

INFORMACIÓN CONFIDENCIAL



We create chemistry

SOLICITUD DE PERMISO DE LIBERACIÓN COMERCIAL AL AMBIENTE DE ALGODÓN GLYTOL® TWINLINK® - GLT (GHB614 x T304-40 x GHB119; OECD: BCS-GHØØ2-5 x BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8), EN LA REGIÓN AGRÍCOLA DEL VALLE DE MEXICALI (MEXICALI, B.C Y SAN LUIS RIO COLORADO, SON.), PARA EL CICLO AGRICOLA PRIMAVERA - VERANO 2020 Y POSTERIORES

Compañía:

BASF Mexicana, S.A. de C.V.

Ciudad de México, a 9 de agosto de 2019.



CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	6
Artículo 5. Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.....	8
1. Nombre, denominación o razón social del promovente y, en su caso, nombre del representante legal.	8
4. Modalidad de la liberación solicitada y las razones que dan motivo a la petición;	8
5. Señalar el órgano de la Secretaría competente, al que se dirige la solicitud;	8
I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EXPERIMENTAL Y DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EN PROGRAMA PILOTO, O COPIA SIMPLE DE CADA UNO DE LOS REFERIDOS PERMISOS	9
II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZARÁ LA LIBERACIÓN, LA CUAL CONSISTIRÁ EN LO SIGUIENTE	10
a. Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde podrá realizar la liberación.....	10
b. Municipio o municipios donde se encuentra cada uno de dichos polígonos	17
c. Estado o estados donde se ubica cada uno de dichos polígonos.....	18
III. REFERENCIA Y CONSIDERACIONES SOBRE EL REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA O LAS LIBERACIONES EXPERIMENTALES EN RELACIÓN CON LOS POSIBLES RIESGOS AL MEDIO AMBIENTE Y LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y, ADICIONALMENTE, A LA SANIDAD ANIMAL, VEGETAL O ACUÍCOLA.....	19
i. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto 20	
ii. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación	20
iii. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad	26
iv. Caracterización bioquímica y metabólica de todos los productos del gen novedoso con relación a su actividad, productos de degradación o subproductos, productos secundarios y rutas metabólicas	26
v. Cambios en la capacidad competitiva del OGM en comparación con la contraparte no modificada, incluyendo supervivencia y reproducción, producción de estructuras reproductoras, periodos de latencia y duración del ciclo de vida	37
vi. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos	39
vii. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento	64
viii. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados	83

IV. INSTRUCCIONES O RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y, EN SU CASO, MANEJO	93
V. CONDICIONES PARA SU LIBERACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN, EN CASO DE SER NECESARIAS	99
VI. CONSIDERACIONES SOBRE LOS RIESGOS DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS CON QUE SE CUENTE PARA CONTENDER CON EL PROBLEMA PARA EL CUAL SE CONSTRUYÓ EL OGM, EN CASO DE QUE TALES ALTERNATIVAS EXISTAN	115
VII. EN SU CASO, LA INFORMACIÓN QUE DISPONGA EL SOLICITANTE SOBRE DATOS O RESULTADOS DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL MISMO OGM EN OTROS PAÍSES.....	176
VII.1. Comercialización del algodón genéticamente modificado en otros países.....	177
VII.2. Resultado de uso y comercialización y su impacto económico y ambiental.	181
VIII. EN CASO DE IMPORTACIÓN DEL OGM, COPIA LEGALIZADA O APOSTILLADA DE LAS AUTORIZACIONES O DOCUMENTACIÓN OFICIAL QUE ACREDITE QUE EL OGM ESTÁ PERMITIDO CONFORME A LA LEGISLACIÓN DEL PAÍS DE ORIGEN, AL MENOS PARA SU LIBERACIÓN COMERCIAL, TRADUCIDA AL ESPAÑOL.....	189
IX. LA SECRETARÍA COMPETENTE, DE CONSIDERARLO NECESARIO, PODRÁ REQUERIR COPIA SIMPLE DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE VIGENTE EN EL PAÍS DE EXPORTACIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL	190
X. LA INFORMACIÓN QUE EN CADA CASO DETERMINEN LAS NOM	190

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Permisos en Etapa Experimental para la liberación de algodón GLT en los estados de Baja California y norte de Sonora.	9
Cuadro 2. Permiso en Programa Piloto para la liberación de algodón GLT en los estados de Baja California y norte de Sonora.	9
Cuadro 3. Municipios comprendidos en el polígono de liberación del Valle de Mexicali. ...	17
Cuadro 4. Reportes de resultados de las liberaciones de algodón GLT en Baja California y Sonora.	19
Cuadro 5. Evaluaciones en Etapa Experimental y Piloto de algodón GLT realizadas en el Valle de Mexicali.	20
Cuadro 6. Características agronómicas de las principales variedades de algodón en el Distrito de Riego 014, Río Colorado.	25
Cuadro 7. Comparación de la secuencia deducida de aminoácidos de la proteína 2mEPSPS con otras proteínas EPSPS.	33
Cuadro 8. Manejo agronómico del cultivo del algodón en el Valle de Mexicali.	53
Cuadro 9. Superficie de cultivos biotecnológicos en México, 2017.	64
Cuadro 10. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	71
Cuadro 11. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.	74
Cuadro 12. Principales especies de maleza presentes en el cultivo de algodón en Mexicali y el Norte de Sonora.	82
Cuadro 13. Distribuidores autorizados para comercializar semilla de algodón GLT en el Valle de Mexicali.	100
Cuadro 14. Manejo agronómico del cultivo del algodón en el Valle de Mexicali.	105
Cuadro 15. Resumen de pruebas eco-toxicológicas de la proteína Cry1Ab sobre organismos no blanco.	118
Cuadro 16. Resumen de pruebas eco-toxicológicas de la proteína Cry2Ae sobre organismos no blanco.	119
Cuadro 17. Especies de <i>Gossypium</i> reportadas en la literatura para el Norte de México.	126
Cuadro 18. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	136
Cuadro 19. Espectro de control de maleza del herbicida glufosinato de amonio.	137
Cuadro 20. Espectro de control de maleza del herbicida glifosato.	138
Cuadro 21. Ingrediente activo, formulación, dosis, categoría toxicológica y grupo químico de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	141
Cuadro 22. Herbicidas recomendados para el control de maleza en el cultivo de algodón el Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.).	142
Cuadro 23. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	143
Cuadro 24. Ventajas y desventajas de los métodos de manejo de maleza.	144
Cuadro 25. Muestreo y umbral económico de gusano bellotero y tabacalero en algodón.	153
Cuadro 26. Muestreo y umbral económico de gusano cogollero en algodón.	154
Cuadro 27. Muestreo y umbral económico de gusano soldado en algodón.	155
Cuadro 28. Muestreo y umbral económico de gusano rosado en algodón.	156

Cuadro 29. Acuerdos por los que se declaran zonas libres de gusano rosado en México.	157
Cuadro 30. Resultados de monitoreo de gusano rosado en la región del Valle de Mexicali, B.C. – San Luis Río Colorado, Son. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California, periodo 2007 – 2011.	157
Cuadro 31. Muestreo y umbral económico de mosquita blanca en algodón.	159
Cuadro 32. Muestreo y umbral económico del picudo del algodón.	160
Cuadro 33. Muestreo y umbral económico de la conchuela del algodón.	161
Cuadro 34. Muestreo y umbral económico de la chinche lygus en algodón.	162
Cuadro 35. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.	166
Cuadro 36. Ingrediente activo, categoría toxicológica y grupo químico de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón (PLM, 2014). .	167
Cuadro 37. Los 20 artrópodos más importantes, para los cuales se han registrado casos de resistencia en la agricultura y la salud pública.	169
Cuadro 38. Superficie mundial de cultivos biotecnológicos en 2016: Por país (millones de hectáreas) **	177
Cuadro 39. Superficie de algodón biotecnológico en 2016: Por país (millones de hectáreas).	179
Cuadro 40. Algodón genéticamente modificado resistente a insectos: Resumen del uso de ingredientes activos y cambios asociados de EIQ 1996-2015 (Brookes & Barfoot, 2017).	182
Cuadro 41. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento GHB614 (algodón GlyTol®): país, año y tipo de aprobación (CERA, 2017).	183
Cuadro 42. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento T304-40 x GHB119 (Algodón TwinLink®): país, año y tipo de aprobación (CERA, 2017).	183
Cuadro 43. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento combinado GHB614 x T304-40 x GHB119 (Algodón GlyTol® TwinLink®): país, año y tipo de aprobación. (CERA, 2017).	184
Cuadro 44. Hectárea de cultivos biotecnológicos en México, 2017.	185
Cuadro 45. Impacto Ambiental por la utilización de cultivos genéticamente modificados 1996 - 2015 (Brookes y Barfoot, 2017).	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Polígono propuesto para la liberación comercial al ambiente de algodón GLT.	10
Figura 2. Superficie de algodón sembrada en el Valle de Mexicali (Mexicali, B.C., San Luis Río Colorado, Son.) durante el periodo 2012 - 2018.	11
Figura 3. Área Natural Protegida adyacente al polígono de liberación de Baja California y Sonora.	12
Figura 4. Región ecológica comprendida en el polígono del Valle de Mexicali.	13
Figura 5. Principales cultivos en el Valle de Mexicali (SIAP, 2018).	14
Figura 6. Tipo de agricultura en el polígono de liberación del Valle de Mexicali.	14
Figura 7. Distribución puntual de <i>Gossypium hirsutum</i> y de sus parientes silvestres con los que puede hibridar y tener descendencia viable.	15
Figura 8. Distribución nacional de pueblos indígenas (Atlas de los pueblos indígenas de México. 2018 http://atlas.inpi.gob.mx/)	17
Figura 9. Municipios comprendidos en el polígono de liberación del Valle de Mexicali.	18
Figura 10. Ubicación de polígono solicitado en el estado de Baja California y Sonora.	18
Figura 11. Representación esquemática del mecanismo de acción del glifosato y el mecanismo de tolerancia mediado por 2mEPSPS.	28
Figura 12. Mecanismo de acción del herbicida glufosinato de amonio	29
Figura 13. Mecanismo de acción de la proteína PAT que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.	30
Figura 14. Configuración del refugio para algodón GLT.	45
Figura 15. Incremento cronológico en el número de malezas resistentes a herbicidas pertenecientes a distintos grupos (Heap, 2017).	50
Figura 16. Distribución puntual de <i>Gossypium hirsutum</i> y de sus parientes silvestres con los que puede hibridar y tener descendencia viable.	63
Figura 17. Producción nacional de algodón durante el periodo 2010 - 2018 (SIAP, 2018).	65
Figura 18. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).	66
Figura 19. Producción de algodón hueso en Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, en 2017 (SIAP, 2019).	66
Figura 20. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	71
Figura 21. Reducción en el uso de insecticidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM resistente a insectos 1996-2015 (Brookes y Barfoot, 2016).	74
Figura 22. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.	76
Figura 23. Muestreo de lepidópteros en algodón Bt y refugio en el Valle de Mexicali.	81
Figura 24. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Almacén en Delicias, Chihuahua.	95
Figura 25. Almacén de BASF ubicado en Delicias, Chihuahua.	95
Figura 26. Reducción en el uso de herbicidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM tolerante a herbicidas en Estados Unidos, Australia, Argentina y Sudáfrica 1997-2015 (Brookes y Barfoot, 2017).	136
Figura 27. Incremento cronológico en el número de malezas resistentes a herbicidas pertenecientes a distintos grupos (Heap, 2017).	147
Figura 28. Número de especies resistentes a herbicidas por cultivo (Heap, 2017).	148
Figura 29. Número de especies resistentes a herbicidas individuales (Heap, 2017).	148
Figura 30. Análisis de riesgo de resistencia de malezas a herbicidas.	150
Figura 31. Gusano bellotero (<i>Helicoverpa zea</i>).	154

Figura 32. Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	154
Figura 33. Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>).....	155
Figura 34. Gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i>).....	156
Figura 35. Gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i>).....	158
Figura 36. Mosquita blanca (<i>Bemisia argentifolii</i>).....	159
Figura 37. Picudo del algodouero (<i>Anthonomus grandis</i>).....	160
Figura 38. Conchuela del algodón (<i>Chlorochroa ligata</i> Say).....	161
Figura 39. Chinche Lygus (<i>Lygus</i> spp.).....	162
Figura 40. Daño por trips en el cultivo del algodón.....	163
Figura 41. Pulgón del algodón (<i>Aphis gossypii</i>).....	163
Figura 42. Reducción en el uso de insecticidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM resistente a insectos 1996-2015 (Brookes y Barfoot, 2015).....	165
Figura 43. Configuración del refugio para algodón GLT.....	172
Figura 44. Área global de cultivos biotecnológicos, 1996 a 2017: países industrializados y en desarrollo (millones de hectáreas).....	177
Figura 45. Países de Latino America con adopción de biotecnología y siembra de algodón en 2016.....	180
Figura 46. Producción nacional de algodón durante el periodo 2000 - 2015 (SIAP, 2017).....	186
Figura 47. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).....	186
Figura 48. Producción de algodón hueso en Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, en 2017 (SIAP, 2019).....	187

Artículo 5. Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.

1. Nombre, denominación o razón social del promovente y, en su caso, nombre del representante legal.

BASF Mexicana, S.A. de C.V. (en lo sucesivo BASF)

4. Modalidad de la liberación solicitada y las razones que dan motivo a la petición;

Con base en los artículos 32, fracción III, 36, 55, 57, 58, 59, 70 y 71 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) y los artículos 3, 5, 6, 7, 19, 20, fracción III y 22 del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (RLBOGM), se presenta la Solicitud de Permiso para la **liberación comercial al ambiente** del algodón con tecnología **GlyTol® TwinLink® - GLT** (OECD: **BCS-GH002-5 x BCS-GH004-7 x BCS-GH005-8**), para liberarse durante el ciclo Primavera-Verano 2020 y posteriores, en las regiones agrícolas del Valle del Mexicali que comprende los estados de **Baja California** (Mexicali); y **Sonora** (San Luis Rio Colorado), comprendidas dentro de la región ecológica Nivel IV, *10.2.2.6 Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta, y San Ignacio-Aribaipa)*.

La solicitud en comento se fundamenta en el cumplimiento de las etapas previas de liberación, establecidas en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y su Reglamento, y en la generación de antecedentes regulatorios en la región ecológica Nivel IV, *10.2.2.6 Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta, y San Ignacio-Aribaipa)*, en la cual se han realizado evaluaciones de equivalencia agronómica del algodón GLT y sus comparadores, efectividad biológica de las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae expresadas por el algodón GLT para el control de lepidópteros blanco, efectividad biológica de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio para el control de las malezas asociadas al cultivo de algodón en la región, monitoreo de organismos no blanco en algodón GLT y sus comparadores, así como de los costos y beneficios derivados del uso del algodón GLT con respecto a las alternativas tecnológicas disponibles en la región. En conjunto los resultados han mostrado que el algodón GLT representa una alternativa tecnológica viable para los productores de la región agrícola del Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.), ya que ofrece beneficios en el manejo agronómico y fitosanitario del cultivo, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para el agricultor y en la reducción del impacto ambiental.

5. Señalar el órgano de la Secretaría competente, al que se dirige la solicitud;

De acuerdo con el Capítulo III y los artículos 10, fracciones I y II, artículo 11 y artículo 12 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y al Artículo 2, fracción VII del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, se dirige la presente solicitud a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en el ámbito de sus competencias conforme a la ley.

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EXPERIMENTAL Y DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EN PROGRAMA PILOTO, O COPIA SIMPLE DE CADA UNO DE LOS REFERIDOS PERMISOS

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32, fracción III y 55 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, así como en los artículos 5 y 19 de su Reglamento, se presenta esta solicitud de permiso de liberación comercial al ambiente de algodón **GlyTol® TwinLink® - GLT** (GHB614 x T304-40 x GHB119; OECD: BCS-GHØØ2-5 x BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8) en la región agrícola del norte del Valle del Mexicali que comprende los estados de Baja California (Mexicali), y Sonora (San Luis Río Colorado), para el ciclo agrícola Primavera - Verano 2020 y ciclos posteriores.

Las variedades de algodón con tecnología GLT, han sido liberadas tanto en etapa experimental como en programa piloto en la región ecológica *10.2.2.6 Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta, y San Ignacio-Aribaipa)*, la cual comprende a las áreas agrícolas donde se cultiva algodón en Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, en el estado de Sonora. En los cuadros 1 y 2, se presentan los permisos otorgados a Bayer y cedidos a BASF (oficio **BASF-SEEDS-MX 025/2019**), para las liberaciones en Etapa Experimental y Programa Piloto respectivamente.

Cuadro 1. Permisos en Etapa Experimental para la liberación de algodón GLT en los estados de Baja California y norte de Sonora.

No. Permiso	No. Solicitud	Etapa	Fecha de emisión	Superficie autorizada (ha)
B00.04.03.02.01.- 1605/2015	022_2014	Experimental	30-marzo-2015	34
B00.04.03.02.01.- 1238/2017	017_2016	Experimental	15-marzo-2017	1

Cuadro 2. Permiso en Programa Piloto para la liberación de algodón GLT en los estados de Baja California y norte de Sonora.

No. Permiso	No. Solicitud	Etapa	Fecha de emisión	Superficie autorizada (ha)
B00.04.03.02.01.- 881/2018	029_2017	Piloto	26-febrero-2015	50

La copia electrónica de los permisos listados anteriormente se encuentra en la carpeta de Anexos de los dispositivos electrónicos que acompañan la presente solicitud, así mismo, se adjuntan las portadas de estos permisos en los expedientes impresos.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZARÁ LA LIBERACIÓN, LA CUAL CONSISTIRÁ EN LO SIGUIENTE

a. Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde podrá realizar la liberación

La liberación comercial de algodón GlyTol® TwinLink® durante el ciclo PV-2020 y ciclos posteriores se realizará en el polígono localizado en el área agrícola del Valle de Mexicali ubicado en ellos municipios de Mexicali (Baja California) y San Luis Río Colorado (Sonora).

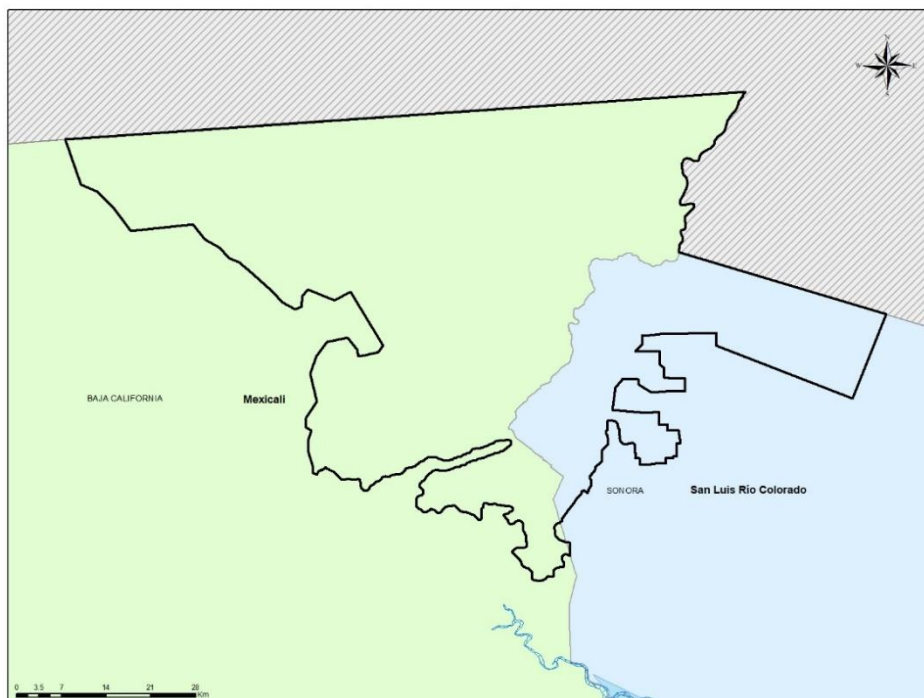


Figura 1. Polígono propuesto para la liberación comercial al ambiente de algodón GLT.

Superficie y cantidad de semilla solicitada

Para la liberación del algodón GLT en el polígono indicado anteriormente la estimación de dichas cantidades se realizó tomando en cuenta la superficie histórica sembrada y el potencial de siembra de algodón en la región agrícola de interés. De acuerdo con el SIAP, hasta junio del año en curso se reporta una superficie sembrada de 38,898.00 ha en el Valle de Mexicali y se prevé que la superficie aumente en los años posteriores, como resultado del buen precio de la fibra de algodón y a la disminución en el precio de los granos (figura 2).

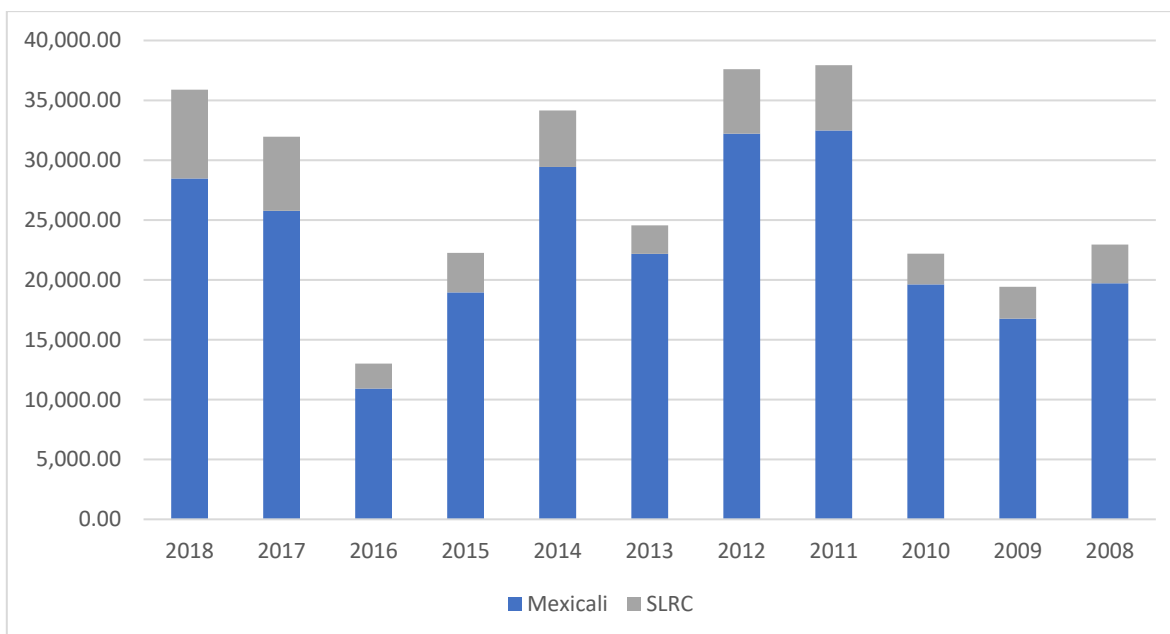


Figura 2. Superficie de algodón sembrada en el Valle de Mexicali (Mexicali, B.C., San Luis Rio Colorado, Son.) durante el periodo 2012 - 2018.

Áreas Naturales Protegidas (ANP's)

La liberación comercial al ambiente del algodón GLT se realizará exclusivamente en predios de agricultores cooperantes que firmen la licencia de uso de tecnologías de BASF y que se localicen dentro del polígono propuesto y fuera de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, la cual se muestra en la figura 3.

Durante las capacitaciones que se darán a agricultores, técnicos y distribuidores, se enfatizará la importancia de la preservación de este tipo de áreas y sus comunidades, por lo que se comunicará que está estrictamente prohibido la siembra de algodón GLT en las zonas núcleo de estas. Así mismo, todos los agricultores cooperantes que pretendan liberar semilla de variedades de algodón GLT, deberán firmar el Contrato de licencia no exclusiva para el uso de la tecnología de BASF, en el cual, se indica textualmente “*EL LICENCIATARIO reconoce que el uso de la semilla estará limitado a una siembra. Así mismo, las partes acuerdan que al obtener esta licencia de uso no exclusivo, el LICENCIATARIO tendrá las siguientes obligaciones: Abstenerse de sembrar semillas que contengan la tecnología de BASFMEX a menos de 1 km o dentro de cualquier Área Natural Protegida (ANP), siendo que la siembra en dichas áreas traerá como consecuencia al LICENCIATARIO la destrucción de la misma a su costa, sacando a salvo y en paz a BASFMEX de las responsabilidades administrativas, civiles y penales que sean consecuencia de dicha siembra.*”

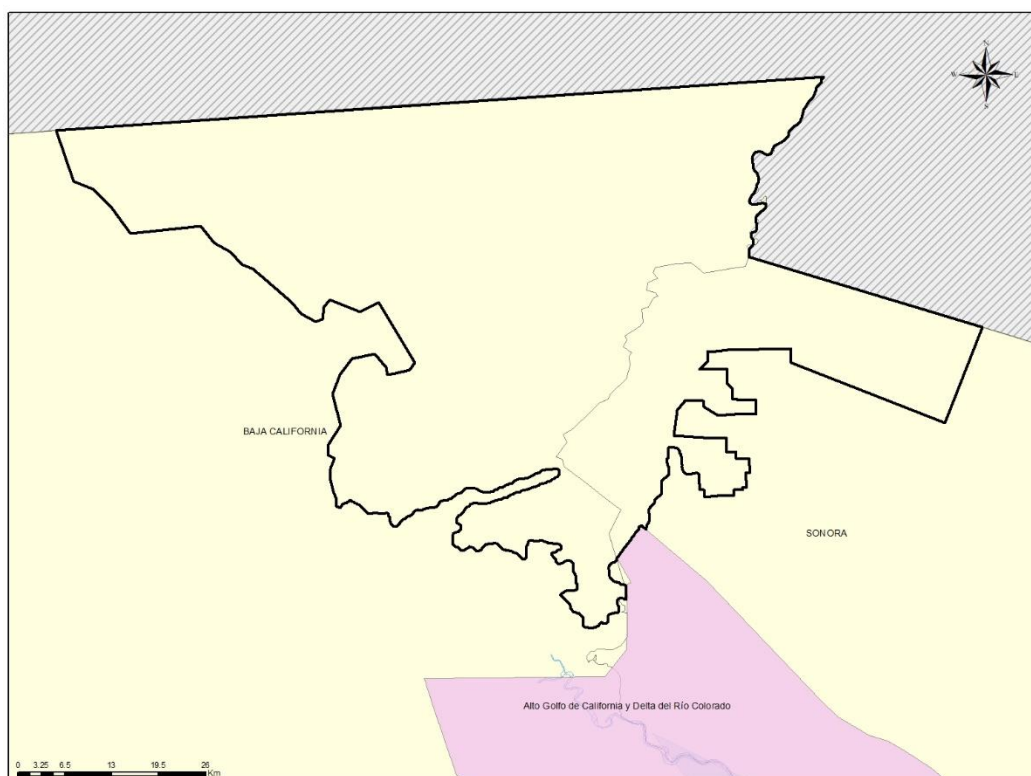


Figura 3. Área Natural Protegida adyacente al polígono de liberación de Baja California y Sonora.

Regiones ecológicas Nivel IV

El polígono propuesto para la liberación se encuentra situado dentro de la región ecológica Nivel I “*Desiertos de América del Norte*” y Nivel IV “*10.2.2.6 Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta, y San Ignacio-Aribaipa)*”, la cual fue determinada con base en criterios de topografía, datos de vegetación primaria, límites de unidades geológicas y límites de suelos en escala 1:1 000 000 (figura 4).

El motivo de solicitar la región ecológica **10.2.2.6 Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta, y San Ignacio-Aribaipa)**, es debido a que en la misma se localizan las zonas productoras de algodón del Valle de Mexicali y por contar con los antecedentes regulatorios requeridos en Etapa Experimental y Programa Piloto (figura 4).

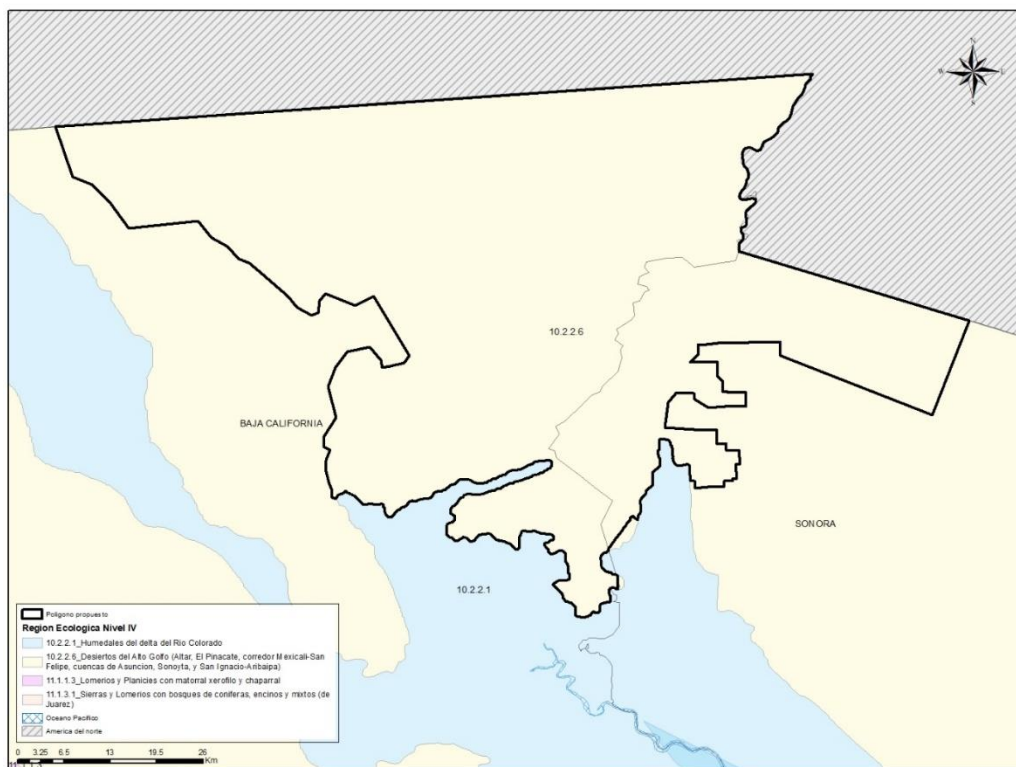


Figura 4. Región ecológica comprendida en el polígono del Valle de Mexicali.

Uso de suelo

El Valle de Mexicali que comprende los municipios de Mexicali (Baja California) y San Luis Río Colorado (Sonora) tiene una superficie agrícola dispersa de aproximadamente 129,535.62 hectáreas¹, cuyos principales cultivos son trigo grano, algodón hueso, cebolla, avena forrajera en verde y sorgo forrajero en verde (figura 5). Respecto al tipo de agricultura, en la región podemos encontrar agricultura de riego y de temporal, predominando la primera en las zonas aldoneras (figura 6).

¹ SIAP. 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreaagricola/>

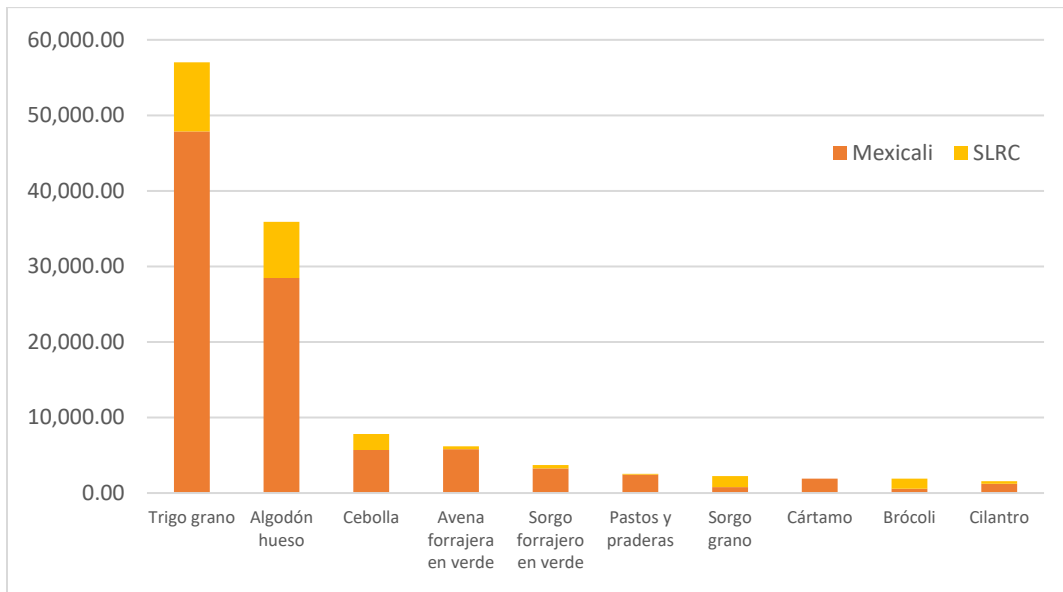


Figura 5. Principales cultivos en el Valle de Mexicali (SIAP, 2018).

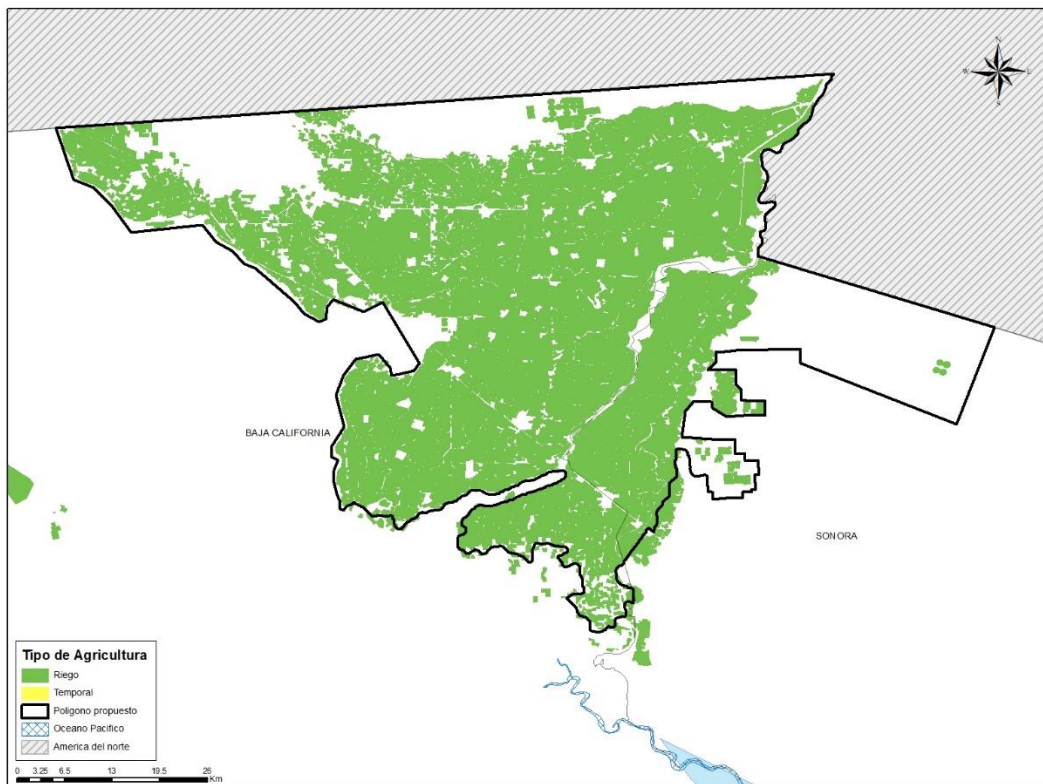


Figura 6. Tipo de agricultura en el polígono de liberación del Valle de Mexicali.

El polígono de liberación del Valle de Mexicali fue definido considerando el histórico de liberaciones de algodón en la región, así como las áreas agrícolas potenciales para su cultivo.

Parientes silvestres

En el polígono de liberación del Valle de Mexicali no existen zonas de colecta de especies sexualmente compatibles con el algodón GLT, ya que la colecta de *Gossypium hirsutum* L. más cercana se localiza hacia el sur oeste del estado, aproximadamente a 618 km y la de *Gossypium barbadense* L. a 1,111 km en el estado de Baja California Sur (figura 7). Adicionalmente, las especies silvestres de algodón en México son diploides y, por lo tanto, son sexualmente incompatibles con el algodón cultivado (*Gossypium hirsutum*), que es tetraploide.

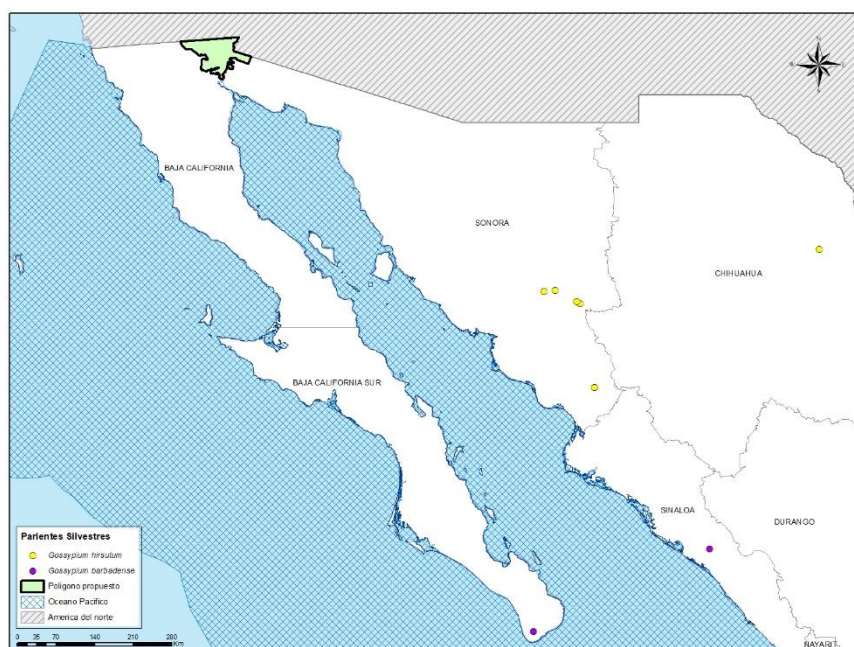


Figura 7. Distribución puntual de *Gossypium hirsutum* y de sus parientes silvestres con los que puede hibridar y tener descendencia viable.

Comunidades Indígenas

El Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) ha identificado a 62 grupos etnolingüísticos en México, los cuales se definen a partir del idioma que hablan y el territorio donde se ubican. Con base en el criterio anterior, en la parte norte del territorio de Baja California, específicamente en el municipio de Mexicali, se asienta la comunidad indígena de los cucapá, quienes son conocidos como rieños. Los cucapá se autodenominan “es-peí” y quiere decir “gente de agua”, viven en las vegas del río Colorado o Hardy, al sur del Valle de Mexicali, en las localidades de El Mayor Indígena, Pedro Cervantes, Colonia Carranza

y los ejidos Zacatecas, Durango y Nuevo León. Existen otras dos áreas territoriales de menor importancia poblacional, una en la Poza de Arvizu, municipio de San Luis Río Colorado, Sonora y otra en las reservas de Somerton, Estados Unidos. En el último censo se registró un total de 176 habitantes, de los cuales 82 habitan en Baja California y 94 en Sonora (figura 8); con fundamento en el artículo 108 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, dicha comunidad es sujeto de consulta ya que se asienta en dentro de los municipios donde se pretende realizar la liberación del algodón GLT en programa piloto. Como antecedente a dicha consulta, se presentan los resultados de la consulta previa realizada en la zona para permisos de liberación al ambiente (PLA).

