

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, RENDIMIENTO Y CALIDAD
DE FIBRA DE CINCO VARIEDADES TRANSGÉNICAS DE
ALGODONERO EN LA COMARCA LAGUNERA.**

POR

SERGIO DANIEL PÉREZ MOLINA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS DEL C. SERGIO DANIEL PÉREZ MOLINA ELABORADO BAJO LA
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

ASESOR PRINCIPAL:


Ph. D . SALVADOR GODOY AVILA

ASESOR:


M. C. MIGUEL PALOMO RODRÍGUEZ

ASESOR:


ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

ASESOR:


Dr. ARMANDO ESPINOZA BANDA


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



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

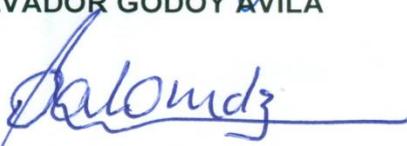
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



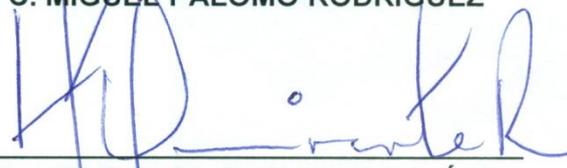
Ph. D . SALVADOR GODOY AVILA

VOCAL:



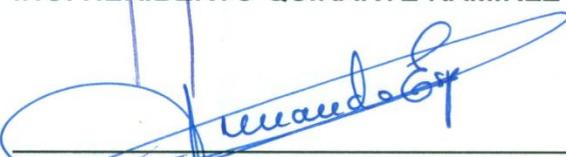
M. C. MIGUEL PALOMO RODRÍGUEZ

VOCAL:



ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

VOCAL SUPLENTE:



Dr. ARMANDO ESPINOZA BANDA



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



Coordinación de la
Carreras Agron

TORREÓN. COAHUILA. MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida con su infinita bondad y amor.

A mi ALMA MATER por darme cobijo durante todo este tiempo que duro mi formación profesional y permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

A mi comité de asesores: Ph. Dr salvador Godoy Ávila, M.C. Miguel palomo Rodríguez, Ing. Heriberto Quirarte Ramírez, Dr. Armando Espinosa Banda e igualmente a mi tutor el Dr. Alejandro Moreno Reséndez quien me ha orientado en momentos de aprietos en la realización de mi carrera; así como a mis demás profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

¡Gracias a todos!

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 que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracteriza y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante. A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi hermano Gabino por haber estado en momentos difíciles y apoyarme cuando más lo necesitaba brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre. A mis hermanos Estanislao, Ana Bertha, Luis Enrique 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 mis sobrinos, sobrinas y sobrinitos, quisiera nómbralos a cada uno de ustedes pero son muchos, eso no quiere decir que no me acuerde de cada uno, a todos los quiero mucho.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	ix
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. Orígenes del algodón.....	5
2.1.2. Taxonomía.....	5
2.1.3. Morfología	6
2.1.3.1 Forma.....	6
2.1.3.2 Raíz.....	6
2.1.3.3 Tallo.....	6
2.1.3.4 Hojas.....	7
2.1.3.5 Flores	7
2.1.3.6 Fruto.....	7
2.1.3.7 Semilla	8
2.1.4. Fenología.....	8
2.2. Biotecnología.....	8
2.2.1. Definición y conceptos de aplicación en agricultura	8
2.2.2. Transgénicos.....	10
2.2.3. Desarrollo de variedades transgénicas de algodón.....	11
4.2.4 Algodón transgénico resistente a lepidópteros.....	15
2.2.5 Algodón transgénico resistente a herbicidas	23

2.3.	Respuesta agronómica de variedades convencionales contra transgénicas	27
2.4	Calidad de fibra	29
2.4.1	Longitud.....	29
2.4.2	Resistencia	30
2.4.3	Finura.....	31
2.4.4	Uniformidad	31
2.4.5	Índice de madurez.....	32
III.-	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1	Ubicación del experimento.....	33
3.2	Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	33
3.3	Establecimiento de la investigación.....	34
3.4	Diseño experimental	34
3.5	Manejo del cultivo.....	35
3.4.1	Preparación del terreno	35
3.4.2	Siembra	35
3.4.3	Fertilización.....	35
3.4.4	Riegos	35
3.4.5	Control de malezas	36
3.4.6	Manejo fitosanitario	36
3.4.7	Defoliación	37
3.4.8	Cosecha	38
3.6	Variables agronómicas evaluadas.....	38
IV.-	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1	Componentes de crecimiento vegetativo	40
4.1.1	Altura de planta.....	40
4.1.2	Número de nudos	41
4.2	Componentes de rendimiento	41
4.2.1	Porcentaje de fibra	41
4.2.2	Peso de capullo	42
4.2.3	Porcentaje de semilla.....	42
4.2.4	Índice de semilla	43
4.2.5	Rendimiento algodón hueso kg ha ⁻¹	43
4.2.6	Rendimiento algodón pluma kg ha ⁻¹	44

4.3	Calidad de fibra	44
4.3.1	Longitud (LEN)	44
4.3.2	Resistencia (STR)	45
4.3.3	Finura (MIC)	46
4.3.4	Uniformidad (UI).....	46
4.3.5	Índice de madurez (MAT).....	47
V.	CONCLUSIONES.....	48
VI.	BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Clasificación de la longitud de la fibra de algodón expresada en pulgadas y milímetros. UAAAN-UL. 2012.....	32
Cuadro 2 Clasificación de la resistencia de la fibra de algodón UAAAN-UL. 2012.....	33
Cuadro 3 Clasificación de la finura de la fibra del algodón UAAAN-UL. 2012.....	34
Cuadro 4 Clasificación del índice de uniformidad de la fibra de algodón UAAAN-UL. 2012.....	34
Cuadro 5 Clasificación del índice de madurez de la fibra de algodón UAAAN-UL. 2012.....	35
Cuadro 6 Calendario de riego y días después de la siembra que se aplicaron en cinco variedades transgénicas de algodón en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	39
Cuadro 7 Control químico y plagas que se presentaron en la evaluación de cinco variedades transgénicas de algodón en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	40
Cuadro 8 Productos defoliantes que se aplicaron en la evaluación de cinco variedades transgénicas de algodón en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	41
Cuadro 9 Altura de plantas y número de nudos en cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	43
Cuadro 10 Rendimiento de algodón hueso y pluma (kg ha^{-1}) de cinco variedades	

	transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	45
Cuadro 11	Valores promedios para peso de capullo, porcentaje de fibra, porcentaje de semilla e índice de semilla de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.....	46
Cuadro 12	Valores promedio para los caracteres longitud (LEN), resistencia (STR) y micronaire (MIC) de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL 2012	48
Cuadro 13	Valores promedios para el carácter índice de uniformidad (UI) e índice de madurez (MAT) de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL.2012.....	49

RESUMEN

La permanente evaluación de material transgénico de algodónero, permite la toma de decisiones respecto a la elección que mayor rentabilidad proporcione a los productores; los elevados costos de producción que presenta el cultivo hacen necesaria la optimización de recursos, sobre todo lo que tiene que ver con insumos como el caso de semilla. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en 2011 en un predio comercial del productor Abed Nego Flores Alvarado, del Ejido San Patricio, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, donde el objetivo fue determinar las características agronómicas de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodónero en la Comarca Lagunera. Los Tratamientos de estudio estuvieron conformados por cinco variedades transgénicas de Bayer (FiberMax 9160B2F, FiberMax 9170B2F, FiberMax 9180B2F, FiberMax 1740B2F(Testigo) y FiberMax 1880B2F). Se evaluó el comportamiento agronómico, como altura de planta, número de nudos y rendimiento de algodón hueso; 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, índice de madurez e índice de uniformidad en laboratorio HVI. Para el análisis estadístico de la información se utilizó un Diseño en Bloques al zar con 4 repeticiones. Las variedades FiberMax 1740B2F (Testigo),FiberMax 9180B2F y FiberMax 1880B2F fueron estadísticamente iguales y registraron el mayor rendimiento de algodón hueso con una producción de 9,637 kg ha⁻¹, 9,299 kg ha⁻¹ y 8,930 kg ha⁻¹respectivamente. La variedad FiberMax 1740B2F (Testigo) mostró el menor porcentaje de fibra, al compararla con el resto de las variedades y presentó el mayor porcentaje de semilla; además el porte compacto que presentó su vigor, la ubicó como la de menor talla en altura con 62.1 cm,

además de registrar el menor número de nudos. La variedad FiberMax 1740B2F (Testigo) presentó el mayor peso de capullo, porcentaje de semilla e índice de semilla con 6.4 g, 56.9% y 10.4 g respectivamente, donde cada parámetro fue estadísticamente diferente al resto de las variedades. El mejor rendimiento de algodón pluma lo obtuvieron igualmente, las variedades FiberMax 9180B2F, FiberMax 1880B2F y FiberMax 1740B2F (Testigo), que fueron estadísticamente iguales, con rendimientos de 4083, 4030 y 4027 kg ha⁻¹ respectivamente. La variedad FiberMax 1880B2F y FiberMax 9180B2F tienen como atributo, poseer los mayores porcentajes de fibra, ya que son estadísticamente iguales, además presentaron el mayor vigor expresado en altura de planta con 86.6 y 75.9 cm. Adicionalmente FiberMax 9180B2F presenta el mayor número de nudos. Los caracteres de calidad de fibra que no presentaron diferencias significativas entre variedades fueron: resistencia con un valor promedio de 28.54 g / tex y uniformidad con valores promedio de 84.43 que les confieren una clasificación fuerte para resistencia e índice alto y muy alto para uniformidad. La variedad con la fibra más larga correspondió para FiberMax 9180B2F que es estadísticamente diferente al resto de las variedades, con valores de 1^{3/16} pulgadas, seguida de FiberMax 9170B2F y FiberMax 9160B2F con longitud 1^{5/32} pulgadas. La mejor finura e índice de madurez correspondió para FiberMax 1740B2F (Testigo) y FiberMax 1880B2F con valores 4.84y 4.65 micronaire que las presentó como estadísticamente diferentes al resto de las variedades. Se comprobó el planteamiento de hipótesis, donde sí existen diferencias en las características de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodónero.

Palabras claves: Algodonero, Comportamiento Agronómico, Rendimiento, Variedades transgénicas, Calidad de fibra.

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 (Cotton Inc. 2012). En México fueron sembradas 72,252 ha durante el 2009, en tanto para el 2010 aumentó la superficie a 113,902 ha y para el 2011 alcanzó las 193,417 ha sembradas (SAGARPA, 2010); los estados que mayor superficie siembran son Chihuahua, Coahuila y Durango (Comarca Lagunera), así como Baja California.

Durante los últimos 25 años, se ha registrado una marcada variación en la superficie sembrada con algodnero en México, con hasta 200 mil ha para los años 1997-1999 y con un desplome impresionante de hasta 13 mil ha para 1993; los altos costos de producción y la incertidumbre de los mercados internacionales, han influenciado en la toma de decisiones en los productores para la siembra de este cultivo (SIAP, 2012).

