

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Fotosíntesis y rendimiento de algodón bajo fertilización nitrogenada,
y surcos ultra-estrechos.**

POR:

Maribel Gutiérrez Pérez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Torreón, Coahuila, México, Diciembre de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Fotosíntesis y rendimiento de algodón bajo fertilización nitrogenada, y surcos
ultra-estrechos

POR

Maribel Gutiérrez Pérez

TESIS

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría, y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:

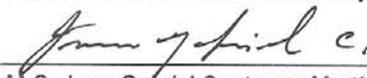
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Comité particular de asesoría:

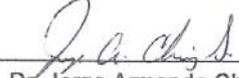
Asesor principal


Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna

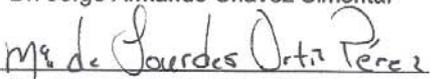
Asesor

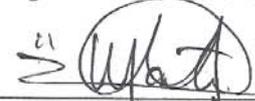

M.C. Juan Gabriel Contreras Martínez

Asesor


Dr. Jorge Armando Chávez Simental

Asesor


Ing. Ma. de Lourdes Ortiz Pérez


M.C. Víctor Martínez Cueto

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Fotosíntesis y rendimiento de algodón bajo fertilización nitrogenada, y surcos
ultra-estrechos.**

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

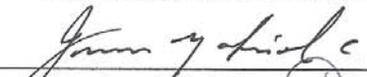
Aprobado por:

Presidente



Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna

Vocal



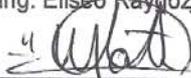
M.C. Juan Gabriel Contreras Martínez

Vocal



Ing. Eliseo Raygoza Sánchez

Vocal suplente



M.C. Víctor Martínez Cueto



M.C. Víctor Martínez Cueto



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2010.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por prestarme vida y salud para realizar mi mayor sueño en terminar mis estudios profesionales.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por haberme acobijado en el lecho del saber, principal factor con haber logrado concluir esta etapa más de mi vida.

A mi asesor principal el Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna que hizo posible éste trabajo de investigación, le agradezco el cariño y confianza que me brindó en todo momento, sus sabios consejos que me llevaron por el buen camino y fortalecieron mis valores como persona.

Al M.C. Juan Gabriel Contreras Martínez integrante de mi grupo de asesores, por su importante apoyo e incondicional en todo el proceso de trabajo de campo, redacción y revisión de la tesis. Le agradezco la amistad sincera, y calidad humana que siempre mostró hacia mi persona.

A mis asesores el Dr. Jorge Armando Chávez Simental por haberme apoyado en la finalización de éste trabajo de investigación, disponibilidad de tiempo que me ofreció y la Ing. Ma. De Lourdes Ortiz Pérez en la colaboración de la revisión del trabajo, así como también su compañía en éstos 4 años y medio en atender nuestras peticiones académicas.

A mis amigos que compartieron conmigo momentos alegres y tristes, los consejos que me brindaron cuando los necesité a Areli, Jazmín, Francisco, Israel, Luis Alberto independientemente del tiempo que tenemos en conocernos.

A mis compañeros y maestros de carrera que convivimos estos 4 años y medio que de una u otra manera recibí el apoyo moral y sentimental.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo primeramente **a mis Padres: Juan Gutiérrez y Paula Pérez** que me dieron la vida y sacrificaron parte de su vida para hacerme una persona con principios y valores, por apoyarme en todo momento en los éxitos y adversidades que se me presentaron, son las personas más importantes en mi vida, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos: Martha, Graciela y Félix que siempre estuvieron conmigo en todo momento cuando los necesité con su apoyo moral y amor que siempre me brindaron, son mi ejemplo de logro de éxitos y mi inspiración a seguir adelante, quedo agradecida infinitamente con ellos.

A la Lic. Rosa María Meneses Morales a quien siempre tendré aprecio y admiración, por permitirme aceptar en su empresa donde aprendí cosas tan importantes como el amor al trabajo, a la familia, y a las personas que nos aprecian, sobretodo la calidad humana que me mostró el tiempo que laboré con su equipo de trabajo, de quien puedo estar agradecida por apoyarme en el desarrollo personal y profesional.

A mis Tíos que me dieron palabras de aliento para seguir adelante en mi carrera profesional y el amor de familia que recibí de ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del cultivo	5
2.1.1 Origen del algodón.....	5
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	6
2.1.3 Ciclo del algodón.....	6
2.2. Descripción morfológica del algodón.....	7
2.2.1 Tallo	7
2.2.2 Hojas	7
2.2.3 Flores	8
2.2.4 Fruto.....	8
2.2.5 Ramas fructíferas.....	9
2.2.6 Ramas vegetativas.....	9
2.2.7 Raíz.....	9
2.2.8 Semillas	9
2.3 Emergencia de la planta de algodón	10
2.4 Exigencia en clima.	10
2.5 Exigencia en suelo	10
2.6 Antecedentes de investigación.....	10
2.6.1 Importancia de la luz solar	10
2.6.2 Radiación fotosintéticamente activa.....	11
2.6.3 Transpiración	11

2.6.4 Fotosíntesis neta.....	12
2.6.5 Importancia del N en la nutrición de las plantas.....	12
2.6.6 Fertilización nitrogenada	12
2.6.7 Rendimiento en surcos ultra-estrechos.....	13
2.7 Variedad	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Área geográfica del sitio experimental	14
3.2 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	14
3.3 Diseño experimental.....	14
3.4. Características físico-químicas del suelo	15
3.5 Croquis de la parcela.	16
3.6 Actividades de campo.	17
3.6.1 Preparación del terreno.....	17
3.6.2. Siembra.....	17
3.7 Labores culturales	17
3.7.1 Aclareo	17
3.7.2 Aporque y control de malezas.....	17
3.7.3. Riego.....	18
3.7.4. Control de plagas	18
3.7.5 Variables evaluadas.....	19
3.7.5.1 Altura de la planta	19
3.7.5.2 Radiación fotosintéticamente activa, Fotosíntesis neta y tasa de Transpiración.....	19
3.7.5.3 Componentes del rendimiento	19
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Altura de planta	21
4.2 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR).....	22
4.3 Fotosíntesis Neta (PN).....	23
4.4 Tasa de Transpiración (E).....	23

4.5 Rendimiento de Algodón Hueso (RAH).....	24
4.6 Rendimiento de Algodón Pluma (RAP)	25
4.7 Componentes de rendimiento	27
4.7.1 Peso de fibra	27
4.7.2 Peso de capullo	27
4.7. 3 Índice de semilla	28
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del sitio experimental	15
Cuadro 2. Calendario de riegos	18
Cuadro 3. Plagas presentadas durante el desarrollo del cultivo	18
Cuadro 4. Altura de planta (cm) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	21
Cuadro 5 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	22
Cuadro 6 Fotosíntesis Neta (PN) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	23
Cuadro 7 Tasa de transpiración (E) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno	24
Cuadro 8 Rendimiento de Algodón Hueso (RAH) (Kg) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	25
Cuadro 9 Rendimiento de Algodón Pluma (RAP) (Kg) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	25
Cuadro 10 Peso de fibra (gr) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	27
Cuadro 11 Peso de capullo (gr) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	28
Cuadro 12 Índice de semilla (%) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Clasificación taxonómica del algodón.	6
FIGURA 2. Diseño experimental.	16
FIGURA 3. Relación entre Rendimiento Algodón Hueso y Algodón Pluma.	26

