

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE
VARIEDADES DE ALGODONERO (*Gossypium hirsutum* L.) TIPO
FIBERMAX**

**POR
PASCUAL JUSTO REYES**

TÉSIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

TORREÓN, COAHUILA MÉXICO

DICIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

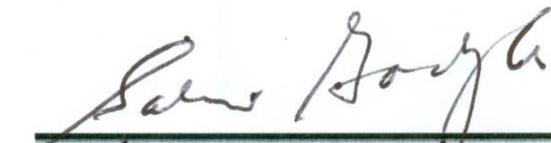
TÍTULO DE TESIS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE
VARIETADES DE ALGODONERO (*Gossypium hirsutum* L.) TIPO
FIBERMAX

POR:
PASCUAL JUSTO REYES

APROBADA POR:

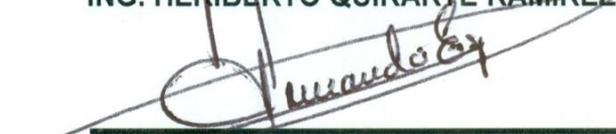
ASESOR PRINCIPAL:


Ph. D. SALVADOR GODOY ÁVILA

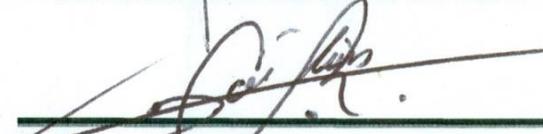
ASESOR:

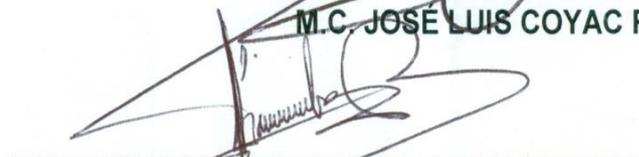

ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

ASESOR:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRIGUEZ


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. PASCUAL JUSTO REYES QUE SE SOMETE A
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

APROBADO POR:

PRESIDENTE:



PH. D. SALVADOR GODOY ÁVILA

VOCAL



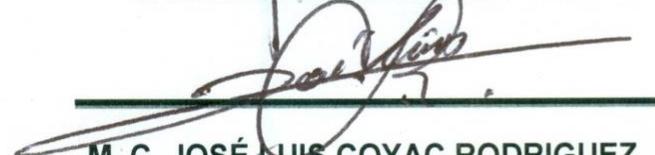
ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

VOCAL:



DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL:



M. C. JOSÉ LUIS COYAC RODRIGUEZ



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme brindado la oportunidad de estar en esta etapa muy importante de mi vida, por prestarme salud y poder vencer los distintos obstáculos para poder llegar hasta este momento de culminación de mi etapa profesional.

A mi “ALMA MATER” por arroparme durante todo este tiempo que duro mi formación profesional y permitirme ser parte de una generación de gobernes emprendedores y gente productiva para el país.

A mi comité de asesores: Ph. D. Salvador Godoy Ávila, Ing. Heriberto Quirarte Ramírez, Dr. Armando Espinosa Banda, M.C. José Luis Coyac Rodríguez e igualmente a mi tutor el Dr. Mario García Carrillo, quienes siempre mostraron con su incondicional apoyo para llevar a cabo este proyecto; así como a mis demás profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

A mis compañeros de generación, con quienes compartí cierta etapa de mi vida, dentro de lo que fue nuestra formación profesional, por la convivencia a diario y por contar con el apoyo de alguno de ellos en momentos necesarios.

¡MUCHAS GRACIAS!

DEDICATORIAS

Mi tesis la dedico al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad de mi corazón, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mi abuela Sra. Lucia Bautista Vargas, a mis Sres. padres C. Pedro Justo Bautista y C. Guadalupe Reyes Crispín, por ser los pilares más importantes de mi vida, por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante y por el valor mostrado para salir adelante y hacerme una persona de bien.

A mis hermanos Prof. Beatriz, MVZ. Francisco, Lic. Mario, Prof. Pablo, Carlos Eleazar y Ana María, por su apoyo moral, sentimental y económico durante el transcurso de mi carrera y que me siguen brindando incondicionalmente siempre. Les agradezco enormemente hermanos por su apoyo, comprensión y cariño.

A mi sobrino Diego Yael, por ser el primer nieto de mis señores padres y haber llenado de alegría a la Familia Justo Reyes.

¡Los quiero mucho!

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESÚMEN	viii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
II REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del cultivo	5
2.1.1 Origen del algodón.....	5
2.1.2.1 Algodones de la especie <i>Gossypium hirsutum</i> L.....	7
2.1.2.2 Algodones de la especie <i>Gossypium barbadense</i> L.....	7
2.1.2.3 Algodones de la especie <i>Gossypium arboreum</i> L y <i>Gossypium herbaceum</i>	7
2.1.3 Taxonomía	8
2.1.3.1 Morfología.....	8
2.1.3.2 Forma	9
2.1.3.3 Raíz	9
2.1.3.4 Tallo.....	9
2.1.3.5 Hojas	9
2.1.3.6 Fenología.....	10
2.1.3.7 Floración.....	10
2.1.3.8 Fruto	11
2.1.3.9 Número promedio de frutos maduros por planta	11
2.1.4 Semilla	11
2.2 Descripción de la planta.....	12
2.2.1 Distribución comercial	13
2.2.2 Aplicación biotecnológica.....	13
2.2.3 Algodón Bt	13
2.2.4 Algodón Bt en México	14

2.2.5 Principales atributos.....	15
2.2.6 Adopción de algodón GM en México, un caso de éxito	16
2.2.7 Centro de investigación de Bayer CropScience.....	18
2.2.7.1 Evento MON-15985.....	19
2.2.7.2 Evento MON 89913	20
III MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Ubicación del experimento.....	21
3.1.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera	21
3.1.2 Diseño experimental	22
3.1.3 Tratamientos:.....	22
3.2 Preparación del terreno.....	22
3.2.1 Barbecho	23
3.2.2 Rastreo	23
3.2.3 Nivelación	23
3.2.4 Trazo de riego.....	23
3.2.5 Camas	24
3.2.6 Fecha de siembra	24
3.2.7 Riego	24
3.2.8 Fertilización.....	25
3.3 Manejo Integrado de Maleza.....	27
3.3.1 Descripción del Herbicida Rudo (glifosato).....	28
3.4. Manejo Integrado de Plagas	28
3.4.1 Inspección para el picudo (<i>Anthonomus grandis</i> Boheman).....	29
3.4.2 Inspección para la conchuela (<i>Chlorochroa ligata</i> Say).....	30
3.5 Defoliación	30
3.5.1 Descripción del producto Dropp Fluid, (Thidiazuron y Diuron).....	30
3.5.2 Modo de acción.....	31
3.5.3 Descripción del producto Def (Butifos).....	32
3.5.4 Características biológicas	32
3.5.5 Descripción de herbicida Kator80 DF (Diuron)	33
3.5.6 Cosecha.....	33
3.6 Variables agronómicas evaluadas	34
3.6.1 Altura de Planta	34

3.6.2 Componentes del Rendimiento.....	34
3.6.2.1 Peso de capullo	34
3.6.2.2 Porcentaje de fibra	35
3.6.2.3 Porcentaje de semilla	35
3.6.2.4 Índice de semilla	36
3.6.3 Rendimiento.....	36
3.6.3.1 Rendimiento de algodón hueso	37
3.6.3.2 Rendimiento de algodón pluma	37
3.6.4 Calidad de Fibra.....	38
3.6.4.1 Finura	39
3.6.4.2 Longitud de fibra	39
3.6.4.3 Resistencia	41
3.6.4.4 Uniformidad	42
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Componentes del rendimiento	43
4.1.2 Peso de capullo	43
4.1.3 Índice de semilla	44
4.1.4 Porcentaje de fibra.....	44
4.1.5 Porcentaje de semilla.....	45
4.1.6 Rendimiento de algodón hueso kg/ha.....	46
4.1.7 Rendimiento de algodón pluma kg/ha.....	48
4.1.9 Altura de planta.....	50
4.2 Calidad de fibra	51
4.2.1 Finura.....	51
4.2.2 Longitud	51
4.2.3 Resistencia	51
4.2.4 Uniformidad	52
V CONCLUSIONES	53
VI LITERATURA CITADA.....	54
ANEXO	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Programa de riegos de auxilios en algodónero y estado de desarrollo de la planta con que coinciden UAAAN-UL. 2013.	25
Cuadro 2. Programa de aplicación de la nutrición en el cultivo del algodónero UAAAN-UL. 2013.	27
Cuadro 3. Programa de aplicación de herbicidas al cultivo de algodónero UAAAN-UL. 2013.	28
Cuadro 4. Tabla para interpretar los resultados del análisis de micronaire por el método de USTER HVI 1000.	31
Cuadro 5. Tabla para interpretar los resultados del análisis de longitud por el método de USTER HVI 1000.	33
Cuadro 6. Tabla para interpretar los resultados del análisis de resistencia por el método de USTER HVI 1000.	39
Cuadro 7. Tabla para interpretar los resultados del análisis de uniformidad por el método de USTER HVI 1000.	40
Cuadro 8. Tabla para interpretar los resultados del analisis de resistencia por el metodo de USTER® <i>HVI 1000</i> .	41
Cuadro 9. Tabla para interpretar los resultados del analisis de uniformidad por el metodo de USTER® <i>HVI 1000</i> .	42
Cuadro 10. Peso de capullo en gramos, para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	43
Cuadro 11. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	44
Cuadro 12. Índice de semilla en gramos para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	45
Cuadro 13. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	46
Cuadro 14. Porcentaje de fibra para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	46
Cuadro 15. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	47

Cuadro 16. Porcentaje de semilla para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	48
Cuadro 17. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	49
Cuadro 18. Rendimiento de algodón hueso en kg/ha, para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	49
Cuadro 19. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	50
Cuadro 20. Rendimiento de algodón pluma en kg/ha, para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	52
Cuadro 21. Contrastes ortogonales para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.	57

RESÚMEN

La consecutiva evaluación de semillas con Biotecnología (transgénica) en el cultivo del algodón, ha permitido observar las diferencias que existen entre los cultivares comerciales comparados con los nuevos. Por tal motivo se pueden tomar decisiones para hacer más eficiente la relación costo-beneficio para los productores. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el año 2012 en un predio comercial del productor Abed Negro Flores Alvarado, del Ejido San Patricio, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, donde el objetivo fue determinar las características agronómicas, rendimiento y calidad de fibra de cuatro variedades transgénicas de algodón (*Gossypium hirsutum* L) tipo FiberMax (Bayer CropScience) en la Comarca Lagunera.