En la comarca lagunera la superficie cosechada ha tenido una tendencia similar ala nacional durante los 60's y mediados de los 70's se sembraron entre 80 y 90 mil hectáreas. A partir de ahí la superficie se redujo hasta llegar a su menor nivel en 1992 con 385 hectáreas. Después de ahí muestra altibajos para llegar en el 2006 a 15,506 ha (Espinoza, 2007).

Actualmente en todo el país se permite la importación, comercialización y siembra de variedades transgénicas de algodón, con sus refugios correspondientes; los refugios están destinados a reducir el riesgo de desarrollo de resistencia de las plagas, para ello se utiliza la proporción 96% algodón transgénico y 4% algodón convencional (sin aplicación de insecticida químico en el cultivo convencional) u 80% algodón transgénico y 20% algodón convencional (cuando se aplica insecticida químico en el cultivo convencional) (CIBIOGEM, 2011).

La ingeniería genética, también llamada tecnología del ADN recombinante, se está aplicando para obtener plantas de algodón genéticamente modificadas (GM), resistentes a insectos y tolerantes a herbicidas existiendo un gran potencial para introducir otras características deseables en la planta. Esta nueva tecnología es considerada como un instrumento alternativo para modificar y mejorar los cultivos, particularmente en el caso del algodón donde las pérdidas por insectos y malezas son altamente significativas (Silva, 2005).

Estudios sobre el rendimiento del cultivo de algodón Bt, efectuados en países en desarrollo, como Argentina, China, India, México y Sudáfrica, durante un período de uno a tres años, indican mayores rendimientos promedio, reducción en el uso de plaguicidas y beneficios netos superiores en relación con sus homólogos convencionales (FAO, 2004).

En la Comarca Lagunera los rendimientos unitarios a principios de la década de los 60's se ubicaban en niveles de alrededor de 3 pacas por hectárea. El desarrollo y aplicación de los paquetes tecnológicos, particularmente la tecnología

de surcos estrechos con altas densidades de población desarrollada por el INIFAP, conjuntamente con la utilización de variedades transgénicas ha permitido alcanzar rendimientos de hasta 8 pacas ha⁻¹, los cuales son los más altos a nivel nacional (González *et al.*, 2003).

1.1 Objetivos

Determinar las características agronómicas de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodón en la Comarca Lagunera.

1.2 Hipótesis

Ho: Existen diferencias en las características de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodón.

Ha: No existen diferencias en las características de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Orígenes del algodón

Las diferentes especies de algodón cultivadas actualmente en todo el mundo son: *G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. arboreum* y *G. herbaceum* originarias de América tropical, Asia y África. Sin embargo, se ha establecido que *G. hirsutum* es originario de América Central y del sur de México; *G. barbadense* de los valles fértiles del Perú; *G. arboreum* y *G. herbaceum* de la India y Arabia. (OEIDRUS, 2011).

2.1.2. Taxonomía

Robles (1985) menciona que la clasificación taxonómica del algodón es la siguiente:

Reino	Vegetal
División	Tracheophita
Subdivisión	Pteropsida
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Malvales
Familia	Malváceas
Tribu	Hibisceas
Genero	Gossypium
Especie	hirsutum (cultivado)
Especie	barbadense (cultivado)

2.1.3. 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 (*Gossypium hirsutum* L.) de la siguiente manera:

2.1.3.1 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 (monopódico) 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).

2.1.3.2 Raíz

La raíz principal es pivotante; las raíces secundarias a lo largo de la principal, las 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).

2.1.3.3 Tallo

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

2.1.3.4 Hojas

Las hojas de las variedades cultivadas, generalmente tienen de tres a cinco lóbulos, puede 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).

2.1.3.5 Flores

En una rama fructífera, se encuentran de seis a ocho brotes florales. Aparecen primeramente bajo la forma de pequeñas estructuras verdes, compuestas de tres brácteas que recubren y encierran estrechamente a la futura flor o a la yema floral, se dispone en forma piramidal y se le designa comúnmente cuadros o papalotes. La flor está constituida por el involucro, comprendiendo tres brácteas dentadas, el cáliz que son cinco sépalos soldados entre sí, la corola de cinco pétalo, el androceo con un mínimo de diez hileras de estambres, polen amarillo esférico, el gineceo con un ovario de dos a seis carpelos y un estigma de dos a seis lóbulos soldados (Duarte, 2011).

2.1.3.6 Fruto

Es una cápsula, anchamente ovoides o subglobosas y glabras al tiempo de la maduración; se abre por las suturas de los carpelos de cada una de las celdas y emerge una bola blanca de algodón. La cápsula con dehiscencia loculicida, con tres a cinco carpelos, que tienen de seis a nueve semillas cada uno. Las células epidérmicas de las cápsulas constituyen la fibra llamada algodón. La longitud de la fibra varía entre 2.0 a 4.5 cm, y el grosor entre 15 y 25 micras, con un peso de 4 a 10 gramos (Duarte, 2011).

2.1.3.7 Semilla

En cada celda hay un promedio de seis a nueve semillas ovales. Semillas de 10.0 mm de largo, 4.0 mm de ancho, de forma ovoide, testa finamente punteada. De 20-26-36 semillas por fruto. Su epidermis produce fibras largas gruesas. La semilla produce del 18 al 20% del aceite comestible; el orujo o torta se utiliza para la alimentación ganadera (Duarte, 2011).

2.1.4. Fenología

Según Díaz (2002; citado por Manjarrez, 2008), el ciclo del algodón se divide en cinco partes diferentes, las cuales son: a) Fase nacencia: de la germinación al despliegue de los cotiledones (De 6 – 10 días); b) Fase 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).

2.2. Biotecnología

2.2.1. Definición y conceptos de aplicación en agricultura

La biotecnología ofrece instrumentos poderosos para el desarrollo sostenible de la agricultura, la pesca y la actividad forestal, así como de las industrias alimentarias. Cuando se integra debidamente con otras tecnologías para la producción de alimentos, productos agrícolas y servicios, la biotecnología puede contribuir en gran medida a satisfacer, en el nuevo milenio, las necesidades de una población en crecimiento y cada vez más urbanizada (FAO, 2006).

Hay una amplia gama de biotecnologías con distintas técnicas y aplicaciones. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define la biotecnología como: toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (FAO, 2006).

Interpretada en este sentido amplio, la definición de biotecnología abarca muchos de los instrumentos y técnicas que se usan normalmente en la agricultura y la producción de alimentos. Interpretada en un sentido más estricto, que considera las nuevas técnicas de ADN, la biología molecular y las aplicaciones tecnológicas reproductivas, la definición comprende una gama de tecnologías diferentes, como la manipulación y transferencia de genes, tipificación del ADN y clonación de plantas y animales (FAO, 2006).

Arroyo, (1990) señala que por biotecnología debe entenderse: al conjunto de principios científicos y de ingeniería que se aplican a los procedimientos de producción material, para obtener mediante agentes biológicos, bienes y servicios. Desde el punto de vista agrícola, se puede definir a la biotecnología como un conjunto de técnicas que utilizan organismos vivos para producir o modificar los productos, mejorar plantas o animales, o para desarrollar microorganismos de uso específico.

Kubli,(2006) define la biotecnología como toda aplicación tecnológica que utilice recursos biológicos, organismos vivos y sus partes para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

El Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología menciona que la biotecnología moderna se entiende como (ICAO, 2000): a) Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos; b) la fusión de células más allá de la familia taxonómica, que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.

La moderna biotecnología tiene el potencial necesario para acelerar el desarrollo y la distribución de una mejor producción agropecuaria. La selección asistida por marcadores, por ejemplo, aumenta la eficacia del fitomejoramiento convencional, lo que permite un análisis en laboratorio rápido de miles de individuos, sin necesidad de cultivar plantas hasta su maduración en el campo. Las técnicas de cultivo de tejidos permiten la rápida multiplicación de materiales de plantación limpios de especies propagadas a nivel vegetal para su distribución entre los agricultores. La ingeniería o modificación genética (manipulación del genoma de un organismo mediante la introducción o eliminación de genes específicos) ayuda a transferir características deseadas entre plantas con mayor rapidez y precisión, de la que es posible con el fitomejoramiento convencional (FAO, 2002).

2.2.2. Transgénicos

Los organismos modificados genéticamente (OMG) se obtienen al insertar genes de otro ser vivo en su material genético, lo que implica que desarrollen propiedades que no presentarían naturalmente (Quintanilla, 2001); posteriormente se desarrollaron técnicas para transferir el material genético de una especie a otra

completamente diferente; Este fue el origen de los seres transgénicos, comúnmente llamados organismos genéticamente modificados o manipulados (Salinas, 1999).

Los cultivos transgénicos que se están utilizando en la actualidad son de dos tipos: los cultivos Bt (resistente a insectos), diseñados para controlar plagas mediante la producción de una toxina y los cultivos tolerantes a herbicidas que soportan grandes cantidades de un determinado producto químico utilizado para matar a toda la vegetación del campo salvo al cultivo (Quintanilla, 2001).

2.2.3. Desarrollo de variedades transgénicas de algodón

La biotecnología está produciendo rápidamente una serie de nuevos cultivos con resistencia a insectos y enfermedades entre otros muchos rasgos transgénicos 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. Variedades de algodón Bt se están comercializando en muchas partes del mundo. Estos algodones ofrecen un gran potencial para reducir drásticamente el uso de pesticidas para el control de las principales plagas de lepidópteros y ofrecer una oportunidad real de desarrollar sistemas sostenibles de manejo integrado de plagas para la producción de algodón (Fitt y Wilson, 2000).

Lajolo y Nutti, (2003) mencionan que en algodón genéticamente modificado presenta una alteración en el material genético (ADN); 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.

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). Plagas de lepidópteros, tales como el gusano del tabaco (*Heliothis virescens*), complejo bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie y *Heliothis virescens* F) y gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) (Kalaitzandonakes, 2003), son particularmente susceptibles a la endotoxina Cry1Ac (Adamczyk y Gore 2004). El desarrollo de resistencia a las diversas clases de insecticidas por el gusano cogollero del tabaco (*Heliothis virescens*) (Baldwin *et al.*, 2010) ha facilitado en gran medida la necesidad de esta tecnología.

El gusano bellotero (*Helicoverpa zea* (Boddie) así como de otras plagas de lepidópteros más esporádicos, es considerablemente más tolerante a la endotoxina Cry1Ac que el gusano del tabaco (*Heliothis virescens* F) (Stewart *et al.*, 2000). La falta de control de gusano de complejo bellotero en algodón Bollgard ® ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías que expresan dos proteínas Bt y tengan un control adecuado de gusano y otras plagas de lepidópteros. En 2002, el algodón Bollgard II ® fue lanzado comercialmente por Monsanto Co. Estas variedades producen endotoxinas Cry1Ac del Bt y Cry2Ab. La expresión de Cry1Ac en Bollgard ® II es similar a la de Bollgard ®. En comparación, la expresión Cry2Ab en Bollgard II ® se ha encontrado ser 3-5 veces más alta que la expresión de Cry1Ac (Jackson *et al.*,

2003; Adamczyk y Gore, 2004; Akinet *al.*, 2004; Jackson *et al.*; 2005, Adamczyk y Mahaffey 2007).