En los PLA B00.04.03.02.01.- 662/2016 Considerando XI y XII², PLA B00.04.03.02.01.- 193/2017 Considerando IX y X³, PLA B00.04.03.02.01.- 881/2018 Considerando IX⁴ y B00.- 219/2019, Considerando X⁵, especifica que derivado del proceso de consulta a las comunidades indígenas asentadas en los municipios de San Luis Río Colorado, Sonora y Mexicali, Baja California sobre la siembra de algodón genéticamente modificado, las comunidades indígenas están de acuerdo con la siembra de algodón GM, por lo que otorgan su consentimiento previo, libre e informado para realizar esta actividad.

² Permiso de liberación al ambiente en programa piloto de algodón genéticamente modificado Bollgard II® x Solución Faena Flex® (evento MON-15985-7 x MON-88913-8), resistente a al ataque de *Helicoverpa zea* Boddie, *Heliothis virescens* Fabricius, *Pectinophora gossypiella* Saunders, *Spodoptera exigua* Hübner, *Spodoptera frugiperda* Smith y tolerante al herbicida glifosato, de la solicitud 007_2015, presentada por Bayer de México, S.A. de C.V.

³ Permiso de liberación al ambiente en programa piloto de algodón genéticamente modificado Bollgard II® x Solución Faena Flex® (evento MON-15985-7 x MON-88913-8), resistente al ataque de *Helicoverpa zea* Boddie, *Heliothis virescens* Fabricius, *Pectinophora gossypiella* Saunders, *Spodoptera exigua* Hübner, *Spodoptera frugiperda* L Smith y tolerante al herbicida glifosato, de la solicitud 011_2016, presentada por Bayer de México, S.A. de C.V.

⁴ Permiso de liberación al ambiente en programa piloto de algodón genéticamente modificado GlyTol® x TwinLink™ (evento BCS-GHØØ2-5 x BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8), resistente al ataque de insectos lepidópteros y tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, de la solicitud 029_2018, presentada por Bayer de México, S.A. de C.V.

⁵ Permiso de liberación al ambiente en programa piloto de algodón genéticamente modificado evento (BCS-GHØØ2-5 x BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8), resistente al ataque de insectos lepidópteros y tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, de la solicitud 20_2018, presentada por Bayer de México, S.A. de C.V.

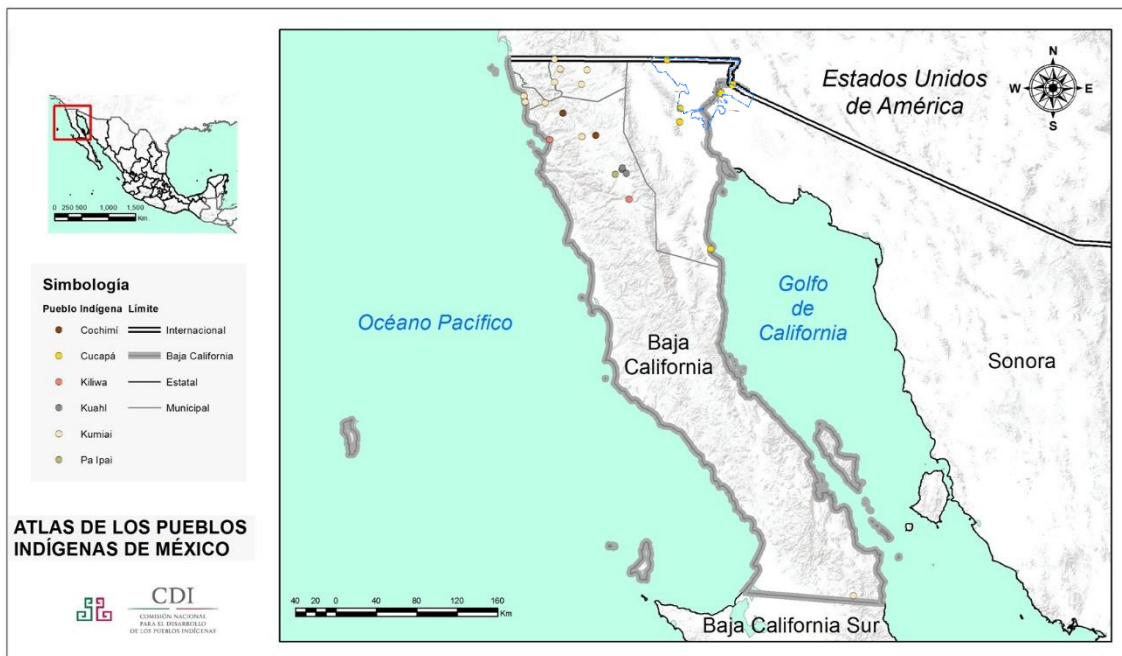


Figura 8. Distribución nacional de pueblos indígenas (Atlas de los pueblos indígenas de México. 2018 <http://atlas.inpi.gob.mx/>)

b. Municipio o municipios donde se encuentra cada uno de dichos polígonos

El polígono donde se realizará la liberación comercial de algodón GLT, está ubicado en la región agrícola del Valle de Mexicali que se compone de los municipios de Mexicali y San Luis Rio Colorado en los estados de Baja California y Sonora respectivamente, indicados en el cuadro 3 y en la figura 9.

Cuadro 3. Municipios comprendidos en el polígono de liberación del Valle de Mexicali.

Polígono	Estado	Municipios
Valle de Mexicali	Baja California	Mexicali
	Sonora	San Luis Rio Colorado

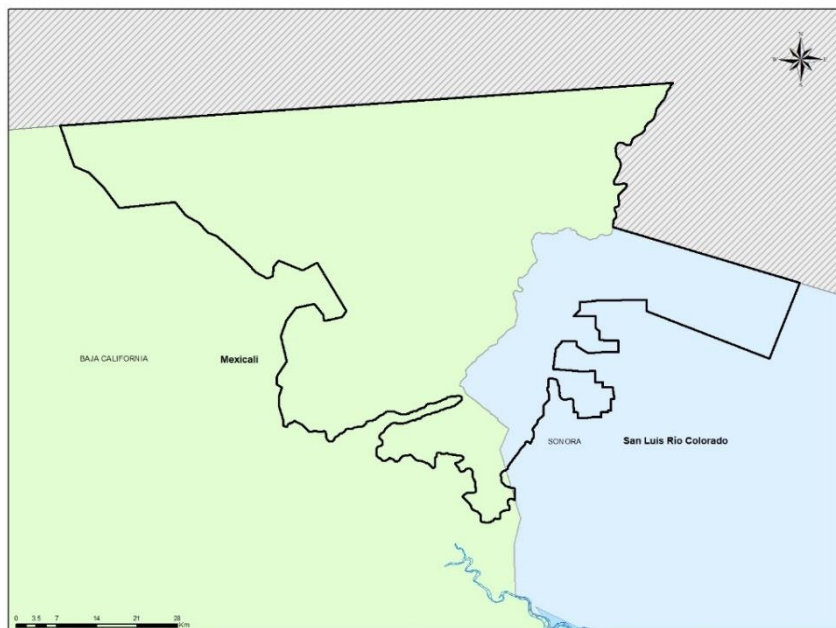


Figura 9. Municipios comprendidos en el polígono de liberación del Valle de Mexicali.

c. Estado o estados donde se ubica cada uno de dichos polígonos

El polígono del Valle de Mexicali, donde se realizará la liberación comercial de algodón GLT, se localiza en los estados de Baja California y Sonora. En la figura 10 se puede observar la ubicación geográfica del mismo con respecto a los referidos estados.

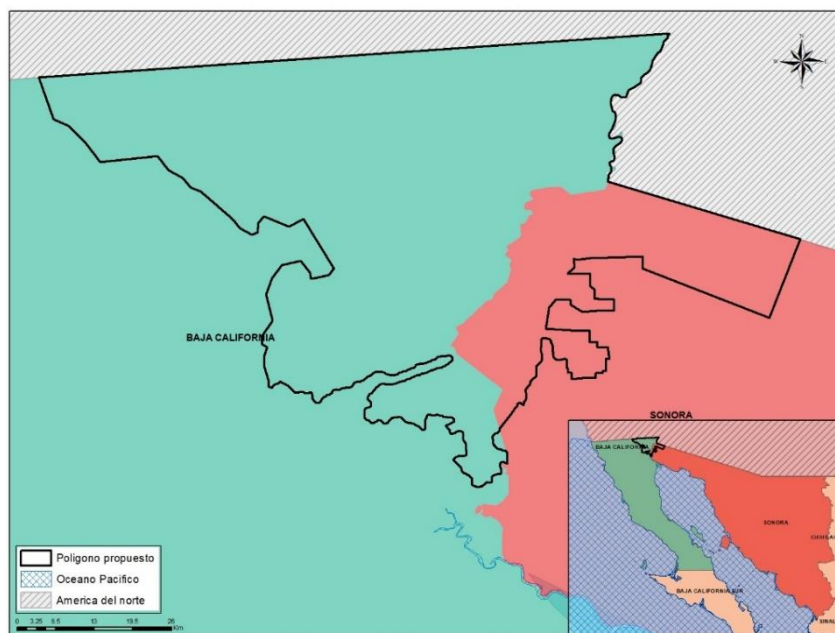


Figura 10. Ubicación de polígono solicitado en el estado de Baja California y Sonora.

III. REFERENCIA Y CONSIDERACIONES SOBRE EL REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA O LAS LIBERACIONES EXPERIMENTALES EN RELACIÓN CON LOS POSIBLES RIESGOS AL MEDIO AMBIENTE Y LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y, ADICIONALMENTE, A LA SANIDAD ANIMAL, VEGETAL O ACUÍCOLA.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 53 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; así como el artículo 18 de su Reglamento. El reporte contendrá lo siguiente:

De conformidad con lo establecido en los Artículos 46 y 53 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; 18 del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y en la Guía para la Integración de Solicitudes de Permisos de Liberación comercial al Ambiente de Organismos Genéticamente Modificados, competencia de la SADER: Caso Algodón; se listan y anexan a la presente solicitud, los Reportes de Resultados de las liberaciones de algodón GLT en Etapa Experimental y Programa Piloto en el Valle de Mexicali (cuadro 4).

Cuadro 4. Reportes de resultados de las liberaciones de algodón GLT en Baja California y Sonora.

No. Permiso	No. Solicitud	Etapa/Programa	Fecha de entrega del Reportes de Resultados
B00.04.03.02.01.- 1605/2015	022_2014	Experimental	30-marzo-2015
B00.04.03.02.01.- 1238/2017	017_2016	Experimental	15-marzo-2017
B00.04.03.02.01.- 881/2018	029_2017	Piloto	26-febrero-2018

En el cuadro 5 se indican las evaluaciones realizadas durante cada una de las liberaciones, las cuales han sido incluidas como parte de los Reportes de resultados entregados. Las mismas fueron realizadas en la región agrícola y ecológica de interés, con el objetivo de demostrar la equivalencia agronómica del algodón GLT con respecto a sus comparadores, la efectividad biológica de la tecnología para el control de lepidópteros blanco, la efectividad biológica de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio sobre la maleza asociada al cultivo de algodón, la ausencia de impacto negativo sobre organismos no blanco y los beneficios económicos y ambientales derivados del uso del algodón con tecnología GLT.

Cuadro 5. Evaluaciones en Etapa Experimental y Piloto de algodón GLT realizadas en el Valle de Mexicali.

No.	Solicitud	Permiso	Evaluación
1	022_2014	B00.04.03.02.01.- 1605/2015	Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2015. Evaluación de la equivalencia agronómica y fenotípica de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California, durante el ciclo agrícola PV-2015.
			Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2015. Evaluación de la efectividad biológica de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California, durante el ciclo agrícola PV-2015
			Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2015. Monitoreo de organismos no blanco asociados a la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California, durante el ciclo agrícola PV-2015
			Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2015. Evaluación del costo-beneficio de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California, durante el ciclo agrícola PV-2015.
2	017_2016	B00.04.03.02.01.- 1238/2017	Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2017. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California (Ejido Villahermosa), durante el ciclo agrícola PV-2017.
			Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2017. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en etapa experimental en Mexicali, Baja California (Ejido Sonora), durante el ciclo agrícola PV-2017.
3	029_2017	B00.04.03.02.01.- 881/2018	Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2018. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en programa piloto en Mexicali, B.C., durante el ciclo agrícola PV-2018.
			Garzón T. J. A.; Cruz, V. M. 2018. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en programa piloto en San Luis Rio Colorado, Sonora., durante el ciclo agrícola PV-2018.

i. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto

Las evaluaciones en Etapa Experimental y Programa Piloto fueron realizadas con apego a los protocolos propuestos en las solicitudes de liberación correspondientes, así como a los requerimientos de los Permisos de liberación al ambiente.

ii. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación

El evento apilado GHB614 x T304-40 x GHB119 (GLT), porta los genes *cry1Ab* y *cry2Ae*, los cuales le proporcionan resistencia contra el ataque de insectos lepidópteros y los genes

bar y *2mepsps*, los cuales le confieren tolerancia a la aplicación de los herbicidas Glufosinato de amonio y Glifosato, respectivamente.

El algodón GLT ha sido evaluado con respecto a su contraparte convencional y comparadores regionales en el Valle de Mexicali durante los años 2015, 2017 y 2018, y se ha observado que las modificaciones genéticas representan una ventaja competitiva solamente dentro del agroecosistema del cultivo, al proporcionar resistencia a los insectos lepidópteros blanco presentes en el cultivo y tolerancia a la aplicación de los herbicidas en cuestión. De manera general el algodón GLT no exhibió características diferentes en la emergencia, el vigor, desarrollo y capacidad de adaptación.

Para este estudio (Garzón y Cruz, 2015) realizaron un ensayo para evaluar la equivalencia agronómica y fenotípica del algodón GLT y el algodón convencional, midiendo diferentes parámetros como el vigor inicial de plantas, altura, número de nudos inicial y total, así como, número de bellotas totales. De manera general, las variables agronómicas se comportaron de manera similar en ambos tipos de algodón, solamente el vigor inicial tuvo diferencia estadística, resultando los tratamientos GLT con un vigor medio y el comparador con un vigor pobre.

La diferencia en el vigor depende de las variedades evaluadas, ya que algunas variedades poseen un potencial mayor para germinar y establecerse más rápido. Sin embargo, al ser una característica medida al inicio del ciclo no representa una ventaja competitiva, lo que se comprueba con los resultados obtenidos en los demás parámetros agronómicos, cuyo comportamiento fue similar durante todo el ciclo del cultivo. Respecto a la fenología, ambos materiales se comportaron como equivalentes puesto que solo hubo una diferencia promedio de 6.3 días entre los tratamientos con algodón GLT y el algodón convencional, lo que en términos prácticos no es significativo considerando el ciclo completo del cultivo.

El comparador utilizado durante el 2015 fue la variedad FM 989 y el motivo de su elección fue con base en lo siguiente: es una variedad derivada del mismo germoplasma que FM 1830GLT, tiene un amplio rango de adaptación a climas y tipos de suelo, posee un ciclo de vida similar y sus características morfológicas, de rendimiento y calidad de fibra son comparables a FM 1830GLT. En el cuadro 8 se presentan las características generales de las variedades evaluadas y se puede observar la similitud entre ambas, respecto a su morfología, fenología y calidad de fibra.

De igual manera, en el año 2017, se realizaron ensayos para evaluar la equivalencia agronómica y fenotípica del algodón GLT y el algodón convencional en los Ejidos Villahermosa y Sonora del municipio de Mexicali, Baja California (Garzón y Cruz, 2017). Las variables que se midieron fueron: vigor inicial del cultivo, población inicial, altura a inicio de cuadro, número de nudos a inicio de cuadro, altura a inicio de floración, número de nudos a inicio de floración, altura a final de floración, número de nudos a final de floración, altura durante el mapeo final, número de nudos durante el mapeo final, días a

inicio de cuadro, días a inicio de floración, día a aparición de bellotas, días a final de floración, días a aparición de capullos, población final, número de capullos en primera posición, número de capullos en rama fructífera, número de capullos en rama vegetativa, número de bellotas en rama fructífera, número de bellotas en rama vegetativa, número de bellotas sin abrir, número de capullos totales. Dichas evaluaciones se llevaron a cabo en dos sitios de evaluación teniendo cuatro tratamientos, uno con la aplicación de glifosato, otro con la aplicación de glufosinato de amonio, un control convencional y un control absoluto.

Se observó que los materiales en evaluación se comportaron de manera similar a lo largo del ciclo de cultivo. Respecto a la fenología, se comportaron como equivalentes puesto que solo hubo una diferencia promedio de 3 a 7 días entre los tratamientos con algodón GLT y el algodón convencional, lo que en términos prácticos no es significativo considerando el ciclo completo del cultivo.

La elección de las variedades durante el 2017 se realizó considerando lo siguiente:

FM 2334GLT: Es una variedad de maduración intermedia con excelente potencial de rendimiento y calidad de fibra, tiene un hábito de crecimiento medio a moderado, tiene buena tolerancia al chorreado y muy buena tolerancia a *Verticillium*. Por su alto potencial de adaptabilidad se puede sembrar en las regiones algodoneras del Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado.

FM 989: Es una variedad de maduración intermedia, porte mediano, tipo de hoja lisa y que ofrece un alto potencial de rendimiento y excelente calidad de fibra. El motivo de elegir esta variedad es debido a su buen comportamiento agronómico, excelente adaptación y a que los materiales GLT proceden del mismo germoplasma. En el cuadro 13 se puede observar que las variedades evaluadas presentan características muy similares respecto a su morfología, fenología y calidad de fibra.

Garzón y Cruz (2019) realizaron evaluaciones agronómicas y fenotípicas en el cultivo de algodón durante 2018, cuyo propósito fue evaluar: vigor inicial, población inicial de plantas, días a cuadro, altura a días a cuadro, número de nudos a cuadro, días a floración, altura a floración, número de nudos a floración, días a primeras bellotas, altura a primeras bellotas, número de nudos a primeras bellotas, bellotas en primera posición, bellotas en ramas vegetativas, bellotas cosechables, número de nudos a primera rama fructífera, nudos totales, altura a cosecha, plantas por metro a cosecha y población final. El objetivo de estas evaluaciones fue corroborar la equivalencia agronómica del algodón GLT con respecto a la variedad FM 989, y demostrar que la modificación genética no originó cambios que incrementaran su permanencia en el medio y su potencial como maleza.

Al igual que en el caso anterior, en el Lote 21 las variedades evaluadas se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo. Al final de este, se observó que esta vez fue la

variedad comparadora FM 989, la que presentó un menor número de bellotas cosechables y población final, sin embargo, el rendimiento en todos los tratamientos fue estadísticamente similar.

Como puede observarse en los cuadros 14 y 15, las dos variedades evaluadas en SLRC se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo. Algunos parámetros medidos no presentaron diferencias significativas estadísticas en las variables correspondientes a dicha evaluación en ninguno de los tratamientos, sin embargo, las tendencias indican que la variedad GLT presentó un ligero incremento de 1.1 capullos en primera posición mayor que la variedad convencional, esta última variable nos indica que dicha variedad expresa un mejor comportamiento en cuanto a rendimiento por hectárea y producción. De igual manera, en el cuadro 16 se aprecia que el rendimiento en algodón hueso y algodón fibra fue estadísticamente similar.

Durante el año 2018, el algodón GLT se comportó de manera equivalente con respecto al comparador. Si bien, se observaron algunas diferencias en ciertas variables, estas no fueron determinantes para modificar el comportamiento de los tratamientos y en ninguno de los casos se observó alguna tendencia en el incremento de la persistencia o del potencial de maleza en el algodón GLT.

La elección de las variedades durante el ciclo 2018 en la evaluación de San Luis Río Colorado, Sonora, se realizó considerando lo siguiente:

FM 2334GLT: Es una variedad de maduración intermedia con excelente potencial de rendimiento y calidad de fibra, tiene un hábito de crecimiento medio a moderado, tiene buena tolerancia al chorreado y muy buena tolerancia a *Verticillium*. Por su alto potencial de adaptabilidad se puede sembrar en las regiones algodoneras del Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado.

FM 989: Es una variedad de maduración intermedia, porte mediano, tipo de hoja lisa y que ofrece un alto potencial de rendimiento y excelente calidad de fibra. El motivo de elegir esta variedad es debido a su buen comportamiento agronómico, excelente adaptación y a que los materiales GLT proceden del mismo germoplasma.

Adicional a la evaluación de SLRC, Garzón y Cruz (2019) realizaron la evaluación agronómicas y fenotípicas en el cultivo de algodón durante 2018, cuyo propósito fue evaluar: vigor inicial, población inicial de plantas, días a cuadro, altura a días a cuadro, número de nudos a cuadro, días a floración, altura a floración, número de nudos a floración, días a primeras bellotas, altura a primeras bellotas, número de nudos a primeras bellotas, bellotas en primera posición, bellotas en ramas vegetativas, bellotas cosechables, número de nudos a primera rama fructífera, nudos totales, altura a cosecha, plantas por metro a cosecha y población final, pero en esta evaluación se comparó el algodón GLT (FM 1830GLT) y el algodón B2F como testigo de comparación regional (FM 2484B2F), como lo

reconoce la Agenda Técnica Agrícola Baja California⁶ es importante mencionar que se empleó un manejo convencional de insectos y maleza.

En el Lote 1 de la colonia Pólvora en Mexicali, Baja California, las variedades evaluadas se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo. Al final de este, se observó que la mayor altura y el mayor número de capullos totales se observó en la tecnología GLT, además mostró mayor estimación de rendimiento lo que se vio relegado en mayor cantidad de pacas de algodón. En conclusión El algodón GM es agrónomicamente equivalente al algodón utilizado como comparador a pesar de ser una variedad con tecnología B2F.

Como puede observarse en los cuadros 20 y 21, las dos variedades evaluadas en Mexicali se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo. Se puede observar que la tecnología FM 1830GLT y su comparador se comportaron de forma similar, dichos genotipos expresaron un comportamiento de vigor por encima del promedio con valores de 2.5 y 3.1, en promedio, adicional la tecnología GLT presentó una emergencia superior indicando un buen comportamiento de vigor de la tecnología bajo estudio, ambos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas en cuanto a número de nudos y en las demás etapas fenológicas se observó mayor precocidad en el algodón GLT en las etapas que corresponden a inicio de cuadros, floración, aparición de bellotas, final de floración y aparición de capullos en comparación con su comparador. La población final de plantas fue mayor en la variedad FM 1830GLT, por otro lado, la variedad utilizada como comparador presentó diferencia estadística significativa en cuanto al número de bellotas en ramas vegetativas, el resto de las variables entre tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa.

Los datos indican que la variedad GLT presentó mayor número de capullos en primera posición capullos fructíferos y capullos totales en promedio, esta última variable nos indica que dicha variedad expresa un mejor comportamiento en cuanto a rendimiento por hectárea. De igual manera, en el cuadro 20 se aprecia que el rendimiento en algodón hueso y algodón fibra fue estadísticamente similar.

Durante esta evaluación, el algodón GLT se comportó de manera equivalente con respecto a la variedad de comparación. Si bien, se observaron algunas diferencias en ciertas variables, estas no fueron determinantes para modificar el comportamiento de los tratamientos y en ninguno de los casos se observó alguna tendencia en el incremento de la persistencia o del potencial de maleza en el algodón GLT.

La elección de las variedades durante el ciclo 2018 en la evaluación de Mexicali, Baja California, se realizó considerando lo siguiente:

⁶ Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

FM 2334GLT: Es una variedad que tiene excelente potencial de rendimiento, excepcional paquete de fibra tiene un hábito de crecimiento medio/moderado con hoja lisa y buena tolerancia al chorreado y muy buena tolerancia a *Verticillium*, puede adaptarse a las condiciones de siembra de las regiones agrícolas de Mexicali.

FM 2484B2F: Es una variedad de maduración intermedia tardía, porte mediano, tipo de hoja lisa y ofrece un alto potencial de rendimiento y excelente calidad de fibra. El motivo de elegir esta variedad es debido a su buen comportamiento agronómico, excelente adaptación, los materiales GLT proceden del mismo germoplasma y es un comparador regional.

En el cuadro 21 se puede observar que las variedades evaluadas presentan características muy similares respecto a su morfología, fenología y calidad de fibra.

De acuerdo con la Agenda Técnica Agrícola Baja California⁷, para la region agrícola las principales variedades de algodónero han sido Deltapine 0912 B2RF, FiberMax 1740 B2RF, Deltapine 1219 B2RF, FiberMax 2484 B2RF, Deltapine 167 RF, Deltapine 1441 RF y Deltapine 0935 B2RF que tienen incorporada la Bollgard II Solución Faena Flex (B2RF) que proporciona a las plantas de algodón resistencia al ataque de insectos lepidópteros, así como tolerancia al herbicida glifosato, cuyas características se muestran en el cuadro 22.

Cuadro 6. Características agronómicas de las principales variedades de algodón en el Distrito de Riego 014, Río Colorado.

Variedades	Altura (cm)	Número de ramas fructíferas	Número de ramas fructíferas 95% producción	Tipo de hoja	Ciclo vegetativo
Deltapine 0912 B2RF	110 a 120	19	14 a 15	Semi vellosa	Precoz
FiberMax 1740 B2RF	110 a 115	18	12 a 13	Lisa	Precoz
Deltapine 1219 B2RF	110 a 120	20 a 21	15 a 16	Lisa	Intermedia
FiberMax 2484 B2RF	112 a 115	19 a 20	14 a 15	Lisa	Intermedia
Deltapine 167 RF	115 a 120	20 a 21	14 a 15	Lisa	Intermedia
Deltapine 1441 RF	115 a 120	20	14 a 15	Lisa	Intermedia
Deltapine 0935 B2RF	115 a 120	20	14 a 15	Lisa	Intermedia-tardía

Fuente: SAGARPA-INIFAP. Agenda Técnica Agrícola de Baja California. 2017.

Con base en el cuadro 22, se puede observar que las variedades evaluadas durante los años 2015, 2017 y 2018 (FM 989, FM 1830GLT, FM 2334GLT y FM2484B2F) poseen

⁷ Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

características que las hacen recomendables para la región como son: madurez precoz o intermedia, hoja lisa, porte mediano a moderado, además de que va de la mano con la sugerencia de utilizar variedades de ciclo precoz o intermedio para escapar del ataque de plagas de final de ciclo o de las altas temperaturas (Herrera, 2017).

iii. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad

El gen *bar* se utilizó como marcador de selección para la generación de los eventos T304-40 y GHB119, componentes centrales del algodón TwinLink™. Este gen permite la selección de las plantas por la tolerancia que les confiere a la aplicación del herbicida Glufosinato de amonio. El gen *bar* codifica a la enzima PAT, la cual cataliza la conversión de L-fosfotricina, el ingrediente activo en el Glufosinato de Amonio, a su forma inactiva, confiriendo así resistencia al herbicida.

En tanto que para la generación del evento GlyTol® el gen *2mepsps* se utilizó como marcador de selección. Este gen permite la selección de las plantas por la tolerancia que les confiere a la aplicación del herbicida glifosato. Este gen codifica a la proteína 2mEPSPS, la cual es insensible a la acción del glifosato, de manera que las plantas que portan el gen son tolerantes a dicho herbicida.

Los genes que funcionan como marcadores de selección en el algodón GLT no muestran actividad diferente a la ya descrita, ni interfieren en las características de tolerancia a la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, además de protección contra el ataque de insectos lepidópteros.

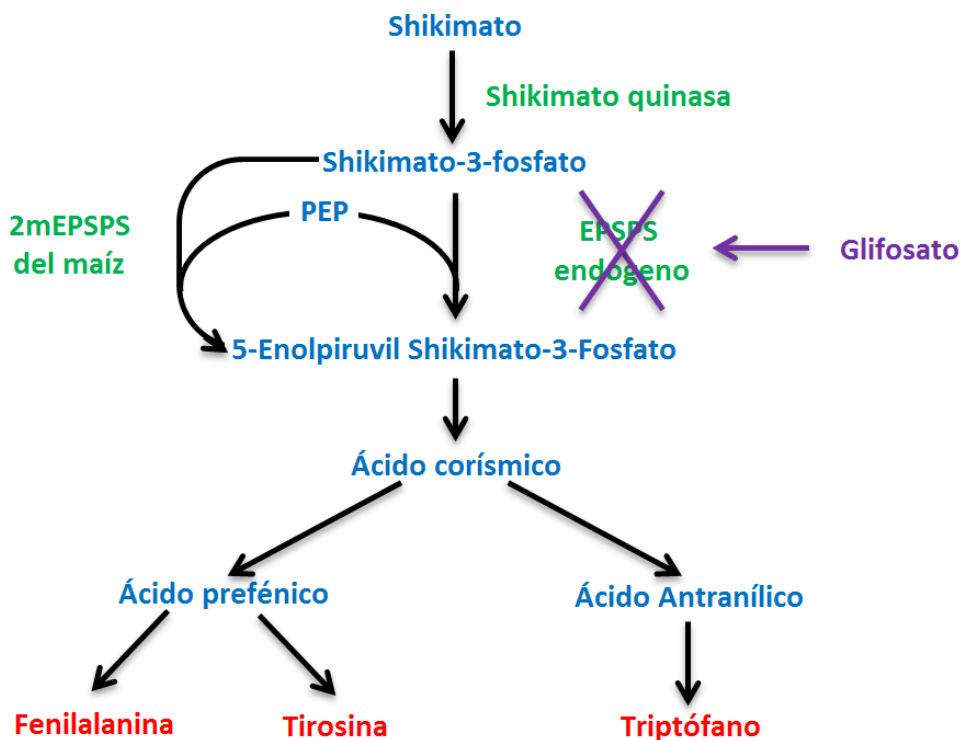
iv. Caracterización bioquímica y metabólica de todos los productos del gen novedoso con relación a su actividad, productos de degradación o subproductos, productos secundarios y rutas metabólicas

El algodón GLT fue desarrollado mediante cruce mendeliana convencional entre los eventos GHB614, T304-40 y GHB119. El evento GHB614 se produjo mediante la inserción estable de la secuencia codificante para la proteína 2mEPSPS derivada del maíz (*Zea mays* L.). El evento T304-40 se produjo a través de la inserción estable de las secuencias codificantes de las proteínas Cry1Ab de la bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *berliner* y PAT/*bar* derivado de la bacteria *Streptomyces hygrosopicus*. De igual manera, el evento GHB119 se produjo a través de la inserción estable en el genoma del algodón de las secuencias codificantes para las proteínas Cry2Ae de la bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *dakota* y PAT/*bar* derivado de la bacteria *Streptomyces hygrosopicus*. La combinación de estos eventos en el algodón GLT provee protección contra daños de insectos lepidópteros y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

iv.1. Proteína 2mEPSPS.

El evento GHB614 produce la proteína 5-enolpiruvilshikimate 3-phosphate synthase (2mEPSPS) codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz (*Zea mays* L.) (Herouet-Guicheney *et al.*, 2009). El gen *2mepsps* consta de 1338 pb y ha sido modificado a través de mutagénesis sitio-dirigida para codificar una enzima insensible a la desactivación por glifosato (Lebrun *et al.*, 1997). Para restaurar el sitio de escisión del péptido de tránsito se adicionó el aminoácido metionina en el extremo N-terminal de la secuencia de la proteína 2mEPSPS (De Beuckeleer, 2003), la cual está constituida por 445 aminoácidos y tiene un peso molecular de ~47.5 kDa. La expresión de la proteína 2mEPSPS confiere tolerancia al herbicida glifosato en las plantas de algodón.

El mecanismo de acción del glifosato consiste en la inhibición competitiva de la enzima 5-enolpiruvil-shikimate-3-fosfato sintasa (EPSPS) en la ruta metabólica del shikimate (Sikorski y Gruys, 1997). La inhibición de la enzima EPSPS por el glifosato bloquea esta ruta metabólica, lo cual eventualmente provoca la muerte de la célula (Steinrucken y Amrhein, 1980). La enzima EPSPS cataliza la transferencia reversible del grupo enolpiruvil desde el fosfoenol piruvato (PEP) al 5-hidroxil de shikimate-3-fosfato (S3P) resultando en la producción de fosfato inorgánico y 5-enolpiruvil shikimate-3-fosfato (EPSP) (Alibhai y Stallings, 2001), sitio de inhibición por el glifosato. Este es el único producto metabólico conocido y 5-enolpiruvil shikimate-3-fosfato es el penúltimo producto de la vía del ácido shikímico. El ácido shikímico es un sustrato para la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptófano y tirosina) como también de varios metabolitos secundarios, como el tetrahidrofolato, la ubiquinona y la vitamina K. Es importante destacar que la vía del shikimate y, por lo tanto, las proteínas EPSPS no están presentes en mamíferos, peces, aves, reptiles e insectos, lo cual contribuye con la baja toxicidad del herbicida glifosato para estos organismos (Bentley, 1990; Alibhai y Stallings, 2001; Eschenburg *et al.*, 2002). En contraste, se ha calculado que las moléculas aromáticas, todas derivadas del ácido shikímico, representan el 35% o más del peso seco de una planta (Franz *et al.* 1997). La unión del sustrato a la enzima es secuencial, iniciando con la unión del S3P y posteriormente el PEP (Boocock y Coggins, 1983). La reacción catalizada por la enzima EPSPS inicia con el rompimiento del enlace C-O del PEP (Walsh *et al.*, 1996) (figura 11).



La inhibición de la actividad enzimática de EPSPS ocurre debido a la formación de un complejo ternario de EPSPS-S3P-glifosato. La unión de glifosato bloquea de manera eficaz la unión de PEP y evita la catálisis EPSPS de S3P y PEP. Sin embargo, en presencia de 2mEPSPS, la afinidad por PEP es mucho mayor que la afinidad por el glifosato, entonces 2mEPSPS se une preferentemente al PEP incluso en presencia del glifosato y la catálisis continúa del mismo modo en que lo hace frente a la ausencia de glifosato. Esta diferencia en la afinidad de unión del glifosato es la base para la tolerancia al glifosato en plantas transformadas con 2mEPSPS. La enzima 2mEPSPS continúa funcionando en presencia del glifosato y produce los aminoácidos aromáticos y demás metabolitos necesarios para el crecimiento y el desarrollo normal de la planta.

Figura 11. Representación esquemática del mecanismo de acción del glifosato y el mecanismo de tolerancia mediado por 2mEPSPS.

La familia de proteínas EPSPS está ampliamente distribuida en la naturaleza en plantas, hongos y microorganismos. En las plantas, la enzima EPSPS es codificada por un gen nuclear y sintetizada como una pre-proteína (unida al péptido de tránsito) por ribosomas libres en el citoplasma celular; el péptido de tránsito permite el transporte a los cloroplastos. La pre-proteína es transportada al interior del estroma del cloroplasto y es procesada proteolíticamente para producir la enzima madura (Kishore y Shah, 1988; Forlani *et al.*, 1994; Lebrun *et al.*, 1997). Una vez desprendido, el péptido de transferencia al cloroplasto se degrada rápidamente (Bartlett *et al.*, 1982; Della-Cioppa *et al.*, 1986).

Desde la década de 1980 se han realizado varios intentos para identificar y caracterizar enzimas EPSPS insensibles a glifosato a partir de varios organismos, con el objetivo de obtener plantas genéticamente modificadas tolerantes a este herbicida (Kishore y Shah,

1988). Lebrun *et al.* (1997) seleccionaron un gen con doble mutación a partir del maíz, el cual unido a un péptido de tránsito quimérico optimizado ha permitido obtener una óptima tolerancia a glifosato en varios cultivos, sin efecto pleiotropicos: el gen *2mepsps* codificando la proteína 2mEPSPS. El gen *2mepsps* ha sido introducido como fuente de tolerancia a glifosato en maíz evento GA21, el cual ha sido aprobado por diferentes agencias para liberación al ambiente y consumo alrededor del mundo. Otro cultivo en el cual se ha logrado la tolerancia a glifosato a partir de mutagénesis del gen *epsps* es el arroz (Zhou *et al.*, 2006).

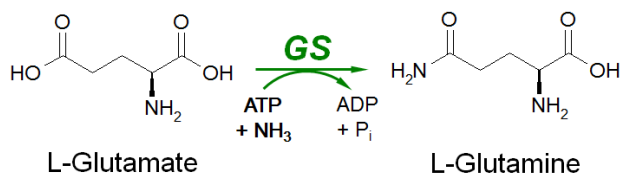
iv. 2. Proteína PAT/bar

El algodón GHB614 x T304-40 x GHB119 x COT102 contiene el cassette de expresión *bar* que, cuando se transcribe, origina la proteína PAT de ~21 kDa que consiste de un polipéptido de 183 aminoácidos (Thompson *et al.*, 1987). La secuencia del gen *bar* proviene de *Streptomyces hygroscopicus* y codifica la proteína fosfotricina-N-acetil transferasa (PAT) (Thompson *et al.*, 1987). La presencia de la proteína PAT en el algodón GHB614 x T304-40 x GHB119 x COT102 confiere tolerancia a glufosinato de amonio.

El herbicida glufosinato es una mezcla racémica de formas D y L de fosfotricina, aunque sólo la forma L (L-fosfotricina) tiene actividad herbicida. Este herbicida es un potente inhibidor de la enzima glutamino sintetasa (GS) tanto en bacterias como en plantas, donde se une competitivamente a la enzima GS desplazando al L-glutamato del sitio activo (OECD, 1999; OECD, 2002a) (figura 12).

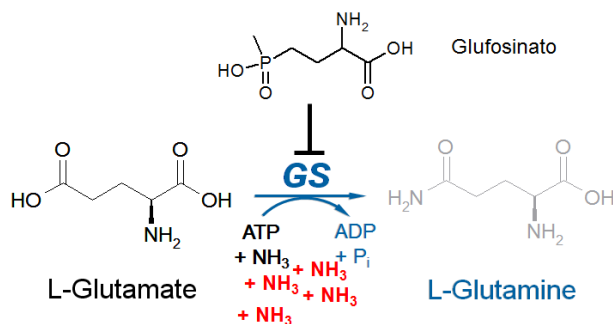
La enzima glutamino sintetasa (GS) es esencial en el metabolismo de nitrógeno en plantas superiores, donde es la única enzima en plantas que puede detoxificar el amoníaco liberado por la reducción de nitrato, degradación de aminoácidos y fotorespiración. El amoníaco, aun siendo un nutriente vegetal es tóxico si se encuentra en exceso y lleva a la muerte de la célula vegetal (OECD, 1999; OECD, 2002a).

a) Asimilación del amoníaco.