Los Tratamientos en estudio fueron conformados por cuatro variedades transgénicas de Bayer CropScience (FM 1740B2F (T), FM 9160B2F, FM 9170B2F y FM 9250F). Se evaluó el comportamiento agronómico, como altura de planta, rendimiento de algodón hueso y pluma; los componentes de rendimiento tales como peso de capullo, porcentaje de fibra, porcentaje e índice de semilla. Se determinaron los parámetros de calidad de fibra como longitud, resistencia, finura y uniformidad en laboratorio HVI. Para el análisis estadístico de la información se utilizó un Diseño en Bloques al azar con 4 repeticiones. Para el parámetro altura de planta, la variedad que resultó tener la máxima altura fue el cultivar FM 9250F con 0.67 m, mientras que los cultivares FM 9160B2F y FM 1740B2F obtuvieron una altura de 0.63 m y el cultivar FM 9170B2F obtuvo la menor altura con 0.62 m.

Las variedades FM 9250F (un gen), FM 9160B2F y FM 9170B2F fueron estadísticamente iguales y registraron el mayor rendimiento de algodón hueso con una producción de 6,975.8 kg ha⁻¹, 6,377.9 kg ha⁻¹ y 5,850.8 kg ha⁻¹ respectivamente. La variedad FM 1740B2F (Testigo) mostró el menor rendimiento de algodón hueso con 4,777.8 kg ha⁻¹. En cuanto al rendimiento pluma las variedades FM 9250F, FM 9160B2F y FM 9170B2F con una producción de 3,041.6 kg ha⁻¹, 2,808.1kg ha⁻¹ y 2,549.2 kg ha⁻¹ superaron al Testigo comercial FM 1740B2F. De igual manera, el valor máximo de porcentaje de semilla lo obtuvo la variedad FM 9170B2F con 56.4%. La variedad que obtuvo el menor porcentaje de semilla fue FM 1740B2F. En cuanto al porcentaje de fibra la variedad FM 1740B2F fue la que obtuvo el mayor porcentaje con 44.6% y la variedad FM 9250F fue la que presentó el menor porcentaje con 43.5%. Respecto al índice de semilla las cuatro variedades fueron estadísticamente iguales con FM 9160B2F con 10 g, FM 9250F con 9.7 g, y FM 9170B2F y FM 1740B2F con 9.6 g. Para el peso de capullo las variedades FM 9250F y FM 9160B2F fueron iguales con 5.3 g, mientras que FM 9170B2F y FM 1740B2F con 5.0 y 5.1 g, obtuvieron los menores valores.

Por lo que respecta a la calidad de fibra, en el valor de micronaire no se señalaron diferencias significativas, ya que la finura de las cuatro variedades se ubicó en calidad de fibra media (3.7-4.7). Para el porcentaje de uniformidad, de igual manera no hubo diferencias significativas, por lo cual las cuatro variedades se encuentran en el rango medio de porcentaje (81-84%).

Referente a la resistencia de la fibra, de igual forma, el análisis estadístico no señaló diferencias significativas, por lo cual las cuatro variedades se encuentran en resistencia media (26-28).

Se comprobó el planteamiento de la hipótesis alterna (nula), donde sí existen diferencias en las características de rendimiento y calidad de fibra para las variedades de algodón evaluadas.

Palabras claves: *Gossypium hirsutum*, *Bacillus thuringiensis*, *Agrobacterium tumefaciens*, Variedades Transgénicas, Organismos Genéticamente Modificados, FiberMax®, Biolística.

I INTRODUCCIÓN

El algodón es actualmente la fibra textil de mayor uso en el mundo, donde los países mayormente productores son China, India, Estados Unidos de América, Pakistán y Brasil, los cuales produjeron 95.2 millones de pacas en 2011/12 y aportaron el 77.5 por ciento de las necesidades de algodón anuales que se requieren en el mundo, con un crecimiento de casi 3.7 millones de hectáreas en un año, actualmente se siembra algodón en 24.7 millones de ha en 13 países, cuatro de ellos con más de un millón cada uno (Cotton Inc., 2012).

Los buenos precios de la fibra en el mercado internacional han sido un aliciente importante para el crecimiento del área cultivada, aunque también debido a otros beneficios económicos, ambientales, sanitarios, sociales a los productores y consumidores. En México hay información sobre el proceso de rescate y de los actuales beneficios en zonas algodonerías que padecían baja productividad por ataque de plagas y un uso masivo de plaguicidas (Beneficios y Aplicaciones de la Biotecnología en México, 2012).

La especie de algodonería cultivada en México es *Gossypium hirsutum* L., la cual es originaria de la República Mexicana y América Central (SFA, 2012).

Los estados en los que el algodón se cultivó con éxito durante 2011 fueron: Sinaloa, Sonora, Baja California, Chihuahua, Tamaulipas, Coahuila y

Durango. El algodón ha sido considerado como “el cultivo social” ya que genera trabajo y sustento a familias en las regiones donde se siembra.

Para convertir el algodón cosechado mecánicamente en un producto comercializable, en las despepitadoras se seca y se limpia (remueve las partículas vegetales y basuras) el algodón con semilla (algodón hueso) y se separan la fibra de la semilla, se limpia de nuevo la fibra y coloca en un empaque aceptable; todo sin deteriorar la calidad de la fibra (SFA, 2011).

Durante el ciclo agrícola de 2011 en el municipio de San Pedro se sembraron 15,449.35 ha de algodón, de las cuales la superficie cosechada fue la misma, con una producción de 79,780.72 toneladas, con un rendimiento de 5.16 toneladas/ha (SIAP, 2011).

Las importaciones de telas e hilados chinos han provocado reducción hasta de un 40 por ciento en el precio del algodón, lo que ha detenido la comercialización de la cosecha. Los algodoneros de la Comarca Lagunera buscaron vender la fibra aunque sea a bajos precios para liquidar créditos que contrajeron durante ese año, cuyos intereses los agobian. Rubén Escajeda Jiménez, titular de la Confederación Nacional Campesina local, comentó que en la Comarca Lagunera se dio una cosecha récord de 170 mil pacas de algodón, con un peso aproximado de 107,100 toneladas de algodón hueso, de las cuales alrededor de 45 mil pacas corresponden a campesinos de Durango, las restantes 125 mil son de los laguneros de Coahuila (Maldonado, 2011).

En el año 2011, la libra del producto se vendió en 1.20-1.25 dólares, pero en estos momentos el algodón ha bajado en su precio, por lo que se está

vendiendo en 0.80 centavos de dólar, una baja de aproximadamente un 40 por ciento, señala el líder cenecista.

Esta reducción –explica– se está dando por la entrada a México de telas e hilados procedentes de China, razón por la que los compradores de algodón nacional no pueden competir en costos con los productos asiáticos (Maldonado, 2011).

La Biotecnología moderna nos da la posibilidad del desarrollo de alimentos más nutritivos (por ejemplo algún fruto que produzca alguna vitamina), o en el que la propia planta produzca su propio insecticida de origen natural, entre otras posibilidades.

Por ejemplo, gracias al trabajo de científicos y al desarrollo de técnicas de Biología Molecular, fue posible detectar un gen que codifica para una proteína insecticida, presente en el genoma del microorganismo *Bacillus thuringiensis*, el cual se encuentra comúnmente en el suelo. Esta proteína es producida por este microorganismo. Se están usando técnicas de Biología Molecular se seleccionó el gen, es decir la parte exacta del ADN que tiene la capacidad de producir esta proteína. Con ayuda de la Ingeniería Biotecnológica se preparó un segmento de ADN (plásmido), que contenga la región deseada (el fragmento de ADN que produce la proteína insecticida), dentro del genoma de un microorganismo (*Agrobacterium tumefaciens*). Esta bacteria tiene la capacidad de incrustarse de manera natural entre las células de las plantas, e introducir su material genético (con el gen que deseamos introducir) en el genoma de la planta.

Una vez que el gen se ha introducido, se realizan numerosos estudios en laboratorio y campo para verificar que por la adición del nuevo gen, no se haya interrumpido la síntesis de otra proteína, que pudiese dañar la salud de la planta, así como numerosos estudios toxicológicos, alergénicos y de equivalencia sustancial.

Una vez que la nueva planta ha pasado exitosamente los más estrictos análisis, el resultado final es un Organismo Genéticamente Modificado (OGM) o bien conocido como una planta transgénica, en este caso; una planta con la característica de producir su propio insecticida, pues ahora cuenta con el gen de la proteína insecticida dentro de su propio genoma. Lo cual se traduce en un mayor rendimiento, al no ser atacado por las plagas así como por la reducción del uso de insecticidas químicos (Syngenta, 2012).

1.1 Objetivos

Determinar las características agronómicas de rendimiento y calidad de fibra de cuatro variedades transgénicas tipo FiberMax de algodónero en la Comarca Lagunera.

1.2 Hipótesis

Ho: No existen diferencias en las características agronómicas de las variedades transgénicas de algodónero tipo FiberMax.

Ha: Si existen diferencias en las características agronómicas de las variedades transgénicas de algodónero tipo FiberMax.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

El algodón es una fibra vegetal de gran importancia como materia prima en la industria del vestido. La actividad algodonera tiene tres vertientes: la producción de fibra, la de hilatura y la producción final textil. Además de estos usos, las semillas se aprovechan para la producción de aceite (SAGARPA, 2012).

2.1.1 Origen del algodón

Las diferentes especies son originarias de América Tropical, Asia y África. Sin embargo, se ha establecido que *Gossypium hirsutum* es originario de América Central y del sur de México, y que *Gossypium barbadense* se origina de los valles fértiles del Perú. *Gossypium arboreum* y *Gossypium herbaceum*, son originarios de la India y Arabia. Actualmente todas estas especies son cultivadas en todo el mundo (OIEDRUS B.C, 2011).