En 2005, Dow AgroSciences lanzó una tecnología similar en sus variedades WideStrike™. Las variedades de algodón WideStrike™ Bt no solo producen la misma endotoxina Cry1Ac de Bollgard® y Bollgard II®, sino que también endotoxinas Cry1F (Adamczyk y Gore 2004; Adamczyk y Mahaffey 2007; Naranjo *et al.*, 2008). Bollgard II® y WideStrike™ actualmente son las variedades de algodón disponible comercialmente que producen dos endotoxinas. WideStrike™® tiene dos genes, Cry 1F y Cry 1Ac, derivados también del *Bacillusthuringiensis*(Bt). Dow AgroSciences desarrolló la tecnología para controlar los insectos que afectaban el cultivo durante el comienzo y el final de la temporada, en su mayoría controlados también por Bollgard® II.

SyngentaCropProtection ha estado desarrollando una nueva exotoxina Bt (Vip3A) (Adamczyk y Gore 2004; Adamczyk y Mahaffey 2007). Esta proteína insecticida vegetativa (VIP) es diferente de otras proteínas Bt actualmente disponibles, en la estructura, así como en el modo de acción (Estruchet *al.*, 1996, McCaffery *et al.*, 2006). Esta proteína ha concedido licencias en otras compañías para su uso en líneas de algodón Bt y en un futuro, serán utilizadas en líneas avanzadas de Bollgard III y WideStrike™.

En 1995, fue introducido el algodón BXN, el cual es tolerante al herbicida Bromoxinil registrado para su uso en los cultivos de maíz y sorgo. Las variedades de algodón RoundupReady llegaron a estar disponibles en 1997, presentando a los

productores otras opciones para el control postemergente de maleza usando glifosato (Carpenter *et al.*, 2000).

RoundupReady (RR) son variedades de algodón que fueron diseñadas para resistir el herbicida glifosato, y efectivamente controlar una amplia variedad de hierbas y malezas de hoja ancha (Kalaitzandonakes, 2003).

Stacked Bollgard / RoundupReady (ST) esta variedad de algodón se introdujo en 1998 para combinar las propiedades de Bollgard (BG) y RoundupReady (RR); Las dos tecnologías se emplean para propósitos diferentes, pero pueden encontrar aplicaciones en el mismo campo, por lo tanto, el productor puede evaluar los aspectos económicos de las características de forma independiente o como un paquete. Las características de Stacked (tecnología doble gen; Roundupready y Bollgard) pueden ser usada en altas poblaciones de gusano cogollero y gusanos bellotero, así como maleza de hoja ancha y gramíneas (Kalaitzandonakes, 2003).

Las variedades de algodón Bollgard®/Solución Faena® (BG®/SF®) expresan las proteínas Cry1Ac de *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* Berliner y CP4-EPSPS de *Agrobacterium* sp. Cepa CP4. Esta tecnología integrada en las semillas, permite a las plantas de algodón resistir el ataque de insectos del complejo bellotero (*Heliothis virescens* Fabricius y *Helicoverpa zea* Boddie) y el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders), y tolerar aplicaciones totales del herbicidas a base de glifosato, eliminando la maleza sin dañar el cultivo (SENASICA, 2009).

Novillo, (1998) menciona que las variedades de algodón modificadas genéticamente en Andalucía confirman su protección frente a los daños causados por el gusano de la cápsula *Helicoverpa armígera* (Hb.), *Pectinophora gossypiella* (Saund). Y *Earias insulana* (Boisd.). Además de evitar gran parte de los tratamientos insecticidas (15,8 L ha⁻¹), se ha comprobado su respeto hacia cinco especies de artrópodos auxiliares, por lo que estas variedades constituyen una herramienta de gran interés para ser considerada en los programas de control integrado de plagas, en algodón.

El algodón con resistencia a insectos y con tolerancia a herbicida se desarrolló combinando ambas características (genes acumulados), proporcionando la oportunidad de disponer en una misma variedad protección contra insectos y tolerancia a herbicidas. El mismo proceso empleado para obtener variedades convencionales se utilizó 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 un cruce del algodón Bt y el tolerante a herbicida (ICA, 2004).

4.2.4 Algodón transgénico resistente a lepidópteros

Con la ingeniería genética ha sido posible insertar genes de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Bt) en plantas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), con el fin de producir proteínas que afectan las larvas de lepidópteros y bajar las aplicaciones de insecticidas (Rodríguez *et al.*, 2005). Entre las especies de importancia económica en objetivo de esta tecnología se destacan el gusano bellotero (*Heliothis virescens* F), el gusano del algodón (*Helicoverpa zea* Boddie 1850),

el gusano rosado colombiano (*Sacadodespyralis*Dyar), el gusano rosado de la India (*Pectinophoragossypiella*Saunders) y el gusano de las hojas (*Alabama argillacea*Hübner). Otras especies de lepidópteros como las del complejo *Spodoptera* presentan bajo grado de sensibilidad a esta proteína Cry1Ac (Silva, 2005).

Los insectos plaga como *Pectinophoragossypiella*, *Helicoverpazea*, *Heliothisvirescens* y *Spodopteraexigua* son las principales plagas del algodón que afectan su producción y que causan cuantiosas pérdidas año con año, al utilizar en su combate un gran volumen de insecticidas. Ante esta situación, el uso de variedades transgénicas de algodónero Bollgard® y Bollgard II® con genes cry provenientes de la bacteria *Bacillusthuringiensis*(Bt) pretende controlar efectivamente a estos insectos plaga y al mismo tiempo reducir el uso de insecticidas, sin causar daños colaterales al medio ambiente por agroquímicos. Los genes cry presentes en estas variedades transgénicas de algodónero son específicos para estos insectos plaga(CONCYT, 2011).

Las proteínas obtenidas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) fueron clasificadas en cuatro clases, basadas en el rango de sus hospederos. Así, por ejemplo Cry1 es activa frente a lepidópteros, Cry2 actúa contra lepidópteros y dípteros, Cry3 contra coleópteros y Cry4 contra dípteros. El término Cry hace referencia a cristalina, reflejando la apariencia cristalina de la δ -endotoxina; Cry es usada para denotar proteína, mientras cry denota el respectivo gen. Actualmente, se conocen más de 60 clases de proteínas Cry (Krattiger, 1997). Las primeras variedades de algodón Bt que se introdujeron comercialmente contenían la proteína Cry1Ac, derivada de la

bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*, y se comercializaron con el nombre de Bollgard® (Silva, 2005).

Davis *et al.*, (1995) diseñaron ensayos para evaluar y comparar parcelas de algodón transgénico Bt(NuCOTN 35^B) en Mississippi encontraron que el algodón convencional recibió en promedio 5,5 aplicaciones de insecticidas más para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y complejo bellotero (*Heliothis virescens*) en comparación con ninguna aplicación para el algodón transgénico Bt. En estos experimentos el algodón Bt promedió 222 kg ha⁻¹ más de fibra que algodones convencionales rociados con insecticidas.

Jenkins, (1995) de la Universidad Estatal de Mississippi, llevó a cabo ensayos en donde las parcelas fueron artificialmente infestadas de gusano cogollero del tabaco (*Heliothis virescens*) recién nacido. Encontró que los algodones Bt proporcionaron niveles muy eficaces de control de *Heliothis virescens*. Los cultivares de algodón Bt rindieron en promedio 1.901 kg ha⁻¹ de fibra, mientras que las contrapartes convencionales rindieron 732 kg ha⁻¹ de fibra. De manera similar, Watson, (1995) reportó que el algodón transgénico demostró ser extremadamente eficaz contra el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*), gusano cogollero del tabaco (*Heliothis virescens*), y perforador de la hoja (*Bucculatrix thurberiella*) en pruebas en campo en Arizona.

Nava y Reyes (1999) encuentran que las densidades de larvas de gusano rosado, fueron mayores en el algodón convencional (Deltapine 5690) que en el transgénico (NuCOTN 35^B), además de no obtener larvas grandes (L3 y L4) durante

los muestreos realizados en el algodón transgénico, de manera que las infestaciones estaban constituidas sólo por larvas pequeñas (L1 y L2).

Godoy (2000) al estimar el daño por gusano rosado en variedades transgénicas de algodón (NuCOTN35^B), encontró que el número de larvas encontradas fue mínimo, ya que no alcanzaron a producir daños significativos, sin embargo, en variedades convencionales como Deltapine, los niveles de larvas de gusano rosado (*Spodoptera frugiperda*) sobrepasaron el umbral económico establecido para decidir su control con agroquímicos; también observó que mientras en las variedades transgénicas no hubo daño por gusano rosado, en la variedad convencional Deltapine 5690 presentó un porcentaje de 56 en daño.

Henneberry *et al.*, (2001), determinó que las larvas de gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*) y falso medidor (*Trichoplusia ni*) alimentadas con hojas y botones florales de algodón transgénico presentaron una sobrevivencia significativamente más baja que las alimentadas con algodón convencional durante 4 y 8 días, con un 57 y 37% de mortalidad, respectivamente. Las tasas de crecimiento (peso y longitud) de larvas se redujeron significativamente al alimentarse de algodón transgénico. Ibarra, (2000) observó una reducción en el peso de las larvas y pupas cuando los insectos se alimentaron con hojas de algodón conteniendo la toxina Cry1Ac.

Escobedo *et al.*, (2001) observaron respecto a la incidencia de gusano rosado que el número de larvas totales fue baja, notaron que únicamente se encontraron larvas de L3 y L4 en las variedades convencionales. Con base en estos resultados

se pudo decir que el algodón transgénico es altamente efectivo contra esta plaga, lo cual coincidió con lo reportado por Godoy *et al.*,(1997, 1998),donde determinaron que la variedad NuCOTN35^B posee la capacidad de reducir las pérdidas ocasionadas por el complejo de plagas del algodonero.

Vargas *et al.*,(2001) indicaron que variedades de algodón Bollgard y Bollgard II afectaron las tasas de crecimiento diaria de larvas (longitud y peso) del gusano soldado, pero no hubo efecto en las pupas, excepto cuando se alimentaron con Bollgard II, en que no llegaron a esta etapa biológica. Las larvas de gusano soldado no sobrevivieron cuando se alimentaron de algodón transgénico Bollgard II. El porcentaje de sobrevivencia total (huevecillo a adulto) se redujo cuando las larvas se alimentaron con hojas de algodón transgénico (Bollgard y Bollgard II), presentándose una sobrevivencia significativamente más baja que cuando se alimentaron con algodón convencional.

López *et al.*, (2002) mencionaron en su investigación con algodón transgénico que en todas las plantas hubo oviposición, eclosión, alimentación de terminales y entrada de larvas a las bellotas en formación, principalmente de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders), (casi no hubo infestación de complejo bellotero); en ningún tratamiento hubo salida de larvas de último instar (L4), ya que las larvas morían en el instar L1. Un instar es un estadio o periodo de crecimiento donde el insecto entra en mudas sucesivas (Chapman, 1998), lo que indico una buena formación de proteína tóxica en la planta y a su vez explico el buen control observado sobre las dos plagas y el cero daño al cultivo.

