphis TN.
- Díaz, C.I. 2002. Respuesta a la fertilización Nitrogenada de nuevas variedades de algodón: Rendimiento, Componentes de rendimiento y calidad de fibra. Tesis. Pp6, 7: 14 – 17.

- Farías, F.J.M. 1980 Producción de forrajes en la Comarca Lagunera: El agua como factor limitante. En: Seminarios técnicos. Vol. 5 Núm. 26. CIAN CELALA-INIA-SARH.
- Gardner, B.R., Pearce, R.B. y Michell, R.L.1985. Physiology of crops plants. Iowa State University Press. USA.
- Gaytán M. A., A. Palomo-G, S. Godoy-A. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. Fitotecnia Mexicana 24: 197.
- George, A.G., 1971. Narrow row cotton – A progress report. Ginn's Journal & Yearbook. 53.
- Gerik, T.J., Lemon, R.G., Faver, K.L., Hoelewyn, T.A., Jungman, M., 1998. Performance of ultra-narrow row cotton in central Texas. *In* P. Dugger and D. Richter (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf. San Diego, CA. 5–9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN. p. 1406-1409.
- 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.
- Jackson, T. N. 1998. Alcanzando los objetivos del algodón de surcos ultra estrechos. Departamento de ciencias de plantas y suelo Universidad de Tennessee.
- Jost, P.H., Cothren, J.T., 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing Crop Science 40: 430 435.
- Kennedy. C. 1998. Potencial del algodón en el sistema de surcos ultra estrechos en el sureste de Arkansas. Centro de investigación y extensión del sureste Montecillo Arkansas.
- Kerby, T. 1998. Producción de algodón en el sistema de surcos ultra estrechos.
- Kreig, D. R. 1996. Aspectos fisiológicos de la producción de algodón en el sistema de surcos ultra estrechos.
- Larcher, W. 1983. Physiological Plant Ecology. Pringer-Verlag.
- Martínez C J. L. 1994. Problemática Fitosanitaria causada por la Mosquita Blanca en México. *In*: Memoria de la Segunda asamblea anual del CONACOFI. 14-15 de noviembre. Montecillo, Edo de México. pp. 77-88.

- Miralles, D. 2004. Aspectos de la eco fisiología aplicados en el manejo de cultivos. UBA – CONICET. Buenos Aires Argentina.
- Mohamad K, G Kassman, J.M. Pohelman (1982) Cotton cultivars response to plant population in a short - season narrow-row cultural system Agronomy Journal 74:619-625.
- 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. Revista Fitotecnia Mexicana 26(3): 167-171.
- Perkins W. R. 1998. Three year overview of UNRC vs. conventional cotton.p.91. In: Paul dugger, Debbie Ritcher (ed.) Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide cotton conf., San Diego, CA 5-9 Jan. Natl. Cotton Counc., 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. Belt-wide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 Jan. Natl.Cotton counc. Memphis TN.
- 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.
- Robles Sánchez R., 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Primera edición. Editorial Limusa. México D.F. pp. 170-176.
- SAGARPA-INIFAP-UPAIECH-fundación produce Chihuahua, 2002.
- Snipes, C.E., 1996. Weed control in ultra-narrow row cotton- Possible strategies assuming a worst case scenario. In: P. Dugger and D. Richter (Eds.), Proc. Beltwide Cotton Conf. 9-12 Jan. 1996, Nashville, TN. National CottonCouncil, Memphis, TN. p. 66-67.
- Unruh, B.L., and J.C. Silverthooth. 1996. Comparisons between an Upland and a Pima Cotton Cultivars: II. Nutrient Uptake and Partitioning. Agronomy journal, Vol.88 July August, 589-595.
- Villar, P.A.J. 1996. Conceptos básicos de ecofisiología de cultivos. EEA INTA Oliveros-Santa Fe. Argentina.

Vories, E.D., Valco, T.D., Bryant, K.J. Glover, R.E., 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 a. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. I. Vegetative Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.*24:858-862.

Wells, R., and W.R Meredith, Jr. 1984 b. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. I. Vegetative Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.*24:863-868.

Willey, R.W. and Health, S.B. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop. *Advances in Agronomy*, 21:291-321.