RESUMEN

El algodón es un producto importante económicamente así como generador de empleo. Los principales países productores en conjunto producen el 75% de la producción mundial, entre ellos está México sin llegar a superar el 2% de la producción mundial. Sin embargo, es insuficiente para satisfacer el consumo interno. Las principales causas de la tendencia a la baja se debe a los altos costos de producción, bajos precios internacionales, restricción de agua y falta de variedades con alto rendimiento, calidad de fibra y resistentes a plagas. Una alternativa es el sistema de producción de algodón en surcos ultra-estrechos en combinación con otros factores como las dosis óptimas de nitrógeno para obtener altos rendimientos, así como conocer el comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis, transpiración, y su influencia en el crecimiento y producción. La siguiente investigación se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano, con el objetivo de determinar el comportamiento de la fotosíntesis y rendimiento de algodón bajo fertilización nitrogenada y surcos ultra-estrechos, se estudiaron cuatro dosis de Nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹) y distanciamiento entre surcos (35, 50 y 75 cm) las cuales se distribuyeron en un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones, la variedad utilizada FIBER MAX, aplicando tres riegos de auxilio. El control de plagas y malezas se realizó químicamente. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta, tasa de transpiración, rendimiento de algodón hueso y pluma, peso de fibra, peso de capullo e índice de semilla. Los resultados de análisis de varianza respecto a la altura de planta presentó mayor crecimiento en dosis de nitrógeno de 150 kg ha⁻¹ de 100.7 cm y en distanciamiento entre surcos de 35 cm con altura de 102.8 cm. La mayor radiación fotosintéticamente activa se presentó en el tratamiento sin aplicación de nitrógeno lectura de 1,925.1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y distanciamiento en surcos de 35 cm con 1,939.9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que la fotosíntesis neta no presentó diferencias estadísticas significativas presentando tendencia de incremento en la actividad fotosintética en dosis de nitrógeno de 150 kg ha⁻¹ y en surcos de 50 cm de distanciamiento. La tasa de

transpiración no presentó diferencia estadística, por lo tanto el tratamiento en dosis de nitrógeno que mostró mayor transpiración en la planta fue de 100 kg ha⁻¹ obteniendo lectura de 8.08 μmol m⁻² s⁻¹, y en surcos de 35 cm con valor de 8.07 μmol m⁻² s⁻¹. En rendimiento de algodón hueso presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo se presentó tendencia en incremento en dosis de nitrógeno de 100 kg ha⁻¹ con 8,677.2 kg ha⁻¹ y en surcos de 35 cm con 11,101.2 kg ha⁻¹. Los resultados de rendimiento de algodón pluma presentaron diferencia estadística en surcos separados de 35 cm con 4,642.4 kg ha⁻¹, en cuanto a la dosis de nitrógeno no hubo diferencia estadística presentando tendencia con mayor rendimiento la dosis de 100 kg ha⁻¹ con 3,612.2 kg ha⁻¹.

Palabras clave: fotosíntesis, rendimiento, algodón (Gossypium hirsutum L.), fertilización nitrogenada, surcos ultra-estrechos.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el algodón es un producto importante en el comercio internacional, así como uno de los principales generadores de empleo. La producción mundial está dada por: China, Estados Unidos, India, Pakistán y Uzbekistán, los cuales en conjunto producen cerca del 75% de la producción mundial. A pesar de esto, en el periodo 2002-2003 se registró un comportamiento negativo en la producción del 1.2%. La razón de este decremento, fueron las condiciones climáticas adversas presentada en estas naciones (Vargas, 2004).

La participación de México ha sido marginal, sin llegar a superar el 2% de la producción mundial (Vargas, 2004). La superficie sembrada en el año 2007 111,575 mil hectáreas con una producción de 378,870 mil toneladas (SAGARPA, 2008) siendo Chihuahua, el principal Estado productor de esta fibra al participar con 42% de la producción nacional (SIAP, 2008). Sin embargo, esta cantidad es insuficiente para satisfacer el consumo interno por lo que cerca del 50% del algodón se importa de los Estados Unidos (SAGARPA, 2008). Una de las causas principales de la tendencia a la baja se debe a los altos costos de producción, bajos precios internacionales, restricción de agua y falta de variedades con alto rendimiento, calidad de fibra y resistentes a enfermedades y plagas.

En el 2008, en la Comarca Lagunera se reportan datos de producción de algodón del ciclo primavera-verano con una superficie cosechada de 15,590 hectáreas y una producción total de 68,495 toneladas con el 22.69% del valor de la producción de \$ 473,777,148.00 (Siglo de Torreón, 2008).

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). Se han evaluado un amplio rango de densidades de

población en el sistema de producción de surcos ultra estrechos (SSUE) con poco efecto en el incremento en rendimiento encontraron que incrementar las densidades de población en SSUE, de 12 a 45 plantas m^{-2} contribuyó a una madurez del cultivo más temprana pero no afectó el rendimiento ni la calidad de la fibra (Jost y Cothren, 2001). (Bednarz *et al.*, 2006) no encontraron diferencia en densidades de población de 9.0, 12.6 y 21.5 plantas m^{-2} . La siembra de algodón a distancia de 35 cm entre surcos rinde 43% más algodón hueso en comparación con surcos de 75 cm, y un 41% más de rendimiento de algodón pluma. De acuerdo a esto reducir la distancia entre surcos a 35 cm es una opción viable para incrementar los rendimientos de algodón en la Comarca Lagunera. La densidad de población no afecta el rendimiento de algodón hueso ni algodón pluma (Ogaz A. *et al.*, 2006).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) captada por un vegetal determina directamente la producción de fotosintatos, influyendo sobre el crecimiento, la productividad y calidad del fruto de las plantas (Ferree, 1980). Los cultivos anuales generalmente logran captar casi la totalidad de la radiación disponible, cuando el desarrollo del área foliar es completo (Sceicz, 1974). Las plantas “funcionan o trabajan” con energía solar. Todas las plantas captan energía solar y la transforman en sustancias que directa o indirectamente, alimentan a la mayoría de las otras formas de vida de la tierra. Debido a esto el destino de una semilla germinada, o de una futura planta depende no solamente de la intensidad de la luz, sino también de la calidad de luz que recibe la plántula y de esta calidad dependen el tamaño de la planta adulta, cantidad de hojas, inicio de la floración, fructificación y senescencia, siendo de esta manera la luz, la que determina todos los aspectos de la vida vegetal según el proceso de “fotomorfogénesis” (Zarka, 1992). La luz es una forma de energía radiante de una porción del espectro electromagnético que es dividido en unidades de longitud de onda y frecuencia. Dentro de la fotobiología de la planta, la luz se categoriza en longitudes de onda cuyas unidades son los nanómetros y energía que se mide en fotones o quantum. La distribución de la calidad de la luz es la descomposición de la energía radiante en sus componentes de longitudes de onda, los cuales permiten la referencia específica a

una sección del espectro electromagnético, por ejemplo la radiación fotosintéticamente activa (RFA) que es la cantidad de energía utilizada por las plantas para la fotosíntesis y está integrada por un rango espectral (longitudes de onda) de 400 a 700 nm (Decoteau y Friend, 1991).