BacheleryMott, (2003) emprendieron estudios durante tres años, del 2000 al 2002, y llegaron a la conclusión de que las variedades de algodón Bollgard II requerían tratamientos infrecuentes para el control de gusano en Carolina del Norte y observaron que los campos de Bollgard II presentaban una población mayor de chinche hedionda(*Nezaraviridula*)debido a que se rociaban, como promedio, menos de una vez por temporada.

Jackson et al.,(2003) estudiaron la población de gusano bellotero*Helicoverpazeay* los daños resultantes para las cápsulas de los algodones Bollgard y Bollgard II en comparación con algodón convencional en condiciones de rociado y sin rociar insecticida. Las pruebas se realizaron en tres sitios de Carolina del Norte y los resultados se presentaron en la Conferencia de la Faja Algodonera en 2003. Se utilizaron la variedad DP50 en forma convencional, y variedades DP50 transgénicas(Bollgard y Bollgard II) en todos los sitios. Como parte del tratamiento con insecticidas se hicieron aplicaciones de aldicarb (Temik) en el surco para el control de los insectos chupadores en la primera parte de la temporada, una aplicación a mediados de temporada para el control de la chinche del algodono (*Dysdercuschaquensis / Dysdercusrufficolis*) y la chinche hedionda (*Nezaraviridula*), y dos aplicaciones de un insecticida idóneo para el control suplementario del gusano de la cápsula del algodono (*Heliothisvirescens y Helicoverpazea*). Las restantes operaciones agronómicas se realizaron de conformidad con las recomendaciones para la zona.

Los investigadores determinaron que como promedio, resultaron dañadas 400.000 cápsulas ha^{-1} en la variedad de algodón convencional DP50 en condiciones de rociado de insecticida, en comparación con 190.650 cápsulas ha^{-1} en el Bollgard DP50 y solamente 23.315 cápsulas ha^{-1} en el Bollgard II DP50. Los daños provocados por el gusano de la cápsula (*Heliothis virescens* y *Helicoverpa zea*) en Bollgard II en ausencia de rociado de insecticida fueron 172 veces menores que en la misma variedad sin el gen Bollgard y 45 veces inferiores a los de la variedad Bollgard. Con las aplicaciones de insecticida se redujeron marcadamente el número de cápsulas dañadas por el gusano de la cápsula: 142.814 cápsulas ha^{-1} en el DP50; 35.530 cápsulas ha^{-1} en el Bollgard DP50 y 2.464 cápsulas ha^{-1} en el Bollgard II DP50.

Doyle et al., (2005) mencionaron que los gusanos de la cápsula (*Heliothis virescens* y *Helicoverpa zea*) logran sobrevivir en el algodón Bollgard® II. La población superviviente en el Bollgard® II no es resistente a ninguno de los dos genes Bt. A lo anterior se añade también la disminución de la eficacia atribuible a los bajos niveles de toxina Cry 1Ac que ocurre a finales de la etapa fenológica del algodón (maduración). Es posible que existan otras razones, tales como los traslados de las poblaciones de los campos convencionales o cultivos hospederos alternos pero, sea cual sea la razón, lo cierto es que niveles reducidos de poblaciones de gusanos de la cápsula continúan produciendo pérdidas en los rendimientos. Esas pérdidas pueden frenarse sólo con más aplicaciones de insecticidas; cualquier rociado contra los insectos diana en el algodón transgénico (Bt) tendrá consecuencias económicas si los ahorros en insecticidas no compensan el gasto que ocasiona la cuota tecnológica.

Tindallet *al.*, (2006) realizaron experimentos de laboratorio empleando dos colonias de gusano soldado (*Spodoptera exigua*). Ambas colonias fueron expuestas a yemas florales y pequeñas cápsulas, de una variedad de algodón transgénica WideStrike™ (gen insecticida) y una variedad convencional. Las yemas se depositaron en recipientes plásticos en el laboratorio, y se liberó una larva por yema. Se registró la mortalidad diariamente después de la infestación. El experimento de laboratorio demostró que la mortalidad larval fue superior en WideStrike™ que en la variedad de algodón convencional durante toda la temporada. Como promedio, el tiempo de mortalidad de las larvas fue de 2,5 días después de la infestación y quedaron destruidas todas las larvas en los siete días siguientes a la infestación.

Greenberget *al.*,(2010) analizaron hojas de plantas de algodón que contenían características transgénicas Bollgard II, Bollgard, WideStrike y algodón convencional para la actividad biológica en laboratorio, contra el gusano de la cápsula, *Helicoverpa zea* (Boddie), gusano soldado de la remolacha, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith), y el gusano falso medidor, *Trichoplusia ni* (Hubner). Se recolectaron 50 hojas de plantas de algodón con características mencionadas; se recogieron a los 20, 40, 120 días después de la siembra del algodón. Las hojas de cada colecta se utilizaron para la dieta de aproximadamente 15 larvas recién nacidas de los insectos descritos anteriormente. La mayor mortalidad larval se mostró en Bollgard II y WideStrike. Al final de la temporada en la maduración (120 DAP), la mortalidad de los insectos utilizados fue menor que en el WideStrike al igual que en Bollgard II. No se observaron efectos de las etapas del algodón en la mortalidad de los insectos probados. La supervivencia dependió del consumo de los niveles de endotoxina que provocan la mortalidad de las larvas. Las características biológicas de

lepidópteros supervivientes (peso de pupa, emergencia, y el tiempo de desarrollo) fueron significativamente mejores en algodón convencional.

Muhammad *et al.*, (2011) mencionaron que no hubo diferencias significativas en la densidad de huevos entre algodón transgénico Bt y el algodón convencional, sin embargo, las densidades de larvas se redujeron significativamente en el algodón Bt en comparación con el convencional (no-Bt) de algodón. Las aplicaciones de insecticidas para el control de esta plaga no fueron requeridas en el algodón transgénico Bt. Los resultados indican que el algodón transgénico Bt puede desempeñar un papel significativo en la reducción de la aplicación de pesticidas para el control de gusano cogollero (*Helicoverpa armígera*).

2.2.5 Algodón transgénico resistente a herbicidas

Es preciso controlar las malezas porque en ellas se esconden insectos dañinos y porque compiten con el algodón por los insumos. Las investigaciones han demostrado que, de las tres operaciones más importantes que se realizan en los cultivos de algodón son: control de malezas, aplicación de fertilizantes y control de plagas; el control de malezas es la operación más importante que debe realizar el agricultor. El problema de las malezas es aún más importante en los sistemas de cultivo intensivos; las malezas se pueden considerar un tipo de plaga y, como tal, requieren un enfoque integrado para lograr un control sustentable; las malezas pueden ser de hoja angosta o de hoja ancha (ICAC, 2006).

La adopción de variedades de algodón BXN y RoundupReadyha sido manejada por la facilidad y conveniencia de realizar aplicaciones de herbicidas en postemergencia temprana, también con la finalidad de tener nuevas pruebas para controlar problemas particulares de maleza. Los productores actuales tienen ahora nuevas maneras de controlar la maleza de hoja ancha en algodónero (Carpenter *et al.*, 2000)

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 preemergente, 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 (Láñez, 2000)

El glifosato es el ingrediente activo en muchos herbicidas vendidos en todo el mundo, incluida la formulación conocida, Roundup. Son herbicidas basados en glifosato, se utilizan ampliamente para el control de malezas, ya que no son selectivos; glifosato mata toda la vegetación (Kalaitzandonakes, 2003).

El desarrollo de cultivos tolerantes a los herbicidas involucra principalmente plantas genéticamente modificadas. Dos diferentes tipos de algodón resistente a herbicidas se introdujeron para siembras de Estados Unidos en 1990: Las variedades modificadas que contienen el gen BXN y permiten la aplicación de herbicidas de la familia Roundup® para el control de malezas, permiten que los agricultores rocíen

los cultivos con herbicidas que destruyen las variedades convencionales (Kalaitzandonakes, 2003).

El herbicida oxinil, que incluye a bromoxinil y ioxinil, actúa bloqueando el flujo de electrones durante la fotosíntesis, e inhibe la respiración celular en plantas dicotiledóneas. Este herbicida es tóxico para las variedades convencionales de algodón. Las variedades modificadas que contienen el gen BXN para tolerancia a oxinil permiten a los agricultores usar herbicidas con este ingrediente activo sin causar daño al algodón. El gen BXN fue aislado de *Klebsiella pneumoniae* ssp. *ozaenae* y codifica para la enzima nitrilasa la cual hidroliza el ioxinil y bromoxinil en compuestos no tóxicos (Silva 2005).

La EPA (Environmental Protection Agency) Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos prohibió la aplicación del herbicida bromoxinil a las variedades BXN. Según la carta emitida por la EPA, al aplicarse el bromoxinil a las variedades BXN obtenidas por ingeniería genética, queda suficiente residuo para causar riesgos en el desarrollo de los infantes y los niños. La decisión de la EPA podría someterse a revisión de disponerse de datos sobre los efectos no letales del bromoxinil, pero dada la situación actual, es probable que muchos agricultores decidan cultivar variedades tolerantes al herbicida Roundup Ready (ICAC, 1998).

El herbicida fosfotricina, ingrediente activo del glufosinato de amonio, es un potente inhibidor de la glutaminosintetasa, enzima clave en la regulación del metabolismo del nitrógeno. Las plantas de algodón genéticamente modificadas para tolerar y detoxificar el glufosinato contienen un gen que codifica para la enzima fosfotricina acetiltransferasa (PAT), procedente de la bacteria

Streptomycesviridochromogenes, la cual le confiere resistencia, vía inactivación del herbicida fosfinotricina (Calderón *etal.*, 1991; ISAA, 2002).

El algodón con resistencia a sulfonilurea fue desarrollado introduciéndole una forma del gen ALS tolerante al herbicida, el cual codifica la enzima acetolactatosintetasa (ALS). La enzima ALS producida, en el algodón genéticamente modificado, es una forma resistente de una enzima similar presente en todas las plantas, bacterias y hongos, y de esta manera confiere la resistencia al herbicida (Silva, 2005).

El algodón Bollgard®/Solución Faena® (Roundup) ha sido evaluado en la región agrícola del estado de Chihuahua durante los ciclos agrícolas PV-1997, 1999, 2001-2002 y 2005-2008. Los resultados de estas evaluaciones y los antecedentes de la siembra de algodón Bollgard®, Bollgard®/Solución Faena® y Solución Faena® en las regiones agrícolas del norte de México durante el periodo 1996 - 2007, permiten estimar el gran potencial de las variedades de algodón Bollgard®/Solución Faena® como un excelente método para el manejo de plagas y maleza del algodón de una manera más económica y más compatible con el ambiente, contribuyendo a reducir los costos de producción del cultivo, las aplicaciones de insecticidas y herbicidas residuales, así como las grandes cantidades de envases de plástico utilizados para contenerlos en el campo, y obtener un mejor rendimiento de fibra de algodón (SENASICA, 2009).