GS: Glutamine synthase

b) Inhibición de la enzima GS.



Acumulación de iones de amoníaco +NH₃ y disminución de L-Glutamina

Figura 12. Mecanismo de acción del herbicida glufosinato de amonio

La enzima PAT es una acetiltransferasa que cataliza específicamente la acetilación de L-fosfotricin (L-PPT) y demetilfosfotricin (DMPT) (Thompson *et al.*, 1987). L-PPT y DMPT son inhibidores de la enzima glutamino sintasa (GS). Esta inhibición resulta en la acumulación de iones tóxicos de amoníaco y en una disminución de la cantidad de glutamina, un aminoácido esencial utilizado en muchos procesos anabólicos. El glufosinato de amonio es la sal de amonio de L-PPT. Solamente el L-isómero es un inhibidor de la glutamino sintasa. La enzima PAT expresada por el gen *pat* tiene la capacidad de conferir tolerancia al glufosinato de amonio a las plantas modificadas con este gen. La tolerancia al herbicida es una consecuencia de la acetilación y resultante desactivación de L-PPT en el herbicida glufosinato de amonio (figura 13).

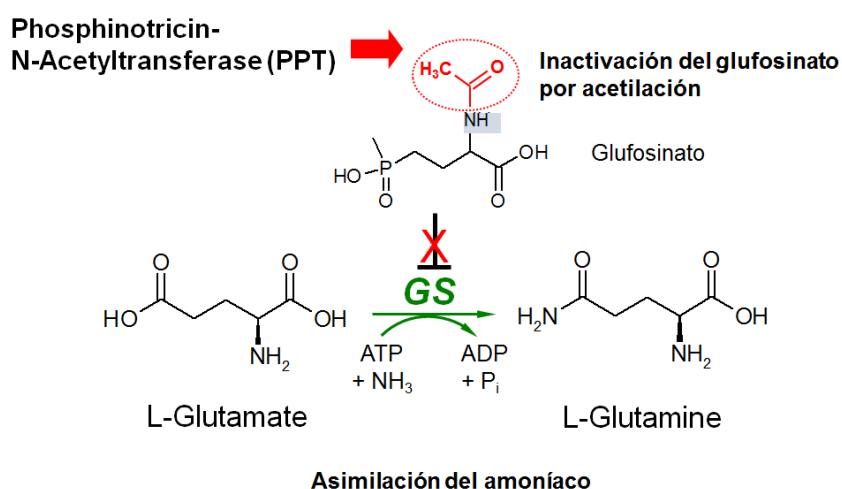


Figura 13. Mecanismo de acción de la proteína PAT que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.

La actividad enzimática de la proteína PAT sigue las cinéticas simples de Michaelis-Menten (Wehrmann *et al.*, 1996). En presencia de acetyl-CoA como cosustrato, la proteína PAT cataliza la acetilación del grupo amino libre de L-Fosfotricin (L-PPT) a N-acetil glufosinato (N-acetyl-L-PPT), un compuesto que no inactiva la glutamina sintetasa y no tiene actividad herbicida.

La enzima PAT es altamente específica para L-PPT. No acetila a otros L-aminoácidos, incluido el glutamato, que es estructuralmente el más parecido al L-glufosinato, ni al acetilato D-PPT. Un exceso de concentración de L-aminoácidos no afecta a la proteína PAT en su capacidad de acetilar L-PPT.

iv. 3. Proteínas Cry1Ab y Cry2Ae

El evento **T304-40** produce la proteína insecticida Cry1Ab de 617 aminoácidos y un peso molecular de 69 kDa, codificada por el gen *cry1Ab* derivado de la bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *berliner* (*Bt*), esta proteína es efectiva para el control de insectos lepidópteros plaga del algodón como gusano bellotero (*Helicoverpa zea*) y gusano tabacalero (*Heliothis virescens*).

El evento **GHB119** produce la proteína insecticida Cry2Ae de 631 aminoácidos y un peso molecular de 71 kDa, codificada por el gen *cry2Ae* derivado de la bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *dakota* (*Bt*), esta proteína es efectiva para el control de insectos lepidópteros plaga del algodón como gusano bellotero (*Helicoverpa zea*), gusano tabacalero (*Heliothis virescens*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

El efecto tóxico de las proteínas *Bt* requiere de condiciones alcalinas (como las proporcionadas en el intestino de la larva del insecto) para que se disuelvan los cristales, digestión parcial por proteasas específicas para que liberen el núcleo activo de la toxina y la unión específica de ésta a receptores presentes en la superficie de las células epiteliales del intestino medio del insecto. La unión específica de la toxina a estos receptores conduce a la formación de poros en la membrana plasmática y a la eventual muerte celular, parálisis intestinal e inanición. Estos son los pasos que proporcionan el alto grado de especificidad para cada proteína *Bt* (English & Slatin 1992; Hofmann *et al.*, 1988; Knowles & Dow, 1993; Van Rie *et al.*, 1989).

Las proteínas Cry1 se producen en forma de protoxinas de 130-140 kDa en tamaño, con 1100-1200 residuos de aminoácidos (Aronson and Shai 2001; Kumar *et al.*, 1996; Bravo *et al.*, 2007; OECD, 2007). En el caso de la proteína Cry1A, las protoxinas se dividen para generar toxinas activas que están compuestas por fragmentos de 60-70 kDa de la porción terminal N de la proteína (Knowles, 1994; Kumar *et al.*, 1996; OECD, 2007). El mecanismo de acción insecticida es un proceso complejo en el cual las toxinas activas se adhieren a receptores específicos en la membrana plasmática de las células epiteliales del intestino medio de los insectos susceptibles (Aronson and Shai, 2001; Kumar *et al.*, 1996; Bravo *et al.*, 2007; Bravo *et al.*, 2011; OECD, 2007; Zhang *et al.*, 2006). Una vez unida a los receptores, la toxina puede insertarse en la membrana plasmática mediante la formación de poros oligoméricos transmembrana (Aronson and Shai 2001, Bravo *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 1996; OECD 2007). Dichos poros forman canales iónicos que afectan el potencial transmembrana, lo cual causa lisis osmótica (Aronson and Shai 2001; Bravo *et al.*, 2007; Bravo *et al.*, 2011; Hofte and Whiteley, 1989; Kumar *et al.*, 1996; OECD, 2007).

Para que las proteínas Cry puedan ejercer actividad insecticida tienen que ser ingeridas por los insectos. La proteína en su forma cristalina es insoluble en solución acuosa a pH neutro o ácido (Bulla *et al.*, 1977), sin embargo, el pH del tracto digestivo de las larvas de los

insectos es alcalino (pH 8 - 10) y probablemente reductivo, lo que favorece la solubilización del cristal (Tojo and Aizawa, 1983; Ogiwara *et al.*, 1992). Una vez ingerida, la proteína es subsecuentemente activada por proteasas en el tracto digestivo del insecto. Estas proteasas cortan el extremo carboxilo terminal del resto de la proteína (Chroma y Kaplan, 1990), al igual que aproximadamente 28 aminoácidos del extremo amino terminal. La proteína activada, que consiste de aproximadamente 660 aminoácidos, se difunde a través de la membrana peritrófica del insecto al epitelio del mesenterón. Aquí se une a receptores específicos de alta afinidad (Wolfersberger *et al.*, 1986, Hofmann *et al.*, 1988, Van Rie *et al.*, 1989; Van Rie *et al.*, 1990). Se forman poros en la membrana que causa derramamiento de los contenidos celulares (i. e. K+) en el lumen del intestino y agua hacia las células epiteliales de intestino (Sacchi *et al.*, 1986; Knowles *et al.*, 1989). Las células epiteliales del tracto de las larvas se hinchan debido a la presión osmótica y se lisan. El tracto se paraliza como consecuencia de los cambios en electrolitos y pH lo que provoca que la larva deje de comer y muera.

El requerimiento de un pH alcalino y proteasas específicas del intestino de las larvas de insectos es una característica importante de la actividad insecticida específica de *Bacillus thuringiensis*, debido a que los mamíferos y otros insectos no blanco no pueden solubilizar los cristales de *Bt*, estos pasan a través del sistema digestivo de los organismos no blanco en su forma inalterada y por lo tanto no tóxica.

Productos de degradación de la proteína codificada por el transgen en subproductos

Subproductos de degradación de las proteínas

Con excepción de las proteínas 2mEPSPS (GHB614) y Cry2Ae (GHB119) que están fusionadas a péptidos de tránsito para dirigir dichas proteínas al cloroplasto, no se esperan subproductos de degradación adicionales en el algodón GHB614 x T304-40 x GHB119, ya que cualquier degradación adicional de las proteínas expresadas resultaría en un polipéptido inactivo.

Proteína 2mEPSPS

El evento GHB614 produce la proteína 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz (*Zea mays* L.) (Herouet-Guicheney *et al.*, 2009). El gen *2mepsps* consta de 1338 pb y ha sido modificado a través de mutagénesis sitio-dirigida para codificar una enzima insensible a la desactivación por glifosato (Lebrun *et al.*, 1997) pero que no altera su función metabólica en la ruta del shikimato (Hammond *et al.*, 2013). Para restaurar el sitio de escisión del péptido de tránsito se adicionó el aminoácido metionina en el extremo N-terminal de la secuencia de la proteína 2mEPSPS (De Beuckeleer, 2003), la cual está constituida por 445 aminoácidos y tiene un peso molecular de ~47.5 kDa. La expresión de la proteína 2mEPSPS confiere tolerancia al herbicida glifosato en las plantas de algodón.

Las propiedades bioquímicas de la enzima 2mEPSPS han sido bien caracterizadas en comparación con las proteínas EPSPS silvestres y, con excepción de su insensibilidad al glifosato, el cambio en dos aminoácidos no ha modificado sus propiedades bioquímicas. Los efectos metabólicos derivados de la actividad de la proteína 2mEPSPS en plantas son comparables a los de las proteínas EPSPS endógenas, excepto por su insensibilidad al glifosato (Hammond *et al.*, 2013).

El extremo 5' de la región codificante del gen *2mepsps* en el inserto GHB614 está unido al péptido de tránsito TPotp C, el cual dirige la proteína 2mEPSPS al cloroplasto, sitio donde la proteína es funcionalmente activa. En las plantas, la enzima EPSPS es codificada por un gen nuclear y sintetizada como una pre-proteína (unida al péptido de tránsito) por ribosomas libres en el citoplasma celular; el péptido de tránsito permite el transporte a los cloroplastos. La pre-proteína es transportada al interior del estroma del cloroplasto y es procesada proteolíticamente para producir la enzima madura (Kishore and Shah, 1988; Forlani *et al.*, 1994; Lebrun *et al.*, 1997). Una vez desprendido de la proteína 2mEPSPS, el péptido de transferencia al cloroplasto se degrada rápidamente por proteasas endógenas de la planta (Bartlett *et al.*, 1982; Della-Cioppa *et al.*, 1986).

La proteína EPSPS es la sexta enzima en la ruta metabólica del shikimato para la biosíntesis de compuestos aromáticos presentes en microorganismos y plantas (Tzin & Galili, 2010). Estas enzimas son ubicuas en la naturaleza y están presentes en alimentos derivados de plantas y fuentes microbianas. La proteína 2mEPSPS presenta una alta identidad de secuencia de aminoácidos con la enzima EPSPS nativa del maíz (>99.5%), así como con otras proteínas EPSPS encontradas en cultivos con un largo historial de seguridad para el consumo humano como arroz, vid, lechuga, tomate y colza, o en hongos o fuentes microbianas como la levadura del pan (Rouquié, 2006). Por lo tanto, estas proteínas tienen un largo historial de uso seguro como componentes endógenos de alimentos y forrajes.

Cuadro 7. Comparación de la secuencia deducida de aminoácidos de la proteína 2mEPSPS con otras proteínas EPSPS.

	Maíz	Arroz	Vid	Lechuga	Tomate	Colza
Identidad de secuencia (%)	>99.5	86	79	77	75	75

Proteínas Cry1Ab y Cry2Ae

El extremo 5' de la región codificante del gen *Cry2Ae* en el inserto GHB119 está unido al péptido de tránsito TPssuAt (péptido de tránsito de la subunidad pequeña de la ribulosa 1,5 bifosfato carboxilasa del gen *at1sA* de *Arabidopsis thaliana*), el cual dirige la proteína Cry2Ae al cloroplasto. El péptido de tránsito es desprendido de la proteína Cry2Ae durante

la transferencia de la proteína a través de la membrana del cloroplasto y es degradado por proteasas endógenas de la planta.

Las proteínas Cry1 se producen en forma de protoxinas de 130-140 kDa en tamaño, con 1100-1200 residuos de aminoácidos (Aronson and Shai 2001; Kumar *et al.*, 1996; Bravo *et al.*, 2007; OECD, 2007). En el caso de la proteína Cry1A, las protoxinas se dividen para generar toxinas activas que están compuestas por fragmentos de 60-70 kDa de la porción terminal N de la proteína (Knowles, 1994; Kumar *et al.*, 1996; OECD, 2007). El mecanismo de acción insecticida es un proceso complejo en el cual las toxinas activas se adhieren a receptores específicos en la membrana plasmática de las células epiteliales del intestino medio de los insectos susceptibles (Aronson and Shai, 2001; Kumar *et al.*, 1996; Bravo *et al.*, 2007; Bravo *et al.*, 2011; OECD, 2007; Zhang *et al.*, 2006). Una vez unida a los receptores, la toxina puede insertarse en la membrana plasmática mediante la formación de poros oligoméricos transmembrana (Aronson and Shai 2001, Bravo *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 1996; OECD 2007). Dichos poros forman canales iónicos que afectan el potencial transmembrana, lo cual causa lisis osmótica (Aronson and Shai 2001; Bravo *et al.*, 2007; Bravo *et al.*, 2011; Hofte and Whiteley, 1989; Kumar *et al.*, 1996; OECD, 2007).

Para que las proteínas Cry puedan ejercer actividad insecticida tienen que ser ingeridas por los insectos. La proteína en su forma cristalina es insoluble en solución acuosa a pH neutro o ácido (Bulla *et al.*, 1977), sin embargo, el pH del tracto digestivo de las larvas de los insectos es alcalino (pH 8 - 10) y probablemente reductivo, lo que favorece la solubilización del cristal (Tojo and Aizawa, 1983; Ogiwara *et al.*, 1992). Una vez ingerida, la proteína es subsecuentemente activada por proteasas en el tracto digestivo del insecto. Estas proteasas cortan el extremo carboxilo terminal del resto de la proteína (Chroma y Kaplan, 1990), al igual que aproximadamente 28 aminoácidos del extremo amino terminal. La proteína activada, que consiste de aproximadamente 660 aminoácidos, se difunde a través de la membrana peritrófica del insecto al epitelio del mesenterón. Aquí se une a receptores específicos de alta afinidad (Wolfersberger *et al.*, 1986, Hofmann *et al.*, 1988, Van Rie *et al.*, 1989; Van Rie *et al.*, 1990). Se forman poros en la membrana que causa derramamiento de los contenidos celulares (i. e. K+) en el lumen del intestino y agua hacia las células epiteliales de intestino (Sacchi *et al.*, 1986; Knowles *et al.*, 1989). Las células epiteliales del tracto de las larvas se hinchan debido a la presión osmótica y se lisan. El tracto se paraliza como consecuencia de los cambios en electrolitos y pH lo que provoca que la larva deje de comer y muera.

El requerimiento de un pH alcalino y proteasas específicas del intestino de las larvas de insectos es una característica importante de la actividad insecticida específica de *Bacillus thuringiensis*, debido a que los mamíferos y otros insectos no blanco no pueden solubilizar los cristales de *Bt*, éstos pasan a través del sistema digestivo de los organismos no blanco en su forma inalterada y por lo tanto no tóxica.

La expresión de las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae está regulada por promotores constitutivos (Ps7s7 y P35S2) y se expresan en los tejidos de la planta de algodón GLT durante todo el ciclo del cultivo. Como consecuencia de lo anterior, los residuos de plantas post-cosecha de este cultivo pueden contener pequeñas cantidades de las proteínas con actividad insecticida. Después de la cosecha, partes de las plantas tales como los tallos, restos de hoja y bellotas no cosechadas son incorporarlos al suelo a fin de promover su descomposición. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) llevó a cabo una evaluación ambiental de las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae, no encontrando impactos significativos (EPA, 2012⁸). Se ha observado que los cristales de las proteínas *Bt* se degradan rápidamente en el campo debido al efecto de la radiación solar y de la temperatura (USDA, 1999).

Los organismos del suelo podrían estar expuestos a las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae a través del contacto con las raíces del algodón (alimentación directa), exudados de las raíces, incorporación de residuos de la planta en el suelo después de la cosecha, o por polen depositado en el suelo. Estudios para evaluar la presencia de las proteínas Cry en exudados de la raíz de algodón *Bt*, mediante ensayos inmunológicos y de eficacia, indicaron que no se detectó proteína Cry en suelo o solución hidropónica en donde se había cultivado algodón *Bt* (Saxena & Stotzky, 2001⁹). La evidencia existente indica que las proteínas Cry no se acumulan en el suelo a niveles tóxicos para los artrópodos. Debido a que las proteínas Cry se derivan de una bacteria que es un habitante natural del suelo (*Bacillus thuringiensis*) y además se encuentra en insecticidas microbiales comerciales (De Maagd et al., 2003¹⁰; Artim et al., 2003¹¹), se espera que la degradación de las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae expresadas por los eventos T304-40 y GHB119, sea similar a la degradación de esas mismas proteínas producidas de manera natural por las bacterias del suelo.

Los estudios de degradación en suelo bajo condiciones aeróbicas se realizaron en suelo con diferentes texturas provenientes de tres localidades donde se ha cultivado algodón *Bt* (Proctor, AR: franco arcilloso; Senatobia, MS: franco limoso; East Bernard, TX: franco arcillo arenoso). Para determinar la DT₅₀ (tiempo para que se disipe el 50% de la concentración inicial del material bioactivo) se utilizó uno de los insectos blanco más

⁸ US EPA. 2012. Biopesticides registration action document. Plant-incorporated protectants: *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab protein and the Genetic Material Necessary for its Production in Event T304-40 Cotton [PC Code 006525, OECD Unique Identifier: BCS-GHØØ4-7]; *Bacillus thuringiensis* Cry2Ae protein and the Genetic Material Necessary for its Production in Event GHB119 Cotton [PC Code 006600, OECD Unique Identifier: BCS-GHØØ5-8]; and TwinLink™ Cotton (T304-40 and GHB119 Combination PIP product) [OECD Unique Identifier: BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8]. U.S. Environmental Protection Agency.

⁹ Saxena, D. and Stotzky, G. 2001. *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) toxin released from root exudates and biomass of *Bt* corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. *Soil Biol. Biochem.* 33: 1225–1230.

¹⁰ De Maagd, R.A.; Bravo, A.; Berry, C.; Crickmore, N.; Schnepf, H.E. 2003. Structure, diversity and evolution of protein toxins from spore-forming entomopathogenic bacteria. *Annual Review of Genetics* 37:409–433.

¹¹ Artim, L.; Hill, K.; Jiang, X.; Lee, M.; Mascarenhas, V.; Mullins, M.; Privalle, L.; Rabe, S.; Schriver, T.; Stein, J.; Vlachos, D.; Walters, F.; Ward, K.; Zawodny, J. 2003. Petition for the Determination of Non-Regulated Status: Lepidopteran Insect Protected VIP3A Cotton Transformation Event COT102. Syngenta Seeds, Inc. Research Triangle Park, NC 27709.

susceptibles a las proteínas Cry (*Heliothis virescens*). Los suelos fueron tratados de forma separada con 15 µg/g de proteína Cry1Ab y 50 µg/g de proteína Cry2Ae y se tomaron muestras regularmente durante un periodo de 45 días. Para los bioensayos las larvas de *H. virescens* fueron expuestas a muestras de suelo incorporadas en la dieta. Simultáneamente, se realizó un estudio de dosis-respuesta durante seis días con larvas de *H. virescens* expuestas a dosis de 0.004 a 0.28 µg/g para la proteína Cry1Ab y de 0.056 a 3.4 µg/g para la proteína Cry2Ae, para obtener la curva estándar dosis-respuesta y determinar la degradación de las proteínas a través del tiempo con base en el bioensayo. La DT₅₀ se determinó a partir de la curva de regresión exponencial de primer orden y se obtuvieron valores promedio para los tres tipos de suelo de 3.6 días para Cry1Ab y 3.4 días para Cry2Ae. Adicionalmente, las muestras de suelo fueron analizadas mediante ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA) para determinar el contenido de proteínas Cry y los resultados mostraron la continua degradación de las proteínas en el suelo durante el estudio (Martone, 2008a¹²; Martone, 2008b¹³).

Proteína PAT/*bar*

El algodón GHB614 x T304-40 x GHB119 contiene el cassette de expresión *bar* que, cuando se transcribe, origina la proteína PAT de ~21 kDa que consiste de un polipéptido de 183 aminoácidos (Thompson *et al.*, 1987). La secuencia del gen *bar* proviene de *Streptomyces hygroscopicus* y codifica la proteína fosfinotricina-N-acetil transferasa (PAT) (Thompson *et al.*, 1987). La presencia de la proteína PAT en el algodón GHB614 x T304-40 x GHB119 confiere tolerancia a glufosinato de amonio.

La enzima PAT es una acetiltransferasa que cataliza específicamente la acetilación de L-fosfinotricin (L-PPT) y demetilfosfinotricin (DMPT) (Thompson *et al.*, 1987). L-PPT y DMPT son inhibidores de la enzima glutamino sintasa (GS). Esta inhibición resulta en la acumulación de iones tóxicos de amoníaco y en una disminución de la cantidad de glutamina, un aminoácido esencial utilizado en muchos procesos anabólicos. El glufosinato de amonio es la sal de amonio de L-PPT. Solamente el L-isómero es un inhibidor de la glutamino sintasa. La enzima PAT expresada por el gen *bar* tiene la capacidad de conferir tolerancia al glufosinato de amonio a las plantas modificadas con este gen. La tolerancia al herbicida es una consecuencia de la acetilación y resultante desactivación de L-PPT en el herbicida glufosinato de amonio. La proteína PAT/*bar* acetila el grupo amino libre de L-PPT para producir N-acetil glufosinato sin actividad herbicida. El glufosinato acetilado no es capaz de unirse a la glutamina sintetasa y, por lo tanto, no interrumpe la fotorespiración y evita la acumulación de amoníaco.

¹² Martone, A. 2008. The Use of an Insect *Heliothis virescens* Bioassay to Determine the DT₅₀ of the Cry1Ab Protein Produced from *Escherichia coli* After Aerobic Soil Degradation. USA, 2007. Bayer CropScience LP. Research Triangle Park, N.C. USA. M-312358-02-1.

¹³ Martone, A. 2008. The Use of an Insect *Heliothis virescens* Bioassay to Determine the DT₅₀ of the Cry2Ae Protein Produced from *Bacillus thuringiensis* After Aerobic Soil Degradation. USA, 2007. Bayer CropScience LP. Research Triangle Park, N.C. USA. M-312361-01-1.

La proteína PAT/*bar* tiene gran especificidad de sustrato por la L-PPT, el componente herbicida del glufosinato de amonio, y es poco probable que afecte el sistema metabólico del algodón GLT. Se han evaluado muchos productos con tolerancia al glufosinato incluyendo algodón, maíz, soya, canola, remolacha y arroz sin identificar factores que causen alguna preocupación de seguridad (www.isaaa.org).

v. Cambios en la capacidad competitiva del OGM en comparación con la contraparte no modificada, incluyendo supervivencia y reproducción, producción de estructuras reproductoras, periodos de latencia y duración del ciclo de vida

El evento apilado GHB614 x T304-40 x GHB119 (GlyTol® TwinLink®), porta los genes *cry1Ab* y *cry2Ae*, los cuales le proporcionan resistencia contra el ataque de insectos lepidópteros y los genes *bar* y *2mepsps* los cuales le confieren tolerancia a la aplicación de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, respectivamente.

Durante los años 2015, 2017 y 2018 se realizaron evaluaciones de equivalencia agronómica y fenotípica en la región agrícola del Valle de Mexicali. Los resultados mostraron que las variedades con tecnología GLT se comportaron de manera equivalente con respecto a la variedad convencional FM 989 utilizada como comparador, y a las variedades utilizadas comercialmente en la región (FM 2484B2F). Así mismo, en ninguna de las evaluaciones se observó alguna tendencia que indicará un incremento en la capacidad competitiva del algodón GLT, que originará un incremento de su potencial como maleza y que representará un riesgo a la Sanidad vegetal o al Medio ambiente.

En el ciclo 2015 se evaluaron diferentes variables agronómicas y fenológicas, de las cuales que los diferentes tratamientos se comportaron de manera similar a lo largo del ciclo de cultivo.

La diferencia en el vigor dependió de las variedades evaluadas, ya que el material FM 1830GLT es una variedad que posee una excelente germinación y potencial de establecimiento. Sin embargo, a pesar de que los tiramientos con algodón GLT tuvieron un mejor vigor a los 29 días después de la siembra, esta variable no representó una ventaja competitiva cuando se consideró el ciclo completo del cultivo, ya que los demás parámetros medidos fueron similares en ambos tipos de algodón.

Respecto a la fenología, ambos materiales se comportaron como equivalentes puesto que solo hubo una diferencia promedio de 6.3 días entre los tratamientos con algodón GLT y el algodón convencional, lo que en términos prácticos no es significativo considerando el ciclo completo del cultivo.

Durante el año 2017, se realizaron dos evaluaciones agronómicas y fenotípicas en el cultivo de algodón en la región agrícola del Valle de Mexicali y su objetivo fue evaluar

comparativamente: vigor inicial del cultivo, población inicial, altura a inicio de cuadro, número de nudos a inicio de cuadro, altura a inicio de floración, número de nudos a inicio de floración, altura a final de floración, número de nudos a final de floración, altura durante el mapeo final, número de nudos durante el mapeo final, días a inicio de cuadro, días a inicio de floración, día a aparición de bellotas, días a final de floración, días a aparición de capullos, población final, número de capullos en primera posición, número de capullos en rama fructífera, número de capullos en rama vegetativa, número de bellotas en rama fructífera, número de bellotas en rama vegetativa, número de bellotas sin abrir, número de capullos totales (Garzón y Cruz, 2017).

el promedio de cada una de las variables en las dos evaluaciones realizadas y el comportamiento de estas en los tratamientos con algodón GLT y el comparador. De manera general, todas las variables se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo, tanto en los parámetros fenotípicos como fenológicos, y no se observó una tendencia hacia el incremento de la competitividad en los tratamientos con algodón GLT.

En el año 2018, se realizaron dos evaluaciones agronómicas y fenotípicas en el cultivo de algodón en el Valle de Mexicali, uno en el Lote 1 de la colonia Pólvora en Mexicali, Baja California, y otro en el Lote 21 de la colonia Azteca, San Luis Rio Colorado, Sonora, donde su objetivo fue evaluar comparativamente: vigor inicial, población inicial de plantas, días a cuadro, altura a días a cuadro, número de nudos a cuadro, días a floración, altura a floración, número de nudos a floración, días a primeras bellotas, altura a primeras bellotas, número de nudos a primeras bellotas, bellotas en primera posición, bellotas en ramas vegetativas, bellotas cosechables, número de nudos a primera rama fructífera, nudos totales, altura a cosecha, plantas por metro a cosecha y población final (Garzón y Villegas, 2019).

El promedio de cada una de las variables en los dos predios y evaluaciones realizadas, y el comportamiento de éstas en los tratamientos con algodón GLT, el comparador regional y el comparador convencional. De manera general todas las variables se comportaron de manera similar durante el ciclo de cultivo, tanto en los parámetros fenotípicos como fenológicos, y no se observó una tendencia hacia el incremento de la competitividad en los tratamientos con algodón GLT.

El comportamiento de las variedades, a pesar de encontrarse en diferentes puntos del Valle de Mexicali, se comportaron de manera similar ya que la variación entre los comparadores y las variedades GLT sometidas a las evaluaciones es insignificante, lo que permite concluir que la tecnología GLT no representa una ventaja fenológica sobre los comparadores. Por otro lado al finalizar los ciclos de cultivo (2015, 2017 y 2018), no se tuvieron impactos en el rendimiento de algodón hueso, ya que todos los tratamientos tuvieron un rendimiento estadísticamente similar. Sin embargo, se observó un aumento en el rendimiento promedio de las evaluaciones durante el año 2017 y 2018 respecto del obtenido en el 2015.

Para la elección de las variedades GLT se consideró a aquellos materiales que potencialmente podrían ser comercializadas en un futuro en la región agrícola del Valle de Mexicali y que, debido a sus características, representarían una opción productiva viable con respecto a las variedades utilizadas en la región. En el caso del comparador, la elección se basó en que fuera material convencional, que descendieran del mismo germplasma (FiberMax) y que tuviera un potencial productivo comparable a las variedades genéticamente modificadas, además de que va de la mano con la sugerencia de utilizar

De acuerdo con los resultados obtenidos en las liberaciones experimentales y piloto en el Valle de Mexicali, el algodón GLT fue equivalente agronómica, fenotípica y fenológicamente a su contraparte convencional y no exhibió características nuevas que indicaran un incremento en su competitividad que pudieran representar riesgos a la sanidad vegetal, animal, acuícola o al medio ambiente. El algodón GLT se comportó de manera similar en todos los años de evaluación aún cuando se utilizaron cuatro diferentes variedades en diferentes sitios de evaluación y no se observaron nuevos rasgos que pudieran incrementar su potencial como maleza o su capacidad de persistencia y dispersión en el medio.

vi. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos

De manera reciente se han publicado varios estudios sobre los beneficios, tanto económicos como ambientales, de los organismos genéticamente modificados (OGM), un ejemplo de ello fue el realizado por Mahafey y colaboradores (2016), en el cual, evaluaron dichos beneficios. El estudio se centra bajo la suposición de dos escenarios; en el primero cuestionaron qué sería diferente si no hubiera tecnología genéticamente modificada (GM) y, en el segundo, cuál sería el impacto si la adopción de OGM's globalmente alcanzara a la adopción que se tiene en los Estados Unidos. Los resultados del primer escenario arrojaron que, en cuanto a las emisiones por el uso de suelo, habría aproximadamente 0.9 billones de toneladas de CO₂ que equivalen a más emisiones de gases de efecto invernadero de las que hay en la actualidad. Para el segundo escenario se encontró que, si existiera una mayor penetración de la tecnología GM, se tendrían menores emisiones de gases de efecto invernadero que equivaldrían a una reducción de 0.2 billones de toneladas de CO₂.

Brookes y Barfoot (2016) describen que desde la introducción de los cultivos GM hasta el 2014, el uso de ingredientes activos cayó un 7.3 % (23.1 millones de kg) y el impacto ambiental asociado a ello, disminuyó en un 9.9 %. Para el caso del algodón resistente a insectos, utilizar ingredientes activos insecticidas ha disminuido en un 27.9 % (249.1 millones de kg) y el impacto ambiental por el uso de insecticidas aplicados al cultivo de algodón ha caído por un 30.4 %.

En México (Rocha-Munive *et al.*, 2018) realizaron un análisis de los datos disponibles desde la liberación de algodón GM en 1996 y establecieron dos hipótesis: la primera fue si existe un riesgo potencial de flujo génico a especies nativas, mientras que la segunda fue si el uso de algodón GM en México resultaría en una reducción del uso de plaguicidas y mayor rendimiento. Con base en el análisis de la información concluyeron y recomendaron lo siguiente: 1) debido a la distribución y composición cromosómica del algodón, se espera que haya un bajo riesgo de introgresión o mezcla con otras especies diploides silvestres de México por el flujo de polen; 2) hasta ahora no se han reportado casos de resistencia a malezas para glifosato asociado con algodón en México (Heap, 2018). Sin embargo, se recomienda enfáticamente fomentar el uso de prácticas de manejo apropiadas y herbicidas alternativos con diferentes mecanismos de acción (Devine *et al.*, 1992); 3) el impacto del algodón Bt en el uso de insecticidas químicos ha sido significativo. Desde su introducción hace 20 años, ha habido una disminución en su uso; 4) los insecticidas químicos que son utilizados actualmente para controlar el complejo de plagas tienen en promedio menor impacto ambiental que los usados hace un par de décadas.

La estabilidad de la modificación genética contenida en el algodón TwinLink® se ha estudiado en al menos cinco generaciones y no se ha observado pérdida del fenotipo de tolerancia a glufosinato de amonio o rearme de los elementos genéticos transferidos. Similarmente, el algodón GlyTol® ha sido probado en campo en los Estados Unidos de América y se ha concluido que exhibe equivalencia agronómica con su contraparte no modificada. Por su parte, la Canadian Food Inspection Agency (CFIA) ha determinado que el algodón GlyTol® no muestra ninguna característica adicional y es sustancialmente equivalente al algodón convencional, en términos de su uso específico y seguridad para el ambiente y para la salud humana y animal.

Durante la Etapa Experimental y Programa Piloto se realizaron diferentes evaluaciones y actividades con el objetivo de analizar los posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica debidos a la liberación del algodón GLT en la región agrícola del Valle de Mexicali.

Efectividad sobre organismos no blanco de la tecnología GLT

El tejido de algodónero (de plantas GM y convencionales) particularmente las semillas, puede ser tóxico a mamíferos si es ingerido en altas cantidades, debido a la presencia factores tóxicos y anti nutricionales, incluyendo al gossipol y ácidos grasos ciclopropenoides (ej., dihidrosterculico, esterculico, malvalico). Los resultados han demostrado que los niveles de estos compuestos son similares en materiales GM con respecto a su contraparte convencional.

Generalmente los mamíferos evitan alimentarse de plantas de algodón. La presencia de gossipol y de ácidos grasos ciclopropenoides en la semilla de algodón limita el uso de la semilla completa como un suplemento proteico en la alimentación animal, excepto para el ganado que resulta menos afectado por dichos componentes.

Los valores de toxicidad de las proteínas PAT y 2mEPSPS indican que presentan una toxicidad extremadamente baja para vertebrados. Además de esto y, dado que estas proteínas se encuentran en forma natural en el ambiente, no se espera que las mismas sean una fuente novedosa de daño o riesgo para estos organismos. Aunque algunas aves podrían estar expuestas en los campos de algodón a las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae, los estudios indican que estas proteínas no son intrínsecamente tóxicas para dichas aves o mamíferos. Adicionalmente, el riesgo de exposición de los organismos acuáticos es extremadamente bajo.

Se han efectuado evaluaciones de riesgo para las especies no blanco en el algodón TwinLink® y en las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae que éste produce. Cada evaluación incluyó: identificación del peligro, exposición, prueba de especies potencialmente expuestas y, de ser necesario, una evaluación de dosis-respuesta para las especies afectadas. El modo de acción de las proteínas Cry en los organismos blanco es entendido muy bien y es mediado por medio de la unión de las proteínas en el intestino, lo cual tiene mucha variabilidad interespecífica. Existe mucha información detallada acerca de la especificidad de las proteínas Cry para un rango muy restringido de especies de insectos. El espectro de acción de las proteínas Cry1Ab y Cr2Ab incluye sólo insectos lepidópteros y no existe evidencia de toxicidad para otros organismos no blanco.

Las rutas principales de exposición para los organismos no blancos son:

- Alimentación por insectos herbívoros u otros animales
- Depredación de insectos que se han alimentado del algodón *Bt*
- Consumo de semillas de algodón (pájaros, mamíferos)
- Transferencia de polen
- Caída de hojas
- Incorporación de plantas senescentes por medio del barbecho.

Los insectos son los organismos que más probablemente tendrán exposición significativa al algodón TwinLink® ya sea por alimentación directa de las plantas o polen, o por la alimentación de otros insectos, los cuales se han alimentado de las plantas de algodón. Las proteínas Cry han sido estudiadas extensivamente por muchos años en muchas especies de insectos. BASF generó datos adicionales sobre los efectos del algodón TwinLink® en especies de insectos representativos de los insectos encontrados en las plantas de algodón. No se observaron efectos en el insecto depredador *Coleomegilla maculata* (catarinita) o en abejas, las cuales pudieron haber estado expuestas a las plantas de algodón TwinLink®.

Existe también la posibilidad de exposición de organismos habitantes del suelo al material vegetativo. Esta exposición será muy limitada puesto que las proteínas Cry tienen una vida muy corta en el suelo, de aproximadamente tres días. Ambas proteínas fueron también

probadas en contra de *Folsomia candida* (Colembolla) debido a que estos organismos juegan un papel importante en la descomposición del material vegetal en el suelo. Ninguna de las dos proteínas tuvo un efecto significativo en esta especie de colémbolo a concentraciones ambientales relevantes. Un estudio adicional usando tejido de las hojas del algodón TwinLink® también indicó que no hubo un efecto significativo. Datos generados previamente indicaron que la proteína Cry1Ab posee un riesgo mínimo para las lombrices del suelo. Así mismo, datos generados por BASF confirman que la proteína Cry2Ae también posee un riesgo mínimo para estos organismos.

Durante los años 2015, 2017 y 2018, se realizaron muestreos en algodón GLT y convencional en diferentes sitios del Valle de Mexicali en diversas fechas de muestreo, mediante el uso de red entomológica, trampas de caída, trampas amarillas pegajosas y de manera directa revisando fructificaciones y hojas. Como resultado de estos, se capturaron y contabilizaron una gran cantidad de organismos no blanco asociados al cultivo del algodón.

Garzón y Cruz (2015) realizaron un monitoreo de organismos no blanco mediante muestreos directos, red entomológica, trampas amarillas y trampas de caída en varias fechas de muestreo. se muestra el listado de los organismos no blanco encontrados en el ensayo experimental con algodón GLT en el Valle de Mexicali, divididos en organismos plaga no blanco y organismos benéficos con su respectivo grupo funcional.

Como se pudo observar los artrópodos no blanco fueron agrupados de acuerdo con su función en el agroecosistema en plagas no blanco, depredadores y parasitoides y se calcularon los índices de diversidad de Shannon y riqueza de Margalef. Los diferentes grupos analizados estadísticamente mostraron un comportamiento similar durante el periodo de muestreo y no se encontraron diferencias entre la diversidad y equidad de especies entre los tratamientos con algodón GLT y el algodón convencional.

Durante el 2017 Garzón y Cruz continuaron monitoreando las poblaciones de organismos no blanco presentes en el cultivo de algodón GLT y algodón convencional, mediante el uso de red entomológica, trampas amarillas y trampas de caída. Como resultado, no se observó una tendencia a capturar más insectos durante el ciclo, ya sean familias o individuos en la variedad convencional en la variedad FM 2334GLT con respecto a la variedad FM 989 utilizada como comparador.