Por otra parte, es conocido que el crecimiento y rendimiento del algodón al igual que la mayoría de las especies cultivadas muestra alta dependencia al nitrógeno (N) y al agua durante su ciclo biológico. El N es el nutrimento más crítico en un programa de fertilización en virtud de que es esencial para un desarrollo óptimo del cultivo, pero hay que evitar excesos que puedan ocasionar serios problemas de manejo del cultivo, y pérdidas en la producción. La fertilización produce plantas con gran crecimiento vegetativo sin que esto se refleje en el rendimiento, además de que se incrementan las probabilidades de que se pierda el N del sistema suelo – planta (McConnell *et al.*, 1989) y (Boquet *et al.*, 1991). La dosis óptima de N está determinada por muchas variables ambientales como el clima, tipo de suelo, cultivar, fertilidad residual, humedad disponible, plagas, etc., (Gaylor *et al.*, 1983; McConnell *et al.*, 1989).

1.1 OBJETIVOS

- I.- Evaluar los surcos ultra-estrechos como alternativa para incrementar la producción.
- II.- Relacionar el comportamiento de los surcos ultra-estrechos y dosis de nitrógeno con la actividad fotosintética de la planta.

1.2 HIPOTESIS

- I.- La producción de algodón no se incrementa al utilizar surcos ultra-estrechos.
- II.- No existe relación entre surcos estrechos y dosis de nitrógeno con la actividad fotosintética.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Origen del algodón

El algodón *Gossypium hirsutum* pertenece a la familia Malvácea, a la tribu Gossypieae y al género *Gossypium* (Chronquist, A. 1981). Las 50 especies que comprende el género *Gossypium* se clasifican de acuerdo a su nivel de ploidia. El número cromosómico básico de este género es 13, y se catalogan comúnmente en ocho grupos genómicos diploides ($2n= 2X= 26$) clasificados de la A a la G y K, y un grupo genómico tetraploide ($2n= 4x= 52$) denominado AD (Endrizzi, et al, 1985). De las especies descritas para género *Gossypium*, sólo cuatro son comúnmente cultivadas y se conocen con el término genérico de algodón. Las cuatro especies de algodón cultivado fueron domesticadas independientemente como fuente de fibra para la manufactura de textiles (Brubaker, et al., 1999). La mayor parte del algodón cultivado deriva de dos especies tetraploides: *G. hirsutum* (aproximadamente el 90% de la producción mundial) y *G. barbadense* (aproximadamente 5% de la producción mundial) (Wu, et al., 2005). Casi todas las distintas especies son originarias de América tropical, Asia y África. Sin embargo, se ha establecido que el *Gossypium hirsutum* es de América Central y del sur de México y que el *Gossypium barbadense* procede de los valles de Perú. Las especies *Gossypium arboreum* y *Gossypium herbaceum* son oriundas de la India y Arabia. Actualmente el algodón se cultiva en casi todo el mundo.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Figura 1. Clasificación taxonómica del algodón, según (Robles, 1980).

Reino	Vegetal
División	Tracheophita
Subdivisión	Pteropsida
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Málvales
Familia	Malváceas
Tribu	Hibisceas
Género	<i>Gossyphium</i>
Especie	<i>hisurtum</i> (cultivado)
Especie	barbadense (cultivado)

2.1.3 Ciclo del algodón

El ciclo del algodón se divide en cinco etapas principales, las cuales son (Díaz, 2002):

- 1.- Fase nascencia: de germinación a despliegue de los cotiledones. De 6 a 10 días.
- 2.- Fase “plántula” o embrión: De 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 maduración de las cápsulas: duración de 50 a 80 días.

2.2. Descripción morfológica del algodón

La morfología estructural principal del algodónero, depende ampliamente del genotipo y la interacción del ambiente. Robles 1985, hizo una descripción general del algodónero, basada en el sistema del Dr. Chronquist:

2.2.1 Tallo

El tallo está integrado por nudos y entrenudos que varían en número de acuerdo al genotipo. Al tallo se unen ramas primarias, secundarias, vegetativas pueden ser solitarias o desarrollarse en el mismo nudo de donde nace la rama fructífera. Diversos investigadores han demostrado que la ramificación está muy influenciada por densidad de siembra, de tal manera que a menor distancia entre plantas y surcos, mayor número de plantas y viceversa, la forma que puede adquirir una planta va desde piramidal, columnar, hasta casi esférica y lada el genotipo e influencia del medio. El color del tallo y ramas va desde claro al nacer, o verde rojizo y gris hasta un color gris negruzco al secarse.

2.2.2 Hojas

Básicamente constituidas por pecíolo y limbo. Estipulas incipientes: como pequeños apéndices en la base del pecíolo, la parte inferior del pecíolo adquiere forma acorazonada. En los cultivos de las especies *hirsutum* y *barbadense*, el limbo generalmente tiene cinco lóbulos con escotaduras más o menos pronunciadas, la forma de los lóbulos sirve parcialmente para la diferenciación de especies al realizar estudios

taxonómicos, por ejemplo: en *Gossypium hirsutum* son algo redondeadas, en *Gossypium barbadense* lóbulos más alargados y más separados en forma de okra y en *Gossypium herbaceum* lóbulos muy redondeadas, una nervadura principal vigorosa con ramificaciones consecutivas cada vez más pequeñas, algunas veces con pequeñas glándulas. El pigmento tóxico denominado gossipol, es otra glándula situada internamente en los tejidos.

2.2.3 Flores

Tiene flores completas (con todos los verticilos del perianto floral: cáliz, corola, androceo y geniceo), pediceladas y envueltas con tres brácteas que protegen a la gema floral. El conjunto piramidal que forman las brácteas y la flor se conoce en México y en otras partes del mundo como “cuadros” cada rama fructífera tiene de seis a ocho flores solitarias, las cuales son perfectas o hermafroditas, y por lo tanto existe un alto porcentaje de autofecundación, con un 5 a 25 % de cruzamiento llegando algunas veces al 5 % de polinización cruzada.

Por lo tanto este cultivo se considera de polinización mixta por existir autofecundación y cruzamiento. El cáliz lo constituyen cinco sépalos unidos en la base formando un tubo denominado gamosépalo, en esta estructura se encuentran pigmentos de gossipol. El género producirá frutos tri, tetra o penta carpelares. La mayoría de las variedades comerciales con cinco carpelos. El androceo está conformado por hileras variables de estambres, con 50 a 100 filamentos que culminan en enteros bilobuladas.

2.2.4 Fruto

La flor desarrolla una cápsula que puede tener una configuración ovoide, alargada más o menos esférica; pero generalmente la primera produce fibra más larga que las otras dos. Al iniciar la formación del fruto es de color verde, para cambiar a café rojizo y al madurar es grisáceo negruzco. El fruto o cápsula se conoce como “bellota”.