Murdock y Walt, (2006) indicaron que aplicaciones múltiples de Roundup Ready sobre el follaje no ejercían efectos negativos sobre las características agronómicas ni cualitativas de la semilla y la fibra. Según Monsanto, propietario de la tecnología, los productos Roundup Ready, como Roundup WeatherMAX® y Roundup Original MAX™, pueden rociarse sobre el follaje desde el surgimiento hasta siete días antes de la cosecha o cuando el 60% de las cápsulas están abiertas.

Carpenter *et al.*, (2000) señalan que el uso de algodón resistente a los herbicidas ha permitido las sustituciones de bajos precios de los herbicidas glifosato por herbicidas selectivos más caros y en algunos casos, un menor número de aplicaciones de herbicidas puede conducir a costos más bajos, así como, menor mano de obra y el costo del equipo.

2.3. Respuesta agronómica de variedades convencionales contra transgénicas

El cultivo del algodón se ha vuelto resistente a ciertas especies de gusanos lepidópteros, debido a la utilización de la tecnología Bollgard® (*Bacillus thuringiensis var. kurstaki*), reduciendo el uso de pesticidas (Damodaran, 2000). En la Comarca Lagunera, la tecnología Bt controló en 100% dos de las siete plagas del algodón en México (gusano bellotero *Heliothis virescens* y gusano rosado *Pectinophora gossypiella*). Los productores que adoptaron el uso de la variedad transgénica ahorraron \$1000.00 pesos ha⁻¹ en el control de plagas y obtuvieron ganancias estimadas en \$2950.00 pesos ha⁻¹, en comparación con productores que utilizaron las variedades tradicionales (Traxler *et al.*, 2002). Las variedades con

BOLLGARD tienen un potencial de rendimiento alrededor del 10% mayor en comparación con los cultivos convencionales (Monsanto, 2011).

Traxler y Godoy, (2004) realizaron un estudio en la Laguna analizando los aspectos económicos y ambientales de la tecnología Bollgard ® en nuestro país. Los resultados del estudio indican que el algodón Bollgard ® es una herramienta importante para la producción de algodón contribuyendo a la reducción en el uso de insecticidas al menos en un 50% con relación al algodón convencional y generando importantes beneficios económicos para los agricultores. En este estudio los investigadores determinaron que aproximadamente el 85% de los beneficios económicos generados por la utilización de la tecnología fueron para los agricultores.

García, (1998) concluye que las variedades transgénicas NuCOTN 33^B y NuCOTN 35^B rindieron hasta un 30 por ciento más que las variedades convencionales a nivel experimental y un 14% más que explotaciones comerciales.

Godoy (1999) y Bautista (2006) reportaron en estudios realizados con variedades transgénicas de algodón que las mismas han mostrado mayores rendimientos de algodón hueso (25 y 30%) que las variedades convencionales. Así mismo, se encontró para componentes de rendimiento, peso de 100 semillas (g) y peso de capullo (g), que las variedades transgénicas mostraron ser mejores que las convencionales (Godoy *et al.*, 1998).

Reyes *et al.*, (2010) en su estudio Efecto Ambiental de Agroquímicos y Maquinaria Agrícola en Cultivos Transgénicos y Convencionales de Algodón; no encontró diferencias significativas entre variedades transgénicas de algodón, mientras que en la comparación de la tecnología convencional y la transgénica se encontraron diferencias significativas a favor de la segunda. En promedio, las variedades transgénicas rindieron $0,4 \text{ ton ha}^{-1}$ más que la variedad convencional.

Qaim y Janvry (2003) también llegaron a la conclusión, sobre la base de sus estimaciones económicas; las aplicaciones de insecticidas al algodón convencional debían duplicarse para alcanzar la misma producción por hectárea que con las variedades transgénicas Bt. Predijeron un aumento neto en los rendimientos del 19% para los grandes agricultores y del 41% para los pequeños agricultores con las variedades Bt.

2.4 Calidad de fibra

2.4.1 Longitud

Arturi, (1984) expresó que la longitud de la fibra es el índice de calidad de mayor importancia para definir el valor industrial del algodón. Consecuentemente en los procesos selectivos se presta especial atención a este carácter, para mantenerlo en las magnitudes máximas factibles para cada linaje; la longitud es sin duda la que constituye el factor determinante para poder fabricar hilos más finos y muy uniformes. La longitud de fibra se clasifica de la siguiente manera Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de la longitud de la fibra de algodón expresada en pulgadas y milímetros. UAAAN-UL. 2012

Longitud (LEN)			
Lectura HVI	Pulgadas	Mm	Clasificación
<1.02	<1 ^{1/32}	<25.9	Fibra corta
1.02-1.04	1 ^{1/32}	25.9-26.4	Fibra media
1.05-1.07	1 ^{1/16}	26.7-27.2	Fibra media
1.08-1.10	1 ^{3/32}	27.4-27.9	Fibra media
1.11-1.13	1 ^{1/8}	28.2-28.7	Fibra media
1.14-1.50	1 ^{5/32}	29.0-38.0	Fibra larga
<1.50	1 ^{5/32}	<38.0	Fibra extra larga

2.4.2 Resistencia

Las mediciones de resistencia son reportadas 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 Cuadro 2. La siguiente tabla puede ser usada como una guía en la interpretación de las mediciones de la resistencia de fibra (OEIDRUS1999).

Cuadro 2. Clasificación de la resistencia de la fibra de algodón. UAAAN-UL. 2012

Resistencia g/tex	Clase
<22	Muy débil
22-24	Débil
25-27	Media
28-30	Fuerte
>30	Muy fuerte

2.4.3 Finura

El conocimiento del índice de micronaire, medida utilizada para medir la finura de la fibra del algodón, permite determinar la resistencia al hilado y la calibración de ciertas maquinas textileras. El conocimiento de la finura determina las proporciones de materia prima de diferentes características que intervienen en la mezcla utilizadas en la manufactura de telas de diferente calidad (Verdugo, 2010). La finura se mide como el índice de micronaire cuyos valores se clasifican como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de la finura de la fibra del algodón.UAAAN-UL. 2012

Micronaire(MIC)	Descripción
<3.0	Muy fino
3.0 a 3.06	Fino
3.7 a 4.7	Medio
4.8 a 5.4	Grueso
>5.5	Muy grueso

2.4.4 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 como un 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. Sin embargo, hay una variación natural en la longitud de las fibras del algodón, de manera que la uniformidad de la longitud será siempre menos que 100(OEIDRUS 1999). La siguiente tabla puede ser usada como una guía en la interpretación de las mediciones de la uniformidad de la longitud.

Cuadro 4. Clasificación del índice de uniformidad de la fibra de algodón. UAAAN-UL.
2012

Índice de uniformidad (%)	Descripción
<77	Muy baja
77 a 80	Baja
81 a 84	Media
85 a 87	Alta
>87	Muy alta

2.4.5 Índice de madurez

La madurez de la fibra es generalmente aceptada como el grado (Cantidad) de fibra de engrosamiento de la pared celular en relación con el diámetro o la finura de la fibra; la madurez es solamente influenciada por las condiciones de crecimiento durante el desarrollo de la fibra(NMX-A-051-SCFI-2000).

Cuadro 5. Clasificación del índice de madurez de la fibra de algodón. UAAAN-UL.
2012.

Índice de madurez (MAT)	Descripción
< 0.75	Poco común
0.75 a 0.85	Inmaduro
0.86 a 0.95	Maduro
>0.95	Muy maduro

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en 2011, en predio del productor Abed Negro Flores Alvarado, en el Ejido San Patricio, municipio de San Pedro, Coahuila, México. Coordenadas: 25° 39' 43" latitud norte y 102° 56' 16" longitud oeste.

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; así como los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí 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' 17 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).

Tiene una extensión de 1,003.70 Kilómetros Cuadrados, y su relieve es plano. Su clima es seco cálido con lluvias en verano y fuertes vientos que llegan hasta los 44 kilómetros por hora en primavera que producen tolvaneras; La temperatura promedio anual oscila entre los 22 y 24 grados centígrados (Duarte, 2011).

3.3 Establecimiento de la investigación

Los tratamientos de estudio estuvieron conformados por la evaluación de cinco variedades transgénicas FiberMax de BayerCropScience (FiberMax 9160B2F, FiberMax 9170B2F, FiberMax 9180B2F, FiberMax 1740B2F (Testigo), FiberMax 1880B2F); las variedades fueron sembradas en escala comercial (1.5 ha) por variedad.

3.4 Diseño experimental

Se ubicaron cuatro sitios de muestreo en cada variedad para evaluar el comportamiento agronómico, como altura de planta, número de nudos y rendimiento de algodón hueso y pluma; se recolectó una muestra de 40 capullos para la obtención de los componentes de rendimiento tales como: peso de capullo, porcentaje de fibra, porcentaje de semilla e índice de semilla; cada sitio de muestreo estuvo conformado por 1 surco de 3 metros de longitud. Para el análisis estadístico de la información que fue generada al momento de la cosecha se usó un Diseño en Bloques al Azar con 4 repeticiones.

3.5 Manejo del cultivo

3.4.1 Preparación del terreno

Esta se realizó con anticipación a la fecha de siembra, la preparación consistió en barbecho, rastreo, nivelación, trazo de riego y el rayado de las corrugaciones o bordos sencillos.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó el 25 abril en tierra venida, en surcos sencillos o corrugaciones, con una distancia de 75 centímetros entre surcos y de 9 centímetros entre plantas para contar con una densidad aproximada de 146,663 plantas ha^{-1} . Después de 15 a 17 días de la siembra se aplicó un paso de rodadillo con el fin de presionar el suelo y evitar fugas de humedad.

3.4.3 Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 133.5-67-15 (N-P-K), misma que se aplicó en dos partes: a) como fuente nitrógeno 300 kg de sulfato de amonio (20.5-00-00) y 100 kg de fosfato mono amónico (11-52-00) al momento de la siembra; b) la segunda fertilización fue antes del primer riego de auxilio con urea (46-00-00) y triple 15 (15-15-15). Así también se aplicó fertilizante foliar fosfacel 800 en dosis de 2.0 kg ha^{-1} , en la tercera aplicación de insecticida (72 días después de la siembra).

3.4.4 Riegos

La distribución y número de riegos fue la siguiente: un riego de presembrado con lámina de 20 centímetros y tres riegos de auxilio con lámina de 15 centímetros de acuerdo a la tecnología de uso eficiente del agua en surcos estrechos. El riego de

presiembra se aplicó con toda anticipación para que la tierra dé “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 6.

Cuadro 6. Calendario de riego y días después de la siembra que se aplicaron en cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Riegos	Días después de la siembra	Fecha
1° Auxilio.	45	09 de junio
2° Auxilio	70	04 de julio
3° Auxilio	86	20 de julio

3.4.5 Control de malezas

Se presentaron principalmente cadillo(*Xanthiumstrumarium*), correhuela(*Convolvulusarvensis*), trompillo(*SolanumelaeagnifoliumCav*) y zacate Johnson(*Sorghumhalepense*), zacate de agua(*Echinochloacrusgalli*); se realizaron dos aplicaciones de herbicidas; una antes del primer riego de auxilio de forma manual, localizada o manchoneada mediante el uso de mochila con glifosato a dosis de 250 ml por mochila de 18 litros de agua; la otra antes del segundo riego de auxilio con glifosato de forma localizada o manchoneada con igual dosis.