Durante el ciclo 2018 se monitorearon las poblaciones de artrópodos no blanco mediante diferentes tipos de muestreo; redeo, trampas pegajosas y trampas de caída en dos sitios de evaluación. Al igual que en los años previos, no se observó una tendencia clara a capturar más insectos, ya fueran familias o individuos, no blanco en la variedad de algodón GLT con respecto a la variedad convencional. Lo anterior se puede observar al analizar los índices de diversidad (Shannon) y de riqueza de especies (Margalef), ya que fueron similares en todos los tratamientos.

Con base en los resultados obtenidos de los monitoreos de organismos no blanco asociados al cultivo de algodón en el Valle de Mexicali 2015, 2017 y 2018, se observó que las poblaciones de insectos plaga no blanco, depredadores y parasitoides se comportaron de manera similar, tanto en el algodón GLT como en el algodón comparador (FM 2484) y el algodón convencional. Así mismo, no se observó una preferencia hacia alguno de los tratamientos y tampoco una influencia o impacto negativo relacionado con el uso del algodón GLT.

La información anterior contribuye a demostrar la especificidad de la tecnología para el control de algunos lepidópteros blanco y a descartar los posibles efectos sobre la artropofauna del cultivo de algodón. De igual manera, con los resultados obtenidos se puede concluir que la liberación comercial del algodón GLT no representará un riesgo mayor a los organismos no blanco que el relacionado directamente con la siembra de algodón convencional.

Desarrollo de resistencia de insectos a las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae del algodón GLT

La resistencia puede y ha evolucionado a todas las formas de manejo de plagas, incluyendo las herramientas químicas, biológicas y culturales, y no es una preocupación única a los cultivos genéticamente modificados (GM). Sin embargo, los beneficios de estos cultivos tales como la protección contra insectos lepidópteros plaga, son de tan alto valor que los proveedores de la tecnología y otros actores involucrados han puesto especial énfasis en prolongar su durabilidad retrasando la tasa de desarrollo de la resistencia en los insectos blanco. Así, hay una disponibilidad de múltiples tácticas para preservar la durabilidad de las tecnologías de manejo de insectos, incluyendo el uso de la tecnología únicamente contra las poblaciones de plagas económicamente más dañinas, alternando entre diferentes tácticas de control, o integrando varias de éstas en un programa de manejo de plagas (CropLife, 2012¹⁴).

Como parte esencial del Programa de Manejo de Resistencia de Insectos durante la Etapa Experimental y Programa Piloto se han generado las líneas base de susceptibilidad para las tres principales especies de lepidópteros presentes en las regiones agrícolas algodoneras de México.

Como ejemplo del monitoreo y experiencia en manejo de resistencia con otras proteínas, desde el año 1997 se han monitoreado las poblaciones de insectos lepidópteros blanco del algodón biotecnológico. Estos datos indican que después de 21 años de monitoreo no existe un cambio en la respuesta de las poblaciones de lepidópteros evaluados de las distintas regiones algodoneras en México (*Helicoverpa zea*, *Heliiothis virescens*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera exigua* y *Pectinophora gossypiella*); y continúan

¹⁴ CropLife, 2012. Enfoques prácticos del Manejo de la Resistencia de los Insectos para los Cultivos Derivados de la Biotecnología. CropLife Internacional.

siendo susceptibles a las toxinas Cry1Ac y Cry2Ab expresadas en el algodón Bollgard y Bollgard® II (Aguilar-Medel *et al.*, 2007; Martínez-Carrillo *et al.*, 2005; Martínez-Carrillo, 2011; Nava-Camberos *et al.*, 2010; Rodríguez-Maciel *et al.*, 2010). Con base en los resultados obtenidos en 2018, se concluyó que las poblaciones de campo de *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera exigua* continúan siendo susceptibles a las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis*.

Para el monitoreo de resistencia en algodón GLT conteniendo las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae, se usará la experiencia generada en el monitoreo de resistencia a las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab, implementándose el protocolo “Monitoreo de resistencia de gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) a proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*”, en el cual se describe las especies a coleccionar, zonas de colecta, metodología de colecta, envío de material coleccionado y la metodología para realizar los bioensayos.

Adicionalmente y con el objetivo de retrasar el desarrollo de resistencia de insectos a las proteínas expresadas por el algodón GLT, durante el ciclo 2020 y posteriores se implementará el Plan de Manejo de Resistencia de Insectos cuyos fundamentos y principales acciones se describen a continuación:

Alta dosis - refugio. - La estrategia utilizada para el manejo de la resistencia de insectos en cultivos que expresan proteínas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), combina una expresión óptima de la proteína insecticida en las plantas transgénicas con el establecimiento en el cultivo de un porcentaje de plantas no transformadas que se constituyen en “refugio” para favorecer la presencia y multiplicación de insectos susceptibles. La proteína insecticida se expresa en las plantas transgénicas a un nivel suficiente para controlar los insectos blanco susceptibles, así como los insectos blanco heterocigotos para el carácter de resistencia. El racional de esta estrategia es que cualquier insecto resistente homocigoto que aparezca en la población y sobreviva a la proteína insecticida tenga oportunidad de cruzarse con la población de insectos susceptibles relativamente alta que se multiplica en el refugio, produciendo descendencia de individuos susceptibles heterocigotos que pueden ser controlados por el cultivo transgénico.

El concepto de refugio considera que los alelos de resistencia se presentan a un nivel muy bajo (en el orden de 1 en 1000 o menor). A este nivel, la gran cantidad de insectos susceptibles producidos en el refugio pueden diluir cualquier eventual insecto resistente que se produzca en el algodón Bt (Gould *et al.*, 1997¹⁵; Andow *et al.*, 2008¹⁶).

En el Valle de Mexicali se implementará la opción de refugio 96:4, lo cual significa que por cada 10 ha sembradas con algodón GLT, el productor deberá sembrar 0.4 ha con variedades de algodón que no expresan proteínas de *Bacillus thuringiensis*, que podrán

¹⁵ Gould, F., Anderson, A., Jones, A., Sumerford, D., Heckel, D.G., Lopez, J., Micinski, S., Leonard, R. & Laster, M. 1997. Initial frequency of alleles for resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in field populations of *Heliothis virescens*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 3519–3523.

¹⁶ Andow, D. A. 2008. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops Collection of Biosafety Reviews. Vol. 4: 142-199.

ser asperjadas con cualquier insecticida convencional, excepto biológicos a base de *Bacillus thuringiensis* y los insecticidas usados específicamente para el control de complejo bellotero y gusano rosado.

Las variedades de algodón a usar como refugio serán FiberMax 989 convencional y variedades GlyTol® LibertyLink® tolerantes a glufosinato de amonio, las cuales deberán sembrarse a una distancia no mayor a 0.8 km respecto al algodón GLT, pudiendo establecerse en diferentes configuraciones (figura 28).

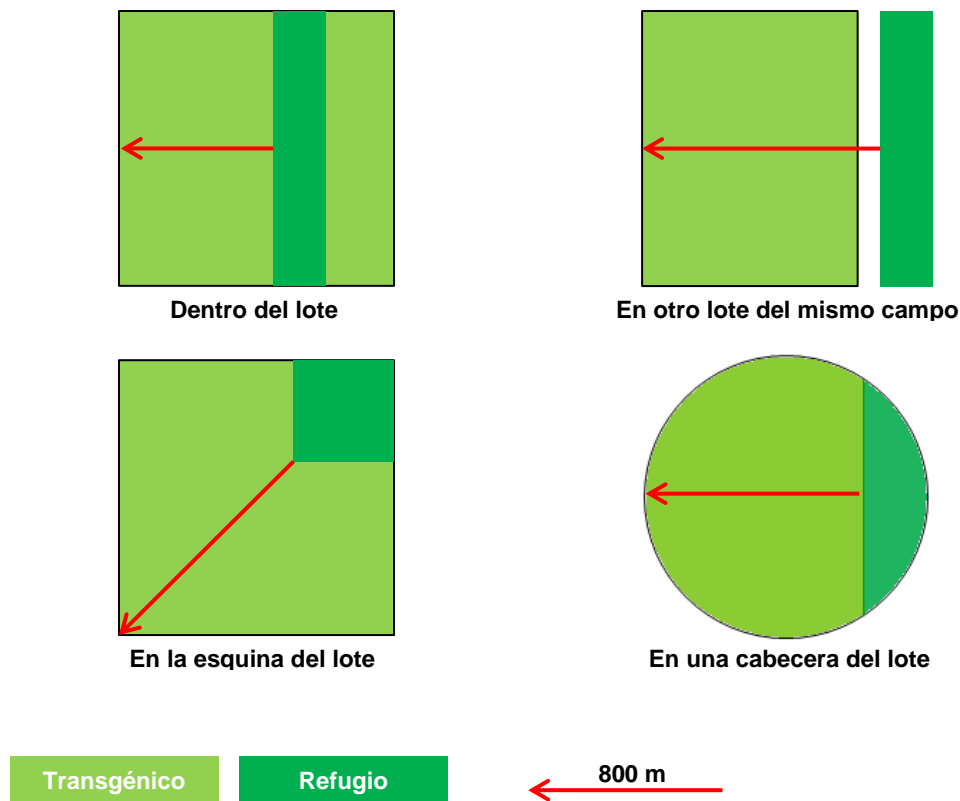


Figura 14. Configuración del refugio para algodón GLT.

Introducción de una segunda toxina insecticida. - Otra estrategia importante para mejorar el control de insectos por proteínas Bt, al tiempo que retrasa la aparición de resistencia, consiste en introducir una segunda toxina insecticida, ya sea para alternar o bien combinar con la proteína insecticida original. Si la segunda proteína posee un mecanismo de acción suficientemente diferente al mecanismo de la primera, y además es por sí misma eficiente para controlar los insectos plaga, entonces los insectos deberán desarrollar dos modos diferentes de resistencia para sobrevivir a ambas toxinas. Este principio se cumple perfectamente en el algodón GLT que expresa las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae.

En realidad, esta estrategia no es una idea nueva. La mezcla de insecticidas convencionales, con el mismo objetivo, se ha realizado por muchos años, y estrategias similares se han empleado con herbicidas para el manejo de la resistencia en malezas. Intuitivamente parece razonable que tal estrategia permita retrasar el desarrollo de resistencia si los insectos blanco no pueden desarrollar un mecanismo que combata ambas toxinas simultáneamente (Tabashnik, 1989¹⁷; Roush 1994¹⁸).

Mediante modelos matemáticos Roush (1994; 1997¹⁹) demostró que las mezclas de toxinas pueden retrasar de manera efectiva la aparición de resistencia a las toxinas individuales siempre que la mortalidad relativa del insecto susceptible sea mayor con dicha mezcla que la ocasionada por cada toxina individual y el carácter de resistencia sea recesivo. Para cultivos transgénicos, la estrategia más efectiva es aquella en la que ambas proteínas se expresan dentro de un mismo producto (efecto pirámide).

Línea base de susceptibilidad. - Es el primer paso del programa de monitoreo de resistencia de lepidópteros a las proteínas insecticidas expresadas por el algodón biotecnológico, de manera que dichas poblaciones no hayan sido expuestas a presión de selección por la tecnología. Se realiza con el objetivo de obtener una dosis diagnóstica (µg/ml), mediante el ensayo de varias concentraciones de las proteínas en cuestión, evaluando las variables de respuesta: mortalidad, pérdida de peso y desarrollo del tercer instar. Esta dosis será el punto de partida para generar las dosis diagnósticas y realizar el monitoreo de resistencia cada temporada y comparar la respuesta de las poblaciones de lepidópteros contra la de la colonia susceptible.

Monitoreo de resistencia. - Una vez establecida la dosis diagnóstica, será posible monitorear la respuesta de las poblaciones de lepidópteros presentes en campo cada temporada y comparar contra una colonia susceptible mantenida en laboratorio, con el objetivo de detectar a tiempo cambios en su respuesta y tomar decisiones a tiempo sobre el manejo del cultivo.

Para monitorear efectivamente la frecuencia de alelos resistentes en una población de insectos es necesario contar con metodologías para detectar e identificar con precisión los raros individuos que poseen alelos de resistencia y además hacer un balance entre la precisión estadística requerida cuando se tienen bajas frecuencias de alelos resistentes, el costo del muestreo y la organización y labor requerida para un muestreo sistemático de diferentes poblaciones de insectos objetivo de la tecnología (Brent, 1986; Roush y Miller, 1986²⁰; Caprio, 1998).

¹⁷ Tabashnik, B.E. 1989. Managing Resistance with Multiple Pesticide Tactics: Theory, Evidence, and Recommendations. *Journal of Economic Entomology*, Volume 82, Issue 5, 1 October 1989, Pages 1263–1269.

¹⁸ Roush, R. T. 1994. Managing pests and their resistance to *Bacillus thuringiensis*: Can transgenic crops be better than sprays?. *Biocontrol Science and Technology* Vol. 4 , Iss. 4, 1994

¹⁹ Roush, R. T. 1997. Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or a chance for a new star in resistance management?. *Pestic. Sci.* 51, 328-334.

²⁰ Roush, R.T. and Miller, G.L. 1986. Considerations for design of insecticide resistance monitoring program. *Journal of Economic Entomology*, 79, 293J298.

Para el monitoreo de resistencia en algodón GLT conteniendo las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae, se usará la experiencia generada en el monitoreo de resistencia a las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab, implementándose el protocolo “Monitoreo de resistencia de gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) a proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*”, en el cual se describe las especies a colectar, zonas de colecta, metodología de colecta, envío de material colectado y la metodología para realizar los bioensayos.

Monitoreo de supervivencia inusual. - En caso de que se notifique una falla de control en campo, se implementará el “Protocolo de investigación de supervivencia inusual de plagas blanco” en dónde se describe la manera de responder ante este tipo situaciones.

Una vez notificado por el agricultor o técnico, el Representante Técnico de ventas (RTV) o Agrónomo de Desarrollo (AD) realizará una investigación inicial para identificar la magnitud de la cuestión y determinar si es necesaria la verificación del evento

El protocolo de investigación responderá a las preguntas sobre las plagas blanco de la tecnología, umbrales de daño, patrones de daño y presencia de la tecnología TwinLink® en el cultivo de algodón antes de considerar el desarrollo de resistencia como una posibilidad.

En caso de que la resistencia sea una posibilidad, se le explicará al productor la situación y se recomendará realizar una aplicación de algún insecticida autorizado, dejando un área sin tratar para realizar la colecta y envío de larvas al laboratorio de entomología del Colegio de Postgraduados en dónde se realizarán los bioensayos correspondientes siguiendo el protocolo “Monitoreo de resistencia de gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) a proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*”.

Capacitación.- Los agricultores cooperantes serán capacitados en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados, uso adecuado del algodón GLT y sobre la importancia del manejo de la resistencia de insectos mediante la implementación de prácticas como siembra de refugio, monitoreo de plagas y uso de otros métodos de control. el “Programa de capacitación en manejo de algodón genéticamente modificado en Baja California y Norte de Sonora”, en el cual se describen los objetivos del programa, el contenido de la capacitación, el cronograma a seguir para cada una de las regiones, información sobre los capacitadores, el método de evaluación y los materiales de apoyo a utilizar.

Uso de otras prácticas. - Adicionalmente se comunicará claramente a los productores cooperantes que el algodón GLT no debe ser considerado una solución completa a los problemas de lepidópteros plaga. Esto significa, que se deberán utilizar otras prácticas como: rotación de cultivos en caso de que sea posible, manejo de fechas de siembra, buen control de malezas, manejo adecuado de la fertilización, destrucción de residuos de cosecha, inspección de las parcelas para detectar poblaciones de insectos blanco y aplicación suplementaria de insecticidas cuando se alcancen los umbrales de daño económico.

El algodón **GLT** no está exento de que las plagas blanco desarrollen resistencia, por lo que para retrasar su aparición se utilizarán estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), basadas en la expresión de varias proteínas insecticidas en la misma planta con diferentes mecanismos de acción y sitios de unión específicos para cada proteína en el intestino de los insectos blanco, la siembra de algodón que no expresa proteínas de *Bacillus thuringiensis* como áreas de “refugio” y la alta expresión de proteínas insecticidas, lo que hace de la tecnología GLT una excelente herramienta que contribuye a la estrategia de retrasar el desarrollo de resistencia en los insectos blanco.

Desarrollo de resistencia de maleza a los herbicidas glufosinato y glifosato de amonio

Los cultivos tolerantes a herbicidas pueden obtenerse por medio de técnicas de mejoramiento convencionales, tales como la mutagénesis y el cultivo *in vitro*, o por medio de las técnicas biotecnológicas de modificación genética. Los cultivos tolerantes a herbicidas derivados de la biotecnología moderna se han cultivado desde el año 1996 e incluyen la soja, la canola, el maíz, el algodón, la alfalfa y la remolacha azucarera. Estos cultivos le ofrecen al productor algunas ventajas diferenciales en el control de las malezas, incluyendo un control más simple, más eficiente, más económico y con menor daño al cultivo y menor residualidad, además de un control de las malezas resistentes existentes, menos labranza y la reducción del impacto ambiental. Sin embargo, los cultivos tolerantes a herbicidas también pueden presentar algunos desafíos para su manejo, como el desarrollo de malezas resistentes a herbicidas (CropLife, 2012).

La dependencia de un único herbicida sin un enfoque de control integrado de malezas puede llevar al cambio de especies de malezas y al desarrollo de malezas resistentes a herbicidas. Los cambios de maleza y los desafíos para el manejo de la resistencia de las malezas en estos cultivos tolerantes a herbicidas son resultado del modo en que se usan dichos herbicidas (CropLife, 2012).

La resistencia a herbicidas se define como la habilidad heredada de una maleza para sobrevivir a una dosis de herbicida con la cual normalmente se tendría un control efectivo. En este contexto, la resistencia es un proceso evolutivo en el que una población cambia de ser susceptible a ser resistente. Las plantas individuales no pasan de ser susceptibles a ser resistentes, sino que es la proporción de individuos originalmente resistentes dentro de la población, la que se incrementa a lo largo del tiempo (Esqueda, *et al.*, 2011).

La resistencia a herbicidas puede deberse a una absorción o translocación diferencial del compuesto químico, a la transformación metabólica del herbicida en compuestos no tóxicos, al secuestro de las moléculas herbicidas en el apoplasto o a una alteración en el sitio de acción. La gran mayoría de los casos de resistencia que se han observado en malezas, se relacionan con una modificación en el sitio de acción (Esqueda, *et al.*, 2011).

Por lo general, la sospecha inicial de resistencia está relacionada con un control deficiente o no satisfactorio de las malezas después de una aplicación de herbicidas. Antes de considerar a la resistencia como causante de la falla, deben descartarse otros factores como: dosis o época de aplicación, aplicación deficiente del herbicida, nivel de humedad y preparación del suelo, adsorción, condiciones climáticas no favorables, tamaño de malezas, germinación posterior a la aplicación y alta infestación (Esqueda, *et al.*, 2011).

La resistencia a los herbicidas no es un problema que se presente en forma súbita en un terreno en particular, ni es la falta de control de malezas en un solo año. Puede ocurrir primero en una pequeña área o áreas, especialmente en donde se han utilizado herbicidas con el mismo modo de acción por varios años consecutivos. La resistencia a herbicidas se presenta cuando la aplicación repetida de un herbicida selecciona a plantas individuales con tolerancia natural a dicho herbicida. Esta resistencia se hereda de padres a hijos. Además del uso de herbicidas con el mismo modo de acción, otros factores que favorecen el desarrollo de la resistencia incluyen: uso de herbicidas con alta residualidad en el suelo, alta densidad de población de malezas y frecuencia inicial de plantas resistentes dentro de la especie, algo que generalmente no se conoce. Se piensa que las malezas cambian o mutan para llegar a ser resistentes, sin embargo, desde el punto de vista biológico, se considera que en las poblaciones de malezas en que se desarrolla resistencia, siempre hubo unos pocos biotipos resistentes presentes y que, al utilizar un herbicida, los biotipos susceptibles fueron controlados, y luego las poblaciones resistentes pequeñas se incrementaron e infestaron el área (Esqueda, *et al.*, 2011).

Está demostrado que las malezas tienen la capacidad de evolucionar resistencia a herbicidas, sin importar su modo de acción, cuando se someten a suficiente presión de selección bajo condiciones apropiadas. Sin embargo, también es claro considerando la prevalencia de algunos modos de acción sobre otros, que en la evolución de resistencia hay algunos que tienen un menor riesgo (Valverde y Heap, 2009).

A nivel mundial, existen 38 especies de maleza resistentes a glifosato y la mayor cantidad ha sido reportada en Estados Unidos. En México *Leptochloa virgata* y *Bidens pilosa* fueron reportadas como resistentes en huertos de limón en Veracruz en 2010 y 2014 respectivamente.

Por otra parte, sólo existen dos especies reportadas como resistentes a glufosinato de amonio en Estados Unidos, Malasia y Nueva Zelanda. En la figura 29 se puede observar que existen 159 especies de maleza resistentes a herbicidas inhibidores de ALS, 73 especies resistentes a inhibidores del fotosistema II, 48 especies resistentes a inhibidores de ACCasa, 36 especies resistentes a auxinas sintéticas, 32 especies resistentes a bipiridilos y 28 especies resistentes a ureas y amidas, lo cuales no se utilizan en cultivos GM (Heap, 2015).

Es de vital importancia que el manejo de maleza en cultivos genéticamente modificados y cultivos convencionales se realice dentro de una estrategia de manejo integrado de maleza, que considere el uso de todas las técnicas de control económicamente disponibles sin depender exclusivamente de una de ellas. Los mecanismos de control de malezas incluyen medidas preventivas, el monitoreo de los lotes, las rotaciones de cultivos, la rotación de herbicidas, la labranza, la competencia de cultivos, las prácticas de fertilización, el riego, etc. (CropLife, 2012).

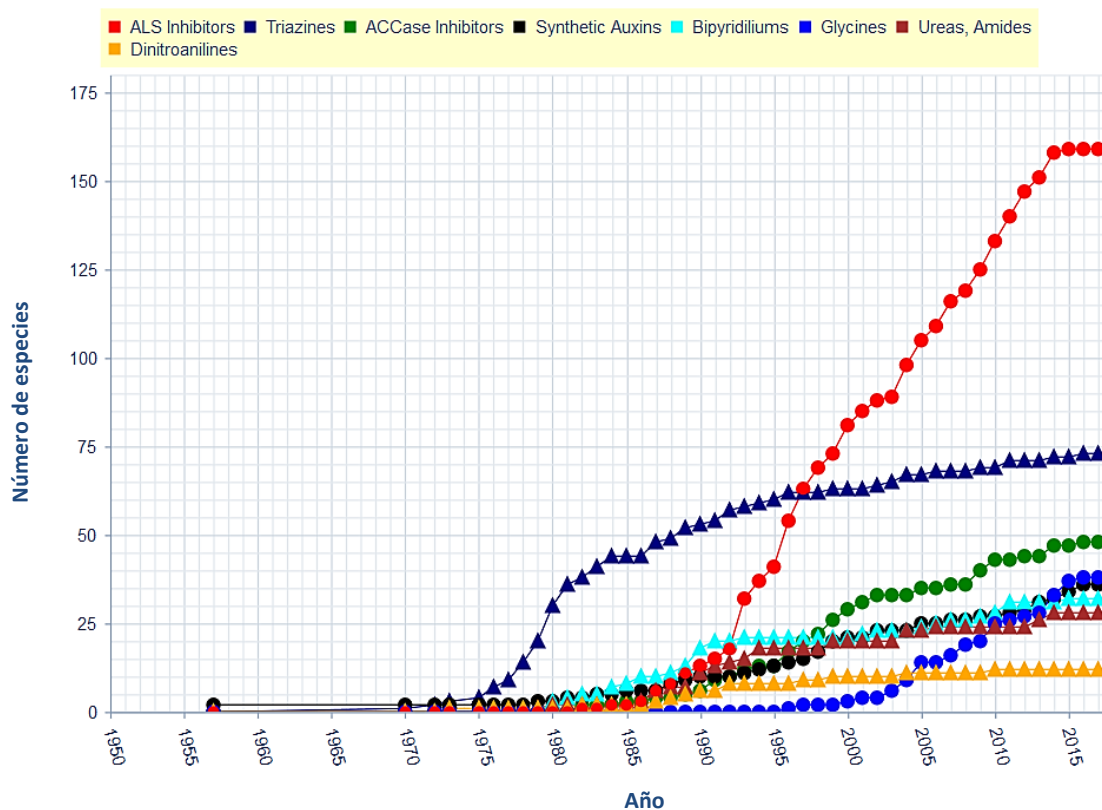


Figura 15. Incremento cronológico en el número de malezas resistentes a herbicidas pertenecientes a distintos grupos (Heap, 2017).

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de resistencia es un fenómeno natural que no está restringido a los cultivos genéticamente modificados tolerantes a herbicidas, sin embargo, es de vital importancia establecer un Plan de manejo de resistencia de maleza que incluya acciones y estrategias tendientes a retrasar el desarrollo de esta y a preservar la efectividad de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

En la implementación de un programa de manejo de maleza, los factores agronómicos son los que principalmente pueden adaptarse para reducir la presión de selección. Por esta razón se hace necesario evaluar las principales prácticas agronómicas a las que está sujeto el cultivo para entender cuáles malezas tienen el riesgo potencial de desarrollo de

resistencia dada la presión de selección que se ejerce con el uso continuo de un herbicida y consecuentemente establecer las recomendaciones de manejo de maleza que contribuyan a reducir los riesgos de selección de poblaciones o biotipos resistentes y los planes de mitigación para ese potencial riesgo.

Plan de manejo de resistencia de maleza. - Para retrasar el desarrollo de resistencia, BASF cuenta con un plan de manejo de resistencia de maleza a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio en algodón GLT, que incluye las siguientes acciones:

- a) Calibrar el equipo de aplicación para asegurarnos que la aplicación será realizada de manera correcta.
- b) Usar la dosis recomendada de los herbicidas glifosato (1452 g i.a./l) y glufosinato de amonio (700 g i.a./l) y aplicando en el momento correcto.
- c) Controlar las malezas en sus primeras etapas para evitar la competencia con el cultivo y la producción de estructuras reproductivas (altura no mayor a 15 cm).
- d) Rotar herbicidas con diferente modo de acción. En los casos en lo que sea posible, realizar una aplicación pre emergente del herbicida pendimetalin a una dosis de 910 g i.a./ha.
- e) Utilizar la labranza donde sea aplicable como un componente más del programa de manejo de malezas.
- f) Usar las prácticas culturales, reducir el espacio entre surcos, maximizar la competitividad, es decir, lograr que el cultivo cubra la superficie en el menor tiempo posible y así lograr que tenga ventajas respecto a la maleza.
- g) Inspeccionar los lotes y monitorear cambios en las poblaciones de malezas.
- h) Realizar la evaluación de la efectividad biológica de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio con el objetivo de observar cualquier posible cambio en la susceptibilidad de las especies de maleza presente en el cultivo.
- i) Atender reclamaciones referentes a posibles fallas de control o fitotoxicidad por el uso de los herbicidas en el cultivo.

Las prácticas anteriormente descritas son parte de la estrategia de BASF para retrasar la aparición de malezas resistentes a herbicidas, tanto en cultivos genéticamente modificados como en cultivos convencionales.

Seguimiento del plan de manejo de resistencia de maleza. - Antes de 1996, el algodón era el único cultivo extensivo que no contaba con un herbicida post-emergente (POST) para el control de malezas dicotiledóneas que no causara daños tóxicos al cultivo, retrasos en su maduración o reducción de su rendimiento. La falta de un herbicida POST para controlar malezas de hoja ancha se agravaba al ser el algodón un cultivo poco competitivo en sus primeras etapas de desarrollo. Por medio de la biotecnología fue posible desarrollar

variedades transgénicas de este cultivo con resistencia a varios herbicidas que ofrecían un buen control de maleza y selectividad al cultivo (Rosales y Sanchez, 2010²¹).

Está demostrado que la maleza tiene la capacidad de desarrollar resistencia a herbicidas, sin importar su modo de acción, cuando se someten a suficiente presión de selección bajo condiciones apropiadas. Sin embargo, también es claro considerando la prevalencia de algunos modos de acción sobre otros, que en la evolución de resistencia hay algunos que tienen un menor riesgo.

Por lo general, la sospecha inicial de resistencia está relacionada con un control deficiente o no satisfactorio de las malezas después de una aplicación de herbicidas. Antes de considerar a la resistencia como causante de la falla, deben descartarse otros factores como: dosis o época de aplicación, aplicación deficiente del herbicida, nivel de humedad y preparación del suelo, adsorción, condiciones climáticas no favorables, tamaño de malezas, germinación posterior a la aplicación y alta infestación.

Los agricultores tienen la responsabilidad de seguir las recomendaciones sobre el uso correcto de los herbicidas en el cultivo de algodón. De igual manera, en caso de detectar una falla de control deberán notificarlo al distribuidor y al personal de BASF, quienes comenzarán con la investigación de manera inmediata, visitando la parcela en cuestión y recopilando toda la información necesaria para el análisis.

La investigación permitirá aclarar si la falta de control fue debida a la aplicación incorrecta de los productos o pudiera estar relacionada con una disminución en la sensibilidad de las poblaciones de maleza.

Plan de acción en caso de presentarse resistencia. - En caso de sospecha de resistencia, es decir, cuando se está seguro de que la aplicación fue realizada correctamente en tiempo y forma, se realizarán las investigaciones de laboratorio, invernadero y campo que correspondan. Si la resistencia es confirmada, entonces se comunicará apropiadamente a la comunidad científica y a la cadena productiva y se implementará un plan de mitigación.

El plan de mitigación será diseñado para manejar el biotipo resistente a través de medidas efectivas de manejo que sean económicas y de fácil implementación por parte de los agricultores. El alcance y nivel de intensidad del plan de mitigación variará dependiendo de una combinación de los siguientes factores:

- Biología y características de la maleza (producción y distribución de semilla, latencia de la semilla, etc.).
- Importancia de esa especie de maleza en el sistema agrícola.
- Estatus de resistencia de esa especie de maleza a otros herbicidas con modos de acción alternos.

²¹ Rosales, R. E., Sánchez, D. R. 2010. Manejo de maleza en algodón en el norte de Tamaulipas. INIFAP "Campo Experimental Río Bravo"

- Disponibilidad de alternativas de control.

Estos factores serán analizados en combinación con consideraciones de manejo y se desarrollará la estrategia de mitigación específica que sea técnicamente apropiada para esa especie y población en particular.

El desarrollo de resistencia de maleza a herbicidas será manejado mediante la implementación de diferentes prácticas de manejo integrado, cuyo principio fundamental es la diversidad en las prácticas de cultivo y en el uso de herbicidas con modos de acción diferentes y un espectro de control complementario.

El algodón GLT por si mismo es una herramienta valiosa para el manejo de resistencia de maleza, ya que combina la tolerancia a dos herbicidas con diferente modo de acción. El glifosato que actúa inhibiendo la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), impidiendo la biosíntesis de fenilalanina, tirosina y triptófano, los cuales son precursores de importantes metabolitos secundarios como lignina, flavonoides, alcaloides, ácidos benzoicos y fitohormonas y el glufosinato de amonio que inhibe la enzima cloroplástica glutamino sintetasa involucrada en la asimilación de amonio y la producción del aminoácido glutamina. La acumulación de amonio causa un rápido desacoplamiento de la fotofosforilación, así como inhibición de la fijación fotosintética de carbono y disrupción de la síntesis de aminoácidos (Diez de Ulzurrun, 2013²²).

Cambio en las prácticas de manejo del cultivo de algodón

El algodón GLT es equivalente a su contraparte convencional y sólo se diferencia de este por la resistencia a insectos lepidópteros blanco y la tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio. Durante las evaluaciones realizadas en el Valle de Mexicali, el manejo agronómico del cultivo se realizó con base en la información generada por el Campo Experimental Valle de Mexicali del INIFAP²³, por lo tanto, durante la liberación comercial las prácticas a realizarse serán conforme a lo establecido en los documentos o guías producto de dicha investigación y a las recomendaciones realizadas por BASF para el manejo de insectos blanco y maleza. La descripción del manejo agronómico se presenta en el cuadro 38.

Cuadro 8. Manejo agronómico del cultivo del algodón en el Valle de Mexicali.

²² Diez de Ulzurrun, P. 2013. Modos de acción herbicida. Red de conocimiento en malezas resistentes. Universidad Nacional de Mar de Plata.

²³ Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
Preparación del terreno	Propiciar un medio óptimo para la germinación de la semilla y el desarrollo radicular de la planta se logra a través de rastreo, subsuelo, barbecho, nivelación, surcado a 92 centímetros (cm) o 1 metro (m) de separación o camas separadas a 172 cm.	Propiciar un medio óptimo para la germinación de la semilla y el desarrollo radicular de la planta se logra a través de rastreo, subsuelo, barbecho, nivelación, surcado a 92 centímetros (cm) o 1 metro (m) de separación o camas separadas a 172 cm.
Bordeo	Hacer melgas con un trazo de los bordos cada 20 o 24 surcos; esta labor puede omitirse si se tiene una buena nivelación.	Hacer melgas con un trazo de los bordos cada 20 o 24 surcos; esta labor puede omitirse si se tiene una buena nivelación.
Variedades	Variedades con la tecnología GLT que presentan ciclos precoz e intermedio.	Para escapar del ataque de plagas de final de ciclo, así como a las altas temperaturas, se sugiere utilizar variedades de ciclo precoz e intermedio.
Cantidad de semilla	Para una población de 120,000 plantas por hectárea en surcos de 1 m de separación sembrados a una hilera, equivalente a 12 plantas por metro lineal, el porcentaje de germinación de la semilla es de 80 % y la cantidad de semilla por hectárea es de $120,000/0.80=150,000$ semillas que, a su vez, representan 15 semillas por metro lineal.	Para una población de 120,000 plantas por hectárea en surcos de 1 m de separación sembrados a una hilera, equivalente a 12 plantas por metro lineal, el porcentaje de germinación de la semilla es de 80 % y la cantidad de semilla por hectárea es de $120,000/0.80=150,000$ semillas que, a su vez, representan 15 semillas por metro lineal.
Forma de sembrar	En surcos convencionales separados a 1 m, sembrar a una hilera en surcos angostos con separación de 76 a 81 cm entre ellos y en camas separadas a 172 cm sembradas a doble hilera con separaciones de 81 cm entre éstas; sembrar en húmedo y depositar la semilla a una profundidad de 5 a 6 cm. Previo a la siembra, se recomienda un paso de rastra de picos o cultivadora Lillingston para romper la costra formada por el riego de presiembra.	En surcos convencionales separados a 1 m, sembrar a una hilera en surcos angostos con separación de 76 a 81 cm entre ellos y en camas separadas a 172 cm sembradas a doble hilera con separaciones de 81 cm entre éstas; sembrar en húmedo y depositar la semilla a una profundidad de 5 a 6 cm. Previo a la siembra, se recomienda un paso de rastra de picos o cultivadora Lillingston para romper la costra formada por el riego de presiembra.
Densidad de plantas	En surcos separados a un metro se estima que de 10 a 12 plantas por metro lineal (100,000 a 120,000 plantas por hectárea) es la población idónea para obtener altos rendimientos, buena calidad de fibra y uniformizar el resto de las prácticas culturales (control de plagas, fertilización, riegos, aplicación de reguladores de crecimiento y defoliación).	En surcos separados a un metro se estima que de 10 a 12 plantas por metro lineal (100,000 a 120,000 plantas por hectárea) es la población idónea para obtener altos rendimientos, buena calidad de fibra y uniformizar el resto de las prácticas culturales (control de plagas, fertilización, riegos, aplicación de reguladores de crecimiento y defoliación).