2.1.2 Descripción genética del algodón

En lo que respecta al movimiento del material genético, por el polen es posible que solo en aquellas plantas que tengan el tipo cromosómico apropiado, en este caso solo aquellos allotetraploides con genomas AADD. Es decir, *G. hirsutum* L que es una especie tetraploide ($n=26$) y presenta los juegos genómicos AADD, puede llegar a cruzarse con *G. arboreum* L. Que

posee un grupo genómico AA y es una especie diploide ($n=13$), o puede cruzarse con *G. barbadense* L, que tiene un grupo genómico AADD y es tetraploide ($n=26$), o con *G. herbaceum* L, cuyo grupo genómico es AA y es una especie diploide ($n=13$).

Las especies de algodón fueron clasificadas por Hutchinson y colaboradores en 1947 y en la actualidad se reconocen los seis grupos de genomas propuestos por Hutchinson y colaboradores y un genoma más de *Gossypium*; estos grupos son A, B, C, D, E, F y G, y su clasificación se realizó de acuerdo con el tamaño todos los cromosomas de la siguiente forma:

A: cromosomas muy largos.

B: cromosomas largos (algunos más largos que F).

C: cromosomas largos (más largos que B).

D: cromosomas largos (todos ligeramente más largos que A).

E: cromosomas moderadamente largos.

F: cromosomas moderadamente largos pero más pequeños que A.

G: cromosomas pequeños.

En el mundo se cultivan 4 especies de algodón: *G. arboreum* L y *G. herbaceum* L (originarias de Asia y África), *G. barbadense* L y *G. hirsutum* L (originarias de América). Estas especies pertenecen a la familia Malvaceae y se clasifican según las propiedades de su fibra en:

2.1.2.1 Algodones de la especie *Gossypium hirsutum* L

La planta de esta especie produce fibra de textura media, más larga y fina utilizada en la elaboración de hilo de calibre inferior a 40; y fibra de textura gruesa y corta utilizada en la elaboración de hilo grueso (36, 38).

2.1.2.2 Algodones de la especie *Gossypium barbadense* L

Las plantas de *G. barbadense* producen fibra larga y se emplean en la fabricación de hilos para manufactura de tejidos de alta calidad, calibre 36- 38.

2.1.2.3 Algodones de la especie *Gossypium arboreum* L y *Gossypium herbaceum* L

Las plantas de estas especies producen fibra corta y gruesa utilizada para la elaboración de tejidos pesados, muselina, relleno de muebles y algodón quirúrgico (Rache, 2011).

2.1.3 Taxonomía

CONABIO (2012) menciona que la clasificación del algodón es la siguiente:

Reino Vegetal

División Tracheophyta

Subdivisión Pteropsida

Clase Angiosperma

Subclase Dicotiledónea

Orden Malvales

Familias Malváceas

Tribu Hibisceas

Genero *Gossypium*

Especie *hirsutum* (cultivado)

Especie *barbadense* (cultivado)

2.1.3.1 Morfología

Lagiere, (1969) menciona que la morfología o estructura fundamental del algodón, es relativamente simple, varía ampliamente según la especie, la influencia del ambiente y de las condiciones del cultivo. Se describe la planta del algodón (*G. hirsutum* L.) de la siguiente manera:

2.1.3.2 Forma

El algodón es muy desarrollado, el tallo principal es erguido y su crecimiento es terminal y continuo (monopódico), las ramas secundarias se desarrollan de manera continua o discontinua (simpódico). La longitud del tallo principal, así como la de las ramas, es variable, el conjunto constituye el porte, que varía de piramidal a esférico (Martínez, 2011).

2.1.3.3 Raíz

La raíz principal es pivotante; las raíces secundarias cercanas al cuello son más largas, obviamente las próximas al ápice son más cortas. Las raíces secundarias se ramifican consecutivamente hasta llegar a los pelos absorbentes radicales. En suelos profundos y de buen drenaje, las raíces pueden llegar a medir hasta más de 2 metros (Martínez, 2011).

2.1.3.4 Tallo

La planta de algodón posee un tallo erecto, con ramificación regular, crecimiento monopodial, integrado por nudos y entrenudos. De un modo se desarrolla una hoja y en la base del peciolo emergen dos yemas una vegetativa (monopódico) y otra fructífera (simpódico) (Martínez, 2011).

2.1.3.5 Hojas

Estas son de 4.10 cm de largo, alternas, cordatas, 3.5 lobadas, lóbulos anchamente triangulares hasta ovados, agudos (CONABIO, 2012). Las hojas

de las variedades cultivadas, generalmente tienen de tres a cinco lóbulos, pueden ser de color verde oscuro o rojizo. Tienen de tres a cinco nervaduras con néctares en el envés, que excretan un fluido dulce (Duarte, 2011).

2.1.3.6 Fenología

Según Díaz (2002; citado por Manjarrez, 2008), el ciclo del algodón se divide en cinco partes diferentes, las cuales son: **a)** Fase de nacerencia: de la germinación al despliegue de los cotiledones (de 6 – 10 días); **b)** Fase de plántula o embrión: desde el despliegue de los cotiledones al estadio de 3 a 4 hojas (duración de 20 a 25 días); **c)** Fase de prefoliación: del estadio de 3 a 4 hojas al comienzo de la floración (duración de 30 – 35 días); **d)** Fase de floración (duración de 50 – 70 días); **e)** Fase de la maduración de las cápsulas (duración de 50 – 80 días).

2.1.3.7 Floración

Se encuentra sobre un simpodio de longitud mediana de seis a ocho botones florales, aproximadamente. Aparecen primeramente bajo la forma de pequeñas estructuras verdes, piramidales, compuestas de tres brácteas que recubren y encierran estrechamente la futura flor. Al abrir la flor vemos que está constituida por: el involucro, comprendiendo tres brácteas, dentadas, verdes; el cáliz gamosépalo (cinco sépalos soldados entre sí); la corola de cinco pétalos de color blanco-cremoso a amarillo, según las especies, algunas veces con una mancha roja en la base; el androceo, con un mínimo de diez hileras de

estambres bi-lobulados, polen amarillo, esférico, espinoso; el gineceo, con ovario de 2-6 carpelos y un estigma de 2-6 glóbulos soldados.

2.1.3.8 Fruto

Tras la fecundación, el ovario aumenta rápidamente de volumen, el fruto es una capsula. Las capsulas más o menos grandes, de 2 a 5 cm, de altura, son ovoides alargadas o esféricas, de color verde y más o menos salpicado de rojo. La forma y la dimensión varían según la especie y la variedad, dependiendo al mismo tiempo del medio ambiente (Madrigal y Llamas, 2008).

Las cápsulas, con tres a cinco carpelos, seis a diez semillas. Las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra. Su longitud de 20 y 45 cm, calibre entre 15 y 25 micras, pesando de 4 a 10 gramos (Madrigal y Llamas, 2008).

2.1.3.9 Número promedio de frutos maduros por planta

Se calcula que fructifica el 60% de los botones florales, el 40% restante se pierde a consecuencia de un aborto ya sea por causas nutricionales, ambientales o por ataque de plagas y enfermedades (CONABIO, 2012).

2.1.4 Semilla

El tamaño y tipo de semilla, estas son de 10 mm de largo a 4 mm de ancho, de forma ovoide, testa finamente punteada. Las semillas son color pardo oscuro, el número de semillas aproximadas por fruto está entre 20-26-36

semillas (CONABIO, 2012). Su epidermis produce fibras largas gruesas. La semilla produce del 18 al 20% del aceite comestible; la pasta se utiliza para la alimentación ganadera (Duarte, 2011).

Además de la fibra, la semilla se utiliza para producción de aceite y ha sido catalogada como la segunda fuente de aceite vegetal en el mundo. La semilla contiene 15% de aceite comestible no saturado, que es utilizado para la cocina y la fabricación de jabones. El aceite de algodón le sigue en importancia para el consumo humano al aceite de soya, de la colza (canola), del girasol y del cacahuate de importancia para el consumo humano.

Con la semilla, también se elaboran pastas, importantes por el alto contenido proteico (24%), que se destinan como alimento para animales y como fertilizante, y además se puede producir harina, rica en proteína de alta calidad apta para el consumo humano, a la que previamente se le elimina un pigmento conocido como gossypol, que es tóxico para los animales no rumiantes. Esta harina es utilizada en Centro América para la elaboración de una bebida rica en proteína conocida como incaparina, que es suministrada a los niños para prevenir la desnutrición (Rache, 2011).

2.2 Descripción de la planta

La planta de algodón pertenece a la familia de las Malváceas. Se conocen más de 30 especies (entre otras *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L., *G. arboreum* L). El algodón, como planta de cultivo tropical, procede de varios centros de origen (el Sur de África, el área del Sur de Asia, y Perú). Hay

especies anuales, pluriánuales y perennes. Su flor es de color amarillo, blanco y rojo púrpura, y es de autofecundación.

2.2.1 Distribución comercial

A lo ancho del mundo se cultiva aproximadamente 33 millones de hectáreas de algodón. Las especies económicamente más importantes son *G. hirsutum* y *G. barbadense*. *G. hirsutum* produce una fibra corta de mediana longitud (2-3 cm) tiene una participación del 80 a 90 % en el mercado mundial.

G. barbadense produce fibras de alto valor de longitud hasta muy alta (3-4 cm), obtiene una participación de 10-20% en el mercado mundial.

2.2.2 Aplicación biotecnológica

La Biotecnología está produciendo rápidamente una serie de nuevos cultivos, con resistencia a insectos y enfermedades entre otros muchos rasgos que se están desarrollando. Algodones de Ingeniería Genética que expresan genes de endotoxina- delta desde *Bacillus thuringiensis* sub *spp. Kurstaki* (Bt) ofrecen quizás el avance más importante en el manejo de plagas del algodón (Fitt y Wilson, 2000).

2.2.3 Algodón Bt

Se han introducido genes de la bacteria común del suelo *Bacillus thuringiensis* (Bt) en plantas de algodón, lo que las hace producir una proteína que es tóxica para determinados insectos. El algodón Bt es muy eficaz para

combatir plagas, como el gusano rosado del algodnero (*Pectinophora gossypiella* Saunders) y el gusano de la cápsula del algodnero (*Helicoverpa zea* Boddie), y es parcialmente eficaz para combatir el gusano del tabaco (*Heliothis virescens* Fabricius) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith). Estas plagas constituyen un problema importante en muchas zonas algodneras, pero hay otras plagas del algodón, como el picudo del algodnero (*Anthonomus grandis* Boheman), que no son susceptibles al Bt y se siguen necesitando plaguicidas químicos para combatirlas (James, 2002, citado por la FAO, 2004).