3.4.6 Manejo fitosanitario

Se realizaron cinco aplicaciones contra la fauna entomófaga de conchuela (*Nezaravidula*, *Euschistuservus*) y picudo (*Anthonomusgrandis*) de acuerdo al calendario de aplicaciones y productos del mercado(Cuadro 7).En la primera aplicación de insecticida se aplicó regulador de crecimiento cloruro de

mepiquat(mepigrow) en dosis de 0.75 de L ha⁻¹. Igualmente una aplicación contra viruela (*Pucciniacacabata*) junto con la segunda aplicación de insecticida con el producto tebucur (tebuconazole) en dosis de 0.5 L ha⁻¹.

Cuadro 7. Control químico y plagas que se presentaron en la evaluación de cinco variedades transgénicas de algodón en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Aplicación	Dds*	Plagas	Productos	Dosis L ha ⁻¹
1	44	Conchuela	Endosulfan	1.75
		Picudo	Mepigrow*	0.75*
			Adherente	0.15
2	58	Conchuela	Monocrotofos	1.75
		Picudo	Adherente	0.15
			Tebucur*	0.5*
3	72	Picudo	Monocrotofos	2.0
		Conchuela	Fosfacel 800	2.0
			Adherente	0.15
4	86	Picudo	Monocrotofos	2.0
		Conchuela	Adherente	0.15
5	95	Picudo	Endosulfan	2.0
		Conchuela	Adherente	0.15

Dds* = igual a días después de la siembra.

3.4.7 Defoliación

Se realizó 147 días después de la siembra; el criterio de aplicación de los productos defoliantes fue un 70% de capullos abiertos. Los productos utilizados fueron mezclados en 60 L ha⁻¹ de agua con aplicación aérea (avioneta).

Cuadro 8. Productos defoliantes que se aplicaron en la evaluación de cinco variedades transgénicas de algodón en la comarca lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Productos	Dosis ha ⁻¹ .
-----------	--------------------------

DEF	1.5 lts.
DROPP 500	0.150 lts
KATOR	0.200 kg.

3.4.8 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

Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de nudos por planta, peso de capullo y rendimiento de algodón hueso y pluma; al momento de despepitar el algodón o separar la semilla de la fibra se determinó el porcentaje de fibra, porcentaje de semilla e índice de semilla.

La calidad de fibra fue determinada mediante HVI (High Volumen Instrument); en instalaciones del INIFAP-Campo Experimental La Laguna; los parámetros determinados fueron longitud de fibra, resistencia, uniformidad, finura (micronaire) e índice de madurez. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza de acuerdo con el diseño utilizado en el programa S. A. S.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Componentes de crecimiento vegetativo

4.1.1 Altura de planta

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para este componente morfológico, indicativo de la capacidad de crecimiento y vigor de un individuo (Cuadro 9). Al respecto conviene señalar la probable correlación negativa de éste, con el rendimiento de algodón hueso y fibra en kg ha^{-1} , debido que el cultivar Testigo FiberMax 1740B2F con 62.1 centímetros inferior en rangos de 4-13 centímetros, resultó ser el de mayores valores en los caracteres de valor económico.

Cuadro 9. Altura de plantas y número de nudos en cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la comarca lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Variedad	Altura (cm)	No. Nudos
FM9180B2F	86.6 a	18.38 a
FM1880B2F	75.9 b	16.50 ab
FM9170B2F	71.0 b c	17.78 a
FM9160B2F	66.4 c	15.37 b
FM1740B2F(T)	62.1 c	14.37 b
Media	72.4	16.48
DMS	9.23	2.28
C.V.	5.76	10.02

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

4.1.2 Número de nudos

Al igual que altura de plantas se tiene que el número de nudos fue significativo ($P \leq 0.05$), el menor valor lo obtuvo FiberMax 1740B2F con 14.36 nudos y que coincidentemente con la probable y posible asociación inversa señalada en la altura, nos indica que más que un alto valor en la dimensión vertical, deberá considerarse el hábito de fructificación reflejado en un mayor número de sitios fructíferos a lo largo de la rama, el número y tamaño de las bellotas (Cuadro 9).

4.2 Componentes de rendimiento

4.2.1 Porcentaje de fibra

Este parámetro es muy importante para el productor, por que en última instancia es lo que realmente valora su producción; el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades transgénicas. A excepción de FiberMax 9170B2F, las variedades FiberMax 1880B2F, FiberMax 9180B2F y FiberMax 9160B2F superan al cultivar FiberMax 1740B2F (T) con porcentajes que fueron entre 2 y 4% de fibra (Cuadro 11).

Cuadro 11. Valores promedios para peso de capullo, porcentaje de fibra, porcentaje de semilla e índice de semilla de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Variedad	Peso de capullo (gr)	% de Fibra	% de semilla	Índice de semilla
FM1740B2F(T)	6.4 a	41.3 c	56.9 a	10.4 a
FM1880B2F	6.1 a	45.0a	53.3 c	9.6 b
FM9170B2F	5.6 b	42.2bc	56.1 a b	9.7 ab
FM9180B2F	5.4 b c	43.8a	54.6 b c	9.3 b
FM9160B2F	5.12 c	43.7a b	53.1 c	9.0 b
Media	5.7	8270.0	54.8	9.6
DMS	0.0004	1.6	1.810	0.8
C.V.	3.3	11.7	1.5119	8.3

En la hilera y columna, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

4.2.2 Peso de capullo

El peso que presenta el capullo de algodón, expresado en gramos nos sirve para estimar la producción por hectárea. El análisis estadístico encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$); FiberMax 1740B2F (T) obtuvo el capullo mas pesado con 6.4 gramos junto a su homólogo FiberMax 1880B2F con 6.1 gramos y resultaron estadísticamente iguales entre sí. El peso mas bajo se presentó en el cultivar FiberMax 9160B2F con 5.1 gramos; conviene señalar que el rendimiento se ve mas favorecido por el número de capullos y no por su peso (Cuadro 11).

4.2.3 Porcentaje de semilla

Se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la variable porcentaje de semilla entre las variedades en evaluación; esta proporción es el elemento que constituye más del 50% del rendimiento de los componentes; la semilla representar las dos terceras partes del peso del capullo (Usach, 2000; citado por Estrada, 2004),

el porcentaje de semilla presenta utilidades económicas menos importantes para el productor al ser considerada como un subproducto de la cosecha. La comparación de medias señaló que FiberMax 1740B2F (T) presentó 56.9% considerándose la de mayor porcentaje, al igual FiberMax 9170B2F con 56.1% fue estadísticamente igual; el menor porcentaje de semilla fue para la variedad FiberMax 9160B2F con 53.11%.

4.2.4 Índice de semilla

El análisis estadístico señaló diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las variedades transgénicas para este componente de rendimiento (Cuadro 11). Esta variable se expresa mediante el peso de 100 semillas seleccionadas al azar expresado en gramos; FiberMax 1740B2F(T) presentó el valor mas alto con 10.45 gramos, lo cual nos lleva a inferir que su semilla fue la más grande. La variedad que mas se aproximó con 9.75 gramos fue FiberMax 9170B2F.

4.2.5 Rendimiento algodón hueso kg ha⁻¹

El análisis de varianza para rendimiento de algodón hueso señaló diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para las variedades transgénicas probadas (Cuadro 10). Al respecto el máximo rendimiento lo obtuvo la variedad FiberMax 1740B2F (T) con 9,738 kg ha⁻¹, en tanto FiberMax 9180B2F estadísticamente igual a ella con 9,300 y que representan 438 kg menos, pero con 2.5% más de fibra, termina por superarlo. Si tal condición se traduce en términos económicos representa a su favor 56 kg de algodón pluma factor digno de ser tomado en cuenta en una futura elección, de seguirse mostrando tales respuestas de su parte.

Cuadro 10. Rendimiento de algodón hueso y pluma de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Variedad	Rendimiento. algodón Hueso Kg ha⁻¹	Rendimiento algodón pluma kg ha⁻¹
FM9160B2F	6938.6 b c	3038.3 b
FM9170B2F	6444.1 c	2725.1 b
FM9180B2F	9299.9 a	4083.5 a
FM1740B2F(T)	9737.6 a	4027.6 a
FM1880B2F	8930.3 a b	4030.8 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

4.2.6 Rendimiento algodón pluma kg ha⁻¹

Esta es una de las variables más importantes que se persigue aumentar en cualquier investigación que se realice y es un carácter que norma la elección de una variedad, debido al valor económico que representa. El análisis de varianza correspondiente señaló que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades (Cuadro 10). Conviene resaltar que no obstante haber obtenido valores menores para el rendimiento de algodón hueso, FiberMax 9180B2F y FiberMax 1880B2F fueron estadísticamente iguales a FiberMax 1740B2F (T) sus valores de 4083.5 y 4030.8 kg ha⁻¹ de fibra respectivamente superaron a los 4027.6 kg ha⁻¹ de algodón fibra alcanzados por FiberMax 1740B2F (T) en este estudio.

4.3 Calidad de fibra

4.3.1 Longitud (LEN)

El análisis de varianza para este componente de calidad de fibra, señaló diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 12); los valores promedios obtenidos por las variedades FiberMax 9180B2F, FiberMax 9180B2F, FiberMax 9160B2F (1^{3/16} 1

$1^{5/32}$ y $1^{5/32}$) fueron estadísticamente iguales y se ubicaron dentro de la exigencia señalada por los distintos sectores de la cadena agroindustrial algodonera que lo clasifica como fibra largasegún USTER, (2011) e indicados en el Cuadro 3. En tanto FiberMax 1740B2F (T) y FiberMax 1880B2F ($1^{1/8}$ y $1^{1/8}$) con ligeros decrementos en los valores de longitud se clasificaron en una fibra media. La longitud de la fibra esta influenciada por los factores hereditarios, humedad durante la época de floración y fructificación, localización de la fibra en diferentes partes de la semilla, localización de frutos en la planta, así como por las condiciones reales en que se realiza el desmote (Robles, 1980).

Cuadro 12. Valores promedio para los caracteres longitud (LEN), resistencia (STR) y micronaire (MIC) de cinco variedades transgénicos de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL 2012.

Variedad	Longitud		Resistencia		Finura	
	LEN	Pulg	g/ tex	Clase	MIC	clase
FM9160B2F	1.15 a b c	$1^{5/32}$	27.52 a	Fuerte	4.12 b c	Medio
FM9170B2F	1.17 a b	$1^{5/32}$	28.85 a	Fuerte	4.27 b	Medio
FM9180B2F	1.19 a	$1^{3/16}$	28.60 a	Fuerte	3.90 c	Medio
FM1740B2F(T)	1.13 b c	$1^{1/8}$	28.72 a	Fuerte	4.84 a	Grueso
FM1880B2F	1.11 c	$1^{1/8}$	29 a	Fuerte	4.65 a	Medio
Media	1.15		28.54		4.36	
DMS	0.05		2.25		0.25	
C.V.	5.97		1.29		44.02	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

4.3.2 Resistencia(STR)

El análisis estadístico no reporto diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los valores promedios de este carácter en las variedades bajo evaluación (Cuadro 12). Todas se ubicaron por encima del valor promedio exigido por la industria y que es un

valor ubicado en 25-27 g/tex, que se traduce en una clasificación de fibra fuerte según USTER, (2011) e indicada en el Cuadro 2.