Cuando madura las cápsulas abren por dehiscencia, encargando la fibra y las semillas, cuando llegan a éste estado se le conoce como “capullos”.

2.2.5 Ramas fructíferas

Tiene numerosos entrenudos, de cada nudo se desarrolla un botón floral el número de flores es diferente según el genotipo, el ambiente y el manejo del cultivo.

2.2.6 Ramas vegetativas

Más largas que las fructíferas y pueden ser mas altas que el tallo principal.

2.2.7 Raíz

La raíz es principal o pivotante con raíces secundarias a lo largo de la principal. Estas raíces secundarias se ramifican consecutivamente hasta llegar a los pelos radicales absorbentes, los cuales se encargan de absorber el agua y los nutrientes. En general la profundidad de la raíz varía desde los 1 m pero bajo condiciones muy favorables llega hasta los 2 m.

2.2.8 Semillas

La semilla es dicotiledónea, en buenas variedades se producen de 30 a 40 semillas por cápsula, generalmente las semillas de variedades comerciales contienen un 20% de aceite que se extrae industrialmente.

2.3 Emergencia de la planta de algodón

Son muchas las dificultades de nacencia de la semilla de algodón debido a que en muchos casos el terreno de cultivo no es adecuado y se forma costra en la capa superficial del mismo.

2.4 Exigencia en clima.

El cultivo del algodón es típico de las zonas cálidas. La germinación de la semilla se produce cuando se alcanza una temperatura no inferior al 14 °C, siendo el óptimo de germinación de 20°C. Para la floración se necesita una temperatura media de los 20 a 30°C. Para la maduración de la cápsula se necesita una temperatura de entre 27 y 30°C.

2.5 Exigencia en suelo

Se requieren suelos profundos capaces de retener agua, como es el caso de los suelos arcillosos. Estos tipos de suelos mantienen la humedad durante todo el ciclo del cultivo. Los suelos salinos son tolerados por el cultivo del algodón e incluso en cantidades elevadas sin sufrir la planta ningún tipo de disminución en su rendimiento productivo.

2.6 Antecedentes de investigación

2.6.1 Importancia de la luz solar

Los rayos solares son vitales para el algodón y áreas con más del 50% de nubosidad no son adecuadas para este cultivo sin importar su temperatura ni su humedad (Waddle, 1984). Para que un cultivo use eficientemente la radiación solar, gran parte de esta debe ser absorbida por los tejidos fotosintéticos. Este es el motivo

por el cual los cultivos tienden a invertir la mayor parte de su crecimiento temprano en expandir su área foliar, y así acelerar la cobertura del suelo e incrementar la intercepción de la luz. (Gardner *et al.*, 1985).

2.6.2 Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa es la comprendida entre las longitudes de onda de 400 y 700 nm y constituye, aproximadamente el 50% de la radiación solar total. Es la radiación utilizable en el proceso fotosintético. La intensidad de la fotosíntesis depende de la intensidad de la radiación interceptada (Larcher, 1983). Algunas prácticas agronómicas como el manejo de la densidad de plantas y su distribución sobre la superficie del terreno tienden a mejorar la eficiencia de intercepción (Andrade, 1996).

2.6.3 Transpiración

La transpiración es el mecanismo fisiológico de pérdida de agua de las plantas a través de los estomas, principalmente (Jiménez, 1986). Para un cultivo dado, nivel de fertilización y clima, existe una relación lineal bien establecida entre la biomasa de la planta (hojas, tallos, raíces y grano) y la transpiración, proceso mediante el cual las plantas convierten agua líquida en vapor (Tanner y Sinclair, 1983; Steduto y Albrizo, 2005). Más producción de biomasa requiere más transpiración, debido a que cuando los estomas se abren, el dióxido de carbono fluye dentro de las hojas para la fotosíntesis y el agua fluye fuera. Durante la sequía, el cierre de los estomas limita la transpiración, fotosíntesis y producción. La relación entre transpiración y producción de cultivos tiene consecuencias de gran alcance para el agua. Aumentos en la producción de alimentos son logrados incrementando el agua transpirada (Molden, 2007).

2.6.4 Fotosíntesis neta

La fotosíntesis solo emplea una mínima parte (1 a 2%) de la radiación absorbida y la almacena en los enlaces químicos de los carbohidratos (Matthews, 2004).

2.6.5 Importancia del N en la nutrición de las plantas

En el suelo el N puede concentrarse en tres fracciones principales: (a) materia orgánica; (b) iones amonio (NH_4^+) fijados sobre los lugares de intercambio de los minerales de la arcilla; y (c) como iones amonio y nitrato (NO_3^-) en la solución del suelo. Las formas de N de importancia en la nutrición de las plantas son amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), y nitrato (NO_3^-). Nitrato y amonio, son las formas de N tomadas por las plantas y constituyen las formas importantes de aplicación de fertilizantes de N a los cultivos, (Romero, 2009).

2.6.6 Fertilización nitrogenada

El crecimiento y rendimiento del algodón (*Gossypium hirsutum* L.), al igual que la mayoría de las especies cultivadas, muestra alta dependencia al nitrógeno (N) y al agua durante su ciclo biológico. El N es el nutrimento más crítico en un programa de fertilización en virtud de que es esencial para un desarrollo óptimo del cultivo, pero hay que evitar exceso que pueda ocasionar serios problemas de manejo del cultivo, y pérdidas en la producción (McConnell, *et al.* 1989).

Entre 1960 y 1970, en la Comarca Lagunera se realizaron numerosos estudios para determinar la dosis óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo del algodón, la cual se situó en 120 a 150 kg ha⁻¹ de N. Como estos estudios se realizaron con variedades más frondosas y de ciclo más largo que las variedades actualmente cultivadas, a partir de 1992 se reanudaron las investigaciones sobre fertilización nitrogenada de las cuales se concluyó que las nuevas variedades sólo requieren de 80 kg ha⁻¹ de N para mostrar su potencial productivo (Palomo *et al.*, 1999; 2003).

La cantidad de nitrógeno residual disponible para la planta es un factor importante en la determinación de la dosis óptima de nitrógeno. Los suelos con poco nitrógeno residual requieren de 100 kg de nitrógeno ha⁻¹ y los suelos con alto contenido de nitrógeno residual solo necesitan de 55 a 100 kg de nitrógeno ha⁻¹ (Bush, *et al.*, 2002).

2.6.7 Rendimiento en surcos ultra-estrechos

La siembra de algodón en surcos ultra-estrechos incrementan el rendimiento hasta en 37% y reduce en 12 días el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 76 cm. (Gerik *et al.*, 1998).

No encontraron diferencias en rendimiento al sembrar en surcos espaciados a 50 y 76 cm, ni entre densidades que oscilaron entre 80,000 y 200,00 plantas por hectárea, pero indicaron que la siembra en surcos a 50 cm disminuyó en 7 días el ciclo del cultivo, (Gaytán, *et al.*, 2004).

2.7 Variedad

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área geográfica del sitio experimental

El estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2009 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en el municipio de Torreón del estado de Coahuila, México, ubicado en la región conocida como Comarca Lagunera.