Las primeras variedades de algodón Bt se introdujeron comercialmente por medio de un acuerdo de concesión de licencias entre el descubridor del gen, Monsanto, y la principal empresa americana de germoplasma de algodón, Delta and Pine Land Company (D&PL). Estas variedades contienen el gen Cry1Ac y se comercializan con el nombre comercial de Bollgard® (FAO, 2004).

2.2.4 Algodón Bt en México

En el algodón Genéticamente Modificado el material genético (ADN) ha sido alterado, a través de la Biotecnología moderna denominada también “tecnología del ADN recombinante” o “Ingeniería Genética”, insertando genes seleccionados de otros organismos para obtener variedades que expresan nuevas características. La obtención de tales plantas envuelve diversas etapas: la identificación y aislamiento de un gen que confiere la característica deseada, la clonación (multiplicación del gen); la transformación o transferencia de ese gen al genoma de la célula, al que debe integrarse de manera estable y

expresarse adecuadamente; la regeneración de la planta y la fijación de la característica obtenida (Lajolo y Nutti, 2003, citado por Silva, 2005).

Actualmente, el algodón Genéticamente Modificado (GM) se cultiva comercialmente en varias zonas específicas de los estados de la República Mexicana. En 2010, México rebasó la cuota del medio millón de toneladas producidas, récord para este cultivo. En 2011 se han obtenido buenas cosechas con variedades llamadas Bt que producen su propio bioinsecticida, en Baja California, Sonora y Chihuahua; en Coahuila y Durango (Comarca Lagunera) y Tamaulipas. En Chihuahua se han logrado cosechas récord de 8 o 9 pacas por hectárea (una paca equivale a 230 kilogramos de fibra); en la Comarca Lagunera también se ha mejorado la productividad (Beneficios y Aplicaciones de la Biotecnología en México, 2012).

2.2.5 Principales atributos

Las tecnologías que se están usando en México básicamente son dos:

Tecnología Bollgard®. Sirve para el control de gusano bellotero (*H. virescens* Fabricius) y gusano rosado (*P. gossypiella* Saunders), pero al ser estas plagas de la familia de los gusanos (Lepidópteros), también tiene cierta supresión sobre otras plagas como gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) y gusano falso medidor (*Trichoplusia ni* Hübner).

Tecnología Bollgard Solución Faena®. Ahorra al agricultor el paso de maquinaria, y se logra un efectivo control de la maleza.

2.2.6 Adopción de algodón GM en México, un caso de éxito

El algodón Bollgard ®, producido por Monsanto, que contiene un gen que codifica para la producción de una proteína cristal insecticida, Cry1Ac δ -endotoxina de Bt (Adamczyk y Gore, 2004; Jackson *et al.*, 2005; Leonard *et al.*, 2006). Las plagas de lepidópteros, tales como el gusano del tabaco, complejo bellotero (*H. zea* Boddie y *H. virescens* Fabricius) y gusano rosado (*P. gossypiella* Saunders) (Kalaitzandonakes, 2003), son particularmente susceptibles a la endotoxina Cry1Ac (Adamczyk y Gore, 2004).

Las proteínas Cry requieren que estas sean ingeridas para tener una actividad insecticida. En el intestino del insecto, la proteína se solubiliza debido al alto pH (alcalino) y se degrada hasta quedar el núcleo proteico que genera la actividad tóxica. El núcleo de la proteína se une a receptores específicos en el intestino medio de insectos lepidópteros, se inserta dentro de la membrana y forma poros que rompen el flujo de iones existentes en el tubo digestivo. De esta forma se produce parálisis en la digestión y se causa la muerte del insecto.

Los tejidos del sistema digestivo de insectos no objetivo, mamíferos, pájaros y peces carecen de receptores donde se pueda unir a la proteína Cry1, tienen un pH ácido, lo que impide que se interrumpa la digestión y en consecuencia esta no es tóxica para especies distintas a insectos lepidópteros (Monsanto Agricultura España, 2002).

Mediante el uso de las plantas transgénicas resistentes a herbicidas, se podría inducir un aumento del uso de estos agroquímicos. Sin embargo en el caso del glifosato este podría no ser el caso, ya que se podría disminuir el uso de herbicidas pre-emergente, lo cual estaría contribuyendo a la implementación

de prácticas de laboreo más conservacionistas al cuidar más la cubierta vegetal y el suelo, disminuyendo la erosión. El glifosato no es tóxico para los animales y se degrada por los microorganismos del suelo (Iáñez, 2000).

Así como los genes Cry han sido introducidos a la planta de algodón para generar resistencia a insectos, los métodos de Ingeniería Genética han permitido que plantas de algodones sensibles a herbicidas se modifiquen genéticamente para ser capaces de tolerar herbicidas no selectivos de amplio espectro como glifosato, oxinil, glufosinato de amonio y sulfonilurea.

El glifosato, elimina las plantas inhibiendo competitivamente la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS). La EPSPS es esencial para la producción de aminoácidos aromáticos en las plantas. La estrategia de tolerancia consistió en conferirles a las plantas de algodón, la capacidad de producir la proteína CP4 EPSPS, derivada de *Agrobacterium sp.* Cepa CP4 que de forma natural es tolerante al herbicida y de esta manera generar en la planta la tolerancia al herbicida. Esta tecnología ha sido utilizada en las variedades de algodón, que confieren tolerancia a las aplicaciones tóxicas del herbicida, cuyo ingrediente activo es el glifosato (Silva, 2005).

En la Comarca Lagunera, la tecnología Bt controló en 100% dos de las siete plagas del algodonoero en México, gusano bellotero (*H. virescens* Fabricius) y gusano rosado (*P. gossypiella* Saunders) (Monsanto, 2011).

El algodón con resistencia a insectos y con tolerancia a herbicida ha sido desarrollado combinando ambas características (genes acumulados), proporcionando al agricultor la oportunidad de disponer en una misma variedad protección contra insectos y tolerancia a herbicida. El mismo proceso empleado para obtener variedades convencionales fue utilizado para combinar las

características introducidas en este algodón. De esta forma, el algodón con tecnologías conjuntas (Bt + tolerante a herbicida) fue obtenido por mejoramiento convencional mediante la cruce del algodón Bt y el tolerante a herbicida.

Las proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* (Bt) y CP4 EPSPS de *Agrobacterium tumefaciens*, cepa C4, producidas por el algodón con genes acumulados, actúan independientemente y a través del mismo mecanismo que ya fue descrito cuando se trataron individualmente las características Bt y tolerante a herbicida. Dichas proteínas se acumulan en sitios diferentes de la planta, la CP4 EPSPS lo hace en los cloroplastos, mientras que la proteína Cry se presenta en el citoplasma.

El modo y sitio de actividad biológica son significativamente diferentes entre Cry e CP4EPSPS y no se conoce, ni se concibe un mecanismo de interacción entre estas proteínas, el cual pudiera generar efectos nocivos para la salud de los animales o del hombre (Silva, 2005).

2.2.7 Centro de investigación de Bayer CropScience

En los diferentes centros de investigación de Bayer CropScience a nivel mundial, se desarrolla el Programa de Mejoramiento Genético de Algodón. Este trabajo intenso ha permitido obtener variedades de algodón FiberMax® más productivas y con una alta sanidad, basado en las experiencias de Estados Unidos y Australia. Así, se han desarrollado plantas tolerantes a las principales enfermedades y algunas plagas de importancia económica en las regiones productoras de algodón.

Las variedades de algodón FiberMax 1740B2F, FiberMax 9170B2F y FiberMax 9160B2F, cuentan con los eventos (MON 15985) x (MON 89913), que a partir de las proteínas insecticidas Cry1Ac y CryZAb de *Bacillus thuringiensis* kurstaki, conocidos como Bollgard ®, le confiere resistencia al cultivo, al ataque de larvas de ciertos insectos lepidópteros como *H. virescens* Fabricius (bellotero), *P. gossypiella* Saunders (rosado).

2.2.7.1 Evento MON-15985

Nombre comercial de Bollgard II, se derivó de la variedad híbrida de algodón DP50B, que era una mezcla de DP50 y transgénico Bollgard algodón línea 531, por la transformación biolística (El ADN puede ser introducido en una célula por microproyectiles de 10 µm de diámetro.) con ADN de plásmido que contiene el gen *CryAb2* originalmente aislado de *Bacillus thuringiensis* *Kurstaki*. Como consecuencia, evento MON-15985 expresa tanto como *CryAc* y *CryAb2* proteínas insecticidas y exposiciones a resistencia a una amplia gama de plagas de lepidópteros tales como el gusano bellotero (*H. virescens* Fabricius) del algodón, gusano cogollero del tabaco (*Spodoptera* spp.), gusano rosado (*P. gossypiella* Saunders), y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner), (Biosafety Clearing-House Convention on Biological Diversity, 2012).

2.2.7.2 Evento MON 89913

Nombre comercial: Algodón Solución Faena Flex®, algodón Roundup Ready Flex®. Nombre del evento: MON 88913.

Característica: el algodón Solución Faena Flex® contiene dos copias del gen Cp4 de *Agrobacterium sp.* Cepa CP4 que le confieren tolerancia al herbicida glifosato (SENASICA, 2008).

Para optimizar los resultados que pueda brindar la tecnología en el control de insectos, se recomienda buena preparación del suelo y controles oportunos de malezas, para evitar que la maleza o los residuos de cosecha se conviertan en hospederos de las plagas.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2012, en el predio del productor Abed Nego Flores Alvarado, en el Ejido San Patricio, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. Las coordenadas del sitio experimental son: 25° 39' 43" latitud norte y 102° 56' 16" longitud oeste.

3.1.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La región está integrada por los municipios de Torreón, Matamoros, Francisco I. Madero, San Pedro y Viesca en el estado de Coahuila; así como los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimi y 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.

El municipio de San Pedro está localizado en la Región Laguna del estado de Coahuila y cuenta con una extensión territorial de 9,942.4 Kilómetros cuadrados y una población de 93,677 habitantes. Se localiza en el paralelo 25° 45' latitud norte y el meridiano 102° 59' longitud oeste; es uno de los 38 municipios que forma el estado de Coahuila situado al norte de la República Mexicana y tiene colindancias con los siguientes municipios: al norte con Cuatro Ciénegas, al oriente Parras de la Fuente, al sur Viesca, al suroeste Torreón y al poniente Francisco I. Madero (Duarte, 2011).