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>Para el método de siembra en surcos angostos y camas a doble hilera, los mejores resultados se alcanzan con 115,000 a 120,000 plantas por hectárea, lo cual se logra con ocho a nueve plantas por metro lineal. Una ventaja adicional de estas densidades de población es que se evita el aclareo de plantas.</p>	<p>Para el método de siembra en surcos angostos y camas a doble hilera, los mejores resultados se alcanzan con 115,000 a 120,000 plantas por hectárea, lo cual se logra con ocho a nueve plantas por metro lineal. Una ventaja adicional de estas densidades de población es que se evita el aclareo de plantas.</p>
Fertilización	<p>La dosis recomendada de nitrógeno está en función del rendimiento esperado, la eficiencia del producto y la forma de aplicación.</p> <p>Se requiere de 22 a 29 kg de nitrógeno para producir una paca de fibra de 227 kg. Se sugiere fraccionar la aplicación del nitrógeno en tres partes iguales: al inicio de formación de cuadros, en la etapa máxima de cuadreo y la floración, las cuales coinciden con el primero, segundo y tercer riego de auxilio.</p> <p>Fósforo; para mayor seguridad es conveniente analizar el suelo a dos profundidades: de 0 a 30 y de 30 a 60 cm por el método de Olsen, si existen menos de 21 kg/ha de fósforo 21 asimilable. Se deberán utilizar 9 kg de P/kg abajo del punto de referencia, ya que el cultivo de algodón requiere 10 kg de fósforo por paca cosechada. La aplicación del fósforo granulado se realiza en presiembra para que pueda asimilarse.</p>	<p>La dosis recomendada de nitrógeno está en función del rendimiento esperado, la eficiencia del producto y la forma de aplicación.</p> <p>Se requiere de 22 a 29 kg de nitrógeno para producir una paca de fibra de 227 kg. Se sugiere fraccionar la aplicación del nitrógeno en tres partes iguales: al inicio de formación de cuadros, en la etapa máxima de cuadreo y la floración, las cuales coinciden con el primero, segundo y tercer riego de auxilio.</p> <p>Fósforo; para mayor seguridad es conveniente analizar el suelo a dos profundidades: de 0 a 30 y de 30 a 60 cm por el método de Olsen, si existen menos de 21 kg/ha de fósforo 21 asimilable. Se deberán utilizar 9 kg de P/kg abajo del punto de referencia, ya que el cultivo de algodón requiere 10 kg de fósforo por paca cosechada. La aplicación del fósforo granulado se realiza en presiembra para que pueda asimilarse.</p>
Reguladores de crecimiento	<p>El regulador de crecimiento más usado es el cloruro de mepiquat.</p> <p>Se recomienda emplearlo con base en el vigor de la planta, el cual se determina por medio de su altura dividida entre el número de nudos; la relación obtenida se ubica en una gráfica de desarrollo vegetativo y edad de la misma; a partir de ello se establece con claridad si el valor derivado corresponde a un crecimiento normal o si procede la aplicación del producto en caso de tener un crecimiento exuberante.</p>	<p>El regulador de crecimiento más usado es el cloruro de mepiquat.</p> <p>Se recomienda emplearlo con base en el vigor de la planta, el cual se determina por medio de su altura dividida entre el número de nudos; la relación obtenida se ubica en una gráfica de desarrollo vegetativo y edad de la misma; a partir de ello se establece con claridad si el valor derivado corresponde a un crecimiento normal o si procede la aplicación del producto en caso de tener un crecimiento exuberante.</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>Otro criterio para el uso del regulador es cuando el entrenudo, situado entre el cuarto y quinto nudo a partir de la yema terminal, es igual o superior a 5 cm; este valor, así como la dosis por utilizar, se relacionan con la edad de la planta.</p>	<p>Otro criterio para el uso del regulador es cuando el entrenudo, situado entre el cuarto y quinto nudo a partir de la yema terminal, es igual o superior a 5 cm; este valor, así como la dosis por utilizar, se relacionan con la edad de la planta.</p>
<p>Riegos</p>	<p>Primer riego. Debe aplicarse entre el inicio del cuadro y antes de la aparición de las primeras flores, lo cual coincide con la acumulación, desde la siembra, de 700 a 1,100 unidades de calor (uc) con umbrales de 86 y 55 grados Fahrenheit (°F).</p> <p>Riegos subsecuentes. Las evidencias experimentales indican que en ningún caso la humedad en el suelo estará abajo de 50 %; en forma ideal, se debe permitir que se abata solo 35 %. Si se carece de un monitoreo de humedad del suelo, ésta se puede garantizar en forma indirecta mediante la programación de los riegos a intervalos de 15 a 20 días. En los suelos medios donde se siembra 22 la mayor superficie de algodonoero, con estos riegos también se cubren las etapas fenológicas de formación de cuadros, floración, formación de bellotas y madurez de las mismas (hasta apertura de bellotas, primeros capullos).</p> <p>Último riego. En función del interés por explotar solo la primera o las subsecuentes curvas de producción del cultivo, el último riego podrá aplicarse en diferentes épocas. Si la decisión es algodonoero de ciclo corto (primer ciclo de floración), el momento más adecuado para realizarlo es entre los 10 y 12 días posteriores a la etapa de rendimiento fisiológico o cut out, la cual se presenta al existir de cuatro a cinco nudos sobre la última flor blanca en primera posición. Para el caso de productores interesados en el algodón de ciclo largo, es decir, en aprovechar el segundo ciclo de floración o “copete”, el cultivo puede</p>	<p>Primer riego. Debe aplicarse entre el inicio del cuadro y antes de la aparición de las primeras flores, lo cual coincide con la acumulación, desde la siembra, de 700 a 1,100 unidades de calor (uc) con umbrales de 86 y 55 grados Fahrenheit (°F).</p> <p>Riegos subsecuentes. Las evidencias experimentales indican que en ningún caso la humedad en el suelo estará abajo de 50 %; en forma ideal, se debe permitir que se abata solo 35 %. Si se carece de un monitoreo de humedad del suelo, ésta se puede garantizar en forma indirecta mediante la programación de los riegos a intervalos de 15 a 20 días. En los suelos medios donde se siembra 22 la mayor superficie de algodonoero, con estos riegos también se cubren las etapas fenológicas de formación de cuadros, floración, formación de bellotas y madurez de las mismas (hasta apertura de bellotas, primeros capullos).</p> <p>Último riego. En función del interés por explotar solo la primera o las subsecuentes curvas de producción del cultivo, el último riego podrá aplicarse en diferentes épocas. Si la decisión es algodonoero de ciclo corto (primer ciclo de floración), el momento más adecuado para realizarlo es entre los 10 y 12 días posteriores a la etapa de rendimiento fisiológico o cut out, la cual se presenta al existir de cuatro a cinco nudos sobre la última flor blanca en primera posición. Para el caso de productores interesados en el algodón de ciclo largo, es decir, en aprovechar el segundo ciclo de floración o “copete”, el cultivo puede</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	requerir de uno o dos riegos de auxilio adicionales.	requerir de uno o dos riegos de auxilio adicionales.
Control de malezas	<p>Es necesario mantener el cultivo libre de maleza durante el periodo crítico de competencia que comprende los primeros 50 a 60 días después de la emergencia, para evitar reducciones en el rendimiento debidos a la competencia.</p> <p>Realizar una aplicación en preemergencia del herbicida pendimentalin a una dosis de 910 g i.a./ha.</p> <p>Se podrán realizar dos aplicaciones individuales de cada uno de los herbicidas Faena Fuerte 360® y Finale® Ultra o alternar una aplicación de Faena Fuerte 360® y una de Finale® Ultra. Es decir, que durante el periodo crítico de competencia y antes del cierre del cultivo sólo se realizarán dos aplicaciones de cualquiera de los dos herbicidas. La elección de la mejor combinación dependerá del tipo de maleza predominante y su densidad, así como del espectro de control de los herbicidas.</p> <p>Realizar dos aplicaciones en post-emergencia del herbicida Faena Fuerte 360® (glifosato) a una dosis de 1452 g i.a./l (4 l/ha) utilizando boquillas de abanico plano TJ8002, TJ11002 con un volumen de aplicación de 100 - 200 l/ha, procurando cubrir uniformemente el follaje de la maleza, sin permitir escapes o traslapos excesivos de la aspersión. El mejor momento para la aplicación es cuando la maleza se encuentra en crecimiento activo con una altura no mayor de 30 cm. Se puede agregar 1 kg de sulfato de amonio por cada 100 litros de agua en la mezcla de aspersión, para corregir problemas de sales en el agua. Malezas de difícil control</p>	<p>Es conveniente utilizar los métodos de prevención, control mecánico, manual y químico en forma combinada.</p> <p>Prevención. Se basa principalmente en medidas como la limpia e inspección de equipo agrícola antes de moverlo de un área infestada a una limpia. Es recomendable emplear semilla certificada y usar trampas de malas hierbas en los canales de acceso del agua de riego.</p> <p>Control mecánico. En terrenos con antecedentes de infestación se sugiere sembrar a "tierra venida" si el suelo lo permite. Después de la emergencia de la maleza, pasar una rastra o "gallinitas" para eliminar las primeras generaciones; las posteriores se controlan mediante los métodos manual, mecánico o químico.</p> <p>Control manual. La limpia manual se facilita en las siembras en surco, en camas o bordos; se aconseja efectuarla para eliminar aquellas malas hierbas que permanecen después del cultivo mecánico y levante de surco, sobre todo cuando son muy nocivas como el zacate Johnson, el zacate choniano y la correhuela, o si la población de malas hierbas es baja y no se justifica la aplicación de herbicidas.</p> <p>Control químico. Para predios sembrados con variedades convencionales existen en el mercado herbicidas específicos para las malezas de hoja ancha y angosta, los cuales presentan selectividad al cultivo de algodón. Sin embargo, deben utilizarse con precaución ya que la selectividad no es absoluta y está en función de la dosis y la etapa fenológica del cultivo al momento</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>como la correhuella (<i>Convolvulus arvensis</i>) requieren una dosis de 5 a 6 l/ha.</p> <p>Realizar dos aplicaciones en post-emergencia del herbicida Finale® Ultra (glufosinato de amonio) a una dosis de 700 g i.a./l (2.5 l/ha) utilizando boquillas de abanico plano TJ8002, TJ11002 con un volumen de aplicación de 200 - 400 l/ha, procurando cubrir uniformemente el follaje de la maleza, sin permitir escapes o traslapes excesivos de la aspersión. El mejor momento para la aplicación es cuando la maleza se encuentra en crecimiento activo con una altura no mayor de 30 cm y con suficiente humedad en el suelo. Temperaturas cálidas, alta humedad relativa y días despejados mejoran el desempeño del herbicida. No se debe aplicar a través de ningún tipo de sistema de irrigación.</p> <p>El número de aplicaciones dependerá de la densidad de malezas presentes durante el periodo crítico de competencia y la dosis de los herbicidas no deberán ser mayores a las recomendadas en sus respectivas etiquetas, Faena Fuerte 360® (3.0 – 6.0 l/ha), Finale® Ultra (2.0 - 3.0 l/ha).</p> <p>Es necesario utilizar en forma integrada los métodos: cultural, manual y mecánico cuando sea posible para complementar el control químico.</p>	<p>de la aplicación, las características del suelo y el clima.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Hoja ancha</i>: Ingrediente activo, Pirithiobac; Dosis de 34 a 42 g i.a/ha; aplicado en postemergencia selectiva aplicado en banda de 40 a 50 cm, respectivamente • <i>Hoja angosta</i>: Ingrediente activo, Quizalofop-etil; Dosis de 41.2 a 72.1 g i.a/ha; aplicado en postemergencia temprana • <i>Anuales y perenes</i>: Ingrediente activo, Pendimetalin (Dosis de 1368 a 1584 g i.a/ha), Clethodim (Dosis de 60 g i.a/ha) o Sethoxidim (Dosis de 276 a 552 g i.a/ha); aplicado en preemergencia, postemergencia dirigida o poseemergencia selectiva respectivamente • <i>Complejo de hoja ancha y angosta</i>: Ingrediente activo, Trifluralina (Dosis de 960 g i.a/ha), Fluometurón (Dosis de 1600 g i.a/ha) Diurón (Dosis de 1600 g i.a/ha) Oxadiazón (Dosis de 500 a 625 g i.a/ha) Acetoclor (Dosis de 480 g i.a/ha); aplicado en Presiembra, incorporado con rastra en el caso de la trifluralina y Preemergencia y Postemergencia dirigida para el resto de comopuestos.
<p>Control de Insectos lepidópteros</p>	<p>Control mediante la expresión de las proteínas insecticidas Cry1Ab, Cry2Ae.</p> <p>Las variedades de algodón GlyToI® TwinLink® combinan la expresión de las proteínas insecticidas Cry1Ab de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Kurstaki y Cry2Ae de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Dakota, las cuales son efectivas para el control de</p>	<p>Las plagas del algodón que con frecuencia requieren el uso de insecticidas y acaricidas en los Valles de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Sonora, son:</p> <p><i>Gusano bellotero</i>: El umbral económico de gusano bellotero es de cinco larvas pequeñas o 15 huevecillos cafés en 100 terminales</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>larvas de gusano tabacalero (<i>Heliothis virescens</i> Fabricius) y gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i> Saunders). El algodón GlyTol® TwinLink® puede requerir aplicaciones complementarias de insecticidas para el control de insectos difíciles como gusano bellotero (<i>Helicoverpa zea</i> Boddie), gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> J.E. Smith) y gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>), por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo para determinar si es necesaria la aplicación complementaria de insecticidas para asegurar el nivel control deseado.</p>	<p>Permetrina (Dosis de 170 g i.a/ha) Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 120 g i.a/ha) Deltametrina (Dosis de 13 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano rosado:</i> Cuando el muestreo indique presencia de huevecillo blanco o una infestación de cuatro larvas pequeñas en 100 bellotas Azinfos metílico (Dosis de 700 a 800 g i.a/ha) Carbarilo (Dosis de 2100 g i.a/ha) Metidation + Parathion metílico (Dosis de 600 + 720 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano soldado:</i> Durante la fructificación, al haber 20 o 25 larvas en 100 redadas y 15 % de follaje dañado. Clorpirifos (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>
<p>Control de otras plagas (Mosquita blanca, araña roja, insectos chupadores, etc.)</p>	<p>Las plagas insectiles y ácaros del algodón merman la producción de algodón en hueso hasta 50 % cuando no se controlan; además, afectan la calidad de la fibra y la semilla.</p> <p><i>Mosquita blanca:</i> El umbral de acción para iniciar las aplicaciones de insecticidas es de 10 adultos por hoja y estar localizados en el quinto nudo del tallo principal de la planta, a partir de la yema terminal hacia abajo; revisar mínimo 30 plantas por parcela comercial. Fenpropatrin (Dosis de 180 g i.a/ha) Acefate (Dosis de 525 g i.a/ha) Cyflutrin + Metamidofos (Dosis de 30 + 900 g i.a/ha) Bifentrina + Acefate (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Bifentrina + Endosulfan (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Fenpropatrin + Endosulfan (Dosis de 188 + 525 g i.a/ha) Spiromesifen (Dosis de 120 g i.a/ha) Turbine (Dosis de 100 g i.a/ha)</p>	<p>Las plagas insectiles y ácaros del algodón merman la producción de algodón en hueso hasta 50 % cuando no se controlan; además, afectan la calidad de la fibra y la semilla.</p> <p><i>Mosquita blanca:</i> El umbral de acción para iniciar las aplicaciones de insecticidas es de 10 adultos por hoja y estar localizados en el quinto nudo del tallo principal de la planta, a partir de la yema terminal hacia abajo; revisar mínimo 30 plantas por parcela comercial. Fenpropatrin (Dosis de 180 g i.a/ha) Acefate (Dosis de 525 g i.a/ha) Cyflutrin + Metamidofos (Dosis de 30 + 900 g i.a/ha) Bifentrina + Acefate (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Bifentrina + Endosulfan (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Fenpropatrin + Endosulfan (Dosis de 188 + 525 g i.a/ha) Spiromesifen (Dosis de 120 g i.a/ha) Turbine (Dosis de 100 g i.a/ha)</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p><i>Insectos chupadores:</i> Chinche lygus: el umbral de acción es de 15 chinches en 100 redadas y que un tercio corresponda a ninfas en un período crítico, iniciado con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas.</p> <p>Metamidofos (Dosis de 600 g i.a/ha) Metidation (Dosis de 300 400 g i.a/ha) Toreto (Dosis de 100 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano perforador de la hoja:</i> Las aspersiones de insecticidas deben realizarse cuando se capturen 40 gusanos en 100 redadas. Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Permetrina (Dosis de 136 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 105 g i.a/ha)</p> <p><i>Araña roja:</i> Las aplicaciones de acaricidas deben efectuarse cuando existan 15 o 20 ácaros por hoja del tercio inferior de la planta, particularmente de las cercanas al tallo principal.</p> <p>Propargite (Dosis de 1440 a 1800 g i.a/ha) Propargite + Monocrotofos (Dosis de 720 + 900 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano peludo:</i> En la fructificación, cuando existan 15 larvas en 100 redadas y 15 % del follaje dañado. Clorpirifos etil (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>	<p><i>Insectos chupadores:</i> Chinche lygus: el umbral de acción es de 15 chinches en 100 redadas y que un tercio corresponda a ninfas en un período crítico, iniciado con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas.</p> <p>Metamidofos (Dosis de 600 g i.a/ha) Metidation (Dosis de 300 400 g i.a/ha) Toreto (Dosis de 100 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano perforador de la hoja:</i> Las aspersiones de insecticidas deben realizarse cuando se capturen 40 gusanos en 100 redadas. Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Permetrina (Dosis de 136 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 105 g i.a/ha)</p> <p><i>Araña roja:</i> Las aplicaciones de acaricidas deben efectuarse cuando existan 15 o 20 ácaros por hoja del tercio inferior de la planta, particularmente de las cercanas al tallo principal.</p> <p>Propargite (Dosis de 1440 a 1800 g i.a/ha) Propargite + Monocrotofos (Dosis de 720 + 900 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano peludo:</i> En la fructificación, cuando existan 15 larvas en 100 redadas y 15 % del follaje dañado. Clorpirifos etil (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>
Defoliación	Se recomienda defoliar la planta cuando tenga entre cuatro y cinco ramas fructíferas efectivas o con carga sobre la última bellota abierta en primera posición (cracked boll), lo cual coincidirá con un 60 a 70 % de bellotas abiertas; esto se observa a los 20 días posteriores a la aplicación del último riego de auxilio.	Se recomienda defoliar la planta cuando tenga entre cuatro y cinco ramas fructíferas efectivas o con carga sobre la última bellota abierta en primera posición (cracked boll), lo cual coincidirá con un 60 a 70 % de bellotas abiertas; esto se observa a los 20 días posteriores a la aplicación del último riego de auxilio.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	Los productos y dosis por hectárea son de 1,080 a 1,440 gramos (g) de Butifos, de 100 a 200 g de Thidiazurón, o bien, se aconseja utilizar la mezcla de ambos en la dosis más baja, sobre todo en algodones muy vigorosos. Para lograr una uniformidad y adelantar la apertura de bellotas se sugiere administrar 1.5 litros por hectárea (l/ha) de Finish.	Los productos y dosis por hectárea son de 1,080 a 1,440 gramos (g) de Butifos, de 100 a 200 g de Thidiazurón, o bien, se aconseja utilizar la mezcla de ambos en la dosis más baja, sobre todo en algodones muy vigorosos. Para lograr una uniformidad y adelantar la apertura de bellotas se sugiere administrar 1.5 litros por hectárea (l/ha) de Finish.
Desvare y barbecho	Se propone desvarar inmediatamente después de levantar el total de la cosecha y a continuación barbechar. Gracias a esas labores se reducen en gran parte las poblaciones de plagas que utilizan la planta y el suelo como hospederas, por ejemplo, la mosca blanca.	Se propone desvarar inmediatamente después de levantar el total de la cosecha y a continuación barbechar. Gracias a esas labores se reducen en gran parte las poblaciones de plagas que utilizan la planta y el suelo como hospederas, por ejemplo, la mosca blanca.

Fuente: Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

Flujo génico hacia parientes silvestres

El algodón es una planta que se reproduce predominantemente mediante autopolinización, sin embargo, se puede presentar algún porcentaje de polinización cruzada cuando existen poblaciones importantes de insectos polinizadores (Llewellyn *et al.*, 2007). La tasa de entrecruzamiento depende de la zona, la estación y del porcentaje de visitación de los insectos polinizadores. No obstante, el nivel de entrecruzamiento puede ser sobrestimado si se consideran sólo los índices de visitadores en las flores de algodón, dado que los potenciales polinizadores buscan preferencialmente los nectarios más que el polen (Moffett *et al.* 1975).

Múltiples estudios de campo realizados en diferentes regiones estiman una tasa de entrecruzamiento del 10% o menos (Meredith & Bridge, 1973; Llewellyn & Fitt 1996; Sen *et al.*, 2004; Van Deynze, *et al.* 2005; Zhang *et al.*, 2005). Se han reportado pocos estudios con altos niveles de entrecruzamiento (Simpson & Duncan, 1956); en estos casos, el porcentaje de entrecruzamiento fue menor (2%) en estudios posteriores realizados en la misma localidad (Meredith & Bridge, 1973).

De manera generalizada, estudios de flujo de polen reportan que la tasa de entrecruzamiento disminuye significativamente cuando se incrementa la distancia. Estos datos pueden representar el rango efectivo de dispersión de polen realizado por los insectos. Experimentos realizados en California muestran una tasa de entrecruzamiento del

7.65% a una distancia de 0.3 m en presencia de polinizadores. Sin embargo, la tasa de entrecruzamiento disminuye de forma significativa (0.67%) al incrementar la distancia a 9 m, aún con la presencia de polinizadores. Para este mismo estudio, en ausencia de insectos que lleven a cabo el flujo de polen, la tasa de entrecruzamiento fue del 4.86% a una corta distancia (0.3 m), disminuyendo significativamente (0.03%) al incrementar la distancia a 1 m (Van Deynze, *et al.* 2005).

Estudios similares realizados durante dos temporadas en Australia, con cultivos de algodón GM rodeado de algodón no GM, muestran valores menores de flujo de polen del cultivo GM al no GM, pero los resultados son consistentes en cuanto al efecto de la distancia sobre la tasa de entrecruzamiento. Durante la primera temporada del estudio, la tasa de entrecruzamiento en presencia de polinizadores fue del 0.15% a 1 m de distancia, mientras que a 4 m la tasa de entrecruzamiento disminuye a menos del 0.08%. Para la segunda temporada, a una distancia de 1 m, la tasa de entrecruzamiento fue del 0.4%, disminuyendo su valor al 0.03% a una distancia de 16 m (Llewellyn & Fitt 1996).

De acuerdo con los estudios arriba mencionados, la tasa de entrecruzamiento depende en gran medida de las condiciones climáticas del sitio de estudio. Esto principalmente por la relación entre las condiciones ambientales y la abundancia de especies de insectos que lleven a cabo el flujo de polen (Llewellyn *et al.*, 2007).

El entrecruzamiento entre variedades comerciales de *Gossypium hirsutum* es bajo y ocurre exclusivamente a través de insectos. De tal manera que la frecuencia de polinización cruzada entre variedades de algodón depende de las poblaciones de insectos y su actividad migratoria al momento de la polinización. Por lo anterior, la probabilidad de que ocurra entrecruzamiento entre especies comerciales y silvestres de algodónero es muy baja.

Las especies silvestres reportadas para México son diploides ($2n=2x=26$) y, por lo tanto, son sexualmente incompatibles con el algodón cultivado *G. hirsutum* el cual es una especie alotetraploide ($2n=4x=52$). En el caso de que se pudieran encontrar especies silvestres cercanas a las regiones agrícolas y en el improbable caso de que pudieran quedar en contacto con polen de *G. hirsutum* (tetraploide), el producto de la fecundación sería triploide y durante la metafase de la meiosis no se podría realizar el apareamiento de homólogos, imposibilitando así la formación de un cigoto fértil por la disparidad de los sistemas genéticos (Stewart, 1995; Wendel *et al.*, 2010; Kantartzi, 2010). Por otra parte, la distribución de la especie alotetraploide *G. barbadense* se encuentra limitada principalmente al sureste de México lejos de la zona productora de algodón en Mexicali o San Luis Rio Colorado (figura 30).



Figura 16. Distribución puntual de *Gossypium hirsutum* y de sus parientes silvestres con los que puede hibridar y tener descendencia viable.

Como se mencionó anteriormente, para que se presente el flujo de genes de materiales cultivados a parientes silvestres vía cruzamiento, se debe cumplir con ciertas condiciones: 1) el cultivo y su pariente silvestre deben presentarse en proximidad espacial; 2) sus períodos de fecundidad deben coincidir; 3) se debe encontrar un vector idóneo para transportar el polen entre los dos materiales; 4) los materiales parentales deben ser sexualmente compatibles; 5) el híbrido resultante del cruzamiento debe dar origen a una semilla viable; 6) los híbridos deben ser fértiles y ecológicamente adaptados al ambiente.

La liberación comercial del algodón GLT se realizará exclusivamente dentro del polígono de liberación solicitado, el cual se encuentran alejado de los sitios de colecta de *Gossypium hirsutum* (631 km) y *G. barbadense* (1,111 km), como se observa en la figura 30. Durante el ciclo 2020 y en liberaciones posteriores, se establecerá un programa de monitoreo y eliminación de plantas voluntarias con el objetivo de evitar la presencia de plantas de algodón en el medio que puedan servir como hospederas de plagas y enfermedades y como fuente potencial de polen.

Con base en la información anterior, se puede concluir que el riesgo de flujo génico hacia parientes silvestres es muy bajo y será manejable mediante la implementación de las medidas de bioseguridad propuestas en la presente solicitud.

vii. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento

Según el ISSA en su publicación “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2017”, desde 1996, los productores de algodón biotecnológico de Chihuahua han ahorrado un 30 por ciento en sus costos de producción, debido a la reducción de las aplicaciones de plaguicidas de 18 a una por temporada en el cultivo de algodón. Al mismo tiempo, el uso de semillas genéticamente modificadas aumentó los rendimientos de 3,7 a 7,7 pacas de algodón por hectárea. En México, las estimaciones totales de producción y cosecha de algodón en 2015/16 fueron de 0,9 millones de pacas en una superficie cosechada de 130,000 hectáreas (SADER, 2016). Según el SIAP el 95 por ciento de la superficie total plantada fue algodón biotecnológico. Se estima que México ha mejorado los ingresos agrícolas del algodón y soya biotecnológico en 489 millones de dólares en el período de 1996 a 2015, y los beneficios solo para 2015 se estiman en 77 millones de dólares.

El algodón biotecnológico ha sido ampliamente adoptado en el mundo desde su introducción comercial en Estados Unidos en 1996. Clive (2016), reporta que en 2016 el algodón biotecnológico alcanzó una superficie total de 0.3 billones de hectáreas sembrada en países como India, Estados Unidos, China, Pakistan y Brasil. México ha sembrado cultivos biotecnológicos desde 1996, y es uno de los seis países pioneros en la adopción y siembra de biotecnología. En 2016, México plantó 101,000 hectáreas de cultivos biotecnológicos, las cuales se distribuyeron en 97.000 hectáreas de algodón biotecnológico y 4.000 hectáreas de soya biotecnológica (cuadro 39).

Cuadro 9. Superficie de cultivos biotecnológicos en México, 2017.

Cultivo	Área (millones de ha)		
	2015	2016	2017
Soya			
Total de cultivo sembrado	0.188	0.211	
HT	0.018	0.004	
Total de cultivo biotecnológico sembrado	0.18	0.004	
Algodón			
Total de cultivo sembrado	0.128	0.099	0.110
HT	0.005	0.004	0.004
IR/HT	0.118	0.093	0.106
Total de cultivo biotecnológico sembrado	0.123	0.097	0.110
Total México			
Total de cultivo sembrado	0.316	0.310	
HT	0.023	0.008	
IR/HT	0.118	0.093	
Total de cultivo biotecnológico sembrado	0.141	0.101	

HT: Tolerante a herbicida

IR: Resistente a insectos

Fuente: ISAAA, 2018

El algodón es el cultivo biotecnológico más importante que se cultiva en México. De las 97,000 hectáreas de algodón biotecnológico, 93.000 hectáreas corresponden a tecnología tolerante a herbicidas en apilado con resistencia al ataque de insectos lepidópteros y 4.000 hectáreas son solamente de tolerancia al uso de herbicidas (ISAAA, 2016). Sin embargo, la producción ha tenido una tendencia variable influida por el decremento en el precio internacional del producto y la disminución de las exportaciones en 2002. Así como la reducción de la superficie sembrada de 2006-2009 y el incremento de superficie y rendimiento en 2010 (figura 32).

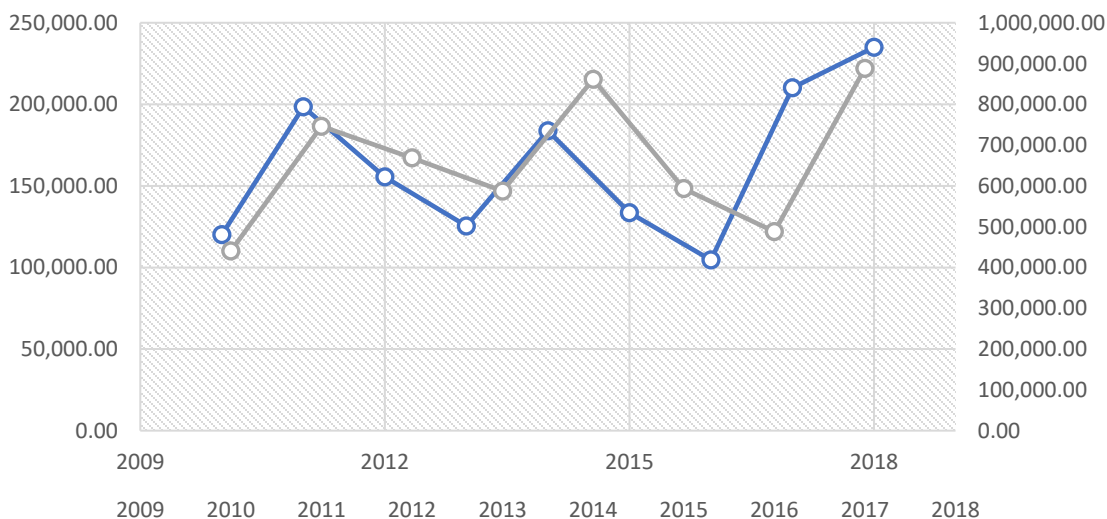


Figura 17. Producción nacional de algodón durante el periodo 2010 - 2018 (SIAP, 2018²⁴).

Actualmente se han mejorado los niveles de rentabilidad y competitividad del sector algodonero en la fase de la producción primaria y por ende a lo largo de toda la cadena productiva, mediante el uso de algodón genéticamente modificado, siembra en alta densidad por surcos estrechos y equipo para riego (figuras 32 y 33). A pesar de lo anterior, la producción nacional no satisface la demanda de algodón de las industrias textiles por lo que se depende altamente de las importaciones para cubrirla.

²⁴ http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do

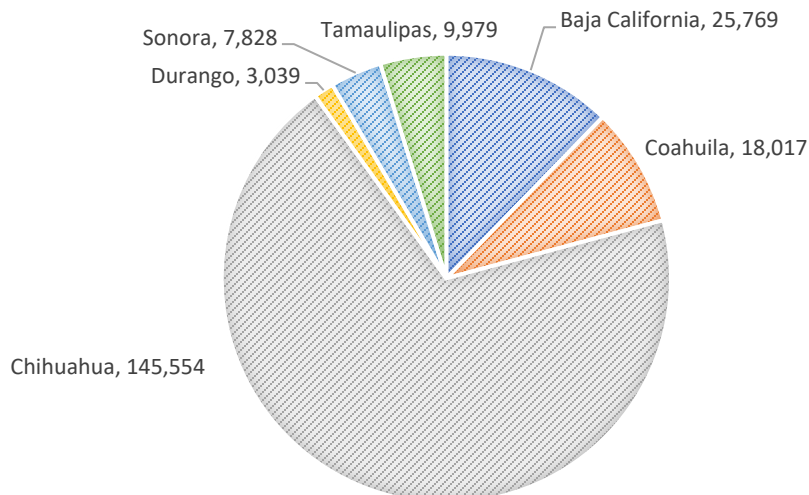


Figura 18. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).

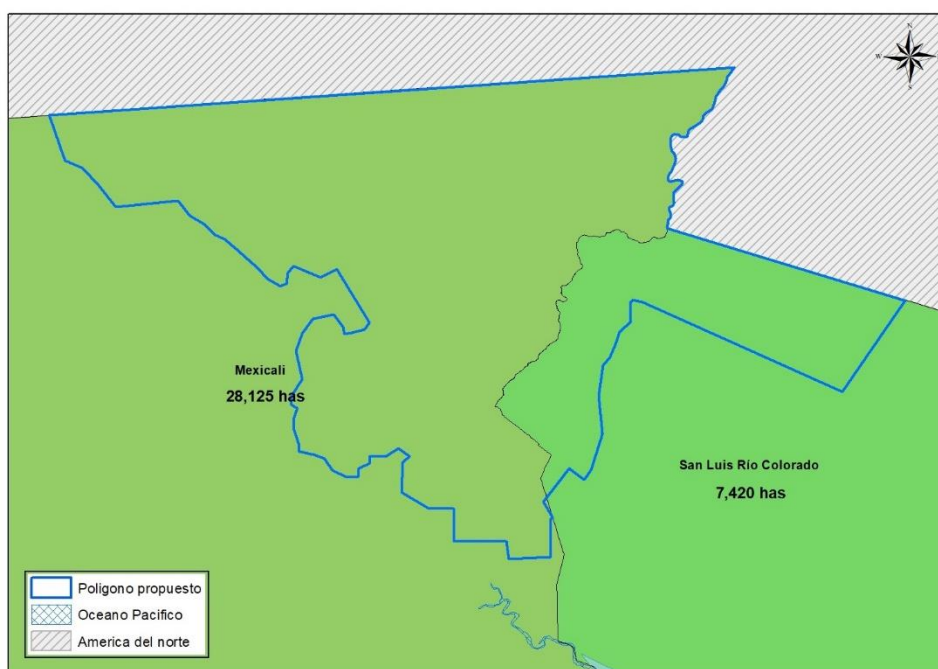


Figura 19. Producción de algodón hueso en Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, en 2017 (SIAP, 2019).

Como se mencionó previamente, el algodón genéticamente modificado ha traído beneficios económicos y ambientales en las regiones en donde se ha utilizado. En México, de las 110,018.54 hectáreas de algodón biotecnológico, 681.04 hectáreas (3%) corresponden a tecnología tolerante a herbicidas y 106,337.5 hectáreas (97%) en apilado con resistencia al ataque de insectos lepidópteros (ISSSA, 2017). De acuerdo con cifras del Servicio de

Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), durante el ciclo 2016 se sembró un total de 104,586.69 ha de algodón, destacando los Estados de Chihuahua y Baja California.

Durante este periodo de 20 años y en la superficie sembrada a nivel global, no se tiene evidencia de efectos o variaciones en las prácticas de uso y aprovechamiento del cultivo con relación al algodón convencional. En México el 3 de febrero de 2016, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimataria (SENASICA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) otorgó el reconocimiento oficial al estado de Baja California y Sonora por alcanzar el estatus de "Zona libre de gusano rosado" en algodón; esto mediante acciones de control de estas plagas que incluyen el manejo integrado de plagas y las semillas biotecnológicas. Como resultado, el 85 por ciento de la zona productora de algodón de México está libre de gusanos rosados (ISSA, 2017).

El principal producto del cultivo del algodón una vez despepitado es la fibra, la cual es destinada a la industria textil para la elaboración de hilo y prendas de vestir. La semilla despepitada queda recubierta por una pubescencia llamada linter, la cual puede ser comercializada para consumo animal como complemento alimenticio por su alto contenido energético, o bien, cuando es separado el linter de la semilla, es utilizado en la elaboración de colchones, almohada, etc. De la semilla de algodón se extrae aceite comestible utilizado principalmente para el procesamiento de alimentos a nivel industrial como papas fritas, o mediante su hidrogenación para la producción de margarinas.

Con relación al manejo agronómico, la adopción de algodón biotecnológico ha contribuido a la adopción de mejores prácticas agrícolas que han redundado en importantes beneficios económicos y ambientales (Brookes y Barfoot, 2017) tales como los siguientes:

- Reducción significativa en el uso de insecticidas y menor impacto en las poblaciones de insectos benéficos y otros organismos no blanco.
- Disminución de la presión de selección de insectos resistentes a los insecticidas químicos.
- Mayor flexibilidad en el control de maleza comparado con el uso de herbicidas en el algodón convencional y eliminación de labores de control manual y aplicaciones tempranas dirigidas de herbicidas que requieren equipo especial para su aplicación.
- Compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) y maleza.
- Menor emisión de gases de efecto invernadero ya que se usan menos combustibles necesarios para la fabricación, transporte y aplicación de insecticidas).

En México y en el mundo el cultivo del algodón genera muchos beneficios para todos los integrantes de la cadena productiva, actualmente se cultiva en más de 80 países y de acuerdo con el Comité Consultivo Internacional del algodón (ICAC) los principales países productores en el periodo 2007 - 2011 fueron: China, India, Estados Unidos, Brasil, Pakistán y Uzbekistán.

Durante las evaluaciones realizadas en 2015, 2017 y 2018 se realizaron análisis comparativos de los sistemas productivos del algodón GLT y el algodón convencional, para lo cual, se recabaron los costos de producción del cultivo, que incluyeron: costo de semilla, fertilizantes, manejo de plagas, manejo de maleza, labores agrícolas y mano de obra. Con esta información se estimó la relación costo-beneficio derivada del uso de la tecnología en los diferentes años y sitios de evaluación. En los cuadros 40, 41 y 42, se aprecian los costos de los insumos empleados durante el desarrollo agronómico del cultivo de algodón en cada liberación.

En 2015 enfoque económico mostró que la menor relación se obtuvo en el tratamiento GLT mas glufosinato con 0.74, seguido del convencional, con 0.87 y, finalmente, por el tratamiento GLT con glifosato con 0.88, cualquier relación menor a 1.0 es negativa (cuadros 40 y 41).

A diferencia del año 2015, durante el año 2017 el beneficio económico neto fue a favor de los tratamientos con la variedad GLT debido a un menor costo de producción y a un mayor rendimiento. Los costos para los tratamientos de la tecnología GLT fueron mayores en comparación con los tratamientos convencionales, debido a la diferencia de costo en la semilla, herbicidas y cosecha (cuadros 41 y 42). Sin embargo, al momento de trasladar el manejo de la variedad convencional a nivel comercial, el costo operativo del control manual sería muy alto y no sería rentable.

Adicional a la información presentada, durante el año 2018 se realizó una evaluación del beneficio económico y ambiental de la tecnología GLT (FM 1830GLT) con respecto a dos comparadores regionales sembrados en el Valle de Mexicali, los cuales fueron FM 2484B2F (tecnología Bollgard® II/Solución Faena® Flex) y DP 1441RF (tolerante al herbicida glifosato) ([Anexo 26](#)).

La relación Costo-Beneficio (C/B) en los diferentes predios comerciales de algodón con la variedad FM 1830GLT se presentan en el cuadro 47. Los costos de producción por hectárea variaron de \$32,382.88 a \$52,487.29 y las principales diferencias se observaron en la fertilización y en el control de plagas y maleza (figura 34). La relación C/B varió según el rendimiento de fibra obtenido con un rango de 1.09 y un rendimiento de 0.973 ton/ha de fibra a 2.698 ton/ha de fibra.

En los predios 11 y 12 sembrados con las variedades FM 2484B2F y DP 1441RF los costos de producción variaron de \$38,450.71 a \$39,474.31 respectivamente (figura 34). De igual manera, en la variedad FM 2484B2F se obtuvo una relación C/B de 1.52 con un rendimiento de 1.816 ton/ha de fibra, mientras que en la variedad FM 1830GLT, la relación fue de hasta 1.93 con un rendimiento de 2.690 ton/ha de fibra.

los 12 predios comerciales muestran que los costos de producción dependen directamente del manejo del agricultor, pero en general son muy similares dadas las características de la región. De igual manera, en todos los casos se obtuvieron relaciones C/B mayores a 1 (a excepción del lote 4), lo que significa que los ingresos netos fueron superiores a los costos de producción.

De manera general, el ingreso neto promedio de las 10 parcelas establecidas con algodón GLT fue similar al ingreso promedio obtenido en los dos comparadores utilizados en la región. En ambos casos las relaciones C/B fueron mayores a 1 y se obtuvo un beneficio mayor a \$20,000.00/ha (figura 36). Lo anterior muestra que las variedades GLT tienen el potencial para proporcionar un buen rendimiento en el Valle de Mexicali, si son manejadas adecuadamente y son una excelente alternativa con respecto a los comparadores regionales.

Con base en la información generada en las liberaciones en Etapa Experimental y Programa Piloto previas, fue posible corroborar que el uso de algodón GLT bajo las condiciones agrícolas del Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.) conlleva beneficios económicos para los agricultores, aun en los casos en donde el costo de producción es superior al comparador. Por lo tanto, el algodón GLT representa una alternativa productiva viable para las regiones de interés y contribuye a mejorar la economía de las zonas donde se cultiva, favoreciendo la generación de empleos a lo largo de toda la cadena productiva.

Respecto al manejo del cultivo, se puede observar que debido a la baja presencia de las plagas blanco no existieron diferencias en el uso de insecticidas en las evaluaciones realizadas, por lo que, el control estuvo enfocado en las plagas no blanco, las cuales se comportaron de igual manera en los diferentes tipos de algodón. Así mismo, el manejo de maleza en el algodón GLT fue realizado mediante la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, mientras que en el algodón convencional se utilizó manejo manual. Lo anterior originó que el impacto ambiental calculado con base en el índice de impacto ambiental (EIQ) fuera menor en el algodón convencional que en el algodón GLT destacando que al momento de trasladar el manejo de la variedad convencional a nivel comercial, el costo operativo del control manual sería muy alto y no sería rentable generando la aplicación de más productos para el control de insectos y malezas.