3.2 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera, está 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, Mapimí y Nazas, en el estado de Durango. Ésta 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, Coneto de Comonfort y San Juan del Río, Durango. (Aguirre, 1981).

3.3 Diseño experimental

Los tratamientos a estudiar se formaron con cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹) las cuales se distribuyeron en un diseño parcelas divididas en bloques al azar correspondiendo para la parcela mayor el distanciamiento entre surcos (35, 50, 75

cm) y para la parcela menor las dosis de nitrógeno con tres repeticiones obteniendo un total de 36 parcelas (unidades experimentales) correspondiente a un factorial de 3 x 4 x 3. Los tratamientos se aplicaron al momento de la siembra. Se utilizó la variedad FIBER MAX. La parcela total estuvo compuesta por 8 surcos de 5 metros de largo y la parcela útil de 2 surcos de 3 metros de largo.

3.4. Características físico-químicas del suelo

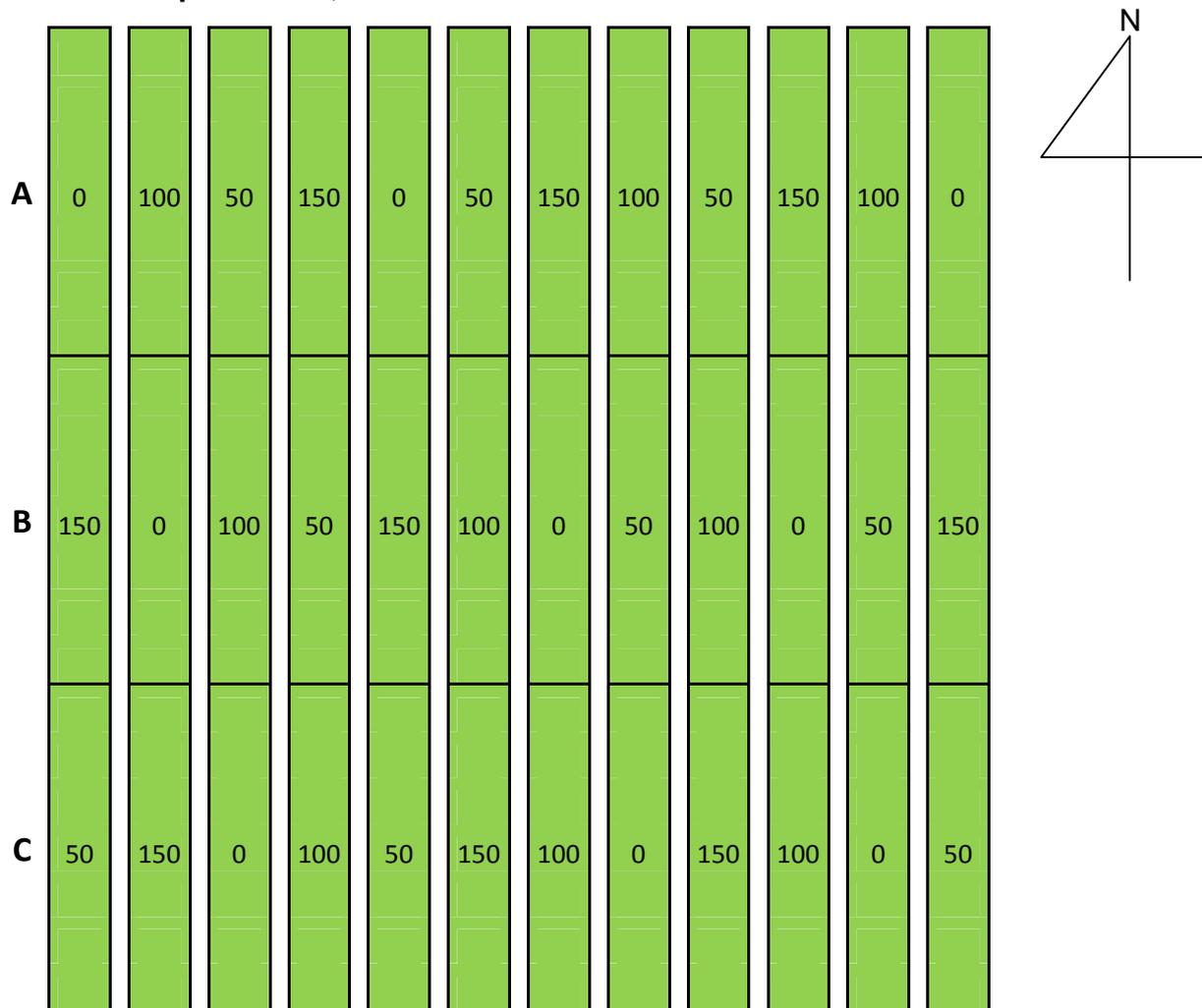
Las características físico-químicas del suelo en el cual se realizó el presente trabajo se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del sitio experimental, UAAAN-UL 2009.

Variable	Valor	Unidad
pH	7.76	
Densidad aparente	1.3	g cm ⁻³
Nitrógeno total	0.11	%
Fósforo	10.7	ppm
Potasio	1.17	Meq 100g
Materia orgánica	1.3	%
Arena	24.76	%
Limo	48.72	%
Arcilla	26.52	%

3.5 Croquis de la parcela.

Figura 2. Diseño Experimental parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones, UAAAN-UL 2009.



A: Surcos de 75 cm.

B: Surcos de 50 cm.

C: Surcos de 35 cm.

Dosis de N: 0, 50, 100 y 150 kg/ha.

3.6 Actividades de campo.

3.6.1 Preparación del terreno

Ésta se realizó con anticipación, 2 días antes de llevarse a cabo la siembra. Iniciando con el empareje del terreno y rayado de las corrugaciones o bordos sencillos.

3.6.2. Siembra

Se realizó en seco el 01 de abril del 2009, en forma manual a “chorrillo”, para contar con las densidades poblacionales requeridas en el experimento.

3.7 Labores culturales

3.7.1 Aclareo

Consistió en dejar las poblaciones de plantas deseadas para cada tratamiento. Éste se realizó a los 35 días después de la siembra, dejando una distancia de 13, 20, 28 cm entre plantas para las distancias, 75, 50 y 35 cm y obtener una población de plantas por hectárea de aproximadamente 100,000 plantas ha⁻¹ cada área experimental.

3.7.2 Aporque y control de malezas

Para aporcar y mantener el cultivo libre de malezas se realizó una escarda manualmente a 30 días después de la siembra. Ocho veces se realizó control de maleza manualmente.

3.7.3 Riego

La información relacionada con la aplicación de riegos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Calendario de riegos. UAAAN-UL 2009.

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

3.7.4. Control de plagas

Durante el ciclo del cultivo se tuvo problemas de plagas como; Pulgón, Mosquita Blanca, Gusano Soldado entre otros, para su control se aplicaron diferentes productos Cuadro 3.

Cuadro 3. Plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo. UAAAN-UL 2009.