3.1.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue de Bloques al Azar con cuatro repeticiones.

3.1.3 Tratamientos:

Tres variedades transgénicas con doble gen de algodón tipo FiberMax y una transgénica con un gen.

1. FiberMax 1740B2F (transgénica, doble gen).
2. FiberMax 9160B2F (transgénica, doble gen).
3. FiberMax 9170B2F (transgénica, doble gen).
4. FiberMax 9250F (transgénica, un gen).

Tamaño de parcela total: 6 surcos de 5 metros de longitud.

Tamaño de parcela útil: 2 surcos de 3 metros de longitud.

3.2 Preparación del terreno

Este se realizó con anticipación a la fecha de inicio del riego de siembra, usualmente consta de barbecho, rastreo, nivelación para finalmente hacer el trazo de riego y por último el surcado.

3.2.1 Barbecho

Se realizó el día 20 de noviembre, a una profundidad de 30 centímetros de esta forma el terreno y las plagas quedan expuestas durante todo el invierno a la acción de la intemperie. El beneficio principal es que se reduce la población de insectos de la primera generación proveniente de la plaga invernante.

3.2.2 Rastreo

Se realizó el día miércoles 26 de enero, con la rastra a una profundidad de 30 cm, eliminando los terrones grandes que quedaban después del barbecho, para que el suelo quedara de una forma más mullida, así el terreno estaría de una mejor forma para el desarrollo del cultivo.

3.2.3 Nivelación

Se realizó el día jueves 6 de febrero, con los implementos rayo láser y la escrepa, para que el terreno pudiera estar bien nivelado, de esta forma a provechar al máximo la lámina de agua aplicada al cultivo.

3.2.4 Trazo de riego

Se realizó el día viernes 13 de febrero, con la utilización del equipo de rayo láser y la escrepa.

3.2.5 Camas

Se realizó El 15 de febrero, con el equipo del tractor y la bordeadora, después del riego de aniego, por el motivo de la compactación se pasa el implemento lilinston con el fin de mullir el suelo y brindarle aireación al cultivo a establecer.

3.2.6 Fecha de siembra

La siembra se realizó el día 13 de abril de 2012 con una sembradora de precisión, en corrugación (para eficientizar el manejo del agua) y a tierra venida, con una distancia entre hileras de 75 cm, y una distancia entre plantas de 12 cm, dando una población final de 120,000 plantas por hectárea.

A los 23 días después de la siembra (6 de mayo) se aplicó un paso de rodadillo con el fin de presionar el suelo y evitar fugas de humedad.

3.2.7 Riego

La distribución y el número de riegos fueron de la siguiente manera; el riego de aniego o de presiembra se aplicó el día lunes 26 de marzo de 2012, con una lámina de 20 cm. El primer riego de auxilio se aplicó el día 02 de junio, con una lámina de 12 cm, a los 50 dds. El segundo riego de auxilio se aplicó el día 25 de junio, con una lámina de 12 cm, a los 73 dds. El último y tercer riego de auxilio se realizó el día 18 de julio, con una lámina de 12 cm, a los 96 dds. El agua se aplicó por el distrito de riego número XVII.

El riego de presembrado se aplicó con toda anticipación en el mes de marzo para que la tierra diera "punto" dentro de la época óptima para siembra, y los riegos de auxilio fueron aplicados de acuerdo con el calendario que se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Programación de los riegos de auxilio en el algodón y estado de desarrollo de la planta con que coinciden UAAAN-UL. 2013.

Distribución y Aplicación del Riego			
Riegos	Días después de la siembra (dds)	Época de aplicación	Lamina total aplicada (cm)
Aniego	26 de marzo	Preparación del terreno	20
1º auxilio	50	Inicio de la floración	12
2º auxilio	73	3ª Semana de floración	12
3º auxilio	96	6ª Semana de floración	12

*56 cm *lamina total de agua aplicada durante el ciclo del algodón.

3.2.8 Fertilización

Para la obtención de los máximos rendimientos es indispensable aplicar la fórmula de fertilización 150-50-0, la cual varía dependiendo únicamente del cultivo anterior y de la fertilización de un ciclo anterior (Manuscrito, 2012).

Para el presente estudio se aplicó la dosis de fertilización de (136-65-00), la primera aplicación se realizó al momento de la siembra con una dosis de 300 kg/ha, de sulfato de amonio (20.5-00-00), destinando 61.5 unidades de

nitrógeno, 125 kg/ha, de fosfato mono amónico (MAP) (11-52-00), este último otorgando 65 unidades de fosforo.

La segunda dosis de aplicación se realizó 2 días antes del primer riego de auxilio con una dosis de 300 kg/ha, de sulfato de amonio (20.5-00-00), proporcionando 61.5 unidades de nitrógeno. También se aplicó fertilizante foliar agro-k en dosis de 2 Kg/ha, Sulfato de zinc en dosis de 1 Kg/ha, en la primera aplicación de insecticida. Como lo indica el Cuadro 2.

También se aplicó urea fosfatada soluble (17-44-00), 5 kg/ha. En el riego de niego. 5 kg/ha. En el primer auxilio, 10 kg/ha. En el segundo auxilio.

Cuadro 2. Épocas y fertilizantes utilizados para la nutrición en el cultivo del algodón UAAAN-UL. 2013.

Distribución y Aplicación de la Nutrición		
Fertilizante	Momento de la aplicación	Dosis de aplicación (kg)
Urea Fosfatada Soluble (17-44-00)	En el riego de aniego	5
Sulfato de Amonio (20.5-00-00)	Al momento de la siembra	300
Fosfato Mono Amónico (11-52-00)	Al momento de la siembra	125
Sulfato de Amonio (20.5-00-00)	2 días antes del primer riego de auxilio	300
Urea Fosfatada Soluble (17-44-00)	En el primer riego de auxilio	5
Agro K	2 días antes del primer riego de auxilio	2
Urea Fosfatada Soluble (17-44-00)	En el segundo riego de auxilio	10

747 kg que representan esta fórmula (136-65-00) * *Dosis total de nutrición aplicada durante el ciclo del algodón.

3.3 Manejo Integrado de Maleza

Es necesario mantener al cultivo libre de malas hierbas durante los primeros 60 a 70 días después de que nace, para evitar reducciones en el rendimiento por la competencia que representa la maleza.

Dentro del área de estudio se presentaron maleza de hoja angosta y ancha, principalmente cadillo (*Xanthium strumarium*), correhuela (*Convolvulus arvensis*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium Cav*) y zacate Johnson (*Sorghum halepense*). En lo que respecta al manejo de las malas hierbas y debido a que

todas las variedades evaluadas son tolerantes al herbicida glifosato, se realizaron las siguientes aplicaciones, como lo muestra el Cuadro 3.

Cuadro 3. Aplicación de herbicidas al cultivo del algodón UAAAN-UL. 2013.

Aplicación de Herbicidas				
Herbicida	Ingrediente Activo	Dosis	Días después de la siembra	Malezas
Rudo	Glifosato	250 ml / 15 litros de agua	28 (9 de mayo)	Trompillo, Correhuela y Johnson
Rudo	Glifosato	250 ml / 15 litros de agua	41 (22 de mayo)	Trompillo, correhuela y Johnson

3.3.1 Descripción del Herbicida Rudo (glifosato)

Rudo 43% LS; actúa sobre el follaje de la maleza traslocándose a toda la planta, afectando a especies de enraizado profundo, así como a plantas de desarrollo vegetativo por rizomas, estolones o bulbos. La acción del herbicida se observa a los 3 o 5 días cuando las malezas son anuales y a los 5 o 7 días cuando las malezas son perennes.

Los síntomas del herbicida sobre el follaje se observan mediante una clorosis, debilidad o marchitez gradual de la planta hasta quedar totalmente seca.

3.4. Manejo Integrado de Plagas

Las principales plagas del algodón son el gusano rosado (*H. virescens* Fabricius) y el gusano bellotero (*H. zea* Boddie). Se considera de menor importancia la conchuela (*Chlorochroa ligata* Say) y el picudo del

algodonero (*A. grandis* Boheman). Generalmente es el gusano bellotero la plaga que motiva el inicio del combate químico (Manuscrito, 2012).

En lo que respecta al experimento no se realizaron aplicaciones de insecticidas, debido a que ninguna de las plagas mencionadas se presentó a medida de llegar al umbral económico, lo que se monitoreo con trampas delta con feromonas. Esto no implica que la variedad evaluada (FM 9250F) sea resistente a estos insectos, si no que de acuerdo a las condiciones climáticas, y en cuanto a la acumulación de horas calor no se presentaron.

3.4.1 Inspección para el picudo (*Anthonomus grandis* Boheman)

Al tener la planta de algodón 3 papalotes mayores de la tercera parte de su desarrollo, de aproximadamente el tamaño de un borrador de lápiz, se deberán hacer inspecciones para la determinación de daños. En el método tradicional deberán de tomarse por lo menos de 100-200 papalotes cerrados aparentemente sanos, caminando el lote en cruz zig-zag o en 5 puntos. También deberán considerarse muestreos en los márgenes del predio y en particular si se tienen montes de mezquite cercanos, o pinabetes como cortinas rompevientos, pues las primeras infestaciones suelen proceder de estos sitios.

Se examinan papalotes para determinar daños por alimentación y/u ovipostura. Al detectar un 6% de papalotes dañados por alimentación y/u ovipostura, se alcanza el nivel de acción para inicio de control (Escobedo, 2004).

3.4.2 Inspección para la conchuela (*Chlorochroa ligata* Say)

El muestreo para esta plaga se efectúa, tomando al azar 100 bellotas esponjosas al tacto, se examina el interior de la cascara, así como la fibra y semilla y al detectar un 4% de bellotas dañadas por esta chinche, se alcanza el umbral económico (Escobedo, 2004).

3.5 Defoliación

Se realizó 147 días después de la siembra; el criterio de aplicación de los productos defoliantes fue un 85% de capullos abiertos. Para saber este porcentaje fue necesario contar el número de bellotas y capullos por una planta, después ese número obtenido representaba el 100% de capullos, después se hizo una regla de 3 simple para ver si el número de bellotas abiertas representaba el 85% (Sánchez, 2004).