Con el objetivo de analizar el impacto ambiental de la tecnología GLT con respecto a las opciones tecnológicas disponibles en la región, durante el año 2018 se calcularon los índices de impacto ambiental de 10 predios de algodón, con base en los agroquímicos utilizados. Los resultados se muestran en el cuadro 49:

En el cuadro 50 se presenta un resumen de los índices de impacto ambiental y se puede observar que los valores dependieron directamente del manejo realizado por cada uno de los agricultores y de los agroquímicos utilizados. En general, en el manejo de plagas se

utilizaron insecticidas para el control de trips, mosca blanca y chinche lygus. Para el control de malezas solo se utilizó glifosato.

En el cuadro 50 Se puede observar que los predios 6 y 7 en donde se obtuvo el mayor rendimiento de fibra de algodón y la mayor relación C/B no son los que muestran un EIQ más alto, lo que se interpreta como una mejor selección de los plaguicidas utilizados y su frecuencia de uso (figura 38). También se puede observar que en la variedad FM 1830 GLT se tuvo un rango de EIQ muy amplio, desde 2 a 120.1, lo que confirma las interpretaciones realizadas sobre el costo ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink®.

En promedio, el índice de impacto ambiental fue menor en la variedad tolerante a herbicidas FM 2484 B2F (2), seguido de FM 1830GLT (39.85) y finalmente DP 1441RF (71.5). Lo anterior significa que, manejado adecuadamente, el algodón GLT puede ser utilizado, obteniendo buenos rendimientos y con un impacto ambiental menor al generado por el uso de los comparadores regionales (figura 39).

Con base en la información presentada se puede comprobar que el algodón GLT es una alternativa viable en materia ambiental, ya que su uso no ocasionará un impacto mayor al de las alternativas tecnológicas disponibles en la región. Manejado adecuadamente el algodón GLT podría contribuir a reducir el impacto ambiental con respecto a tecnologías que solo proporcionan tolerancia a un herbicida y reducir el uso de otros herbicidas con mayor grado de toxicidad.

Aunado a lo anterior, los herbicidas componentes del sistema de manejo GlyTol® TwinLink® poseen características deseables desde el punto de vista ambiental con respecto a los herbicidas recomendados para el control de maleza en el cultivo de algodón en la región del Valle de Mexicali.

Glifosato: persistencia ligera (14 a 22 días), bajo potencial de lixiviación, fácil y completamente biodegradable, no se bioconcentra en organismos acuáticos, toxicidad ligera a moderada en peces y prácticamente nula en crustáceos, insectos y zooplancton (INECC, 2018).

Glufosinato de amonio: persistencia ligera (3 a 20 días), degradación microbiana en el suelo, bajo potencial de bioconcentración en organismos acuáticos, ligeramente tóxico para zooplancton, toxicidad de ligera a prácticamente nula en peces y no tóxico para aves y abejas (INECC, 2018).

La mayoría de los herbicidas recomendados para el manejo de maleza en algodón poseen índices de impacto ambiental (EIQ) mayores a los de glufosinato de amonio y glifosato, como se observa en el cuadro 51 y la figura 40.

Cuadro 10. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Ingrediente activo (I.A.)	Grupo químico	EIQ
Oxifluorfen	Difenileter	33.82
Pendimetalin	Dinitroanilina	30.17
Fluazifop-p-butil	Arilofenoxi propionato	28.71
Diuron	Dimetilurea	26.47
Bensulide	Organofosforado	26.00
Quizalofop-etil	Arilofenoxi propionato	22.14
Piritiobac sodio	Pirimidincarboxy	21.70
Setoxidim	Ciclohexanediona	20.89
Glufosinato de amonio	Ácidos fosfínicos	20.20
Clomazone	Isoxazolidinona	19.63
Linuron	Fenilurea	19.32
Trifluralina	Dinitroanilinas	18.83
MSMA	Arsénico orgánico	18.00
Alaclor	Cloroacetamida	17.86
Clethodim	Ciclohexanediona	17.00
Prometrina	Triazina	15.37
Glifosato	Glicinas	15.33
Fluometuron	Fenilurea	14.27

Fuente: A method to measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: list of Pesticides, Part 3: Herbicides 2012. Integrated Pest Management. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu

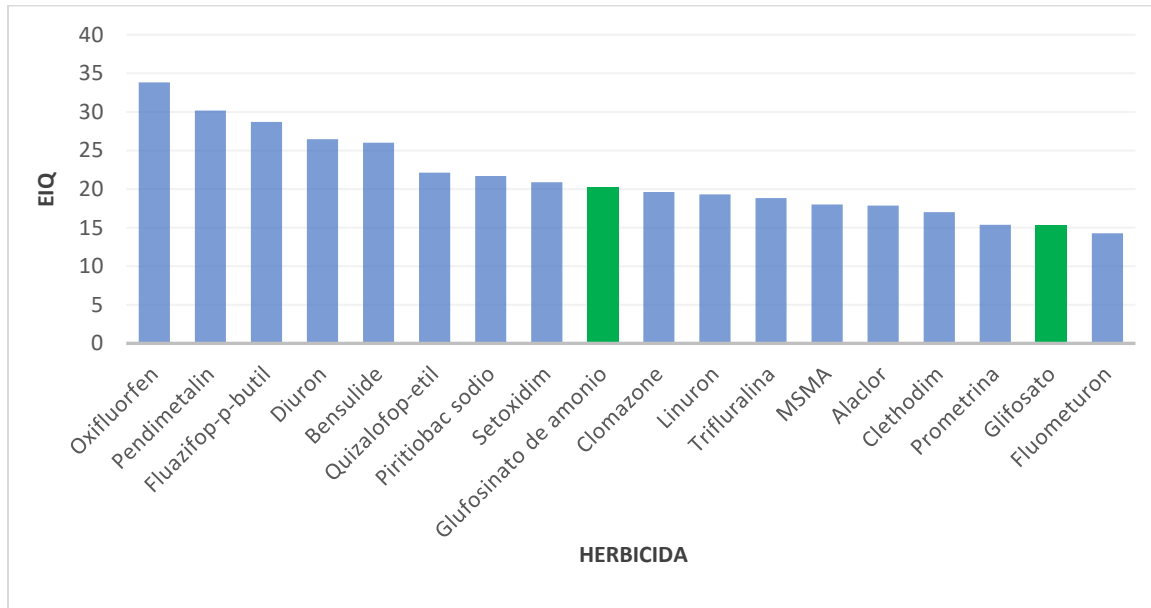


Figura 20. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Actualmente más del 90% de algodón cultivado en Mexicali y San Luis Rio Colorado es algodón genéticamente modificado resistente a insectos y tolerante a glifosato o solamente tolerante a glifosato, motivo por el cual, el manejo regional de maleza se ha modificado,

complementando el control mecánico con el uso de un herbicida postemergente y de amplio espectro. Así mismo, el uso de herbicidas preemergentes ha disminuido considerablemente y en algunos casos como el Cotoran 500 FW (fluometurón) ya no se comercializan en México.

Lo anterior es de suma importancia ya que, bajo estas condiciones, el algodón GLT representa una opción viable en cuanto al impacto ambiental derivado del manejo de la maleza en el Valle de Mexicali, y en los casos en donde se utilicen tanto glifosato como glufosinato de amonio, se contará con una herramienta para retrasar el desarrollo de resistencia de maleza.

Durante los años 2015, 2017 y 2018 se realizaron diversos monitoreos en cinco sitios de liberación el Valle de Mexicali con el objetivo de analizar comparativamente la influencia del algodón GLT en las poblaciones de organismos no blanco presentes. Con base en los resultados obtenidos, se observó que las poblaciones de insectos plaga no blanco, depredadores y parasitoides se comportaron de manera similar, tanto en el algodón GLT como en el algodón convencional, por lo que, no se observó una preferencia hacia alguno de los materiales y tampoco una influencia o impacto negativo relacionado con el uso del algodón GLT.

La información anterior contribuyó a demostrar la especificidad de la tecnología para el control de algunos lepidópteros blanco y a descartar los posibles efectos sobre la antropofauna, que pudiera ocasionar el cultivo mismo o los herbicidas usados para el control de la maleza en el algodón GLT.

Históricamente *Helicoverpa zea* y *Heliothis virescens* (complejo bellotero) fueron dos de las principales plagas de importancia económica en el cultivo en la región, que debido al monocultivo incrementaron sus poblaciones hasta límites en que el control químico resultó excesivo, caro e ineficiente y que combinado con otros factores como la diseminación de la enfermedad conocida como “pudrición texana” y el uso cada vez mayor de fibras sintéticas, provocaron un cambio en los sistemas de producción obligando a los productores a dedicarse a otros cultivos de menor rentabilidad como soya, maíz y sorgo (Loera *et al.*, 2015).

Actualmente las poblaciones de las plagas blanco son muy bajas en todas las zonas algodoneras, debido a los programas establecidos para la supresión/erradicación del gusano rosado y a la gran adopción y efectividad del algodón genéticamente modificado con resistencia a lepidópteros que expresa las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis*. En los informes técnicos sobre la colecta y envío de cinco especies de lepidópteros para monitoreo de resistencia a proteínas insecticidas expresadas en algodón biotecnológico en México en 2015, 2016 y 2017, se puede observar que se han realizado muestreos en diversos sitios de las regiones algodoneras tanto en algodón Bt como en los refugios y el resultado ha sido la escasa presencia o ausencia de los lepidópteros blanco.

Con base en esta información, es evidente que se ha reducido el impacto ambiental de manera directa debido al uso del algodón genéticamente modificado y a la reducción en el uso de insecticidas. En México como en otras partes del mundo, el cultivo de algodón se caracterizaba por la aplicación de grandes cantidades de insecticidas químicos. Por ejemplo, en la década de 1970 el cultivo de algodón requería casi 20 aplicaciones desde la emergencia hasta la cosecha (Martínez-Carrillo, 2015).

En México, antes de la década de los 60's, al algodónero se le conocía como el oro blanco debido a que ocupaba una gran cantidad de mano de obra y representaba una fuente de ingresos importante para los agricultores. Desafortunadamente, el combate de las plagas de este cultivo se sustentó en aplicaciones calendarizadas de insecticidas, aumentos frecuentes en las dosis y en el número de aplicaciones por temporada. Por ello, a principios de la década de los 70's, en el cultivo de algodónero se aplicaba el 80% de todos los insecticidas que se empleaban en la agricultura mexicana y este escenario favoreció el desarrollo de resistencia a insecticidas y por ende que este cultivo entrará en fase de crisis a nivel nacional (Lagunes, 1992²⁵).

Desde 1996, el impacto neto en el uso de insecticidas y la huella ambiental (en relación con lo que podría haberse esperado, si todas las plantaciones de algodón se hubieran sembrado con algodón convencional), en los principales países que han adoptado algodón resistente a insectos ha sido:

En 2015, una disminución de 53% en el volumen total de I.A. insecticida aplicado (19.3 millones de kg) y una reducción de 54% en el impacto ambiental (medido en términos de EIQ/ha). Desde 1996, se ha usado un 29.1% menos de I.A. insecticida (269 millones de kg) y el impacto ambiental debido a la aplicación de insecticidas en algodón se redujo un 31.5% (figura 41).

²⁵ Lagunes, T. A. 1992. Perspectivas en el uso de insecticidas agrícolas en México, pp. 1-22. In A. Lagunes y J. C. Rodríguez [eds.], Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas. Volumen I. Colegio de Postgraduados. México

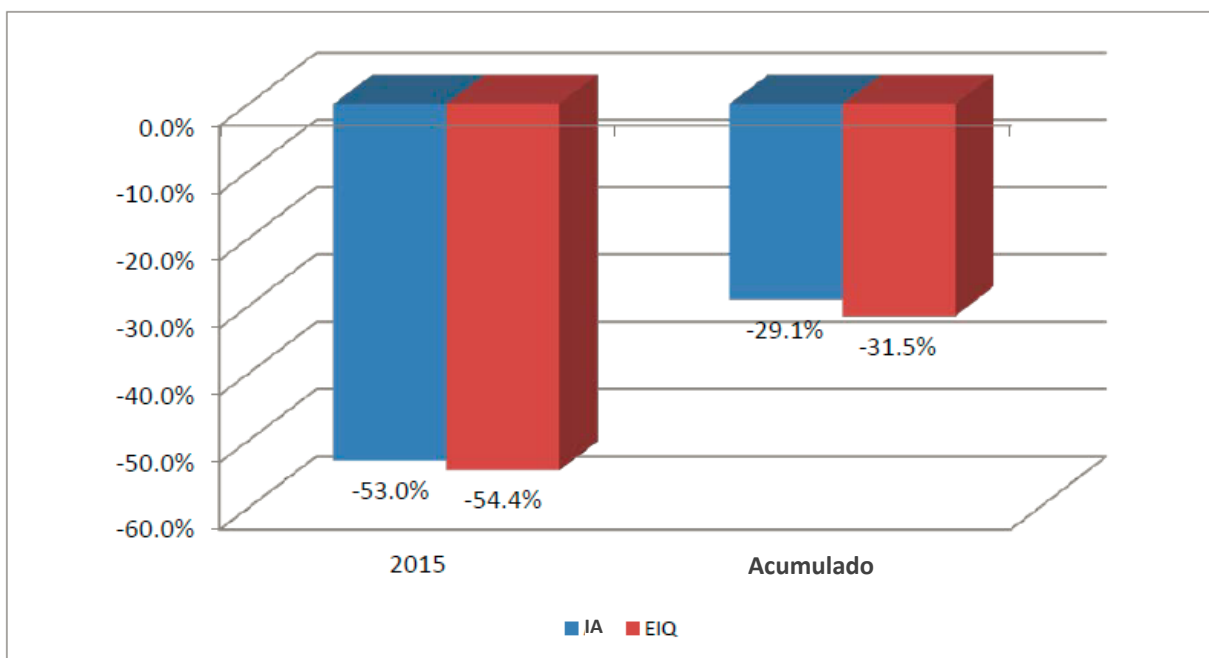


Figura 21. Reducción en el uso de insecticidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM resistente a insectos 1996-2015 (Brookes y Barfoot, 2016²⁶).

De igual manera que en el caso de la reducción en el uso de herbicidas, la disminución en el uso de insecticidas ha traído los siguientes beneficios ambientales:

- Disminución de la contaminación del suelo y mantos freáticos al utilizar un insecticida con menor impacto ambiental en comparación con los insecticidas usados en algodón convencional (cuadro 52, figura 42).
- Menor impacto en las poblaciones de insectos benéficos y otros organismos no blanco, debido a la especificidad del algodón Bt y a que los únicos insectos expuestos a las toxinas son aquellos que se alimentan del cultivo genéticamente modificado.
- Compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas (MIP).
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (disminución en el uso de combustibles necesarios para la fabricación, transporte y aplicación de insecticidas).
- Disminución en la cantidad de agua utilizada debido a un menor número de aplicaciones de insecticidas.

Cuadro 11. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.

Ingrediente activo (I.A.)	Grupo químico	EIQ
Monocrotofos	Organofosforado	90.92

²⁶ Brookes, G. y Barfoot, P. 2016. GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2014. PG Economics Ltd, UK, Mayo 2016.

Profenofos	Organofosforado	59.53
Azinfos metílico	Organofosforado	53.05
Clorfenapir	Halogenado de Pirrol	46.11
Bifentrina	Piretroide	44.35
Lambda cyalotrina	Piretroide	44.17
Betacyflutrin	Piretroide	39.57
Fenvalerato	Piretroide	39.57
Endosulfán	Organoclorado	38.55
Imidacloprid	Neonicotinoide	36.71
Cipermetrina	Piretroide	36.35
Fluvalinato	Piretroide	35.77
Triazofos	Organofosforado	35.59
Paratión metílico	Organofosforado	35.22
Metidation	Organofosforado	32.67
Betaciflutryn	Piretoride	31.57
Permetrina	Piretroide	29.33
Deltametrina	Piretroide	28.38
Clorpirifos etil	Organofosforado	26.85
Fenpropatrin	Piretroide	25.33
Acefate	Organofosforado	24.88
Malation	Organofosforado	23.83
Thiodicarb	Carbamato	23.33
Metomilo	Carbamato	22
Carbaril	Carbamato	20.9
Spinosad	Derivado de fermentación bacteriana (Naturalyte)	14.38
Bacillus thuringiensis	Biológico	13.3

Fuente: A method to measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: list of Pesticides, Part 4: Insecticides 2012. Integrated Pest Management. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu

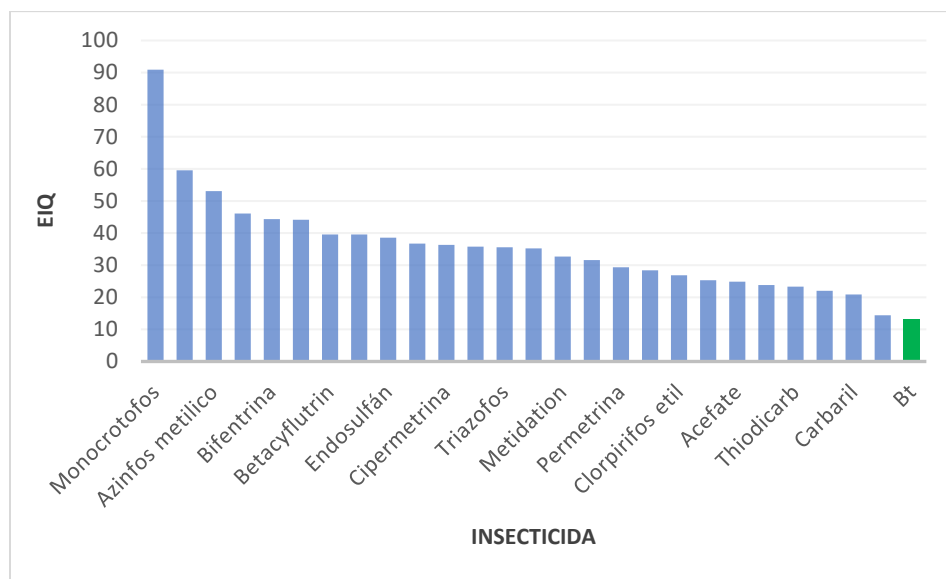


Figura 22. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.

De acuerdo con Brookes y Barfoot (2016²⁷), a nivel nacional en 2015 se produjo un ahorro del 28.6% en la cantidad de ingrediente activo insecticida utilizado (191,000 kg), en comparación con el uso si toda la superficie hubiera sido plantada con algodón convencional y el impacto ambiental fue 28% menor. En conjunto, desde 1996 y hasta 2015, el uso de insecticidas en algodón en México se ha reducido en 13.4% (1.9 millones de kg) y el impacto ambiental disminuyó 13.2% (en relación con lo que podría haberse esperado, si todas las plantaciones de algodón se hubieran sembrado con algodón convencional)

Con base en la información generada en las liberaciones en Etapa Experimental y Programa Piloto, fue posible corroborar que el uso de algodón GLT bajo las condiciones agrícolas de Mexicali y San Luis Rio Colorado conlleva beneficios económicos para los agricultores, aun en los casos en donde el costo de producción es superior al comparador. Por lo tanto, el algodón GLT representa una alternativa productiva viable para las regiones de interés y contribuye a mejorar la economía de las zonas donde se cultiva, favoreciendo la generación de empleos a lo largo de toda la cadena productiva.

Así mismo, con base en la información presentada sobre la situación fitosanitaria actual, manejo de maleza, manejo de plagas blanco, características de los herbicidas e insecticidas utilizados en el cultivo, impacto en organismos no blanco y la experiencia de más de 20 años de uso de algodón genéticamente modificado en México y otros países, se puede concluir que la liberación comercial del algodón GLT en la región agrícola del Valle de

²⁷ Brookes, G. y Barfoot, P. 2016. GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2014. PG Economics Ltd, UK, mayo 2016.

Mexicali tendrá un impacto ambiental equivalente o menor comparado con las alternativas tecnológicas disponibles.

Adicional a la información presentada y discutida anteriormente, durante la Etapa Experimental y Programa Piloto también se realizaron evaluaciones con el objetivo de demostrar la efectividad biológica de la tecnología GLT para el control de plagas blanco y de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio para el control de las especies de maleza presentes en el cultivo de algodón.

Efectividad biológica de la tecnología GlyTol® TwinLink® para el manejo de lepidópteros blanco

El algodón GlyTol® TwinLink® contiene los genes *cry1Ab* de *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* y *cry2Ae* de *Bacillus thuringiensis* subsp. *dakota* que le confieren resistencia específica al ataque de ciertos insectos lepidópteros como gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders) y gusano tabacalero (*Heliothis virescens* Fabricius). El algodón GlyTol® TwinLink® puede requerir aplicaciones complementarias de insecticidas para el control de insectos difíciles como gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner), por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo.

De las especies anteriormente citadas, la plaga blanco del cultivo del algodón más frecuentemente detectada en los monitoreos actualmente en el Valle de Mexicali es el gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), como se muestra en el cuadro 53, en la evaluación realizada en 2018 en los dos sitios no se detectó la presencia de larvas de insectos lepidópteros blanco de la tecnología GLT.

Durante los 3 años de evaluación de la tecnología GLT en Etapa experimental y Programa piloto las poblaciones de plagas blanco han sido muy bajas (nulas durante el ciclo agrícola 2018) en ambos tipos de algodón. De igual manera, la tendencia observada ha sido mayor presencia y daños en el algodón convencional usado como comparador, lo cual es una prueba de la efectividad de la tecnología GLT bajo las condiciones actuales del Valle de Mexicali.

Los resultados de los estudios que se presentan a continuación incluyen la información de las evaluaciones de efectividad biológica del algodón GLT para el control de plagas blanco en el Valle de Mexicali.

Para determinar el daño por plagas blanco, en el 2015 se realizaron monitoreos directos en terminales de manera semanal por unidad experimental desde el inicio de floración hasta la apertura de los primeros capullos (4 de julio a 12 de septiembre de 2015) para detectar daños por la presencia de insectos lepidópteros plaga. En dichos muestreos únicamente se encontró presencia de gusano soldado en tres muestreos, correspondientes al mes de

agosto. En el cuadro 54 se muestran las medias de cada fecha de muestreo en que se encontró la plaga, no obstante, las poblaciones de este insecto no alcanzaron el umbral de acción.

Durante las fechas de muestreo no se detectó la presencia de gusano cogollero, gusano rosado ni gusano bellotero entre las plantas que fueron tomadas como muestras.

Para el año 2017 el monitoreo de organismos blanco de la tecnología GLT en el Ejido Villahermosa, se realizó desde el inicio de cuadros hasta la apertura de capullos, para un total de nueve muestreos, sin embargo, solo en dos de los nueve muestreos (con fechas de 5 y 14 de julio de 2017), se detectó la presencia, de larvas de gusano bellotero (*Helicoverpa zea*), cabe mencionar, que la presencia de larvas fue baja, sin embargo, el porcentaje de daño alcanzó los umbrales económicos (>5-15% de bellotas dañadas) sólo en el tratamiento convencional.

El monitoreo de organismos blanco de la tecnología GLT en el Ejido Sonora, se realizó desde el inicio de cuadros (13 de mayo de 2017) hasta la apertura de capullos (21 de julio de 2017), para un total de nueve muestreos, sin embargo, sólo en uno de los nueve muestreos realizados, con fecha de 14 de julio de 2017, se detectó la presencia únicamente de larvas de gusano bellotero (*Helicoverpa zea*), cabe mencionar que a pesar de que la presencia de larvas fue baja, el porcentaje de daño alcanzó los umbrales económicos (5-15 % de bellotas dañadas) sólo en el tratamiento convencional.

Finalmente en el año 2018 las evaluaciones se realizaron en la Colonia Polvora, Mexicali, B.C. y la Colonia Azteca, S.L.R.C., Sonora, el monitoreo de estas plagas se realizó desde el inicio de cuadros hasta la apertura de capullos, para un total de diez y doce muestreos respectivamente, sin embargo, no se registró daño ni se detectaron larvas ni grupos de huevecillos de los organismos blanco de la tecnología GLT en ninguno de los muestreos realizados, esto indica que en estas localidades, las poblaciones de lepidópteros se mantuvieron bajas a lo largo del ciclo del cultivo.

Lo anterior es indicativo de la efectividad de las tecnologías GM para el control de insectos lepidópteros. Así mismo, con esta información se confirma el estatus de zona libre de gusano rosado en el estado de Baja California (DOF, 2016).

Como se puede observar en el cuadro 55, a través de los años, la presencia de plagas blanco ha sido baja o nula en la región agrícola del Valle de Mexicali, debido a los programas establecidos para la supresión/erradicación del gusano rosado y a la gran adopción y efectividad del algodón genéticamente modificado con resistencia a lepidópteros, observado en los resultados es que la presencia de los insectos lepidópteros plaga se detectó principalmente en el algodón convencional, lo cual es un indicador de que la tecnología GlyTol® TwinLink® representa una alternativa efectiva para el manejo de plagas blanco en esta región.

Uno de los efectos derivados de la amplia adopción y penetración del algodón Bt en las zonas algodonerías, ha sido la reducción en las poblaciones de plagas blanco, principalmente gusano tabacalero (*Heliothis virescens*) y gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) que son altamente susceptibles a las proteínas expresadas por estos cultivos.

Históricamente *Helicoverpa zea* y *Heliothis virescens* (complejo bellotero) fueron dos de las principales plagas de importancia económica en el cultivo en la región, que debido al monocultivo incrementaron sus poblaciones hasta límites en que el control químico resultó excesivo, caro e ineficiente y que combinado con otros factores como la diseminación de la enfermedad conocida como “pudrición texana” y el uso cada vez mayor de fibras sintéticas, provocaron un cambio en los sistemas de producción obligando a los productores a dedicarse a otros cultivos de menor rentabilidad como soya, maíz y sorgo (Loera *et al.*, 2015).

En años recientes han ocurrido cambios significativos en el sistema algodón, debido a tres importantes factores: el desarrollo de variedades de algodón transgénico, los programas de erradicación del picudo, y nuevos insecticidas más selectivos y específicos para una plaga determinada (Loera *et al.*, 2015).

Una de las principales razones de la disminución en las poblaciones de estos lepidópteros se debe a la introducción del algodón genéticamente modificado con resistencia a lepidópteros que expresa las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis*. Debido a su gran adopción por parte de los agricultores y a su excelente efectividad en el control de los lepidópteros blanco ha sido posible lograr el efecto antes mencionado. Tanto los agricultores como el personal técnico especializado en algodón de la zona mencionan que antes de la introducción de las variedades transgénicas se presentaban daños por gusano bellotero y tabacalero. En el caso de gusano rosado no se han tenido problemas.

Otro punto clave que ha contribuido enormemente, ha sido la implementación de varias prácticas en toda la región algodонера del Valle de Mexicali, como son: Respetar fechas de siembra, eliminación de los residuos de cosecha, monitoreos, uso de insecticidas en caso de ser necesarios, trampeos, etc.

La implementación de campañas por parte del gobierno también ha sido un factor crucial. Las principales son:

- a) **Campaña contra plagas reglamentadas del algodonerío** (sustentada en la NOM-026-FITO-1995) que opera en los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora y Tamaulipas, en donde se realizan acciones de exploración (mapeo), muestreo, trampeo y control cultural, control etológico, control autocida y control químico, así como actividades de capacitación, divulgación y supervisión. Entre los impactos que ha tenido, se encuentra la supresión del gusano rosado en

el estado de Chihuahua y la disminución de las poblaciones en las demás regiones. De acuerdo a esta campaña, la zona norte del Valle de Mexicali no presento reportes de capturas de gusano rosado, ni de picudo del algodnero, conservándose el estatus fitosanitario de zona libre de ambas plagas.

- b) **Programa binacional de supresión/erradicación del gusano rosado y picudo del algodnero** entre el SENASICA y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos en el que se realizan acciones de exploración (mapeo), trampeo, control cultural, control etológico (Amarre de la feromona PB Rope) y la técnica del insecto estéril.

De igual manera, en los informes técnicos sobre la colecta y envío de cinco especies de lepidópteros para monitoreo de resistencia a proteínas insecticidas expresadas en algodón biotecnológico en México en 2015, 2016 y 2017, se puede observar que se han realizado muestreos en diversos sitios de las regiones algodneras tanto en algodón Bt como en los refugios y el resultado ha sido la escasa presencia o ausencia de los lepidópteros blanco.

Durante el ciclo agrícola 2015 se realizaron muestreos en la región de Mexicali, Baja California y San Luis Rio Colorado, Sonora, con el objetivo de coleccionar larvas de cinco especies de lepidópteros: gusano bellotero (*Helicoverpa zea*), gusano tabacalero (*Heliothis virescens*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*), para continuar con los muestreos de susceptibilidad a las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab.

Para realizar la colecta de los lepidópteros antes señalados se definieron para cada localidad al menos cinco áreas de muestreo donde existieran plantaciones de algodón Bt y su refugio (convencional o no Bt) y/o plantas hospederas de las especies de interés. En cada parcela o lote comercial se establecieron seis puntos de muestreo, dos en cada orilla del campo dos hacia el centro y dos hacia el final de la parcela. Se inició aproximadamente a 5 m hacia el centro del cultivo y dejando 5 m o surcos por las orillas. En el refugio, establecido con algodón sin Bt, se realizaron observaciones para la colecta de las especies en cuatro puntos de muestreo a lo largo de la parcela o lote muestreado (figura 43).

En cada uno de estos puntos se revisaron 25 plantas, observando cinco plantas consecutivas en cada diez pasos atravesando los surcos. Estos datos generaron 150 observaciones por parcela con Bt y 100 observaciones en el refugio sin Bt.

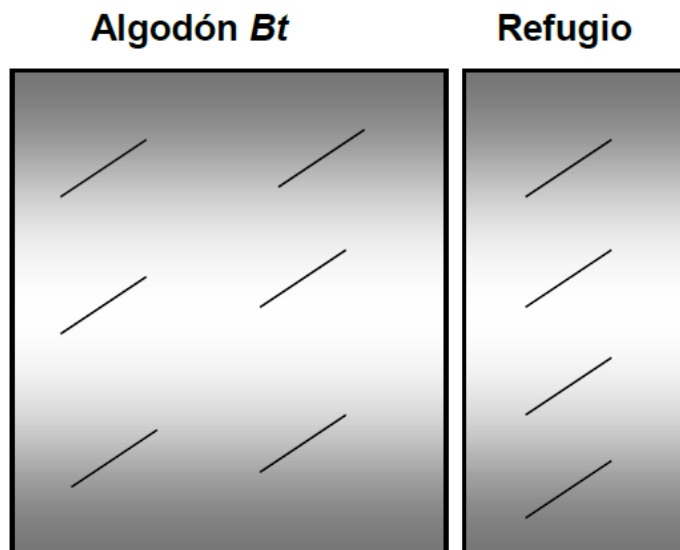


Figura 23. Muestreo de lepidópteros en algodón Bt y refugio en el Valle de Mexicali.

Se llevó a cabo un estricto control del procedimiento de colecta para sustentar la presencia o ausencia de las plagas objetivo de la tecnología, ya que, en varias regiones, se consideró la posibilidad de no obtener las densidades de población suficientes para establecer una colonia representativa de cada una de las especies objetivo de la tecnología debido al manejo que se ha hecho para el control de las plagas del algodón. Se llenaron formatos con la información recolectada en cada localidad conteniendo la ubicación georreferenciada, el cultivo donde se realizó la colecta (señalando si es GM o no), la cantidad de material obtenido, la etapa fenológica del cultivo y el estado biológico colectado. Para la región del Valle de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, no se encontraron poblaciones de larvas de gusano rosado ni de gusano bellotero en algodón en esta región. Se recolectaron 617 larvas de gusano cogollero en el cultivo de sorgo.

Durante los muestreos realizados en 2016 para la región comprendida por el Valle de Mexicali se recolectaron 300 larvas de gusano bellotero *H. zea*, una larva se obtuvo de algodón Bt, 300 larvas de gusano cogollero (*S. frugiperda*) fueron recolectadas de sorgo y dos se obtuvieron en algodón Bt. En esta región no se observaron larvas de *P. gossypiella*, *H. virescens* o *S. exigua*. (Cuadro 55).

De igual manera, durante el año 2017 en la región Mexicali B.C. y San Luis Río Colorado, Sonora, se recolectaron en el algodón empleado como refugio 2 larvas de gusano bellotero, una de gusano cogollero y una de gusano soldado. No se encontraron larvas de gusano rosado ni de gusano tabacalero además de que se realizó la colecta en maíz de 300 larvas de gusano bellotero para realizar los bioensayos correspondientes (cuadro 56).

Efectividad biológica de la tecnología GlyTol® TwinLink® en el manejo de maleza

En el Valle de Mexicali se han identificado 27 especies de malas hierbas con mayor o menor grado de infestación en los campos algodoneiros. Las de mayor frecuencia son el zacate salado, zacate de agua o pinto, enredadera o trompillo, zacate grama, quelite o bledo, coquillo, tomatillo, correhuela y zacate Johnson; éstos compiten con el cultivo durante todo el ciclo por agua, luz, nutrientes y espacio, y si no se controlan pueden reducir la producción de algodón en hueso hasta 50%, además de dificultar la pizca (cuadro 57).

Cuadro 12. Principales especies de maleza presentes en el cultivo de algodón en Mexicali y el Norte de Sonora.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Zacate salado	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	Poaceae
Zacate de agua o pinto	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae
Enredadera o trompillo	<i>Ipomoea cordatotriloba</i>	Convolvulaceae
Zacate grama	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Poaceae
Quelite o bledo	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae
Tomatillo	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	Solanaceae
Correhuela	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	Poaceae

Fuente: Herrera, A.J.L, Guzmán, R. S., Loza, V. E. 2010. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali, B.C., y San Luis Río Colorado. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste; INIFAP. 2010. Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional del Noroeste. SAGARPA. 2015. Agenda Técnica agrícola de Baja California. Paquete tecnológico Algodón.

Con respecto al control de las especies de maleza, durante el año 2015, se realizó la evaluación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio en el control de las especies de maleza presentes en el Ejido Monterrey de Mexicali, B.C. y como resultado se observó que ambos herbicidas fueron efectivos, principalmente sobre la especie *Cynodon dactylon*, en la cual, se alcanzó un 99.87% de control a los 14 días después de la aplicación (DDA) del herbicida glifosato (GLT1) y 100% a los 28 DDA de glufosinato de amonio (GLT2). Para la maleza *Convolvulus arvensis* se obtuvieron porcentajes de control de 90% en el tratamiento GLT1 y 93% en GLT2 a los 28 y 14 DDA respectivamente.

En este ensayo se evaluó la efectividad de los herbicidas, la aplicación de ambos herbicidas ejerció un excelente control sobre las especies de maleza presentes en la primera y segunda aplicación (100%) y solamente en el caso de la especie *Convolvulus arvensis* se observaron porcentajes de control de 86.41% con la aplicación de glifosato y 87.72% con el uso de glufosinato de amonio. Esta especie es conocida por ser naturalmente tolerante al herbicida glifosato, por lo que se requiere usar dosis más altas para su control.

En este ensayo, se observó un control excelente con el empleo de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio sobre la maleza presente, principalmente a los 14 días después de la primera y segunda aplicación. Las especies de maleza que generaron mayor competencia e impacto económico en el cultivo de algodón fueron: *Ipomoea cordatotriloba* Dennst., *Echinochloa colona* (L.) Link, y *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Estas especies de maleza se consideraron representativas de la región por encontrarse espacial y temporalmente asociadas al cultivo de algodón, además algunas de ellas coinciden con la lista de las especies de maleza que se observan con mayor frecuencia en el Valle de Mexicali.

Durante las evaluaciones efectuadas en la tecnología GlyTol® TwinLink® no se observaron síntomas de fitotoxicidad a los 7 y 14 DDA por efecto del herbicida Faena® Fuerte, por consiguiente, dicha tecnología toleró las aplicaciones del herbicida antes mencionado. Por otra parte, el efecto de control registrado en algunas especies de maleza a los 28 DDA fue superior como es el caso de *C. dactylon* y *C. rotundos*, mientras que para *E. crus-galli* fue control medio con un 84.26 %. La variedad utilizada como comparador registró al final de la evaluación un muy buen control (98.74 %) en promedio en todas las especies de maleza registradas. En cuanto a la abundancia, diversidad y frecuencia de maleza en el sitio de liberación de la tecnología, las especies más características fueron: *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv y *Cyperus rotundus* L., consideradas dominantes bajo las condiciones en las que se realizó este ensayo.

Las especies más características que ocasionaron interferencia fueron: *Amaranthus palmeri* S. Wats y *Convolvulus arvensis* L., estas especies se consideraron como las dominantes bajo las condiciones en las que se realizó este ensayo. La tecnología GlyTol® TwinLink® presentó tolerancia a las aplicaciones del herbicida Faena® Fuerte y no se observaron síntomas de fitotoxicidad durante las cuatro evaluaciones efectuadas.

Con base en la información anterior se puede concluir que las especies de maleza que estuvieron asociadas al cultivo de algodón en las liberaciones experimentales y piloto, durante los años 2015, 2017 y 2018 son representativas de la región agrícola de Baja California y el Norte de Sonora y que el algodón con tecnología GlyTol® TwinLink® ofrece ventajas en el manejo de estas al tener la tolerancia a la aplicación de dos moléculas herbicidas, lo que permite realizar un manejo adecuado del cultivo y tetrazar la aparición de resistencia.

viii. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados

Aguilar-Medel, S., Rodríguez-Maciel J. C., Díaz-Gómez O., Martínez-Carrillo J. L., López-Collado J., Blanco C. A., and Lagunes-Tejeda A. 2007. Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Boddie) to δ -endotoxin Cry2Ab of *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Agrociencia* 41: 653 – 662.