4.3.3 Finura (MIC)

Este carácter en su análisis de varianza respectivo detectó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 12). A excepción de FiberMax 1740B2F (T) que se ubicó en la clase de fibra gruesa, los restantes promediaron valores comprendidos dentro de la clase mediana según USTER, (2011) que igualmente son indicados en el Cuadro 3.

4.3.4 Uniformidad (UI)

El análisis estadístico para los valores medios de las variedades bajo evaluación, no señaló diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para este carácter indicativo de la probable conexión de buen hilado de la fibra y conveniente obtención de telas de calidad (Cuadro 13). Sin ser de magnitud considerable el cultivar FiberMax 1740B2F(T) alcanzó el máximo índice de uniformidad con 85.17 ligeramente mayor a los restantes, todos ubicados dentro de la clase denominada alta. El valor de uniformidad obtenido en este trabajo es superior al valor de uniformidad señalado por este organismo que lo clasifica como de buena homogeneidad (IICA, 1989).

Cuadro 13. Valores promedios para el carácter índice de uniformidad (UI) e índice de madurez (MAT) de cinco variedades transgénicas de algodón evaluadas en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL. 2012.

Variedad	Uniformidad		Índice de madurez	
	(UI) %	Clase	MAT	Clase
FM1740B2F(T)	85.17 a	Muy alta	0.94 a	Madura
FM1880B2F	84.72 a	Alta	0.91 b	Madura
FM9170B2F	84.80 a	Alta	0.87 c	Madura
FM9160B2F	84.10 a	Alta	0.86 c	Madura
FM9180B2F	83.37 a	Alta	0.85 c	Madura
Media	84.43		0.88	
DMS	2.00		0.02	
C.V.	2.37		33.6	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

4.3.5 Índice de madurez (MAT)

Se señalaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para este carácter indicativo del desarrollo alcanzado por la fibra y relacionado con el micronaire en conjunto confieren alta calidad para el proceso industrial de la fibra (Cuadro 13). El valor promedio más cercano a la clase muy madura (≥ 1.00) lo obtuvo el Testigo FiberMax 1740B2F con 0.94, estadísticamente diferente y superior a los restantes según USTER, (2011) (Cuadro 4).

V. CONCLUSIONES

Las variedades FiberMax 1740B2F (Testigo), FiberMax 9180B2F y FiberMax 1880B2F fueron estadísticamente iguales y registraron el mayor rendimiento de algodón hueso con una producción de 9,637 kg ha⁻¹, 9,299 kg ha⁻¹ y 8,930 kg ha⁻¹ respectivamente.

La variedad FiberMax 1740B2F (T) mostró el menor porcentaje de fibra, al compararla con el resto de las variedades y presentó el mayor porcentaje de semilla; además el porte compacto que presentó su vigor, la ubicó como la de menor talla en altura con 62.1 cm, además de registrar el menor número de nudos.

La variedad FiberMax 1740B2F (T) presentó el mayor peso de capullo, porcentaje de semilla e índice de semilla con 6.4 g, 56.9% y 10.4 g respectivamente, estadísticamente diferente al resto de las variedades.

El mejor rendimiento de algodón pluma lo obtuvieron igualmente, las variedades FiberMax 9180B2F, FiberMax 1880B2F y FiberMax 1740B2F (T), que fueron estadísticamente iguales, con rendimientos de 4083, 4030 y 4027 kg ha⁻¹ respectivamente.

La variedad FiberMax 1880B2F y FiberMax 9180B2F tienen como atributo, poseer los mayores porcentajes de fibra, ya que son estadísticamente iguales, además presentaron el mayor vigor expresado en altura de planta con 86.6 y 75.9 cm. Adicionalmente FiberMax 9180B2F presenta el mayor número de nudos.

Los caracteres de calidad de fibra que no presentaron diferencias significativas entre variedades fueron: resistencia con un valor promedio de 28.54 g / tex y uniformidad con valores promedio de 84.43 que les confieren una clasificación fuerte para resistencia e índice alto y muy alto para uniformidad.

La variedad con la fibra más larga correspondió a FiberMax 9180B2F que es estadísticamente diferente al resto de las variedades, con valores de $1^{3/16}$ pulgadas, seguida de FiberMax 9170B2F y FiberMax 9160B2F con longitud $1^{5/32}$ pulgadas.

La mejor finura e índice de madurez correspondió para FiberMax 1740B2F (Testigo) y FiberMax 1880B2F con valores 4.84 y 4.65 de índice demicronaire que las presentó como estadísticamente diferentes al resto de las variedades.

Se comprobó el planteamiento de hipótesis, donde si existen diferencias en las características de rendimiento y calidad de fibra para cinco variedades transgénicas de algodónero.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Adamczyk Jr, 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.
- Adamczyk Jr, J. and Mahaffey, J.S. 2007. Efficacy of Vip3A and Cry1Ab genotypes against various lepidopteran pests, pp. 1106-1113. In Proc. 2007 Beltwide Cotton Conf., New Orleans, LA. January 9-12, 2007.
- Akin, D. S., Layton, M. B., Stewart, S. D., and Adamczyk Jr, J. 2004. Temporal expression profiles and bioactivity of single (Bollgard®) and dual-toxin (Bollgard II®) Bt cotton, pp., 1422-1429. In Proc. 2004 Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. January. 5-9, 2004.
- Arroyo, G. 1990. Biotecnología: Una salida para la crisis Agroalimentaria, UAM Xochimilco, S.N.E, Plaza y Valdés Editores, México.
- Arturi, E. 1984. El algodón. Mejoramiento genético y técnicas de su cultivo. Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina. Pp. 179.
- Bachelor, J. S., and Mott, D. W. 2003. Efficacy of Bollgard II Cotton Under Nonenhanced Agronomic Conditions in North Carolina, 1996-2002. Proceedings of the 2003 Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Nashville, TN 38182, USA.
- Baldwin, J. L., Foil, L. D., Grodner, M. L., Hammond, A., Henderson, G., Hummel, N., Johnson, S., Leonard, R., Morgan, A., Pollet, D. K., Pyzner, J., Reagan, T. E., Reed, D., Ring, D., Story, R. N., and Stout, M. 2010. Louisiana Insect Pest Management Guide. http://www.lsuagcenter.com/en/communications/publications/management_guides/Louisiana+Insect+Pest+Management+Guide.htm
- Bautista, M. E. 2006. Estudio de rentabilidad del cultivo del algodónero (*Gossypium hirsutum L.*) utilizando la variedad transgénica 448B, en el Ejido Luchana, Municipio de San Pedro, Coahuila. Tesis Ingeniero Agrónomo Administrador. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Carpenter, E.J and Gianessi, L.P. 2000. Value of Bt and herbicide-resistant cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. National Cotton Council, Memphis, TN. 1:76-80.

- Calderón, A., Roca, W. M., Jaynes, J. 1991. Ingeniería genética y cultivo de tejidos. In: Cultivo de tejidos en la agricultura fundamentos y aplicaciones. CIAT N° 151. Cali. pp. 733-753.
- CIBIOGEM. 2011. Manejo de la resistencia asociada al cultivo de organismos genéticamente modificados en México: el caso del algodón. Convocatoria para la exposición de propuestas a las demandas de bioseguridad CONACYT 2011.
- Cotton Inc. 2012. Mercado del algodón de Estados Unidos. Reporte económico mensual. http://es.cottoninc.com/MonthlyEconomicLetter_ES/
- Chapman, R.F. 1998. The insects structure and function. 4th ed. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Damodaran, H. 2000. Developing transgenic cotton. AGRI-Business Line. The Indu Group of Publications.
- Davis, M. K., Layton, M. B., Varner, J.D., and Greg, L. 1995. Field evaluation of Bt - transgenic cotton in the Mississippi Delta. Proceedings of the Cotton Beltwide Conferences. National Cotton Council. Memphis, Tennessee, USA. p.771-773.
- Doyle, B., Reeve, I., and Coleman, M. 2005. The Cotton Consultants Australia 2005 Bollgard Comparison Report. A Survey of Cotton Growers' and Consultants' Experience with Bollgard in the 2004-2005 Season. A report prepared for the Cotton Research and Development Corporation and the Cotton CRC. 136pp.
- Duarte, M. R. 2011. Validación del Manejo Integrado (Modificado) del Picudo del Algodonero en san pedro y matamoros. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Escobedo, Salas. M., Nava C.U., Ramírez, D. M., Esparza, M. H. J. y Sepúlveda, B. M. 2001. Fenología, rendimiento, calidad de fibra y efectividad para el control de plagas de variedades transgénicas de algodónero, en la Comarca Lagunera. Revista Chapingo, serie zonas áridas. Bermejillo, Durango, México
- Espinoza, A. J. J., Salinas, G. H., Palomo, R. M., Núñez, H.G., Figueroa, V. U., Cano, R. P., Orona, C.I. 2007. Situación y tendencias del mercado de algunos productos agropecuarios y la investigación del INIFAP en la Comarca Lagunera. Publicación especial núm.53, ISBN 978-97043-0265-8. CELALA-CIRNOC-INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. p. 38.

- Estruch, J. J., Warren, G. W., Mullins, M. A., Nye, G. J., Craig, J. A., and Koziel, M. G. 1996. Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against Lepidopteran insects. Proc. Natl. Acad. Sci. 93: 5389-5394.
- Estrada, T. O. O. 2004. Producción y calidad de fibra y semilla de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) Tesis Maestría profesional en tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro programa de graduados. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- FAO. 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s09.htm>
- FAO. 2006. Declaración de la FAO sobre biotecnología. <http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/>
- FAO. 2004. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 163.
- Fitt, G.P., and Wilson, L.J. 2000. Genetic Engineering in IPM: Case Study - Bt plants. pp. 108-125 In: Kennedy, G.G. and Sutton, T.B. (eds). Emerging Technologies in Integrated Pest Management: Concepts, Research and Implementation. APS Press, St. Paul.
- García, H, J.L. 1998. Evaluación de variedades transgénicas de algodónero resistentes a lepidópteros. Tesis maestría en ciencias en producción agronómica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Godoy, A. S., Palomo G. A., y García E. A. 1997. Validación de nuevas variedades de algodónero de ciclo precoz e intermedio. CELALA-CIRNOC- INIFAP Matamoros, Coahuila. México. Informe de actividades 1997. p. 1-2.
- Godoy, A. S., Palomo G. A. y García E. A. 1998. Validación de la variedad de algodónero NuCOTN 35^B en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC- INIFAP Matamoros, Coahuila. México. Informe de actividades 1998. p. 1-2.
- Godoy A., S. y E. A. García C. 1999. Validación de variedades de algodónero transgénicas y convencionales en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC- INIFAP Matamoros, Coahuila, México. Informe de actividades 1999. p. 1-5.