Los productos utilizados fueron mezclados en 60 L de agua / ha-1 con aplicación aérea (avioneta). Se aplicó el defoliante previo a la cosecha, Dropp (0.15 L)-Def (1.5 L)-Kator (0.2 kg.)

3.5.1 Descripción del producto Dropp Fluid, (Thidiazuron y Diuron)

Defoliante para algodón a base de Thidiazuron y Diuron. Suspensión concentrada. Cuando aplicar; la defoliación total, se puede realizar cuando el 90% de las bellotas estén fisiológicamente maduras (ya endurecidas). La defoliación parcial debe realizarse en etapas más tempranas, dependiendo de las condiciones del cultivo (Bayer, 2012).

Cuadro 4. Dosis y método de aplicación del defoliante Dropp Fluid

Factores / dosis	Dosis de DROPP FLUID (según factores que influyen en la actividad del defoliante)		
	Optima	Media	Desfavorable
Temp. mínima (noche)	Más de 22° C	18 – 22 °C	Menos de 17° C
Humedad del aire	Alta	Media	Media baja
Humedad del suelo	Suficiente	Insuficiente	Insuficiente
Cultivo	Activo	Decayendo	Castigado
Hojas	Sin daños	Daños leves	Daños medios
Dosis	250	300	375

3.5.2 Modo de acción

Promueve la actividad metabólica en la zona de abscisión de manera que la planta se desprende de las hojas y abre las capsulas. La abscisión está influenciada por la interacción de hormonas, las cuales conducen a un colapso de las paredes celulares en la zona de abscisión. Esto se produce solamente cuando el nivel de auxinas, citoquininas y giberelinas (retardadores de abscisión y senescencia) bajan lo suficiente o cuando los niveles de ácido absícico (acelerador de la senescencia) se incrementan, provocando que las células de la zona de abscisión respondan a los incrementos de etileno, haciendo que estas se separen (defoliación) (Bayer, 2012).

3.5.3 Descripción del producto Def (Butifos)

Defoliante agrícola, con ingrediente activo Butifos 720 gr i a. /L., con modo de acción inducción de la formación de ácido absídico. Sistémico y de contacto (Bayer, 2012).

3.5.4 Características biológicas

Es un regulador de crecimiento, defoliante con excelente sistemicidad, induce la caída de las hojas en forma natural desde el pedúnculo, las hojas se caen sin secarse lo que evita el manchado de la fibra, con la defoliación se exponen las bellotas al sol, lo cual acelera la apertura, no hay pérdida de rendimiento con la defoliación, temperatura mínima ambiental 18°C, algunas plagas defoliadoras pueden bloquear la penetración de Def (Bayer, 2012).

Cuadro 5. Dosis y método de aplicación del defoliante Def

Cultivo	Dosis/ha	Intervalo de seguridad	Observaciones
Algodonero	D. total 1.5-2.0L.	7	Defoliación total: para la aplicación cuando estén abiertas el 70% de las bellotas. En la aplicación terrestre, emplear un volumen entre 200 y 300L.
	D. parcial 1.0-1.5 L	7	En la aplicación área, emplear un volumen entre 50 y 80 L. Aplique con maquinaria terrestre, con buen sistema de agitación y cobertores de lámina. Emplear boquillas Tee-Jep 8001 u 8002 a 40 psi, con gasto de 100 a 120 L mezcla/ha.

3.5.5 Descripción de herbicida Kator80 DF (Diuron)

Herbicida agrícola, gránulos dispersables, ingrediente activo Diuron (3,4 diclorofenil)-N, N dimetil urea. 800gr de ia por kg. Es un herbicida pre-emergente a la maleza y post-emergente al cultivo, que pertenece al grupo químico de las ureas sustituidas (Velsimex, 2011).

3.5.6 Cosecha

Se realizó a los 159 días después de la siembra; la cosecha fue manual en bordos y cabeceras y en forma mecánica en el resto de las melgas, a los 12 días después de la defoliación de las plantas de algodón.

3.6 Variables agronómicas evaluadas

3.6.1 Altura de Planta

Esta variable se obtuvo realizando 20 mediciones por variedad; cinco para cada repetición; se seleccionaron al azar plantas en competencia completa para ser medidas, empezando desde la base del tallo hasta la zona del ápice de la planta, representando los valores en centímetros.

3.6.2 Componentes del Rendimiento

Estos componentes son cada una de las características cuantitativas del cultivo del algodón, que contribuyen a la expresión del rendimiento que se obtendrá por hectárea.

3.6.2.1 Peso de capullo

Para determinar esta variable se obtuvieron 20 capullos por repetición, de igual manera de plantas seleccionadas al azar en competencia completa en 3 metros lineales, después de tener todas las muestras completas se pesaron en una báscula, dando como resultado el peso de los 20 capullos por cada repetición, dividiéndolos entre el número de capullos (20) y de esta forma se pudo obtener el peso de capullo por repetición y variedad, representada en gramos.

3.6.2.2 Porcentaje de fibra

Para determinar este porcentaje, fue necesario pesar la muestra de 20 capullos por repetición, para obtener el peso total de la muestra que representa el 100%; después se multiplicó el peso de fibra por el 100 % que representa el peso total, dividido entre el peso total de la muestra. Este porcentaje se calculó realizando una regla de tres simple, como se muestra en el siguiente ejemplo:

95.4g -----100%

43g-----x = $(43 \cdot 100 = 4300 / 95.4) = 45.07\%$ porcentaje de fibra

Dónde:

95.4 g= es el peso de 20 capullos de una repetición.

100%= es que representa el 100 % del peso de la fibra.

43g= representa el peso de la fibra después del despepite, muestra de una repetición.

3.6.2.3 Porcentaje de semilla

De igual manera para calcular este porcentaje se obtuvo el peso total de la muestra de 20 capullos por una repetición que representa el 100%, enseguida se multiplicó el peso de las semillas obtenidas de la muestra después de despepitarlas, por 100, de esta operación se prosiguió a realizar una división entre el peso total de la muestra, arrojándonos el porcentaje de semillas. Este porcentaje se calculó realizando una regla de tres simple, como se muestra en el siguiente ejemplo:

95.4g -----100%

52g-----x = $(52 \cdot 100 = 5200 / 95.4) = 54.50\%$ porcentaje de semilla

Dónde:

95.4 g= es el peso de 20 capullos de una repetición.

100%= es que representa el 100 % del peso de la semilla.

52 g= representa el peso de la fibra después del desepite, muestra de una repetición.

3.6.2.4 Índice de semilla

Para determinar esta variable, después de realizar el desepite de las muestras se procedió a realizar el peso de 100 semillas en gramos, de esta manera se obtiene el índice de semilla.

3.6.3 Rendimiento

Característica cuantitativa, que es lo que viene a hacer una de las demandas más importante por parte de los productores ya que representará su ganancia económica.

3.6.3.1 Rendimiento de algodón hueso

Para determinar este rendimiento fue necesario obtener el peso de los 20 capullos (base para muestrear), después el número de bellotas y capullos de la variedad se dividió entre 3 (metros de muestra) $202/3 = 67.33$, multiplicado por 0.00477 (peso de capullo), multiplicado por 13,333 (numero metros lineales /ha), de esta forma se pudo obtener el rendimiento de algodón hueso representando en kilogramos por hectárea.

Ejemplo de cómo se calculó el rendimiento de algodón hueso.

95.4-----100%

$202/3 = 67.33 * 0.00477 * 13,333 = 4,282.29$ kilogramos/ha de algodón hueso

Dónde:

202= Numero de bellotas y capullos en tres metros lineales.

67.33= Numero de bellotas y capullos en un metro lineal.

0.00477= Es el valor que representa en gramos en un metro lineal.

13,333= Numero de metros lineales que tiene una hectárea.

3.6.3.2 Rendimiento de algodón pluma

El proceso para determinar esta variable se realizó de la siguiente forma, primeramente se obtuvo el peso de algodón hueso, después se despepitaron los capullos mediante una despepitadora de laboratorio, siguiendo con el peso de las semillas y el peso de la fibra obtenida (algodón pluma), obteniendo los cálculos para cada variable, el rendimiento de algodón pluma se obtuvo con el

porcentaje de fibra, multiplicado por el rendimiento de algodón hueso dividido entre 100. Y el resultado fue en kilogramos por hectárea, como se muestra en el siguiente ejemplo.

$$45 \times 4,282.29 / 100 = 192,703.05 / 100 = \mathbf{1,927.03} \text{ kilogramos/ha de algodón pluma}$$

Dónde:

45= Porcentaje de fibra

4,282.29= Rendimiento de algodón hueso.

100= Porcentaje final de la muestra de la fibra.

3.6.4 Calidad de Fibra

Esta característica cuantitativa, es una de las más importantes al momento de la venta de la fibra, ya que estas características dependen específicamente de la variedad sembrada y el manejo agronómico que se le haya realizado al cultivo. La calidad de fibra fue determinada mediante HVI (High Volume Instruments); en instalaciones del INIFAP-Campo Experimental la Laguna; los parámetros determinados fueron longitud de fibra, resistencia, uniformidad y finura (micronaire). Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza de acuerdo con el diseño utilizado en el programa S. A. S.

3.6.4.1 Finura

El micronaire es una medida de finura y madurez de la fibra. Un instrumento de corriente de aire es usado para medir la permeabilidad del aire de una masa constante de fibras de algodón comprimidas en un volumen fijado. El Cuadro 6, siguiente puede ser usado como una guía en la interpretación de las mediciones de micronaire.

Las mediciones de micronaire pueden ser influenciadas durante el periodo de crecimiento por condiciones ambientales tales como humedad, temperatura, luz solar, nutrientes de la planta y extremos en poblaciones de plantas o capullos (USDA, 1999).

Cuadro 6. Tabla para interpretar los resultados del analisis de micronaire por el metodo de USTER® *HVI 1000*.

Micronaire	Descripcion
Menor que 3.0	Muy fino
3.0 a 3.6	Fino
3.7 a 4.7	Medio
4.8 a 5.4	Grueso
5.5 y mayor	Muy grueso

3.6.4.2 Longitud de fibra

La longitud de fibra es la longitud promedio de la mitad más larga de las fibras (longitud media de la mitad superior). La misma es informada en centésimas de 32avos de pulgadas (Cuadro 7). Es medida pasando una “barba” de fibras paralelas a través de un punto de detección. Las barbas son formadas cuando las fibras de una muestra de algodón están tomadas por una

grampa, después peinada y cepillada para enderezar y paralelizar las fibras (USDA, 1999).