- Alibhai, M., & Stallings, W. (2001). Closing down on glyphosate inhibition—with a new structure for drug discovery. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 98(6), 2944-2946.
- Andow D.A., Olson D. y Hellmich R. 2000. Frequency of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ab in an Iowa population of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Economic Entomology* 93:26-30.
- Aronson, A., Beckman, W., & Dunn, P. (1986). *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. *Microbiol. Rev.*, 50, 1-24.
- Aronson, A.I., and Y. Shai. 2001. Why *Bacillus thuringiensis* insecticidal toxins are so effective: unique features of their mode of action. *FEMS Microbiology Letters*. 195: 1-8.
- Bartlett, S., Grossman, A., Chua, N., Edelman, M., Hallick, R., & Chua, N. (1982). Methods in chloroplast molecular biology. *Elsevier*.
- Ashour, N.I. – Abd-El'Hamid A.E.H.M. 1970. Relative salt tolerance of Egyptian cotton varieties during germination and early seedlings development. In *Plant and Soil*, vol. 3, pp. 493–495. DOI: 10.1007/BF01378240.
- Baker, H.G. (1965). Characteristics and modes of origin of weeds. In Baker, H.G. and G.L. Stebbins, ed. *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, New York. 147-169.
- Bartlett S.G., Grossman A.R. and Chua N.H. (1982) In Edelman, M., Hallick, R.B. and Chua, N.H. (eds), *Methods in Chloroplast Molecular Biology*. Elsevier Biomedical Press, New York, pp. 1081-1091
- Bentley, R. (1990). The shikimate pathway a metabolic tree with many branches. *Crit Rev Biochem Mol Biol.*, 25(5), 307–384.
- Betz, F.S.; Hammond; Fuchs, R.L. 2000. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis* protected plants to control insects' pests. *Regulatory Toxicology and Farmacology* 32: 156-173.
- Boocock MR, Coggins JR. 1983. Kinetics of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase inhibition by glyphosate. *FEBS Letters*. 154(1):127-133.
- Bravo, A., Hendrickx, K., Jansens, S., & Peferoen, M. (1992). Immunocytochemical Analysis of Specific Binding of *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Crystal Proteins to Lepidopteran and Coleopteran Midgut Membranes. *J. Invertebr. Pathol.*, 60, 247-254.
- Bravo, A. 2004. Mecanismo de acción de las proteínas bioinsecticidas de *Bacillus thuringiensis*. En *Bacillus thuringiensis en el control biológico*. Bravo, A. y Cerón, J. eds. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp. 69-100.
- Bravo A., Gill S.S., Soberón M. 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon*. 49: 423-435.
- Bravo A., Likitvivanavong S., Gill S.S. y Soberón M. 2011. *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 41:423-431
- Brookes, G. and Barfoot, P. 2012. Economic impact of GM Crops: The global income and production effects 1996-2012.
- Brent, K. J. 1986. Detection and Monitoring of Resistant Forms: An Overview. In: National Research Council (U.S.), Committee on Strategies for the Management of Pesticide Resistant Pest Populations. *Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management*. National Academy Press. pp: 298-312.
- Brubaker, C.L., and J.F. Wendel. 1993. On the specific status of *Gossypium lanceolatum* Todaro. *Genet. Resour. Crop Evol.* 40:165–170. doi:10.1007/BF00051121.
- Brubaker, C.L., F.M. Bourland, and J.F. Wendel. 1999. The origin and domestication of cotton. In: C.W. Smith and J.T. Cothren, editors, *Cotton; origin, history, technology and production*. John Wiley & Sons, New York. p. 3–31.

- Brubaker, C.L., and J.F. Wendel. 1994. Reevaluating the origin of domesticated cotton (*Gossypium hirsutum*; Malvaceae) using nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). *Am. J. Bot.* 81:1309–1326. doi:10.2307/2445407
- Bulla, L., Kramer, K. & Davidson L. (1977) Characterization of the entomocidal parasporal crystal of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of bacteriology.* 130(1), 375-383
- Caprio M.A. 1998. Evaluating Resistance Management Strategies for Multiple Toxins in the Presence of External Refuges. *J. Econ. Entomol.* v. 91, p.1021-1031.
- Carpenter, J.E., A. Felsot, T. Goode, M. Hammig, D. Onstad and S. Sankula. (2002). Comparative Environmental Impacts of Biotechnology-derived and Traditional Soybean, Corn, and Crops. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa. <http://www.cast-science.org>;
- Clive, J. 2016. Informe 52. Resumen ejecutivo. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016, ISAAA 2016.
- CropLife. 2012. Implementación del Manejo Integrado de Malezas para los Cultivos Tolerantes a Herbicidas. CropLife International.
- Culpepper AS, York AC (1998) Weed management in glyphosate-tolerant cotton. *J Cotton Sci* 2:174–185.
- De Beuckeleer, M. (2003). *Description of the amino acid sequence of the double mutant maize 5-enol pyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2m EPSPS)*. Bayer CropScience Internal report. 5 pages. M-234186-01-1.
- Della-Cioppa G, Bauer SC, Klein BK, Shah DM, Fraley RT, Kishore GM (1986). Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. *Proc Natl Acad Sci USA* 83: 6873–6877
- Dotray P. A., Keeling J. W., Henniger C. G., and Abernathy J. R. 1996. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and Devil's-claw (*Proboscidea louisianica*) control in cotton (*Gossypium hirsutum*) with pyrithiobac. *Weed Technol* 10:156–216.
- Eastick, R. J., y Hearnden, M. N. (2006). Potential for weediness of Bt cotton in northern Australia. *Weed Science*, 54(6), 1142–1151. doi:10.1614/WS-06-077R.1
- Ebersold, H., Geiser, P., & Ettliger, L. (1978). The action of the d-endotoxin of *Bacillus thuringiensis*: an electron microscope study. *Experientia*, 34, 1672.
- English L, Slatin SL (1992) Mode of action of delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis*: A comparison with other bacterial toxins. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 22, 1–7.
- Eschenburg, S., Healy, M., Priestman, M., Lushington, G., & Schonbrunn, E. (2002). How the mutation glycine96 to alanine confers glyphosate insensitivity to 5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase from *Escherichia coli*. *Planta*, 216, 129–135.
- Esqueda, E.V. A., Zita, P.G.A., Rosales, R. E. 2011. Resistencia a herbicidas. XXXIV Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza - IV Simposio Internacional de Resistencia y Tolerancia a Herbicidas (ASOMECIMA).
- FAO, 2012. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas.
- Ferré, J. and J. Van Rie, 2002. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology* 47:501–33.
- Forlani, G., Parisi, B., & Nielsen, E. (1994). 5-enol-pyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase from *Zea mays* cultured cells. *Plant Physiol.*, 105, 1107-1114.
- Franz, J., Mao, M., & Sikorski, J. (1997). *Glyphosate: A Unique Global Herbicide ACS Monograph 189* (1st Edition ed.). Washington, D.C.: American Chemical Society.

- Fryxell, P. A. 1984. Taxonomy and Germplasm Resources. pp. 27-57. In Kohel, R. J. and Lewis, C. F., Editors. Cotton. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. 605 pp.
- Fryxell, P.A. 1992. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). *Rheede* 2:108–165. Greene *et al.*, 2006
- Gould F. Anderson A., Jones A., Sumerford D., Heckel D.G., Lopez J. Micinski S., Leonard R. and Laster M. (1997). Initial frequency of alleles for resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in field populations of *Heliothis virescens*. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* 94: 3519-3523.
- Grochulski P, Masson L, Borisova S, Pusztai-Carey M, Schwartz JL, Brousseau R, Cygler M. *Bacillus thuringiensis* CryIA(a) insecticidal toxin: crystal structure and channel formation. *J Mol Biol.* 1995; 254:447–464.
- Gupta, B., Dow, J., Hall, T., & Harvey, W. (1985). Electron probe X-ray microanalysis of the effects of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* crystal protein insecticide on ions and electrogenic K⁺-transporting epithelium of the larval midgut in the lepidopteran, *Manduca sexta* in vitro. *J. Cell Sci.*, 174, 137-152.
- Hake, S. J., K. D. Hake, and T. A. Kerby. 1996. Planting and Stand Establishment. In: COTTON, Production Manual. University of California. Division of Agricultural and Natural Resources. Publication. 3352. pp:21-29.
- Hammond B., Kough J., Herouet-Guicheney C. y Jez J.M. 2013. Toxicological evaluation of proteins introduced into food crops. *Crit. Rev. Toxicol.* 2013. 43 (Suppl 2) 25-42.
- Heap I. 2017. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. May 2017. Available: www.weedscience.org.
- Hérouet C. 2004. Assessment of the toxicity and allergenicity of the PAT protein (*bar* gene). Bayer CropScience. Internal report. 41 pages. #C045036.
- Hérouet C., Esdaile D.J., Mallyon B.A., Debryne E., Schulz A., Currier T., Hendrick K., van der Klis R.J., Rouan D. 2005. Safety evaluation of the phosphinothricin acetyltransferase proteins encoded by the *pat* and *bar* sequences that confer tolerance to glufosinate-ammonium herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 41: 134–149. C047049.
- Herouet-Guicheney, C., Rouquié, D., Freyssinet, M., Currier, T., Martone, A., Zhou, J., Rouan, D. (2009). Safety evaluation of the double mutant 5-enol pyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 54, 143-153.
- Herrera, A.J.L., López, L.F., Valenzuela, P.J.A., Machain, L.M. 1988. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado. INIFAP “Campo Experimental Mexicali” CIR – Noroeste.
- Herrera Andrade, J.L.; Guzmán Ruiz, S.C.; Loza Venegas, E. 2010. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Son. INIFAP-CIRNO. Mexicali, B.C.
- Hofmann, C., P. Luthy, R. Hutter, and V. Pliska. 1988a. Binding of the delta endotoxin from *Bacillus thuringiensis* to brush- border membrane vesicles of the cabbage butterfly (*Pieris brassicae*). *Eur. J. Biochem.* 173:85-91.
- Höfte, H., and H.R. Whiteley. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol Rev* 53:242-255.
- Jarma O.A., Cardona A.C. y Araméndiz T.H. 2012. El efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. *U.D.C.A. Act. & Div. Cient.* 15(1): 63 - 76, 2012.

- Jiang, C., Wright, R.J., Woo, S.S., DelMonte, T.A., Paterson, A.H. 2000. QTL analysis of leaf morphology in tetraploid *Gossypium* (cotton). *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 100(3-4), pp.409–418.
- Kantartzi SK 2010. Hybridization barriers between cotton (*h*) and species of the Malvaceae family. *Nova Sci. Pub.* pp. 305-315
- Kishore, G., & Shah, D. (1988). Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. *Annual Review of Biochemistry*, 57, 627-663.
- Knowles, B.H., Blatt, M.R., Tester, M., Horsnell, J.M., Carroll, J., Menestrina, G. y Ellar, D.J. 1989. A cytolytic delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* forms cation-selective channels in planar lipid bilayers. *FEBS Lett.* 244: 259-262.
- Knowles, B.H., y Dow, J.A.T. 1993. The crystal δ -endotoxins of *Bacillus thuringiensis*: models for their mechanisms of action on the insect gut. *BioEssays* 15, 469-476.
- Knowles, B.H. 1994. Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* Insecticidal δ -endotoxins. In: Evans, P.D. (Ed.) *Insect Physiology*. 275–308. Academic Press, London, U.K.
- Koch M.S., Ward J.M., Levine S.L., Baum J.A., Vicini J.L., Hammond B.G. 2015. The food and environmental safety of Bt crops. *Front. Plant Sci.*, 6 (2015), p. 283
- Kohel, R.J. 1965. Inheritance of accessory involucre mutant in American Upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci.* 5: 119-120.
- Kumar, P.A., P.P Sharma, and V.S. Malik. 1996. The insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Adv. Appl. Microbiol.* 42:1-43.
- Lagiere, R. 1969. El algodón: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume, Madrid, España. 291 p.
- Lagunes, T. A. 1992. Perspectivas en el uso de insecticidas agrícolas en México, pp. 1-22. In A. Lagunes y J. C. Rodríguez [eds.], *Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas*. Volumen I. Colegio de Postgraduados. México.
- Lebrun, M., Sailland, A., & Freyssinet, G. (1997). *Mutant 5-enol pyruvylshikimate-3-phosphate synthase, gene encoding for said protein and transformed plants containing said gene*. International patent publication W0 97/04103-A2. 06.02.97. 25 pages.
- Lebrun M., Sailland A., Freyssinet G., Degryse E. 2003. Mutated 5- enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase, gene coding for said protein and transformed plants containing said gene. US patent US6566587B1 (20-MAY-2003). BAYER CROPS SCIENCE SA (FR).
- Liu, Y.B., Tabashnik, B.E., Dennehy, T.J., Patin, A.L. & Bartlett, A.C. 1999. Development time and resistance to Bt crops. *Nature* 400: 519.
- Llewellyn, D., and Fitt, G. (1996). Pollen dispersal from two field trials of transgenic cotton in the Namoi valley, Australia. *Mol. Breed.* 2, 157-166. doi: 10.1007/BF00441430
- Llewellyn, D. J., Tyson, C., Constable, G. A., Duggan, B., Beale, S., and Steel, P. (2007). Containment of regulated genetically modified cotton in the field. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121, 419-429. doi: 10.1016/j.agee.2006. 11.019
- Loera G., J., E. Rosales R., y M. A. Reyes R. 2015. Guía para cultivar algodón en el norte de Tamaulipas. Folleto para productores MX-0-310305-02-03-13-10-26. CERBCIRNE-INIFAP. Río Bravo, Tamaulipas. 43 p.
- Machain L. M.; Diaz Talamante, F.; Guzman Ruiz, S. 1988. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali. INIFAP Campo Agrícola Experimental Valle de Mexicali.
- Martínez, C.J.L.; Pacheco, C.J. Hernandez J. A. 2002. Manejo Integrado de plagas del algodón en el sur de Sonora. Folleto técnico No.46. INIFAP. CIRNO. 69 pp.
- Martínez, C.J.L. 2004. Evolución del algodón transgénico en México. VII congreso Internacional en Ciencias Agrícolas UABC.

- Martínez-Carrillo, J. L., and N. Díaz-López. 2005. Nine years of transgenic cotton in México, adoption and resistance management results. In: Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, pp: 1368-1372. 4-7 January 2005, New Orleans, Louisiana. National Cotton Council of America, Memphis TN.
- Martínez C., J. L. 2011. Guía para el manejo de plagas del algodón en el sur de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora. 19 p.
- Martínez-Carrillo, J. L. (2015). "El algodón GM en México, in VIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas (Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California), 1166-1170.
- McClintock J.T., T.B. Stone, R.D. Sjoblad, 1995. A comparative review of the mammalian toxicity of *Bacillus thuringiensis*-based pesticides. *Pesticide Sciences* 45: 95–105.
- McWilliams D. 2003. Drought strategies for cotton. New Mexico State University. Cooperative Extension Service Circular 582. 6 pp.
- Meredith W.R. Jr., Bridge R.R. (1973). Yield component and fiber properties variation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) within and among environments. *Crop Sci.* 13:307-312.
- Mitsky, T.A. 1993. Comparative alignment of CP4 EPSPS to known allergenic and toxic proteins using Fasta algorithm. 700 Chesterfield Parkway North, St Louis, MO, USA 63198. Monsanto Report No. MSL: 12820. Monsanto Company.
- Moffett J.O., Stith L., Burkhart C.C. y Shipman CW. 1975. Honey bee visit to cotton flowers. *Environmental Ecology* 4: 203-206.
- Nava-Camberos, U., V. Ávila-Rodríguez, y J.L. Martínez-Carrillo. 2010. Monitoring of the Pink bollworm susceptibility to the *Bacillus thuringiensis* endotoxins Cry1Ac and Cry2Ab in Mexico. 2010. *Southwestern Entomologist*. 35 (3): 425-429.
- OECD. (1999). Consensus document on general information concerning the genes and their enzymes that confer tolerance to phosphinothricin herbicide. *Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 11*. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2002). Series on harmonization of regulatory oversight in biotechnology No. 25. *Module II: Herbicide biochemistry, herbicide metabolism and the residues in glufosinate ammonium (Phosphinothricin)-tolerant transgenic plants. ENV/JM/MONO (2002)14*. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2007). Consensus Document on Safety Information on Transgenic Plants Expressing *Bacillus thuringiensis* - Derived Insect Control Protein. *OECD Papers*, 7(11). Ogg y Parker, 2000
- Ogiwara, K., Indrasith L. S., Asano S. y Hori H. 1992. Processing of delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD-1 and HD-73 by gut juices of various insect larvae. *J. Invertebr. Pathol.* 60: 121-126.
- Onose J., Imai T., Hasumura M., Ueda M., Ozeki Y., Hirose M. (2008). Evaluation of subchronic toxicity of dietary administered Cry1Ab protein from *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* HD-1 in F344 male rats with chemically induced gastrointestinal impairment. *Food Chem. Toxicol.* 46 2184–2189 10.1016/j.fct.2008.02.015
- Pacheco M., F. 1994. Plagas de los Cultivos Oleaginosos en México. SAGAR, INIFAP, CIRNO. Cd. Obregón, Son., México. Libro Técnico N° 3. 600 p.
- Palomo, G. A. (1996). Distribution, collection and use of wild cotton species in Mexico. *Ciencia Mexico City* 47(4): 359-369.
- Percival, A. E., J. F. Wendel, and J. M. Stewart. 1999. Taxonomy and germplasm resources. p. 33-63. In C. Wayne Smith and J. T. Cothren (eds.) *Cotton origin, history, technology and production*. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.

- Percy, R. G., and Wendel, J. F. (1990). Allozyme evidence for the origin and diversification of *Gossypium barbadense* L. *Theor. Appl. Genet.* 79, 529–542.
- Percy RG, Lu ZM, Radin JW, Turcotte EL, Zeiger E. 1996. Sayre KD, Rajaram S, Fischer RA. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in Northwest Mexico. Crop inheritance of stomatal conductance in Pima cotton (*Gossypium barbadense*). *Physiologia Plantarum* 96, 389–94.
- Perlak, F.J., Deaton R.W., Armstrong T.A., Fuchs R.L., Sims S.R., Greenplate J.T., Fischhoff D.A. 1990. Insect resistant cotton plants. *Biotechnology (NY)*. 1990. 8 (10) 939-43.
- Perlak, F.J.; Fuchs, R.L.; Dean, D.A.; McPherson, S.L.; Fishholff, D.A. 1991. Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 88:3324-3328.
- Pérez, H. M., Bernal, R. A., y Otero, A. A. (2011). Documento base de la especie *Gossypium hirsutum* L. para el análisis de riesgo ambiental. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Richardson, R. J., H. P. Wilson, G. R. Armel and T. E. Hines. 2006. Trifloxysulfuron plus pyriithobac mixtures for broadleaf control in cotton. *Weed Tech.* 20:130-136.
- Robinson AF, Bowman DT, Cook CG, Jenkins JN, Jones JE, May OL, Oakley SR, Oliver MJ, Roberts PA, Robinson M, Smith CW, Starr JL, Stewart JM. Nematode Resistance. In: Kirkpatrick TL, Rothrock CS, editors. *Compendium of cotton diseases*. second edition. St. Paul, MN: APS Press; 2001. pp. 68–72.
- Rosales, R.E., T. Medina C., E. Contreras C., L.M. Tamayo E. y V. Esqueda E. 2002. Manejo de maleza en maíz, sorgo y trigo bajo labranza de conservación. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico 24. Tamaulipas, México. 81 pp.
- Rosales, R.E., Medina, C.T. 2008. Manejo de maleza en cultivos básicos. Memoria XXIX Congreso de la ASOMECIMA A.C. Tapachula, Chiapas, México.
- Rosales, R. E., Sánchez, D. R. 2010. Manejo de maleza en algodón en el norte de Tamaulipas. INIFAP “Campo Experimental Río Bravo”.
- Rosales R.E., Sánchez D.R. 2011. Manejo del crecimiento del algodón en el norte de Tamaulipas. INIFAP Campo Experimental Río Bravo.
- Rouquié, D. 2007. Cry1Ab protein - In vitro digestibility in simulated gastric fluid. Study number SA 07110. Bayer CropScience. December 05, 2007. 56 pages. DART number: M-295272-01-1.
- Rouquié, D. 2008. Cry2Ae protein - In vitro digestibility in simulated gastric fluid. Study number SA 08126. Bayer CropScience. October 09, 2008. 55 pages. DART number: M-308906-01-1.
- Roush, R.T. and Miller, G.L. 1986. Considerations for design of insecticide resistance monitoring program. *Journal of Economic Entomology*, 79, 293J298.
- Roush RT. 1994. Managing pests and their resistance to *Bacillus thuringiensis*: Can transgenic crops be better than sprays? *Biocontrol Sci Tech* 4:501-516.
- Roush RT. 1997. Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or a chance for a new start in resistance management? *Pestic Sci* 51:328-334.
- Sacchi V.F., P. Parenti, G.M. Hanozet, B. Giordana, P. Luthy y M.G. Wolfersberger. 1986. *Bacillus thuringiensis* toxin inhibits *Pieris brassicae* midgut cells. *FEBS* 204:213-218.
- Sauka, D.H., Benintende, G.C. 2008. *Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. *Revista Argentina de Microbiología* 40: 124-140.

- Scott, A.; Bushey, D.; Freyssinet, M.; Poe, M.; Rinehardt, M. 2008. Petition for Determination of Nonregulated Status for Insect-Resistant and Glufosinate Ammonium-Tolerant cotton: TwinLink™ cotton (events T304-40 x (GHB119) OECD Unique Identifier BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8. BayerCropScience LP. Research Triangle Park, NC, USA.
- Sen, I., M. Oglakci, Y. Bolek, B. Cicek, N. Kisakurek and S. Aydin. 2004. Assessing the out-crossing ratio, isolation distance and pollinator insects in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Plant Science* 3: 724-727.
- SIAP 2016. Anuario estadístico de producción. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/agricultura/>
- Sikorski, J., & Gruys, K. (1997). Understanding glyphosate's molecular mode of action with EPSP synthase: Evidence favoring an allosteric inhibitor model. *Accounts of Chemical Research*, 30, 2-8.
- Simpson, D.M., and E.N. Duncan. 1956. Cotton pollen dispersal by insects. *Agronomy Journal* 48: 305-308.
- Smith, C.W., R.G. Cantrell, H.S. Moser and S.R. Oakley. 1999. History of cultivar development in the United States. Pp. 99-171 in C.W. Smith and J.T. Cothren, eds., *Cotton: Origin, History, Technology and Production*. John Wiley & Sons, New York.
- Steinrücken H.C., Amrhein N. 1980. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 94(4): 1207-1212.
- Stewart, J. McD. 1995. Potential for crop improvement with exotic germplasm and genetic engineering. Pp. 313-327 in *Challenging the Future: Proceedings of the World Cotton Research Conference-1, Brisbane, Australia, 13-17 February 1994* (G.A. Constable and N.W. Forrester, eds.). CSIRO, Melbourne.
- Tabashnik, B.E. 1989. Managing resistance with multiple insecticide tactics: theory, evidence and recommendations. *J. Econ. Entomol.* 82:1263-1269.
- Tabashnik, B.E. 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annu Rev Entomo* 39:47-79.
- Tabashnik, B.E., Patin, A.L., Dennehy, T.J., Liu, Y.B., Carriere, Y., Sims, M.A. & Antilla, L. 2000. Frequency of resistance to *Bacillus thuringiensis* in field populations of pink bollworm. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 97: 12980-12984.
- Terán-Vargas, A. P. 1996. Insecticide resistance of tobacco budworm in the Southern Tamaulipas, México, pp. 784-786. In *Proc. Beltwide Cotton Conference, 9-12 January 1996, Nashville, TN*. National Cotton Council of America, Memphis, TN.
- Terán-Vargas, A. P., J. C. Rodríguez, C. A. Blanco, J. L. Martínez-Carrillo, J. Cibrian-Tovar, H. Sánchez-Arroyo, L. A. Rodríguez-del-Bosque and D. Stanley. 2005. Bollgard cotton and resistance of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) to conventional insecticides in southern Tamaulipas, Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 98, 2203-2209.
- Thompson, C., Movva, N., Tichard, R., Cramer, R., Davies, J., & Lauwereys, M. (1987). Characterization of the herbicide-resistance gene bar from *Streptomyces hygroscopicus*. *EMBO J.*, 6, 2519-2523.
- Traxco. (2012). El riego del Algodón. Retrieved January 4, 2017, from <http://www.traxco.ex/blog/tecnologia-del-riego/del-algodon>
- Talipov, Ferdinand S.; Salgado Uriostegui, F.; Catalan Heverastico, C.; Domínguez Marquez, V.; Bahena Lagunas, M. 1995. El cultivo del algodón y su mejoramiento genético en el estado de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero. Dirección de Investigación Científica.
- Tojo, A. and Aizawa, K. 1983. Dissolution and degradation of *Bacillus thuringiensis* δ endotoxin by gut juice protease of the silkworm *Bombyx mori*. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 45, no. 3, p. 576-580.

- Ulloa, M., J.M. Stewart, E.A. Garcia-Castañeda, S. Godoy-Avila, A. Gaytan-Mosqueta, and S. Acosta-Núñez. 2006. Cotton genetic resources in the western states of Mexico: In situ conservation status and germplasm collection for *ex situ* preservation. *genet. Resource Crop Evol.* 53:653668.
- USDA. 1999. United States Department of Agriculture (1999). "Genetically engineered crops for pest management." *USDA Economic Research Service*, Washington DC
- US-EPA. (2008). Biopesticides Registration Action Document *Bacillus thuringiensis* modified Cry1Ab (SYN-IR67B-I) and Vip3Aa19 (SYN-IRI02-7) insecticidal proteins and the genetic material necessary for their production in COT102 XCOT67B cotton. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Biopesticides and Pollution Prevention Division, Washington, D.C. Last accessed from http://www.epa.gov/opppbd/biopesticides/ingredi_ems/tech_docs/1xad_006529.pdf
- Vaek M., Reynaerts A., Höfte H., Jansens S., de Beuckeleer M., Dean C., Zabeau M. Montagu M.V., Leemans J. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature*, Volume 328, Issue 6125m pp. 33-37.
- Valverde, M.B. E., Heap, I.M. 2009. El estado actual de la resistencia a herbicidas en el mundo. Seminario Internacional: Diagnóstico y manejo de la resistencia a herbicidas Serie Actas INIA; No. 44).
- Van Deynze, A.E., F.J. Sundstrom and K.J. Bradford. 2005. Pollen-mediated gene flow in California cotton depends on pollinator activity. *Crop Science* 45: 1565-1570.
- Van Rie J., S. Jansens, H. Hofte, D. Degheele y H. Van Mellaert. 1989. Specificity of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin. Importance of specific receptors on the brush border membrane of the midgut of target insects. *Eur. J. Biochem.* 186: 239-247.
- Van Rie, J., McGaughey, W.H., Johnson D.E., Barnett, B.D., and H. Van Mellaert. 1990. Mechanism of insect resistance to the microbial insecticide *Bacillus thuringiensis*. *Science* 247:72-74.
- Vargas, C. J. 1991. Guía para cultivar algodón en el norte de Tamaulipas. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Folleto para productores No. 11. Río Bravo, Tam. México. 17 p.
- Walsh CT, Benson TE, Kim DH, Lees WJ. 1996. The versatility of phosphoenolpyruvate and its vinyl ether products in biosynthesis. *Chemistry & Biology.* 3: 83-91.
- Wang, G.-L., J.-M. Dong and A.H. Paterson. 1995. The distribution of *Gossypium hirsutum* chromatin in *G. barbadense* germplasm: Molecular analysis of introgressive plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 1153-1161.
- Wanjura, D. F., E. B. Hudspeth, Jr., and J. D. Bilbro, Jr. 1967. Temperature-emergence relations of cottonseed under natural diurnal fluctuation. *Agron. J.* 59:217-219.
- Wehrmann, A., Van Vliet, A., Opsomer, C., Botterman, J., & Schulz, A. (1996). The similarities of bar and pat gene products make them equally applicable for plant engineers. *Nature Biotechnology*, 14, 1274-1278.
- Wendel, J. F., and Albert, V. A. (1992). Phylogenetics of the cotton genus (*Gossypium* L.): Characterstate weighted parsimony analysis of chloroplast DNA restriction site data and its systematic and biogeographic implications. *Syst. Bot.* 17, 115–143.
- Wendel JF, Brubaker CL, Seelanan T (2010) The origin and evolution of *Gossypium*. In: Stewart JM, Oosterhuis DM, Heitholt JJ (eds) *Physiology of cotton*. Springer, Dordrecht, pp 1–18.
- Wolfersberger, M.G., Hofmann, C., Luthy, P. 1986. In *Bacterial Protein Toxins*. (eds. Falmagne, P., Alout, J.E., Fehrenbach, F.J., Jeljaszewics, J. And Thelestam, M.) pp. 237-238. Fischer, New York.
- Yu, S.J. 2008. *The toxicology and biochemistry of insecticides*. CRC Press, Boca Raton, FL

- Zhang, B.H., Pan X.P., Guo T.L., Wang Q.L. and. Anderson T.A. 2005. Measuring gene flow in the cultivation of transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Molecular Biotechnology* 31: 11-20.
- Zhang, XR, Henriques, R, Lin, SS, Niu, QW, Chua, NH. 2006. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Arabidopsis thaliana* using the floral dip method. *Nature Protocols* 1: 641– 646.
- Zhou, M., Xu, H., Wei, X., Ye, Z., Wei, L., Gong, W., Zhu, Z. (2006). Identification of a glyphosate-resistant mutant of rice 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase using a directed evolution strategy. *Plant Physiology*, 140, 184-195.

IV. INSTRUCCIONES O RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y, EN SU CASO, MANEJO

BASF Mexicana, S.A. de C.V. tiene un protocolo para la movilización de material genéticamente modificado que es llevado a cabo en forma muy rigurosa antes de proceder a cualquier envío e incluye medidas para garantizar la calidad y trazabilidad de la semilla que se va a mandar al país de destino.

Importación

- Una vez que se cuenta con el permiso de liberación al ambiente correspondiente, se consulta el Modulo de Requisitos Fitosanitarios (<http://www.senasica.gob.mx/?id=5145>) y se imprimen las Medidas Fitosanitarias de Importación (MFI) de acuerdo al tipo de producto, origen y procedencia del mismo. A la par de lo anterior, el departamento de Comercio Internacional deberá de realizar la “solicitud del trámite de importación SENASICA” en la VU - Ventanilla única (<http://www.ventanillaunica.gob.mx/>).
- Posteriormente se informa de la importación de la semilla y se hace un monitoreo de las cantidades y lotes.
- Una vez que se cuenta con la liberación de importación el Departamento de Logística coloca la orden de compra (*Purchase Order*) para el país exportador en SAP²⁸.
- Una vez que se cuenta con el permiso de siembra y el Certificado de Importación generado a través de la VU - Ventanilla única (<http://www.ventanillaunica.gob.mx/>), el Departamento de Comercio Internacional comienza el proceso de importación. De igual manera, realiza la liberación y el envío a la Aduana correspondiente de la cantidad de semilla solicitada, acompañando el embarque con la documentación necesaria y la establecida en la MFI.
- El Departamento de Comercio Internacional a través del Agente Aduanal contratado para tal fin, realiza la liberación de la semilla de la aduana; en caso de cualquier contratiempo o que se requiera algún tipo de aclaración, el Coordinador responsable del Dpto. de Comercio Internacional lo comunicará inmediatamente a la Gerencia de Negocio y Asuntos Regulatorios, en caso de ser necesaria documentación adicional ésta será provista por la gerencia correspondiente.
- Una vez liberada la semilla de la aduana ésta se envía al almacén de BASF ubicado en Delicias, Chih. Cuando la semilla llega a su destino, el responsable del almacén revisa el embarque y procede a darle ingreso en el sistema SAP y en físico.

²⁸ SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) es un sistema de gestión de recursos empresariales que integra muchas o todas las funciones de la empresa como finanzas, planificación, costos, comercial, mercadeo, manufactura, logística, mantenimiento, control de calidad y Recursos Humanos.

Movilización hacia al almacén

La movilización se realizará vía terrestre a partir del origen de la semilla en Lubbock, Texas y posteriormente se ingresará a México a través de la aduana de Cd. Juárez, Chihuahua (figura 44). En caso de ser necesario se utilizarán las aduanas de Nuevo Laredo, Matamoros y Reynosa en Tamaulipas, San Luís Río Colorado y Nogales en Sonora, Mexicali, B.C. u Ojinaga en Chihuahua; de ser así, se notificará dicho cambio al SENASICA.

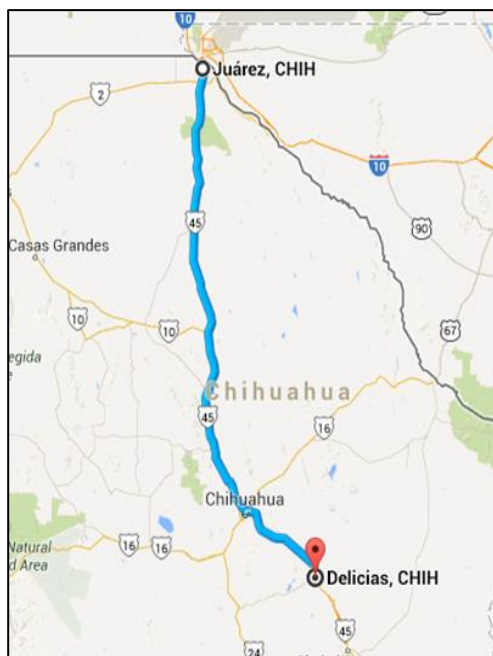
En la aduana de entrada al país, la semilla será recibida por el Agente Aduanal de BASF de México, cuya dirección y contacto es:

Lic. Elizabeth Rincón
C& E Agentes Aduanales, S.A. de C.V.

Previo a la movilización de la semilla, el responsable del traslado constatará que:

- No se produjeron pérdidas accidentales durante el proceso de descarga y liberación.
- Los envases no sufrieron deterioro que impida su transporte y que éstos estén correctamente identificados.
- El movimiento de la semilla será realizado el mismo día de la liberación de aduana. En caso de que no hubiera posibilidad de movilizar la semilla ese mismo día, la misma será almacenada temporalmente en instalaciones aprobadas por BASF para tal fin.
- Los documentos para la movilización serán archivados en la empresa BASF para ser consultados por las personas autorizadas.

Una vez realizado lo anterior la semilla será transportada vía terrestre al almacén de BASF Mexicana ubicado en Ciudad Delicias, Chihuahua en la siguiente dirección:



Origen: Lubbock, Estados Unidos de Norteamérica, ingresando por Puente Libre de Córdoba S/N Área de Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua

Destino: Almacén BASF, km 3 Carretera Panamericana Sur S/N, Sector Oriente, C.P. 33019, Delicias, Chihuahua y posteriormente a parcelas en Chihuahua y Comarca.

Carreteras: Mex 045 y 045 D

Distancia: 436 km

Puntos intermedios: Cd. Juárez - Ahumada 117 km, Ahumada – El Sueco 86.7 km, El Sueco – Sacramento 126 km, Sacramento – Chihuahua 21.8 km y Chihuahua – Delicias 85 km.

Figura 24. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Almacén en Delicias, Chihuahua.



Figura 25. Almacén de BASF ubicado en Delicias, Chihuahua.

Almacenamiento

1. Después de que la semilla es ingresada a la bodega se deberá proceder a actualizar los respectivos inventarios, tomando el peso bruto del material que ingresa, el estado del paquete y la persona que lo hace.
2. Los materiales podrán ser almacenados en el mismo sitio, pero separados e identificados correctamente.
3. Las personas autorizadas para ingresar a la bodega deberán llenar el formato de registro de entrada y salida de personal e indicar el motivo de su ingreso.

4. Cada vez que se realicen ingresos y salidas de semilla de la bodega, se deberá actualizar en el sitio de SharePoint correspondiente indicando las cantidades que se retiran, destino y la persona que retira.
5. Todos los envases individuales estarán etiquetados y la etiqueta deberá colocarse de manera que se preserven estos datos durante el periodo de almacenamiento y movilización. De igual manera, deberá contener la siguiente información con base en la NOM-001-SAG/BIO-2014.



GlyToI® TwinLink®

BASF MEXICANA, S.A. DE C.V.
Av. Insurgentes Sur 975, Col. Ciudad de los Deportes, C.P. 03710 Ciudad de México.
Tel. (55) 53 25 23 00

R.F.C. BME8109104S6

SEMILLA GENETICAMENTE MODIFICADA

SEMILLA DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) VARIEDAD: Indicada en la bolsa

Tecnología: GlyToI® TwinLink®

Identificador OCDE: BCS-GH002-5 x BCS-GH004-7 x BCS-GH005-8

Germinación: 80% (MIN)

Semilla pura: 99%

Materia inerte: 1% (MAX)

Semilla de maleza nociva/kg: Ninguna

Semilla de otros cultivos: Ninguna

Categoría de la semilla: Declarada

Fecha de análisis de germinación: Información en la bolsa

Número de Lote: Información en la bolsa

Contenido neto: 220,000 semillas.

Importante: Sacos llenados por conteo de semilla, el peso puede variar entre 21 – 25 kg/bolsa.

Semilla producida en Estados Unidos de América por: BASF Agricultural Solutions Seed US LLC. 3316 9th Street, Lubbock, TX, 79409, USA.

Exportada por: BASF Agricultural Solutions Seed US LLC. 3316 9th Street, Lubbock, TX, 79409, USA.

Importada por: BASF Mexicana, S.A. de C.V. Insurgentes Sur No 975, C.P. 03710 Ciudad de México. Tel: 55-53-25-2600.

Tratamiento de la semilla: Desborre químico a base de ácido, semilla tratada con fungicidas e insecticidas.

Fungicidas: Vortex® FS (ipconazole), Allegiance® FL (metalaxyl), Spera® 240 FS (myclobutanil), EverGo® Prime (penflufen).

Insecticidas: Gaucho® 600 (imidacloprid)

ADVERTENCIA: Esta semilla ha sido tratada con plaguicidas, por lo tanto:

- “Manténgase fuera del alcance de los niños, mujeres embarazadas, en lactancia y animales domésticos”
- “No se transporte ni se almacene junto a productos alimenticios o forrajes”
- “No se almacene en casas habitación”
- “No se utilice como alimento ni para extracción de aceite”

Variedad Genéticamente Modificada: El algodón GlyTol® TwinLink® (GLT) expresa las proteínas insecticidas Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki* y Cry2Ae de *Bacillus thuringiensis subsp. Dakota*, que le confieren resistencia al ataque de insectos lepidópteros como gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) y gusano tabacalero (*Heliothis virescens*), así mismo expresa las proteínas PAT de *Streptomyces hygroscopicus* y 2mEPSPS del maíz, que le confieren tolerancia a las aplicaciones totales de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, permitiendo el uso de dos mecanismos de acción herbicida para un manejo más eficiente de la maleza en el cultivo del algodón. El algodón GlyTol® TwinLink® (GLT) puede requerir aplicaciones complementarias de insecticidas para el control de insectos difíciles como gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner), por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo para determinar si es necesaria la aplicación complementaria de insecticidas para asegurar el nivel control deseado.

Para su manejo agronómico, se sugiere seguir las indicaciones de manejo para el algodón del campo experimental del INIFAP más cercano. La temperatura de suelo mínima para obtener una buena germinación y emergencia de la semilla de algodón es de 18°C. Siembras realizadas cuando el clima no permita estas condiciones pueden resultar en un mal establecimiento del cultivo.

Precauciones y advertencias de bioseguridad:

- “Esta Semilla Genéticamente Modificada no debe sembrarse, cultivarse o producirse fuera de las zonas autorizadas para su liberación”
- “El uso de esta semilla genéticamente modificada implica cumplir las medidas de bioseguridad y condicionantes contenidas en el permiso de liberación al ambiente”
- “Esta semilla no está destinada para consumo”
- “En caso de liberación accidental, repórtelo a: libaccidental@gm.dgiaap@senasica.gob.mx. C.P. 04530, Tel. +52 (55) 5905 1000 Ext. 51500, 51501 y 51502

“PROHIBIDA SU SIEMBRA EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS”

Si se utiliza un envase secundario (embalaje) este también se etiquetará de manera visible con la información del inciso anterior y especificará la cantidad de envases individuales que contiene.

se muestra la evidencia fotográfica del empaque y, como se mencionó anteriormente, se muestra la etiqueta de los empaques en los que es transportada la semilla.