PLAGAS	APLICACIÓN	PRODUCTO	DOSIS L h ⁻¹
Pulgón (<i>Aphis gossypii glover</i>)	1 ^{ra}	Furadan	5.0 – 8.0
Mosquita Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	2 ^a	Endosulfán	2.4
	2 ^a	Herald	0.450 – 0.600
Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	3 ^{ra}	Clorpirifos etil *480 EM	1.0 – 2.0

3.7.5 Variables evaluadas

3.7.5.1 Altura de la planta

Para tomar lectura de altura se consideraron tres plantas de cada parcela, la actividad se llevó a cabo semanalmente. Utilizando una cinta métrica.

3.7.5.2 Radiación fotosintéticamente activa, Fotosíntesis neta y tasa de Transpiración

Para obtener los datos de éstas variables se utilizó el aparato portátil Photosynthesis System CI-340 en unidades $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta y tasa de transpiración son determinados por la medición de la velocidad a la que un área foliar conocida asimila la concentración de CO_2 en un dado el tiempo, posteriormente se descargan los datos a una computadora de escritorio o portátil.

3.7.5.3 Componentes del rendimiento

Para obtener los valores de los componentes se consideró una muestra aleatoria de 20 capullos por parcela, y se pesó. Después se separó la fibra de la semilla y se pesó. El porcentaje de fibra fue la proporción que representa el peso de la fibra del peso de la muestra.

- a) *Número de capullos por planta.* Para obtener el número de capullos por planta se dividió el rendimiento promedio por planta entre el peso del capullo.
- b) *Peso de capullo.* El peso del capullo se obtuvo por dividir el peso de la muestra entre el número de capullos (20).
- c) *Índice de semilla.* Peso de (100) semillas.

- d) *% de fibra*. La proporción que representa el peso de la fibra del peso de la muestra.
- e) *Rendimiento de Algodón, en hueso (fibra y semilla) y en pluma (fibra)*. Se evaluó el rendimiento de algodón en hueso y en pluma (fibra). El algodón en hueso está constituido por la semilla y la pluma, y el rendimiento de pluma se obtiene después de separar la semilla.

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo con el diseño planteado y se realizaron las comparaciones de medias utilizando la prueba DMS $\alpha=0.05$.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

El Cuadro 4 muestra la comparación de medias de las dosis de nitrógeno y el distanciamiento entre surcos, donde en éste último se detectó diferencia estadística observándose que las plantas sembradas a 35 cm entre surcos y 28 cm entre plantas tiene un mejor desarrollo vegetativo manifestando el mayor crecimiento con respecto a los otros dos distanciamientos con 102.83 cm, por otro lado, los surcos a 75 cm reportaron una altura máxima promedio de 98.25 cm y los surcos a 50 cm 96.16 cm. Las dosis de fertilización nitrogenada no presentaron diferencia estadística entre sí, sin embargo la dosis de 150 Kg ha⁻¹ de nitrógeno tendió a una mayor altura.

Cuadro 4. Altura de planta (cm) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha ⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	103.88	100.77	102.00	104.66	102.83 A
50	93.00	96.89	95.89	98.89	96.16 B
75	100.44	96.22	97.77	98.55	98.25 AB
Media	99.11	97.96	98.55	100.7	C.V. 6.37

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

Existe un efecto positivo de la interacción de los surcos a 35 cm de separación con la dosis de 150 Kg ha⁻¹ de nitrógeno en el crecimiento de la planta.

4.2 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)

Los resultados encontrados en esta variable presentaron diferencia estadística en distanciamiento entre surcos de 35 cm con $1,939.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y 75 cm con $1,856.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ como se muestra en el Cuadro 5. La lectura de PAR obtenida en la separación de 50 cm de $1903.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ es estadísticamente igual a las anteriores, las cuales son las de mayor y menor PAR respectivamente. El análisis detectó diferencia estadística sobresaliendo el tratamiento donde no se aplicó nitrógeno con la lectura mas alta ($1925.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). El tratamiento con 50 kg ha^{-1} de nitrógeno aplicado presentó la lectura mas baja con $1,862.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, los tratamientos de 100 y 150 kg ha^{-1} de nitrógeno resultaron estadísticamente iguales al resto de los tratamientos con $1,907.2$ y $1,904.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente.

Cuadro 5. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha^{-1})				Media
	0	50	100	150	
35	1915.23 A	1979.83 A	1936.73 A	1928.17 A	1,939.9 a
50	1938.0 A	1898.47 A	1887.40 A	1888.80 A	1,903.2 ab
75	1921.93 A	1709.90 B	1897.63 A	1896.83 A	1,856.6 b
Media	1,925.1 a	1,862.7 a	1,907.2 a	1,904.6 a	C.V. 3.27

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

La diferencia en distanciamiento entre surcos puede ser consecuencia del marco de plantación manejado, ya que para procurar establecer una densidad aproximada a $100,000 \text{ plantas ha}^{-1}$, el distanciamiento entre plantas fue ajustado en función al distanciamiento entre surcos obteniendo marcos de plantación de $35 \times 28 \text{ cm}$, $50 \times 20 \text{ cm}$ y $75 \times 13 \text{ cm}$ resultando densidades de $102,102$, $100,000$, y $102,307 \text{ plantas ha}^{-1}$ para el distanciamiento de 35, 50 y 75 cm respectivamente. En el distanciamiento de 75 cm existió mayor competencia entre plantas debido a que la distancia entre éstas fue de 13

cm por lo que se presentó mayor sombreo y las lecturas fueron mas bajas, con respecto al distanciamiento de 35 cm donde la distancia entre plantas correspondió a 28 cm, obteniendo así un área de cobertura mas uniforme disminuyendo la competencia entre plantas.

4.3 Fotosíntesis Neta (PN)

La comparación de medias correspondientes a las lecturas de PN donde se observa que, tanto en distanciamiento entre surcos como en dosis de fertilización, no se encontró diferencia estadística (Cuadro 6). Sin embargo se observó una tendencia ascendente en la actividad fotosintética al incrementar la dosis de nitrógeno, lo que indica que la aplicación de éste elemento contribuye directamente en dicha actividad de la planta, reflejándose en mayor altura y vigor de la misma. El tratamiento que reportó la mayor lectura fue en los surcos con separación de 50 cm con 28.24 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la dosis de nitrógeno de 150 Kg ha^{-1} con 29.01 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Cuadro 6. Fotosíntesis Neta (PN) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha^{-1})				Media
	0	50	100	150	
35	23.17 A	25.63 A	24.56 A	25.16 A	24.63
50	25.74 A	22.98 A	25.47 A	38.79 A	28.24
75	20.56 B	25,76 AB	27.64 A	23.10 AB	24.27
Media	23.15	24.79	25.89	29.01	C.V. 30.09