Cuadro 7. Tabla para interpretar los resultados del análisis de longitud por el método de USTER® *HVI 1000*.

Pulgadas	UHML [pulgadas]	UHML [mm]	USDA Código de Longitud (32avos)
<13/16	<0.79	<20.1	24
13/16	0.80 – 0.85	20.1 – 21.6	26
7/8	0.86 – 0.89	21.8 – 22.6	28
29/32	0.90 – 0.92	22.9 – 23.4	29
15/16	0.93 – 0.95	23.6 – 24.1	30
31/32	0.96 – 0.98	24.4 – 24.9	31
1	0.99 – 1.01	25.1 – 25.8	32
1 1/32	1.02 – 1.04	25.9 – 26.4	33
1 1/16	1.05 – 1.07	26.7 – 27.2	34
1 3/32	1.08 – 1.10	27.4 – 27.9	35
1 1/8	1.11 – 1.13	28.2 – 28.7	36
1 5/32	1.14 – 1.17	29.0 – 29.7	37
1 3/16	1.18 – 1.20	30.0 – 30.5	38
1 7/32	1.21 – 1.23	30.7 – 31.2	39
1 ¼	1.24 – 1.26	31.5 – 32.0	40
1 9/32	1.27 – 1.29	32.3 – 32.8	41
1 5/16	1.30 – 1.32	33.0 – 33.5	42
1 11/32	1.33 – 1.35	33.8 – 34.3	43
1 3/8	>1.36	>34.5	44

3.6.4.3 Resistencia

Las mediciones de resistencia son informadas en términos de gramos por tex. Una unidad tex es igual al peso en gramos de 1,000 metros de fibra. Por lo tanto, la resistencia informada es la fuerza en gramos requerida para romper una cinta de fibra de un tex de tamaño. El Cuadro 8, puede ser usado como una guía en la interpretación de las mediciones de la resistencia de fibra.

Cuadro 8. Tabla para interpretar los resultados del analisis de resistencia por el metodo de USTER® *HVI 1000*.

Resistencia en (gramos/tex)	Descripción
Menor que 21	Muy débil
22 a 25	Débil
26 a 28	Medio
29 a 31	Fuerte
32 y mayor	Muy Fuerte

La resistencia de fibra es fundamentalmente determinada por la variedad. Sin embargo, puede ser afectada por deficiencia de nutrientes en la planta y exposición a la intemperie.

Existe una alta correlación entre la resistencia de fibra y resistencia de hilado. También el algodón con alta resistencia de fibra probablemente tenga menos rotura durante el proceso manufacturero (USDA, 1999).

3.6.4.4 Uniformidad

La uniformidad de la longitud es la relación entre la longitud media y la longitud media de la mitad superior de las fibras y es expresada en porcentaje. Si todas las fibras en el fardo fueran de la misma longitud, la longitud media y la longitud media de la mitad superior serían iguales, y el índice de la uniformidad sería 100. El Cuadro 9, puede ser usado como una guía en la interpretación de las mediciones de uniformidad de la longitud.

Cuadro 9. Tabla de valores para interpretar los resultados del análisis de uniformidad por el método de USTER® HVI 1000.

Índice de Uniformidad (%)	Descripción
Debajo 77	Muy baja
77 a 80	Baja
81 a 84	Media
85 a 87	Alta
87 y mayor	Muy alta

La uniformidad de la longitud afecta la regularidad y la resistencia del hilado y la eficiencia del proceso de hilatura. Está relacionada también con el contenido de fibra corta (fibra más corta que media pulgada). El algodón con bajo índice de uniformidad probablemente tiene un alto porcentaje de fibras cortas. Tal algodón puede ser difícil de procesar y probablemente producir hilados de baja calidad (USDA, 1999).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Componentes del rendimiento

4.1.2 Peso de capullo

Este parámetro es muy importante en lo que respecta a la producción, porque a través de éste podemos realizar el cálculo de estimación de cosecha por hectárea. El análisis de varianza realizado no señaló diferencias significativas, habiéndose obtenido que la variedad FM 9250F fue superior al resto de las 3 variedades transgénicas con doble gen, con 5.36 gramos. Por otra parte la variedad que resultó tener el menor peso de capullo fue el cultivar FM 1740B2F (Testigo comercial) con 5.08 gramos tal y como se observa en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Peso de capullo en gramos para cuatro variedades transgénicas de algodóneroUAAAN-UL.2013.

Variedad	Peso en gramos
FM9250	5.36 a ¹
FM9160	5.32 a
FM9170	5.16 b
FM1740(T)	5.08 b
C.V.	4.44

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Dunnett. $\alpha.01$

4.1.3 Índice de semilla

Esta variable se expresa mediante el peso de 100 semillas seleccionadas al azar expresado en gramos. El análisis realizado para esta variable no mostró diferencias significativas y en donde la variedad que obtuvo el mayor peso fue la FM 9160B2F con 10.02 gramos, lo cual nos indica que su semilla fue la más grande. Por otra parte las variedades que mostraron el menor peso en su semilla fueron los cultivares FM 1740B2F (Testigo comercial) y FM 9170B2F con un peso de 9.65 gramos, resultados consignados en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Índice de semilla expresado en gramos, para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.

Variedad	Índice en gramos	
FM9160	10.02	a ¹
FM9250	9.7	a
FM9170	9.65	b
FM1740(T)	9.65	b
C.V.	5.78	

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Dunnett. α .01

4.1.4 Porcentaje de fibra

Esta es una de las características que más observan los productores al momento de elegir la variedad a cultivar, y su análisis estadístico respectivo no presentó diferencias significativas. El mayor porcentaje de fibra fue alcanzado por FM 1740B2F (T) con un 44.65% en tanto que el menor porcentaje de fibra lo obtuvo FM 9250F con un 43.55%, como se observa en el Cuadro 12.

El comportamiento de las variedades con el doble gen se ubicó en un rango oscilante entre 43.56- 44.07%.

Cuadro 12. Porcentaje de fibra para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.

Variedad	Rendimiento %/ha
FM91740 (T)	44.6
FM9160	44.0
FM9170	43.6
FM9250	43.5
C.V.	4.50

Dunnett. α .01

4.1.5 Por ciento de semilla

Esta proporción es el elemento que constituye más del 50% del rendimiento de los componentes; la semilla representa las dos terceras partes del peso del capullo. El análisis de varianza realizado para este parámetro mostró diferencias significativas, como se muestra en el Cuadro 13, donde la comparación de sus promedios mediante Dunnett señala que las nuevas variedades superaron significativamente al cultivar Testigo FM 1740B2F con valores de 1.2 -1.9 por ciento.

En lo que respecta a las comparaciones mediante contrastes ortogonales entre la variedad Testigo FM 1740B2F y las nuevas FM 9160B2F y FM 9170B2F señaló que existe diferencia altamente significativa entre sí.

Por otra parte la comparación entre los nuevos cultivares FM 9160B2F y FM 9170B2F indicó que entre ambos existe diferencia altamente significativa. Igualmente el cultivar FM 9250F comparado contra FM 1740B2F, FM 9160B2F

y FM 9170B2F, no mostró diferencia alguna con los mismos, mostrándose estos resultados en el Cuadro 14.

Cuadro 13. Porcentaje de semilla para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.

Variedad	Porcentaje de semilla	
FM9170	56.4	a ¹
FM9160	55.9	a
FM9250	55.7	a
FM1740(T)	54.5	b
C.V.	0.87	

¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Dunnett. α .05

Cuadro 14. Contrastes ortogonales para el carácter porcentaje de semilla en cuatro variedades transgénicas de algodón UAAAN-UL.2013.

Contraste				SCC	FC	Ft (1,9) GL.
FM1740	FM9160	FM9170	FM9250			
2	-1	-1	0	7.5712	287.8**	5.12-10.26
0	1	-1	0	0.5618	21.36**	✓
-1	-1	-1	3	0.0690	2.6NS	✓
Totales				8.2020		

4.1.6 Rendimiento de algodón hueso kg/ha

El análisis de varianza para este parámetro de vital importancia en la elección del cultivar, señalo diferencias altamente significativas para las variedades probadas. Al respecto el máximo rendimiento se obtuvo con la variedad FM 9250F cuya característica es poseer únicamente el gen específico

para tolerancia al glifosato, siendo su valor promedio de 6,975.8 kg/ha, superior en 2,198.0 kg a el testigo comercial FM 1740B2F, Cuadro 15. Esta diferencia se debió a que durante el ciclo agrícola no se presentaron las plagas en niveles que pudieran ocasionar daños, además de la consabida resistencia hacia las mismas que representan los materiales transgénicos, pero también conviene destacar el efecto que sobre el rendimiento tiene la mejora de los componentes de rendimiento. La comparación de sus valores promedio para este parámetro mediante Dunnett indicó que todos los nuevos cultivares superaron al Testigo FM 1740B2F con valores desde 1,073 hasta 2,198 kg/ha.

Igualmente se consideró pertinente hacer las comparaciones mediante los contrastes ortogonales y al respecto la comparación del Testigo comercial FM 1740B2F contra los nuevos cultivares FM 9160B2F Y FM 9170B2F señalo diferencias altamente significativas a favor de éstos. De igual forma la comparación entre los nuevos cultivares no señalo diferencia entre ambos, no obstante existe una diferencia en rendimiento de 527.1 kg favor de FM 9160B2F. En tanto que la comparación del cultivar FM 9250F contra los transgénicos con el doble gen resultó favorable al primero ya que los superó en promedio con 1,307.0 kg/ha, como se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 15. Rendimiento de algodón hueso en kg/ha, para cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.

Variedad	Rendimiento kg/ha	
FM9250	6,975.8	a ¹
FM9160	6,377.9	a
FM9170	5,850.8	b
FM1740(T)	4,777.8	b
CV.	9.06	

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Dunnett. $\alpha.01$

Cuadro 16. Contrastes ortogonales para el rendimiento de algodón hueso para cuatro variedades transgénicas de algodón UAAAN-UL.2013.

Contraste				SCC	FC	Ft (1,9) GL.
FM1740	FM9160	FM9170	FM9250			
2	-1	-1	0	4,763,018.7	16.13**	5.12-10.26
0	1	-1	0	556,143.3	1.88 NS	✓
-1	-1	-1	3	5,124,747.0	17.36**	✓
Totales				10,443,909.		