- Godoy, A. S., y García C. 2000. Validación de variedades de algodnero transgénicas y convencionales en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP Matamoros, Coahuila. México. Informe de actividades 2000. p 1-4.
- González, E. A., Godoy, S., García, E. A., Gaytán, A., Espinoza, J.J., Martínez, R y Wood, S. 2003. Impacto Económico del Sistema de Producción de Algodón en Surcos Estrechos. Publicación Técnica No.2, ISBN 968-5580-14-6. Serie: Estudios de Evaluación del Impacto Económico de Productos del INIFAP. México, D.F.
- Greenberg, S. M., Li, Y. -X. And Liu, T.-X. 2010. Effect of Age of Transgenic Cotton on Mortality of Lepidopteran Larvae. Southwestern Entomologist. Texas.
- Henneberry, T. J. 2001. Effects of transgenics cotton on cabbage looper, tobacco budworm, and beet armyworm (Lepidoptera: *Noctuidae*) Larval mortality and development and foliage consumption in the laboratory. Dec. Broadway Road Phoenix, AZ. pp: 325-337.
- Iáñez, P. E. Biotecnología global, bioseguridad y biodiversidad. Curso de doctorado: Biotecnología ética y sociedad. Universidad de Granada. 2000. de Biología, Gómez Palacio, Durango. México. 51p.
- Ibarra, F. 2000. Desarrollo y Sobrevivencia del gusano soldado, *Spodoptera exigua* (Hubner), en el algodnero convencional y transgénico de la Comarca Lagunera. Tesis Profesional, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, México.
- IICA. 1989. Compendio de agronomía tropical. Tomo II. Servicio Editorial IICA. San José, Costa Rica. 693 p.
- ICA. 2004. Evaluación de los Riesgos Potenciales para Introducir y Comercializar Semillas de Algodón con las Tecnologías Conjuntas (Bollgard) + (RoundupReady). Documento de Trabajo. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. 11 p.
- ICAC. 1998. Prohibido el cultivo de las variedades BXN en los EE.UU. http://www.icac.org/cotton_info/tis/biotech/documents/recorderdocs/s_march_1998.pdf
- ICAC. 2006. El algodón biotec resistente a los herbicidas. http://www.icac.org/cotton_info/tis/biotech/documents/recorderdocs/s_september_2006.pdf

- ICAO. 2000. Protocolo de Cartagena sobre la Biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica, Montreal Canadá. Diario Oficial de la Federación 28 octubre de 2003. México.
- ISAAA. 2002. HerbicideToleranceTechnology: Glyphosate&Glufosinate. SeAsiaCenter. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Pockets nº 10. Manila.
- Jackson, R. E., Bradley, J. R. and Van Duyn, J. W. 2003. Bollworm population production and associated damage in Bollgard and Bollgard II cottons under insecticide-treated and non-treated conditions. Proceedings of the 2002 Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Nashville, TN 38182, USA.
- Jackson, R. E., Bradley, J. R. and Van Duyn, J. W. 2005. Comparative efficacy of Bt technologies against bollworm in North Carolina, pp. 1373-1378. In Proc. 2005 Beltwide Cotton Conf. New Orleans, LA.
- Jackson, R. E., Bradley, J. R. and Van Duyn, J. W. 2003. Field performance of transgenic cottons expressing one or two *Bacillus thuringiensis* endotoxins against bollworm, *Helicoverpa zea* (*Boddie*). *J. Cotton Sci.* 7: 57-64.
- Jenkins, J. N., McCarthy, J.C. and Wofford, T. 1995. Bt cotton a new era in cotton production. Proceedings of the Cotton Beltwide Conferences. National Cotton Council. Memphis, Tennessee, USA. p.171-172.
- Kalaitzandonakes, G. N. 2003. The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech. A Global Perspective. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003, ISBN 0-306-47501-4, 336pp
- Kubli, G. F. 2006. Movimiento transfronterizo de organismos genéticamente modificados. En: Quintana A. y Arcelia E. (Ed.). Panorama Internacional de Derecho Mercantil Culturas y Sistemas Jurídicos Comparados, México, UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Krattiger, A.F. 1997. Insect resistance in crops: a case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA Briefs nº 2. ISAAA: Ithaca, NY. Pp. 4 2.
- Lagiere, R. 1969. El algodón. Editorial Blume, Madrid, España. 291 p.
- Lajolo, F. M y Nutti, M. R. 2003. Transgênicos: bases científicas da sua segurança. São Paulo: SBAN. pp112.

- Leonard, B. R., Tindall, K. V and Emfinger, K. D. 2006. Fall armyworm survivorship and damage in Bollgard and Bollgard 2 cotton, pp. 1080-1084. In Proc. 2006 Beltwide Cotton Conf. San Antonio, TX.
- López, M. D., Gallegos, R. M., Santos, S. C., Valdéz, C. R y Martínez, R. E. 2002. Producción de Algodonero Transgénico Fertilizado con Abonos Orgánicos y Control de Plagas. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo México. Pp.321-327.
- Manjarrez, H. O. I. 2008. Repuesta del algodón a la siembra en surcos ultra-estrechos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Martínez, R. J. 2011. Validación del Manejo Integrado (Modificado) del Picudo del Algodonero en Francisco I. Madero Coahuila. Y Gómez Palacio, Durango. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Monsanto. 2011. Guía técnica para el uso de tecnologías Monsanto. Soluciones para el agricultor algodouero. Monsanto imagine.pp 60.
- Murdock, S. W. and Walt, M. 2006. Roundup Ready® Flex cotton – 2006 launch. Proceedings of the 2006 Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Memphis, TN, USA.
- Muhammad, A., Anjum, S., Zainul, A and Dildar, G. M. 2011. Efficacy of Transgenic Bt Cotton against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: *noctuidae*) in the Punjab, Pakistan. Pakistan Entomologist. University of Agriculture Faisalabad, Pakistan.
- McCaffery, A. M., Caprio, R., Jackson, M., Marcus, T., Martin, D., Dickerson, D., Negrotto, D., O' Reilly, E and Lee. M. 2006. Effective IRM with the novel insecticidal protein Vip3A, pp. 1229-1235. In Proc. 2006 Beltwide Cotton Conf. San Antonio, TX.
- Naranjo, S. E., Ruberson, J. R., Sharma, H. C., Wilson, L and Wu, K. 2008. The present and future role of insect-resistant genetically modified cotton in IPM, pp. 159-194. In J. Romeis, A. M. Shelton, and G. G. Kennedy (eds.) Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs. Progress in Bio. Control Vol. 5.
- Nava, C. U. y Reyes, E. A. 1999. Fluctuación poblacional de plagas e insectos benéficos del algodouero convencional y transgénico. CELALA

- CIRNOCINIFAP. Matamoros, Coahuila. México. Informe de actividades 1999. p: 1-5
- Novillo, C. Soto, J y Costa, C. 1998. Resultados en España con variedades de algodón, protegidas genéticamente contra las orugas de las cápsulas. Boletín de sanidad vegetal. España.
- NMX-A-051-SCFI-2000. Productos agrícolas no industrializados para uso industrial - Algodón para hilar (*Gossypium*spp) – Especificaciones (cancela ala NMX-A-051-1964-DGN). Pp. 15.
- OEIDRUS, 2011 (en línea) generalidades del algodón <http://www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/algodon.pdf>
- OEIDRUS. 1999. La Clasificación del Algodón. Manual de Agricultura. www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/.../DescargaCLASIFICACION.pdf
- Qaim, M. and Janvry, A. (2003). Genetically modified crops, corporate pricing strategies, and farmers' adoption: the case of Bt cotton in Argentina. American Journal of Agricultural Economics 85: 814–828.
- Quintanilla, J. 2001. Los productos agrícolas transgénicos, ¿atentado ala naturaleza? Biomédica. 12:222-223.
- Reyes, G., Chaparro, G. A y Ávila, K. 2010. Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XII, núm. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Robles, S. R. 1985 Producción de oleaginosas y textiles. Segunda edición, Editorial LIMUSA. Pp 137 – 140; 165 – 285.
- Rodríguez, M., Aguilar, M., Martínez, C., Terán V y Lagunes T. 2005. Manejo de la resistencia a la endotoxina CRy1Ac de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* que expresa el algodón Bollgard En: Congreso de Sociedad Colombiana de Entomología. Resúmenes del XXXII Congreso de Sociedad Colombiana de Entomología, Ibagué, Tolima.
- SAGARPA. 2010. Aumenta siembra de algodón en México. XXIV Congreso Nacional del Sistema Producto Algodón. Mexicali, B. C. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2010/octubre/Documents/2010B452.pdf>
- Salinas, J.P. 1999. ADN, Clones, Priones, Transgénicos, Genoma y otros similares. ¡Ahora el ántrax! Revista de facultad de medicina. Universidad de los Andes.

- SENASICA. 2009. Solicitud de Permiso para Liberación al Ambiente en Etapa Piloto del Organismo Genéticamente Modificado Algodón Bollgard®/Solución Faena® (EVENTO MON-00531-6 X MON-01445-2) en la Región Agrícola del Estado de Chihuahua Durante el Ciclo Agrícola Primavera-Verano (P-V) 2009. www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento...
- Silva, C. A. 2005. Algodón Genéticamente Modificado. Publicación de Agro-Bio. Bogotá, Colombia. p 49.
- SIAP. 2012. Avance de siembras y cosechas por cultivo. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA.
- Stewart, S. D., Knighten, K. S and Davis, F. M. 2000. Efficacy of Bt cotton expressing two insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis* Berliner on selected caterpillar pests, pp. 1043-1049. In Proc. 2000 Beltwide Cotton Conf, San Antonio, TX.
- Tindall, K., Leonard, R and K. Emfinger. 2006. Fall armyworm survivorship and damage to WideStrike™ cotton. Proceedings of the 2006 Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Memphis, TN, USA.
- Traxler, G., Godoy, S. (2004). Transgenic cotton in Mexico. *AgBioForum*, 7(1&2), 57-62.
- Traxler, G., Godoy-Avila S., Falck-Zepeda, J& Espinoza-Arellano, J. (2002). Transgenic cotton in Mexico: Economic and Environmental Impacts. In N. Kalaitzandonakes (Ed.), *The economic and environmental impacts of agbiotech: A global perspective*. Norwell, MA: Kluwer-Plenum.
- Verdugo, O. J. 2010. Rendimiento y calidad de fibra del algodón en surcos ultra-estrechos y convencionales. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Vargas, E. U., Ramírez, G M., Nava, C. M. y Ramírez, D M.U. 2001. Desarrollo, crecimiento y sobrevivencia del gusano soldado *Spodoptera exigua* (hubner) en algodón transgénico y convencional en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo, serie zonas áridas*. Bermejillo, Durango, México.
- Watson, T. F. 1995. Impact of transgenic cotton on pink bollworm and other lepidopteran insects. *Proceedings of the Cotton Beltwide Conferences. National Cotton Council. Memphis, Tennessee, USA..p.759.*