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

4.4 Tasa de Transpiración (E)

Los resultados obtenidos en ésta variable presentaron diferencia estadística en distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno (Cuadro 7). Los tratamientos

sobresalientes fueron los surcos separados a 35 y 50 cm con 8.07 y 8.06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente siendo estadísticamente iguales y diferenciándose con el tratamiento de 75 cm el cual dio una lectura promedio de 7.54 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El tratamiento de 100 Kg ha^{-1} de nitrógeno fue el que mostró mayor transpiración con 8.08 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ seguido de los tratamientos de 150 y 50 Kg ha^{-1} de nitrógeno con 8.02 y 7.91 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente con igualdad estadística entre sí. El tratamiento donde no se aplicó fertilizante nitrogenado presentó la transpiración mas baja con 7.54 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Cuadro 7. Tasa de transpiración (E) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha^{-1})				Media
	0	50	100	150	
35	7.67 A	8.20 A	8.24 A	8.15 A	8.07 a
50	8.31 A	7.84 A	8.03 A	8.08 A	8.06 a
75	6.64 B	7.69 AB	7.99 A	7.84 A	7.54 b
Media	7.54 a	7.91 a	8.08 a	8.02 ab	C.V. 6.87

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

4.5 Rendimiento de Algodón Hueso (RAH)

En el Cuadro 8 se muestra la comparación de medias del rendimiento algodón hueso donde los surcos a una distancia de 35 cm de separación presentó el rendimiento mas alto con 11,101.2 Kg ha^{-1} seguido por el de 75 cm y 50 cm de separación con 7,125.0 y 6,368.1 Kg ha^{-1} respectivamente siendo estadísticamente diferentes entre sí, lo que refleja una disminución del 35.81% y 42.63% con respecto al mejor rendimiento. En la fertilización nitrogenada no se detectó diferencia significativa entre las dosis evaluadas, sin embargo la dosis de 100 Kg ha^{-1} de nitrógeno tendió a mayor rendimiento con 8,677.2 Kg ha^{-1} .

Cuadro 8. Rendimiento de Algodón Hueso (RAH) (Kg) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha ⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	11,071 A	10,238 A	12,143 A	10,952 A	11,101.2 a
50	6,444.4 A	6,388.9 A	6,111.1 A	6,527.8 A	6,368.1 b
75	7,666.7 A	7,111.1 AB	7,777.8 A	5,944.4 B	7,125.0 b
Media	8,394.2 a	7,912.7 a	8,677.2 a	7,808.2 a	C.V. 16.49

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

4.6 Rendimiento de Algodón Pluma (RAP)

La comparación de medias mostrada en el Cuadro 9 del rendimiento algodón pluma, el distanciamiento entre surcos presentó diferencia estadística, obteniendo mayor rendimiento los surcos separados a 35 cm con 4,642.4 Kg ha⁻¹ seguido de los surcos con separación de 75 y 50 cm con 2,988.4 y 2,684.4 Kg ha⁻¹ respectivamente, lo que representa una disminución del 35.6 y 42.2% con respecto al mejor rendimiento. En cuanto a las diferentes dosis de Nitrógeno no se detectó diferencia estadística, sin embargo la dosis de 100 Kg ha⁻¹ de nitrógeno tendió a un mayor rendimiento con 3,612.2 Kg ha⁻¹.

Cuadro 9. Rendimiento de Algodón Pluma (RAP) (Kg) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha ⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	4,548.0	4447.8 A	5041.8	4,447.8 A	4,642.4 a
50	2,672.6	2,723.0 A	2,558.2	2,783.5 A	2,684.4 b
75	3,246.7	3016.7 AB	3,236.6	2,453.6 B	2,988.4 b
Media	3,489.1	3,395.8	3,612.2	3,256.4	C.V. 17.61

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

Lo anterior coincide con lo mencionado por (Gerik *et al.*, 1998) donde concluyen que la siembra de algodón en surcos ultra-estrechos incrementa el rendimiento hasta 37% y reduce en 12 días el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 76 cm por otro lado los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con lo mencionado por (Gaytán *et al.*, 2004) que no encontraron diferencia en rendimiento al sembrar en surcos espaciados a 50 y 76 cm mencionando que la siembra en surcos a 50 cm disminuyó en 7 días el ciclo del cultivo.

El análisis de la variable de Rendimiento de Algodón Hueso y Rendimiento Algodón Pluma se presenta en la Figura 3.

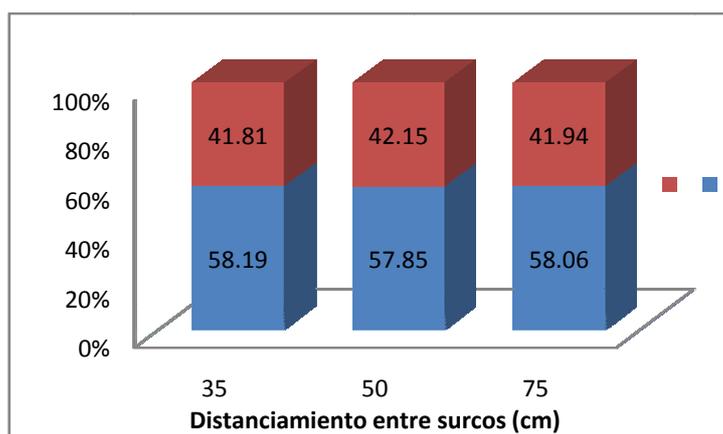


Figura 3. Relación entre Rendimiento Algodón Hueso y Rendimiento Algodón Pluma UAAAN-UL 2009.

El contenido de algodón pluma con respecto a el peso de algodón hueso corresponde a un 41.81% en los surcos de 35 cm de separación, obteniendo un 58.19% de hueso o semilla. Aunque la relación es similar entre los tres tratamientos del distanciamiento entre surcos, la cantidad de pluma y hueso varía de acuerdo al peso total.

4.7 Componentes de rendimiento

4.7.1 Peso de fibra

El cuadro 10 presenta la comparación de medias correspondiente al distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno, donde el primero de estos no presentó diferencia estadística, pero muestra que la separación entre surcos de 75 cm obtuvo el mejor peso de fibra con 50.49 gr seguido por el distanciamiento de 35 y 50 cm con 48.99 y 47.69 gr respectivamente. Las dosis de nitrógeno no impactaron de forma importante a ésta variable, ya que tampoco se detectó diferencia estadística en el análisis, sin embargo la dosis de 50 Kg ha⁻¹ de nitrógeno tendió a mayor peso de fibra con 50.33 gr, seguido de las dosis de 100, 0 y 150 Kg ha⁻¹ de nitrógeno con 49.7, 48.25 y 47.94 gr respectivamente.

Cuadro 10. Peso de fibra (gr) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha ⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	41.09 A	43.01 A	41.64 A	41.39 A	41.78
50	41.52 A	42.62 A	41.97 A	42.77 A	42.22
75	43.05 A	42.40 AB	41.60 AB	41.13 B	42.04
Media	41.88	42.68	41.73	41.76	C.V. 7.53

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

4.7.2 Peso de capullo

El análisis de varianza para esta variable detectó diferencia estadística en el distanciamiento entre surcos, donde sobresale el distanciamiento de 75 cm con un peso

promedio por capullo de 6.03 gr. Los surcos manejados a 35 cm con 5.86 gr resultó estadísticamente igual al de 75 y 50 cm, éste último con un peso promedio de 5.65 gr por capullo, inferior a los anteriormente descritos. La dosis de nitrógeno manejada en este experimento, no tuvo efecto en el peso de capullo, por lo que todas las dosis resultaron con igualdad estadística (Cuadro 11).