4.1.7 Rendimiento de algodón pluma kg/ha

El análisis de varianza para este parámetro de gran importancia, en lo que respecta a la producción señalo diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades probadas. El máximo rendimiento lo obtuvo la variedad FM 9250F con 3,041.6 kg/ha. Cuya característica es poseer un solo gen (tolerancia al glifosato), siendo superior al testigo comercial FM 1740B2F con 909.2 kilos más. Igualmente la variedad FM 9160B2F superó con 675.8 kilos al

Testigo comercial FM 1740B2F; por otra parte la variedad FM 9170B2F resultó superior al Testigo comercial con 416.9 kilos, tal y como como se observa en el Cuadro 17.

Al realizar las comparaciones mediante contrastes ortogonales, se observó que entre FM 1740B2F Testigo comercial respecto a las nuevas variedades FM 9160B2F, FM 9170B2F se señalaron diferencias altamente significativas. Por otra parte en la evaluación de los nuevos cultivares de doble gen FM 9160B2F y FM 9170B2F, no existieron diferencias significativas entre sí, pero existiendo entre ellos una diferencia de 258.9 kilos a favor de la FM 9160B2F. De la misma manera se comparó al cultivar FM 9250F, variedad de un solo gen, contra los 3 cultivares de gen doble FM 1740B2F, FM 9160B2F y FM 9170B2F, señalándose diferencias altamente significativas, superior al más alto (FM 9160B2F) con 233.44 kilos más, como lo muestra el Cuadro 18.

Cuadro 17. Rendimiento de algodón pluma en kg/ha, para cuatro variedades transgénicas de algodóneroUAAAN-UL.2013.

Variedad	Rendimiento kg/ha	
FM9250	3,041.6	a ¹
FM9160	2,808.1	a
FM9170	2,549.2	b
FM1740(T)	2,132.3	b
C.V.	9.56	

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Dunnett. α .01.

Cuadro 18. Contrastes ortogonales para rendimiento de algodón pluma para cuatro variedades transgénicas de algodón UAAAN-UL.2013.

Contraste				SCC	FC	Ft (1,9) GL.
FM1740	FM9160	FM9170	FM9250			
2	-1	-1	0	795,999.52	12.54* *	5.12-10.26
0	1	-1	0	134,048.52	2.11NS	✓
-1	-1	-1	3	891,129.50	14.04* *	✓
Totales				1,821,177.5		

4.1.9 Altura de planta

Este parámetro es determinado por la genética de la planta ya que éste depende del crecimiento apical y longitudinal de la misma; respecto al análisis estadístico, en el mismo se señaló que no existen diferencias significativas. El cultivar FM 9250B2F fue el que obtuvo la mayor altura de planta con 67 cm, mientras que los nuevos cultivares FM 9160B2F y FM 1740B2F resultaron ser iguales con 63 cm siendo el cultivar FM 9170B2F que obtuvo la menor altura de planta con 62 cm. Cuadro 19.

Cuadro 19. Altura de planta de cuatro variedades de algodón en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.2013.

Variedad	Altura en centímetros
FM9250	67
FM9160	63
FM1740 (T)	63
FM9170	62
C.V.	4.75

4.2 Calidad de fibra

4.2.1 Finura

Este parámetro es una de las características más importantes al momento de la compra de la fibra. El análisis de varianza para esta variable no señalo diferencias significativas, mostrando que la finura de las cuatro variedades evaluadas tiene la calidad de fibra media (3.7-4.7) lo cual las ubica dentro de los requerimientos exigidos por la industria textil. Cuadro 21 y 22.

4.2.2 Longitud

Este parámetro se evalúa para saber qué tan largas son las fibras de la variedad de algodón; igualmente los productores la toman en cuenta antes de la elección del nuevo cultivar, por lo tanto mientras más larga sea la fibra se pueden realizar hilados de alta calidad. Por lo que respecta a su evaluación estadística, resultó que existe diferencia significativa entre las cuatro variedades, cuyos valores promedio están considerados dentro de la clasificación de fibra larga (29.0-38.0) y nuevamente satisfaciendo los estándares de la industria textil. Cuadro 20 y 21.

4.2.3 Resistencia

Esta característica es la que mide que tan resistente es la fibra a los procesos industriales a los que se le somete. Su análisis de varianza correspondiente no señaló diferencias significativas y la medición de la

resistencia resultó ser de calidad media (26-28) con valores dentro de los rangos exigidos por la industria textil. Cuadro 20 y 21.

4.2.4 Uniformidad

Esta medida que representa la resistencia del hilo en el proceso de hilatura, en su análisis estadístico no señalo diferencias significativas. El cultivar FM 1740B2F (T) se ubica en calidad alta (85-87%) y los restantes tres cultivares FM 9160B2F, FM 9170B2F y FM 9250F resultaron clasificados en calidad de uniformidad media (81-84%), como se observa en el Cuadro 20 y 21.

Cuadro 20. Valores promedio de calidad de fibra de cuatro variedades transgénicas de algodónero UAAAN-UL.2013.

Variedad	Micronaire	Longitud(mm)	Uniformidad	Resistencia
FM1740(T)	4.65	30.2	85.12	27.4
FM9160	4.57	31.4	84.05	28.17
FM9170	4.13	30.7	83.5	28.02
FM9250	4.45	30.2	82.97	27.55
C.V.	8.03	2.44	2.40	2.65

V CONCLUSIONES

Las variedades FM 9250F (un gen), FM 9160B2F y FM 9170B2F fueron estadísticamente iguales entre si y superiores al Testigo comercial FM 1740B2F en el parámetro de rendimiento.

Se sugiere seguir evaluando por un período mayor de tiempo dichas variedades en virtud de la superioridad mostrada al menos en este ensayo.

Conviene ampliar el espacio ecológico para inferir más ampliamente con respecto a una recomendación futura de tales variedades.

VI LITERATURA CITADA

- Adamczyk Jr, J. J and Gore, J. 2004. Laboratory and Field Performance of Cotton Containing Cry1Ac, Cry1F, and Both Cry1Ac and Cry1F (WideStrike®) against Beet Armyworm and fall Armyworm Larvae (Lepidoptera: *Noctuidae*). Florida Entomol. 87: 427-432.
- Anónimo, 2012. Modified Organism.MON-88913-8 x MON-15985-7 - Roundup Ready™ Flex™ Bollgard II™ cotton. Biosafety Clearing-House Convention on Biological Diversity.
- Agrobio, 2012. Beneficios y Aplicaciones de la Biotecnología en México y en el Mundo, Agrobio, México, Algodón Genéticamente Modificado.
- Bayer CropScience. 2012. Productos para Acondicionar la Cosecha de Algodón. Manual para Facilitar la Cosecha de Algodón. pp37.
- Cotton Inc. 2012. Mercado del algodón de Estados Unidos. Reporte económico mensual. http://es.cottoninc.com/MonthlyEconomicLetter_ES/
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1999. Clasificación del algodón. Manual 556.pp18.
- Escobedo, A. J. 2004. Manejo Integrado de Plagas Insectiles Asociadas al Cultivo del Algodonero. V curso de Aprobación y Actualización en Control de Plagas del Algodonero. UAAAN.-U.L. Torreón, Coahuila, México. pp. 78-105.

Fernanda, M.M. y Llamas, R.G. 2008. "Monografía el Algodón". Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agroindustrial. Aguascalientes, México. pp20.

Fitt, G. P., and Wilson, L. J. 2000. Genetic Engineering in IPM: Case Study – Btplants. pp. 108-125 In: Kennedy, G.G. and Sutton, T.B. (eds). Emerging Technologies in Integrated Pest Management: Concepts, Research and Implementation. PS Press, St. Paul.

Fuente <http://www.monografias.com/trabajos14/algodon/algodon.shtml>

<http://www.bayercropscience.us/products/seeds/fibermax-cotton/>

<http://www.syngenta.com.mx/como-se-hace-un-transgenico.aspx>

Iáñez, P. E. 2000. Biotecnología Global, Bioseguridad y Biodiversidad. Curso de Doctorado: Biotecnología, Ética y Sociedad. Universidad de Granada. Facultad de Biología, Gómez Palacio, Durango. México. 51p.

Pérez P, J.E y De la Fuente M, J.M. 2008. Solicitud de Permiso para Liberación Experimental al Ambiente del Organismo Genéticamente Modificado Algodón Solución Faena Flex® (Mon 88913) en la Región Agrícola Norte de Tamaulipas (ddr 155-Díaz Ordaz, ddr 156-control Matamoros y ddr 157-San Fernando) durante el ciclo agrícola primavera-verano (pv). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, México.DF.pp93.

- Rache C, L.Y. 2011. Monitoreo del Flujo de Genes de Algodón Transgénico en la Agronomía Remolino s.a. (Espinal – Tolima). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.
- SAGARPA, 2011. Algodón. Monografía de Cultivos. Subsecretaría de Fomento de Agronegocios. México DF.pp11.
- Sánchez, R. F.J. 2004. Estimación de Rendimiento en el Cultivo del Algodonero V Curso de Aprobación y Actualización en Control de Plagas del Algodonero. UAAAN.-U.L. Torreón, Coahuila, México. pp 106-112.
- SIAP, 2011. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México DF.
- Silva, C. 2005. Algodón Genéticamente Modificado, AGRO-BIO, Bogotá. D.C. Colombia. pp44.
- Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados. Proyecto GEF-CIBIOGEN de Bioseguridad. pp18. CONABIO.
- Terri. R. 2004. Repercusiones Económicas de los Cultivos Transgénicos. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma Italia.pp48-60.
- USTER HVI 1000. 2012. el Sistema de Clasificación de Fibras. Simposio USTER “Preservando las Características del Algodón Lagunero”.pp55.

ANEXO

Cuadro 21. Parámetros de exigencias comerciales por la industria textil.

Micronaire	Longitud mm	Uniformidad %	Resistencia g/tex
Media	Media	Media	Media
<3.0 muy fino	24-33 corta	<77 muy baja	<21 muy débil
3.0-3.6 fino	34-36 intermedia	77-78 baja	22-25 débil
3.7-4.7 medio	37-44 larga	81-84 media	26-28 medio
4.8-5.4 grueso		85-87 muy alta	29-31 fuerte
>5.5 muy grueso		>87 muy alta	>32 muy fuerte