Cuadro 11. Peso de capullo (gr) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha ⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	5.77	5.94	5.95	5.79	5.86 AB
50	5.57	5.76	5.82	5.45	5.65 B
75	6.04	5.99	6.10	6.00	6.03 A
Media	5.79	5.89	5.96	5.74	C.V. 6.74

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

4.7.3 Índice de semilla

La comparación de medias presentada en el Cuadro 12, muestra que la distancia entre surcos se vio afectada en el índice de semilla, sobresaliendo los surcos a una distancia de 35 cm obteniendo 9.5 gr por cada 100 semillas, seguido de los surcos a 75 cm con 9.3 y a 50 cm con 9.0 gr por cada 100 semillas presentando diferencia estadística con respecto a los dos primeros. Las dosis de nitrógeno no presentaron diferencia estadística significativa, sin embargo la dosis de 150 Kg ha⁻¹ tendió mayor índice de semilla reportando 9.35 gr por cada 100 semillas.

Cuadro 12. Índice de semilla (%) con diferente distanciamiento entre surcos y dosis de nitrógeno UAAAN-UL 2009.

Distanciamiento entre surcos (cm)	Dosis de Nitrógeno (Kg ha⁻¹)				Media
	0	50	100	150	
35	9.40	9.43	9.63	9.53	9.50 A
50	9.03	8.96	9.00	9.03	9.00 B
75	9.06	9.23	9.40	9.50	9.30 A
Media	9.16	9.21	9.34	9.35 A	C.V. 2.77

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

CONCLUSIONES

La dosis de nitrógeno no tuvieron efecto sobre las variables evaluadas.

La mejor altura de planta, radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta , transpiración, rendimiento de algodón hueso y pluma e índice de semilla, se obtuvieron con distanciamiento entre surcos de 35 cm.

LITERATURA CITADA

- 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.
- Bednarz C. W., R. L. Nichols, S. M. Brown. Plant Density Modifications of Cotton Within-Boll Yield Components. *Crop Science* 46:2076-2080.
- Chronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. 1202 p.
- Decoteau D., R and H Friend. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: a discussion of light effects on plants. 23rd National Agricultural Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brown. Sept. 29-Oct 3., 1991. Mobile Alabama.
- Díaz. C.I. 2002. Respuesta a la fertilización Nitrogenada de nuevas variedades de algodón; rendimiento, Componentes de rendimiento y calidad de fibra. Tesis profesional P.p. 6-7: 14-17, especial, CIAN CELALA-INIA-SARH.
- El Siglo de Torreón, 2008. Resumen Económico de la Comarca Lagunera 2008. P. 27.
- Estrada O., Palomo A., Espinoza A., Rodríguez S. y Ruiz N. 2006. Rendimiento y Calidad de Fibra del Algodón Cultivado en Surcos Ultra-estrechos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, septiembre, año/vol. 31, número Especial 3 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. Pp. 79-83.

- FERREE, D.C. (1980). Canopy Development and Yield Efficiency of Golden Delicious Apple Trees in Four Orchard Management Systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3): pp. 376-380.
- Gardner, B.R., Pearce, R.B. y Michell, R.L. 1985. *Physiology of crops plants*. Iowa State University Press. USA.
- Gaylor M J, G A Buchanan, F R Guilliland, R L Davis (1983) Interaction among a herbicide program, nitrogen fertilization, tarnished plant bugs, and planting dates for yield and maturity of cotton. *Agronomy Journal* 75:903-907.
- Gaytán M A, A Palomo-Gil, D G Reta-Sánchez, S Godoy-Ávila, E A García Castañeda (2004) Respuesta del Algodón cv. Cian Precoz 3 al Espaciamiento Entre Surcos y Densidad Poblacional. I. Rendimiento, Precocidad y Calidad de Fibra. *ΦYTON Rev. Int. Bot. Exp.* 53:57-67.
- Gerik T J.R G. Lemon, K L Faver, T A Hoelewyn, M Jungman (1998) Performance of ultra-narrow row cotton in Central Texas. In: *Proc. Beltwide Cotton Conference*. P Dugger, D Ritcher (eds). San Diego, CA. 5-9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN. Pp: 1406-1409.
- Jost P. H., J. T Cothren. Phenotypic Alterations and Crop Maturity Differences in Ultra-narrow Row and Conventionally Spaced Cotton. *Crop Science* 41: 1150-1159.
- Larcher, W. 1983. *Physiological Plant Ecology*. Pringer-Verlag.
- McConnell, J. S., B. S. Frizzell, R. L. Maples, M. L. Wilkerson, and G. A. Mitchell. 1989. Relationships of irrigation methods and nitrogen fertilization rates in cotton production. Arkansas Agricultural Experimental Station. Fayetteville, AR, USA.

- Ogaz A. *et al.*, 2006. Rendimiento y Componentes de Rendimiento de Algodón en Surcos Ultra Estrechos y Densidad Poblacional. Memoria de la XIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED, p. 518-521.
- Palomo-Gil, A., A. Gaytán - Mascorro y S. Godoy-Ávila. 2003. Rendimiento, Componentes del Rendimiento y Calidad de Fibra del Algodón en Relación con la Dosis de Nitrógeno y la Densidad Poblacional. Rev. Fitotec. Méx. 26: 167-171.
- Perkins W.R. (1998). Three year overview of UNRC vs. conventional cotton. Proc. Belt-wide Cotton Conference. Nashville TN. 9-12 Jan. Natl. Cotton Council, Memphis TN. p. 91.
- Robles, S. R. 1985. Producción de Oleaginosas y Textiles, Segunda Edición. Editorial Limusa, p. 172-178.
- Romero M.L. y Ruiz S.J.M. 2009. Universidad de Granada, España. Generalidades de la nutrición: N en el suelo. Curso en Delicias, Chihuahua. Abril de 2009.
- 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.
- SCEICZ, G. (1974). Solar radiation in crop canopies. J. Appl. Ecol. 11, pp. 1117-1156.
- Statistical Analysis System, SAS (1996). SAS/STAT User Guide, Carey, NC, Release 6.12.
- Statistical Analysis System, SAS (1996). SAS/STAT User Guide, Carey, NC, Release 6.12.

Waddle, B. 1984. Crop Growing Practices in Cotton. Agronomy Series 24, 233-263.

Wu, J., X. Luo, Z. Wang, Y. Tian, A. Liang and Y. Sun. 2008. Transgenic cotton expressing synthesized scorpion insect toxin *AaHIT* gene confers enhanced resistance to cotton bollworm (*Heliothis armigera*) larvae. *Biotechnology Letters* 30: 547-554.

Zarka Y. 1992. Películas Fotoselectivas y Fluorescentes en Plásticultura. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 3-8 de Mayo, 1992. Granada, España.

(SAGARPA, 2008) Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/sinarefi/algodon.html>

(SAGPYA, 2006). Disponible en www.sagpya.mecon.gov.ar

(SIAP, 2008) disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/sinarefi/algodon.html>

(Vargas, 2004) disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/sinarefi/algodon.html>