Movilización hacia los sitios de liberación

La semilla saldrá del almacén sólo cuando BASF lo autorice y será transportada vía terrestre hacia los sitios de liberación ubicados en los municipios autorizados del Valle de Mexicali y una vez que la semilla sea entregada al distribuidor con quien BASF tenga un convenio vigente, se procederá a revisar el inventario de semilla y firmar de recibido si las cantidades despachadas coincide con las cantidades entregadas.

Las medidas de bioseguridad que se van a utilizar durante las diferentes etapas de la movilización son:

1. Las semillas de algodón GM serán transportadas en bolsas de papel resistentes a la manipulación, selladas para prevenir cualquier derrame desde el origen hasta las bodegas y/o sitios autorizados para la liberación al ambiente.
2. Al documentar los embarques de semilla, se harán todas las especificaciones pertinentes a la compañía transportadora para que el material sea maniobrado con cuidado y evitar rompimiento de las bolsas.
3. Los envases (bolsas) estarán claramente identificados mediante etiquetas visibles y acordes a las especificaciones establecidas en la NOM-001-SAG/BIO-2014
4. En caso de de liberación accidental de material de algodón genéticamente modificado durante el transporte, se notificará al correo libaccidentalogm.dgiaap@senasica.gob.mx, dentro de las 24 horas siguientes que se tenga conocimiento de la misma, e informará de manera oficial en un periodo de 3 días hábiles a la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera y a la Dirección General de Sanidad Vegetal de la situación, así mismo, BASF Mexicana implementará inmediatamente las siguientes acciones:
 - Georreferenciar el sitio de la liberación accidental y delimitar el área de dispersión
 - Recuperar toda la semilla que sea posible
 - Realizar un balance entre la semilla transportada y la semilla recuperada para conocer la cantidad de semilla no recuperada y documentarlo
 - Recabar evidencia fotográfica del sitio de liberación y del material liberado
 - Establecer un programa de monitoreo de plantas voluntarias en el sitio de liberación

- Eliminación de plantas voluntarias de manera manual o mediante el uso de herbicidas
- Entregar un reporte al SENASICA con la documentación de las actividades realizadas

Documentación para la movilización

- Lista de inventario de todos los envases, embalajes y materiales que se envían especificando la fecha de envío.
- Guía original de transporte especificando claramente la fecha de envío con la lista de inventario anexa.
- La guía de transporte y la lista de inventario debe enviarse vía correo electrónico a la persona autorizada para recibir la semilla con anticipación al envío.
- Los documentos relacionados con el transporte de la semilla de algodón GM se mantendrán bajo resguardo.
- Las empresas transportistas serán provistas de una Hoja de datos de seguridad para transporte, desarrollada específicamente para semillas genéticamente modificadas.

V. CONDICIONES PARA SU LIBERACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN, EN CASO DE SER NECESARIAS

a) Especificaciones de control

Durante la liberación en comercial se dará cumplimiento a las Medidas de bioseguridad y Condicionantes establecidas en el Permiso de Liberación al Ambiente (PLA) correspondiente y se implementarán las Prácticas de gestión responsable (Stewardship), con el objetivo de asegurar el control de calidad y la trazabilidad durante todo el ciclo de vida del algodón GLT.

b) Comercialización

La semilla será transportada después de su ingreso al país hacia el almacén de BASF en Delicias, Chihuahua. Desde ahí será enviada a los distribuidores autorizados quienes procederán a entregarla a los agricultores que reúnan los requisitos y firmen el “Contrato de licencia no exclusiva para el uso de tecnología de BASF”. Los distribuidores autorizados para comercializar semilla de algodón GLT en el Valle de Mexicali se indican en el cuadro 58.

Cuadro 13. Distribuidores autorizados para comercializar semilla de algodón GLT en el Valle de Mexicali.

Distribuidor	Region
JAM Agroquimicos	Mexicali - SLRC
QUIMICAL S.A de C.V.	Mexicali - SLRC
Tecniagro del Río Colorado S. de R.L.	Mexicali - SLRC

c) Cumplimiento durante la liberación

BASF establecerá controles obligatorios para el cumplimiento durante la comercialización y liberación de la semilla, en apego al PLA correspondiente. Lo anterior será ratificado mediante la firma del “Contrato de licencia no exclusiva para el uso de tecnología de BASF” y del “Contrato de colaboración con Despepites”.

A continuación, se presentan las responsabilidades y obligaciones de los agricultores y despepites que usen el algodón con tecnología GlyTol® TwinLink®

Contrato de Licencia no exclusiva para el uso de tecnología de BASF

EL LICENCIATARIO reconoce que el uso de la semilla estará limitado a una siembra. Así mismo, las partes acuerdan que, al obtener esta licencia de uso no exclusivo, el LICENCIATARIO tendrá las siguientes obligaciones:

- a) Contar con un permiso de siembra de algodón emitido por las autoridades competentes o la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (en lo sucesivo SADER), así como cumplir con los programas de erradicación y/o control de plagas del algodonoero que apliquen a la región.
- b) Reportar a BASF y al Distribuidor autorizado en un plazo no mayor a 5 (cinco) días del cierre de la venta de siembra: i) la ubicación geográfica de los predios sembrados en coordenadas UTM con referencia ITRF08, ii) las fechas de siembra de los predios sembrados, iii) la cantidad de semilla utilizada de cada una de las variedades y tecnologías, iv) la cantidad de semilla remanente y v) la ubicación del sitio de almacenamiento de la semilla en coordenadas UTM con referencia ITRF08.
- c) Abstenerse de sembrar la semilla a una distancia mínima de aislamiento de 100 metros de poblaciones de algodón silvestres y campos de producción de semilla básica.

- d) Implementar el desarraigo de plantas o barbecho en los sitios en que fue sembrada la semilla.
- e) Monitorear y controlar plantas voluntarias posterior al término del ciclo de cultivo en los predios sembrados y zonas aledañas durante un periodo de 6 meses.
- f) Abstenerse de utilizar para una nueva siembra la semilla cosechada producto de la semilla inicial.
- g) Dar acceso a BASF y a los terceros que éste designe a los predios sembrados a efecto de que pueda tomar muestras y realizar las evaluaciones requeridas de acuerdo con la legislación aplicable y conforme a lo ordenado por las autoridades competentes.
- h) Informar a BASF y al Distribuidor autorizado la fecha de cosecha en un plazo no mayor a 5 (cinco) días hábiles de ésta, a través de los sistemas definidos en la Política Comercial de BASF.
- i) Abstenerse de sembrar semillas que contengan la tecnología de BASF a menos de 1 km o dentro de cualquier Área Natural Protegida (ANP), siendo que la siembra en dichas áreas traerá como consecuencia al LICENCIATARIO la destrucción de la misma a su costa, sacando a salvo y en paz a BASF de las responsabilidades administrativas, civiles y penales que sean consecuencia de dicha siembra. Las siembras en los sitios RAMSAR o humedales estarían prohibidas o condicionadas de acuerdo con el dictamen que establezcan las Autoridades correspondientes en el Permiso de Liberación al Ambiente de la temporada correspondiente, dado lo cual, en caso de incumplimiento a esta disposición, el LICENCIATARIO deberá destruir la siembra asumiendo todos los gastos que esto conlleve, así como aquellos que pudieran generar.
- j) Abstenerse de sembrar semillas que contengan la tecnología de BASF fuera de los polígonos autorizados, dado lo cual, en caso de incumplimiento a esta disposición, el LICENCIATARIO deberá destruir la siembra asumiendo todos los gastos que esto conlleve, así como aquellos que pudieran generarse directa o indirectamente como consecuencia de dicho incumplimiento en relación con terceros tales como sanciones administrativas, civiles, penales o de cualquier otra índole.
- k) Dar aviso a BASF y al distribuidor autorizado dentro de las 12 (doce) horas posteriores a cualquier desviación, liberación accidental, robo, sustracción o despojo de las semillas, siembra fuera del polígono o polígonos autorizados o dentro de un Área Natural Protegida.

- l)** Participar en al menos un curso de capacitación por ciclo sobre el uso y manejo de las tecnologías de BASF.
- m)** Sembrar refugio en cualquiera de las proporciones que establece la regulación vigente (80:20 o 96:4) y manejarlo conforme a lo indicado en los cursos de capacitación proporcionados por BASF.
- n)** Entregar las Semillas de la cosecha sólo a despepites autorizados por BASF. BASF informará al LICENCIATARIO quiénes son sus despepites autorizados, previo al inicio de la temporada de cosecha.
- o)** Deberá abstenerse adicionalmente de:
 - a.** revender o suministrar las Semillas que contengan la tecnología de BASF incorporada en las mismas, adquiridas en relación con esta Licencia, a tercero alguno, ya sea persona física o moral;
 - b.** usar por sí mismo o a través de un tercero y/o vender o disponer de cualquier forma de las Semillas adquiridas que contengan la tecnología de BASF incorporada en las mismas, o del producto derivado de dichas Semillas, con el fin de reproducción, investigación, producción y/o explotación comercial de semilla, reversar la ingeniería o análisis de la configuración genética de las Semillas;
 - c.** conservar, guardar o almacenar cualesquiera Semillas producidas de las Semillas adquiridas que contengan la tecnología de BASF incorporada en las mismas, con el fin de venderlas, suministrarlas o disponer de ellas de cualquier forma a favor de tercero alguno, ya sea persona física o moral, que vaya a revenderlas, suministrarlas o utilizarlas, directa o indirectamente, para sembrarlas y/o cosecharlas;

En virtud de que las Semillas de algodón que contienen las tecnologías Bollgard® II/Solución Faena® Flex (B2F), GlyTol® LibertyLink® (GL), GlyTol® TwinLink® (GLT) y GlyTol® TwinLink® Plus (GLTP) incorporadas en las mismas, son tolerantes a los herbicidas Faena® Fuerte y/o Finale® Ultra, BASF no se hace responsable por el uso de cualquier otro herbicida que no sea Faena® Fuerte 360 sobre las Semillas que contengan la tecnología Bollgard® II/Solución Faena® Flex, o Finale® Ultra y/o Faena® Fuerte 360 sobre las Semillas que contengan las tecnologías GlyTol® LibertyLink® (GL), GlyTol® TwinLink® (GLT) y GlyTol® TwinLink® Plus (GLTP) incorporadas en las mismas.

Contrato de colaboración con despepites

El Despepite se obliga con BASFMEX a lo siguiente:

- a) Cerciorarse que las semillas de algodón genéticamente modificado obtenidas del proceso de despepite no sean enajenadas a terceros para ser usadas como semilla para siembra, realizando para ello el siguiente manejo:
 - I. Realizar una bitácora de la cantidad de algodón hueso (semilla más fibra), recibido por día para el proceso de despepite.
 - II. Destinar toda la semilla producto del despepite al cerro común, sin diferenciar variedades y tecnologías.
 - III. Realizar una bitácora de entrega o enajenación de semilla, misma que sólo podrá ser entregada o comercializada por el Despepite previo tratamiento químico, térmico, físico y/o mecánico; ya sea para su procesamiento industrial o para forraje, estableciendo en dicha bitácora el fin que manifiesta el tercero.;
 - IV. Obtener del tercero al que sea enajenada la semilla, la firma en bitácora de cantidad recibida o en su caso una constancia de la cantidad que es recibida por el tercero.

- b) Abstenerse de:
 - I. Desviar, vender o suministrar las semillas de algodón genéticamente modificado obtenidas del proceso de despepite, a tercero alguno, ya sea persona física o moral, para fines de siembra, investigación, producción, reversar la ingeniería o análisis de la configuración genética de las semillas;
 - II. Usar por sí mismo o a través de un tercero y/o vender o disponer de cualquier forma de las semillas de algodón genéticamente modificado obtenidas del proceso de despepite, o del producto derivado de dichas semillas, con fines de siembra, investigación, producción, reversar la ingeniería o análisis de la configuración genética de las semillas;
 - III. Conservar, guardar o almacenar cualesquiera semillas de algodón genéticamente modificado obtenidas del proceso de despepite, con el fin de venderlas, suministrarlas o disponer de ellas de cualquier forma a favor de tercero alguno, ya sea persona física o moral, que vaya a revenderlas, suministrarlas o utilizarlas, directa o indirectamente, para siembra;

- a) Colaborar con el monitoreo y destrucción de plantas voluntarias de algodón dentro de las instalaciones y área de influencia del Despepite, para coadyuvar a evitar la dispersión y establecimiento de semilla de algodón genéticamente modificado fuera de las zonas autorizadas.

- b) Promover buenas prácticas de transporte de semilla hacia las instalaciones de procesamiento industrial o consumo como forraje para ganado, informando a los transportistas sobre la obligación de evitar la dispersión de semilla de algodón genéticamente modificado durante el transporte, mediante la utilización de lonas para cubrir la semilla.
- c) Participar en al menos un curso de capacitación por ciclo sobre el uso y manejo de las tecnologías de BASF. Sin perjuicio de lo anterior, el Despepite manifiesta expresamente haber recibido en este acto el manual de Manejo de Algodón Genéticamente Modificado en México, que contiene información sobre las Medidas de bioseguridad y Condicionantes establecidas en los permisos de liberación al ambiente y de las responsabilidades de los involucrados en la liberación, mismo que el Despepite admite haber leído y entendido en su totalidad.
- d) Ninguna de las Partes utilizará, cederá o revelará a terceros cualquier información suministrada por su contraparte en este contrato o relacionada con éste salvo para cumplir con las obligaciones establecidas en los permisos de liberación al ambiente y/o legislación de la materia.
- e) El Despepite deberá comunicar a BASFMEX cualquier incidente como derrame de semilla en carretera, conocimiento de acondicionamiento para siembra o cualquier otra contravención a las medidas de protección antes mencionadas.
- f) BASFMEX se reserva el derecho de incluir o retirar de la lista de Despepites Autorizados al Despepite, derivado del cumplimiento del presente instrumento y de las medidas de protección al ambiente.

d) Siembra en campo

Una vez que el agricultor recibe la semilla, se deberán seguir las recomendaciones de manejo comunicadas durante las capacitaciones y se deberán implementar las prácticas de manejo generadas por el Campo Experimental Valle de Mexicali del Centro de Investigación Regional Noroeste (cuadro 59).

Cuadro 14. Manejo agronómico del cultivo del algodón en el Valle de Mexicali.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
Preparación del terreno	Propiciar un medio óptimo para la germinación de la semilla y el desarrollo radicular de la planta se logra a través de rastreo, subsuelo, barbecho, nivelación, surcado a 92 centímetros (cm) o 1 metro (m) de separación o camas separadas a 172 cm.	Propiciar un medio óptimo para la germinación de la semilla y el desarrollo radicular de la planta se logra a través de rastreo, subsuelo, barbecho, nivelación, surcado a 92 centímetros (cm) o 1 metro (m) de separación o camas separadas a 172 cm.
Bordeo	Hacer melgas con un trazo de los bordos cada 20 o 24 surcos; esta labor puede omitirse si se tiene una buena nivelación.	Hacer melgas con un trazo de los bordos cada 20 o 24 surcos; esta labor puede omitirse si se tiene una buena nivelación.
Variedades	Variedades con la tecnología GLT que presentan ciclos precoz e intermedio.	Para escapar del ataque de plagas de final de ciclo, así como a las altas temperaturas, se sugiere utilizar variedades de ciclo precoz e intermedio.
Cantidad de semilla	Para una población de 120,000 plantas por hectárea en surcos de 1 m de separación sembrados a una hilera, equivalente a 12 plantas por metro lineal, el porcentaje de germinación de la semilla es de 80 % y la cantidad de semilla por hectárea es de $120,000/0.80=150,000$ semillas que, a su vez, representan 15 semillas por metro lineal.	Para una población de 120,000 plantas por hectárea en surcos de 1 m de separación sembrados a una hilera, equivalente a 12 plantas por metro lineal, el porcentaje de germinación de la semilla es de 80 % y la cantidad de semilla por hectárea es de $120,000/0.80=150,000$ semillas que, a su vez, representan 15 semillas por metro lineal.
Forma de sembrar	En surcos convencionales separados a 1 m, sembrar a una hilera en surcos angostos con separación de 76 a 81 cm entre ellos y en camas separadas a 172 cm sembradas a doble hilera con separaciones de 81 cm entre éstas; sembrar en húmedo y depositar la semilla a una profundidad de 5 a 6 cm. Previo a la siembra, se recomienda un paso de rastra de picos o cultivadora Lillingston para romper la costra formada por el riego de presiembra.	En surcos convencionales separados a 1 m, sembrar a una hilera en surcos angostos con separación de 76 a 81 cm entre ellos y en camas separadas a 172 cm sembradas a doble hilera con separaciones de 81 cm entre éstas; sembrar en húmedo y depositar la semilla a una profundidad de 5 a 6 cm. Previo a la siembra, se recomienda un paso de rastra de picos o cultivadora Lillingston para romper la costra formada por el riego de presiembra.
Densidad de plantas	En surcos separados a un metro se estima que de 10 a 12 plantas por metro lineal (100,000 a 120,000 plantas por hectárea) es la población idónea para obtener altos rendimientos, buena calidad de fibra y uniformizar el resto de las prácticas	En surcos separados a un metro se estima que de 10 a 12 plantas por metro lineal (100,000 a 120,000 plantas por hectárea) es la población idónea para obtener altos rendimientos, buena calidad de fibra y uniformizar el resto de las prácticas

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>culturales (control de plagas, fertilización, riegos, aplicación de reguladores de crecimiento y defoliación).</p> <p>Para el método de siembra en surcos angostos y camas a doble hilera, los mejores resultados se alcanzan con 115,000 a 120,000 plantas por hectárea, lo cual se logra con ocho a nueve plantas por metro lineal. Una ventaja adicional de estas densidades de población es que se evita el aclareo de plantas.</p>	<p>culturales (control de plagas, fertilización, riegos, aplicación de reguladores de crecimiento y defoliación).</p> <p>Para el método de siembra en surcos angostos y camas a doble hilera, los mejores resultados se alcanzan con 115,000 a 120,000 plantas por hectárea, lo cual se logra con ocho a nueve plantas por metro lineal. Una ventaja adicional de estas densidades de población es que se evita el aclareo de plantas.</p>
Fertilización	<p>La dosis recomendada de nitrógeno está en función del rendimiento esperado, la eficiencia del producto y la forma de aplicación.</p> <p>Se requiere de 22 a 29 kg de nitrógeno para producir una paca de fibra de 227 kg. Se sugiere fraccionar la aplicación del nitrógeno en tres partes iguales: al inicio de formación de cuadros, en la etapa máxima de cuadro y la floración, las cuales coinciden con el primero, segundo y tercer riego de auxilio.</p> <p>Fósforo; para mayor seguridad es conveniente analizar el suelo a dos profundidades: de 0 a 30 y de 30 a 60 cm por el método de Olsen, si existen menos de 21 kg/ha de fósforo 21 asimilable. Se deberán utilizar 9 kg de P/kg abajo del punto de referencia, ya que el cultivo de algodón requiere 10 kg de fósforo por paca cosechada. La aplicación del fósforo granulado se realiza en presiembra para que pueda asimilarse.</p>	<p>La dosis recomendada de nitrógeno está en función del rendimiento esperado, la eficiencia del producto y la forma de aplicación.</p> <p>Se requiere de 22 a 29 kg de nitrógeno para producir una paca de fibra de 227 kg. Se sugiere fraccionar la aplicación del nitrógeno en tres partes iguales: al inicio de formación de cuadros, en la etapa máxima de cuadro y la floración, las cuales coinciden con el primero, segundo y tercer riego de auxilio.</p> <p>Fósforo; para mayor seguridad es conveniente analizar el suelo a dos profundidades: de 0 a 30 y de 30 a 60 cm por el método de Olsen, si existen menos de 21 kg/ha de fósforo 21 asimilable. Se deberán utilizar 9 kg de P/kg abajo del punto de referencia, ya que el cultivo de algodón requiere 10 kg de fósforo por paca cosechada. La aplicación del fósforo granulado se realiza en presiembra para que pueda asimilarse.</p>
Reguladores de crecimiento	<p>El regulador de crecimiento más usado es el cloruro de mepiquat.</p> <p>Se recomienda emplearlo con base en el vigor de la planta, el cual se determina por medio de su altura dividida entre el número de nudos; la relación obtenida se ubica en una gráfica de desarrollo vegetativo y edad de la misma; a partir de ello se establece con claridad si el valor derivado corresponde a un crecimiento normal o si</p>	<p>El regulador de crecimiento más usado es el cloruro de mepiquat.</p> <p>Se recomienda emplearlo con base en el vigor de la planta, el cual se determina por medio de su altura dividida entre el número de nudos; la relación obtenida se ubica en una gráfica de desarrollo vegetativo y edad de la misma; a partir de ello se establece con claridad si el valor derivado corresponde a un crecimiento normal o si</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>procede la aplicación del producto en caso de tener un crecimiento exuberante. Otro criterio para el uso del regulador es cuando el entrenudo, situado entre el cuarto y quinto nudo a partir de la yema terminal, es igual o superior a 5 cm; este valor, así como la dosis por utilizar, se relacionan con la edad de la planta.</p>	<p>procede la aplicación del producto en caso de tener un crecimiento exuberante. Otro criterio para el uso del regulador es cuando el entrenudo, situado entre el cuarto y quinto nudo a partir de la yema terminal, es igual o superior a 5 cm; este valor, así como la dosis por utilizar, se relacionan con la edad de la planta.</p>
<p>Riegos</p>	<p>Primer riego. Debe aplicarse entre el inicio del cuadro y antes de la aparición de las primeras flores, lo cual coincide con la acumulación, desde la siembra, de 700 a 1,100 unidades de calor (uc) con umbrales de 86 y 55 grados Fahrenheit (°F).</p> <p>Riegos subsecuentes. Las evidencias experimentales indican que en ningún caso la humedad en el suelo estará abajo de 50 %; en forma ideal, se debe permitir que se abata solo 35 %. Si se carece de un monitoreo de humedad del suelo, ésta se puede garantizar en forma indirecta mediante la programación de los riegos a intervalos de 15 a 20 días. En los suelos medios donde se siembra 22 la mayor superficie de algodónero, con estos riegos también se cubren las etapas fenológicas de formación de cuadros, floración, formación de bellotas y madurez de las mismas (hasta apertura de bellotas, primeros capullos).</p> <p>Último riego. En función del interés por explotar solo la primera o las subsecuentes curvas de producción del cultivo, el último riego podrá aplicarse en diferentes épocas. Si la decisión es algodónero de ciclo corto (primer ciclo de floración), el momento más adecuado para realizarlo es entre los 10 y 12 días posteriores a la etapa de rendimiento fisiológico o cut out, la cual se presenta al existir de cuatro a cinco nudos sobre la última flor blanca en primera posición. Para el caso de productores interesados en el algodón de ciclo largo, es</p>	<p>Primer riego. Debe aplicarse entre el inicio del cuadro y antes de la aparición de las primeras flores, lo cual coincide con la acumulación, desde la siembra, de 700 a 1,100 unidades de calor (uc) con umbrales de 86 y 55 grados Fahrenheit (°F).</p> <p>Riegos subsecuentes. Las evidencias experimentales indican que en ningún caso la humedad en el suelo estará abajo de 50 %; en forma ideal, se debe permitir que se abata solo 35 %. Si se carece de un monitoreo de humedad del suelo, ésta se puede garantizar en forma indirecta mediante la programación de los riegos a intervalos de 15 a 20 días. En los suelos medios donde se siembra 22 la mayor superficie de algodónero, con estos riegos también se cubren las etapas fenológicas de formación de cuadros, floración, formación de bellotas y madurez de las mismas (hasta apertura de bellotas, primeros capullos).</p> <p>Último riego. En función del interés por explotar solo la primera o las subsecuentes curvas de producción del cultivo, el último riego podrá aplicarse en diferentes épocas. Si la decisión es algodónero de ciclo corto (primer ciclo de floración), el momento más adecuado para realizarlo es entre los 10 y 12 días posteriores a la etapa de rendimiento fisiológico o cut out, la cual se presenta al existir de cuatro a cinco nudos sobre la última flor blanca en primera posición. Para el caso de productores interesados en el algodón de ciclo largo, es</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>decir, en aprovechar el segundo ciclo de floración o “copete”, el cultivo puede requerir de uno o dos riegos de auxilio adicionales.</p>	<p>decir, en aprovechar el segundo ciclo de floración o “copete”, el cultivo puede requerir de uno o dos riegos de auxilio adicionales.</p>
<p>Control de malezas</p>	<p>Es necesario mantener el cultivo libre de maleza durante el periodo crítico de competencia que comprende los primeros 50 a 60 días después de la emergencia, para evitar reducciones en el rendimiento debidos a la competencia.</p> <p>Realizar una aplicación en preemergencia del herbicida pendimentalin a una dosis de 910 g i.a./ha.</p> <p>Se podrán realizar dos aplicaciones individuales de cada uno de los herbicidas Faena Fuerte 360® y Finale® Ultra o alternar una aplicación de Faena Fuerte 360® y una de Finale® Ultra. Es decir, que durante el periodo crítico de competencia y antes del cierre del cultivo sólo se realizarán dos aplicaciones de cualquiera de los dos herbicidas. La elección de la mejor combinación dependerá del tipo de maleza predominante y su densidad, así como del espectro de control de los herbicidas.</p> <p>Realizar dos aplicaciones en post-emergencia del herbicida Faena Fuerte 360® (glifosato) a una dosis de 1452 g i.a./l (4 l/ha) utilizando boquillas de abanico plano TJ8002, TJ11002 con un volumen de aplicación de 100 - 200 l/ha, procurando cubrir uniformemente el follaje de la maleza, sin permitir escapes o traslapes excesivos de la aspersión. El mejor momento para la aplicación es cuando la maleza se encuentra en crecimiento activo con una altura no mayor de 30 cm. Se puede agregar 1 kg de sulfato de amonio por cada 100 litros de agua en la mezcla de aspersión, para corregir problemas de sales en el agua. Malezas de difícil control</p>	<p>Es conveniente utilizar los métodos de prevención, control mecánico, manual y químico en forma combinada.</p> <p>Prevención. Se basa principalmente en medidas como la limpia e inspección de equipo agrícola antes de moverlo de un área infestada a una limpia. Es recomendable emplear semilla certificada y usar trampas de malas hierbas en los canales de acceso del agua de riego.</p> <p>Control mecánico. En terrenos con antecedentes de infestación se sugiere sembrar a “tierra venida” si el suelo lo permite. Después de la emergencia de la maleza, pasar una rastra o “gallinitas” para eliminar las primeras generaciones; las posteriores se controlan mediante los métodos manual, mecánico o químico.</p> <p>Control manual. La limpia manual se facilita en las siembras en surco, en camas o bordos; se aconseja efectuarla para eliminar aquellas malas hierbas que permanecen después del cultivo mecánico y levante de surco, sobre todo cuando son muy nocivas como el zacate Johnson, el zacate choniano y la correhuela, o si la población de malas hierbas es baja y no se justifica la aplicación de herbicidas.</p> <p>Control químico. Para predios sembrados con variedades convencionales existen en el mercado herbicidas específicos para las malezas de hoja ancha y angosta, los cuales presentan selectividad al cultivo de algodón. Sin embargo, deben utilizarse con precaución ya que la selectividad no es absoluta y está en función de la dosis y la etapa fenológica del cultivo al momento</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>como la correhuella (<i>Convolvulus arvensis</i>) requieren una dosis de 5 a 6 l/ha.</p> <p>Realizar dos aplicaciones en post-emergencia del herbicida Finale® Ultra (glufosinato de amonio) a una dosis de 700 g i.a./l (2.5 l/ha) utilizando boquillas de abanico plano TJ8002, TJ11002 con un volumen de aplicación de 200 - 400 l/ha, procurando cubrir uniformemente el follaje de la maleza, sin permitir escapes o traslapes excesivos de la aspersión. El mejor momento para la aplicación es cuando la maleza se encuentra en crecimiento activo con una altura no mayor de 30 cm y con suficiente humedad en el suelo. Temperaturas cálidas, alta humedad relativa y días despejados mejoran el desempeño del herbicida. No se debe aplicar a través de ningún tipo de sistema de irrigación.</p> <p>El número de aplicaciones dependerá de la densidad de malezas presentes durante el periodo crítico de competencia y la dosis de los herbicidas no deberán ser mayores a las recomendadas en sus respectivas etiquetas, Faena Fuerte 360® (3.0 – 6.0 l/ha), Finale® Ultra (2.0 - 3.0 l/ha).</p> <p>Es necesario utilizar en forma integrada los métodos: cultural, manual y mecánico cuando sea posible para complementar el control químico.</p>	<p>de la aplicación, las características del suelo y el clima.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Hoja ancha</i>: Ingrediente activo, Pirithiobac; Dosis de 34 a 42 g i.a/ha; aplicado en postemergencia selectiva aplicado en banda de 40 a 50 cm, respectivamente • <i>Hoja angosta</i>: Ingrediente activo, Quizalofop-etil; Dosis de 41.2 a 72.1 g i.a/ha; aplicado en postemergencia temprana • <i>Anuales y perenes</i>: Ingrediente activo, Pendimetalin (Dosis de 1368 a 1584 g i.a/ha), Clethodim (Dosis de 60 g i.a/ha) o Sethoxidim (Dosis de 276 a 552 g i.a/ha); aplicado en preemergencia, postemergencia dirigida o poseemergencia selectiva respectivamente • <i>Complejo de hoja ancha y angosta</i>: Ingrediente activo, Trifluralina (Dosis de 960 g i.a/ha), Fluometurón (Dosis de 1600 g i.a/ha) Diurón (Dosis de 1600 g i.a/ha) Oxadiazón (Dosis de 500 a 625 g i.a/ha) Acetoclor (Dosis de 480 g i.a/ha); aplicado en Presiembra, incorporado con rastra en el caso de la trifluralina y Preemergencia y Postemergencia dirigida para el resto de comopuestos.
<p>Control de Insectos lepidópteros</p>	<p>Control mediante la expresión de las proteínas insecticidas Cry1Ab, Cry2Ae.</p> <p>Las variedades de algodón GlyToI® TwinLink® combinan la expresión de las proteínas insecticidas Cry1Ab de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Kurstaki y Cry2Ae de <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Dakota, las cuales son efectivas para el control de</p>	<p>Las plagas del algodón que con frecuencia requieren el uso de insecticidas y acaricidas en los Valles de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Sonora, son:</p> <p><i>Gusano bellotero</i>: El umbral económico de gusano bellotero es de cinco larvas pequeñas o 15 huevecillos cafés en 100 terminales</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p>larvas de gusano tabacalero (<i>Heliothis virescens</i> Fabricius) y gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i> Saunders). El algodón GlyTol® TwinLink® puede requerir aplicaciones complementarias de insecticidas para el control de insectos difíciles como gusano bellotero (<i>Helicoverpa zea</i> Boddie), gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> J.E. Smith) y gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>), por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo para determinar si es necesaria la aplicación complementaria de insecticidas para asegurar el nivel control deseado.</p>	<p>Permetrina (Dosis de 170 g i.a/ha) Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 120 g i.a/ha) Deltametrina (Dosis de 13 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano rosado:</i> Cuando el muestreo indique presencia de huevecillo blanco o una infestación de cuatro larvas pequeñas en 100 bellotas Azinfos metílico (Dosis de 700 a 800 g i.a/ha) Carbarilo (Dosis de 2100 g i.a/ha) Metidation + Parathion metílico (Dosis de 600 + 720 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano soldado:</i> Durante la fructificación, al haber 20 o 25 larvas en 100 redadas y 15 % de follaje dañado. Clorpirifos (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>
<p>Control de otras plagas (Mosquita blanca, araña roja, insectos chupadores, etc.)</p>	<p>Las plagas insectiles y ácaros del algodón merman la producción de algodón en hueso hasta 50 % cuando no se controlan; además, afectan la calidad de la fibra y la semilla.</p> <p><i>Mosquita blanca:</i> El umbral de acción para iniciar las aplicaciones de insecticidas es de 10 adultos por hoja y estar localizados en el quinto nudo del tallo principal de la planta, a partir de la yema terminal hacia abajo; revisar mínimo 30 plantas por parcela comercial. Fenpropatrin (Dosis de 180 g i.a/ha) Acefate (Dosis de 525 g i.a/ha) Cyflutrin + Metamidofos (Dosis de 30 + 900 g i.a/ha) Bifentrina + Acefate (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Bifentrina + Endosulfan (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Fenpropatrin + Endosulfan (Dosis de 188 + 525 g i.a/ha) Spiromesifen (Dosis de 120 g i.a/ha) Turbine (Dosis de 100 g i.a/ha)</p>	<p>Las plagas insectiles y ácaros del algodón merman la producción de algodón en hueso hasta 50 % cuando no se controlan; además, afectan la calidad de la fibra y la semilla.</p> <p><i>Mosquita blanca:</i> El umbral de acción para iniciar las aplicaciones de insecticidas es de 10 adultos por hoja y estar localizados en el quinto nudo del tallo principal de la planta, a partir de la yema terminal hacia abajo; revisar mínimo 30 plantas por parcela comercial. Fenpropatrin (Dosis de 180 g i.a/ha) Acefate (Dosis de 525 g i.a/ha) Cyflutrin + Metamidofos (Dosis de 30 + 900 g i.a/ha) Bifentrina + Acefate (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Bifentrina + Endosulfan (Dosis de 35 + 525 g i.a/ha) Fenpropatrin + Endosulfan (Dosis de 188 + 525 g i.a/ha) Spiromesifen (Dosis de 120 g i.a/ha) Turbine (Dosis de 100 g i.a/ha)</p>

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	<p><i>Insectos chupadores:</i> Chinche lygus: el umbral de acción es de 15 chinches en 100 redadas y que un tercio corresponda a ninfas en un período crítico, iniciado con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas.</p> <p>Metamidofos (Dosis de 600 g i.a/ha) Metidation (Dosis de 300 400 g i.a/ha) Toreto (Dosis de 100 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano perforador de la hoja:</i> Las aspersiones de insecticidas deben realizarse cuando se capturen 40 gusanos en 100 redadas. Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Permetrina (Dosis de 136 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 105 g i.a/ha)</p> <p><i>Araña roja:</i> Las aplicaciones de acaricidas deben efectuarse cuando existan 15 o 20 ácaros por hoja del tercio inferior de la planta, particularmente de las cercanas al tallo principal.</p> <p>Propargite (Dosis de 1440 a 1800 g i.a/ha) Propargite + Monocrotofos (Dosis de 720 + 900 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano peludo:</i> En la fructificación, cuando existan 15 larvas en 100 redadas y 15 % del follaje dañado. Clorpirifos etil (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>	<p><i>Insectos chupadores:</i> Chinche lygus: el umbral de acción es de 15 chinches en 100 redadas y que un tercio corresponda a ninfas en un período crítico, iniciado con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas.</p> <p>Metamidofos (Dosis de 600 g i.a/ha) Metidation (Dosis de 300 400 g i.a/ha) Toreto (Dosis de 100 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano perforador de la hoja:</i> Las aspersiones de insecticidas deben realizarse cuando se capturen 40 gusanos en 100 redadas. Cipermetrina (Dosis de 100 g i.a/ha) Permetrina (Dosis de 136 g i.a/ha) Fenvalerato (Dosis de 105 g i.a/ha)</p> <p><i>Araña roja:</i> Las aplicaciones de acaricidas deben efectuarse cuando existan 15 o 20 ácaros por hoja del tercio inferior de la planta, particularmente de las cercanas al tallo principal.</p> <p>Propargite (Dosis de 1440 a 1800 g i.a/ha) Propargite + Monocrotofos (Dosis de 720 + 900 g i.a/ha)</p> <p><i>Gusano peludo:</i> En la fructificación, cuando existan 15 larvas en 100 redadas y 15 % del follaje dañado. Clorpirifos etil (Dosis de 480 g i.a/ha)</p>
Defoliación	Se recomienda defoliar la planta cuando tenga entre cuatro y cinco ramas fructíferas efectivas o con carga sobre la última bellota abierta en primera posición (cracked boll), lo cual coincidirá con un 60 a 70 % de bellotas abiertas; esto se observa a los 20 días posteriores a la aplicación del último riego de auxilio.	Se recomienda defoliar la planta cuando tenga entre cuatro y cinco ramas fructíferas efectivas o con carga sobre la última bellota abierta en primera posición (cracked boll), lo cual coincidirá con un 60 a 70 % de bellotas abiertas; esto se observa a los 20 días posteriores a la aplicación del último riego de auxilio.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	GLYTOL® TWINLINK®	CONVENCIONAL
	Los productos y dosis por hectárea son de 1,080 a 1,440 gramos (g) de Butifos, de 100 a 200 g de Thidiazurón, o bien, se aconseja utilizar la mezcla de ambos en la dosis más baja, sobre todo en algodones muy vigorosos. Para lograr una uniformidad y adelantar la apertura de bellotas se sugiere administrar 1.5 litros por hectárea (l/ha) de Finish.	Los productos y dosis por hectárea son de 1,080 a 1,440 gramos (g) de Butifos, de 100 a 200 g de Thidiazurón, o bien, se aconseja utilizar la mezcla de ambos en la dosis más baja, sobre todo en algodones muy vigorosos. Para lograr una uniformidad y adelantar la apertura de bellotas se sugiere administrar 1.5 litros por hectárea (l/ha) de Finish.
Desvare y barbecho	Se propone desvarar inmediatamente después de levantar el total de la cosecha y a continuación barbechar. Gracias a esas labores se reducen en gran parte las poblaciones de plagas que utilizan la planta y el suelo como hospederas, por ejemplo, la mosca blanca.	Se propone desvarar inmediatamente después de levantar el total de la cosecha y a continuación barbechar. Gracias a esas labores se reducen en gran parte las poblaciones de plagas que utilizan la planta y el suelo como hospederas, por ejemplo, la mosca blanca.

Fuente: Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

e) Cosecha

La cosecha se realizará de manera mecánica mediante el uso de cosechadoras tipo Picker o Stripper, por lo que, se recomendará a los agricultores que una vez finalizada la actividad en un predio deberán realizar una limpieza general para reducir la dispersión de propágulos de maleza y enfermedades. Los módulos de algodón hueso resultantes de la cosecha serán colocados en las orillas de los predios y posteriormente trasladados a los despepites para separar la semilla de la fibra.

Como se mencionó anteriormente, los despepites estarán obligados a firmar un contrato de colaboración con BASF para que puedan ser incluidos en la lista de despepites autorizados que se entrega a los agricultores antes de la cosecha (cuadro 60, figura 46).

f) Monitoreo durante y después de la liberación;

Se efectuará un monitoreo durante y después de la liberación del algodón GLT. Las actividades incluyen:

- Firmar el contrato de licencia no exclusiva para el uso de la tecnología de BASF, en dónde los agricultores cooperantes se comprometen a respetar e implementar las medidas de bioseguridad y condicionantes establecidas en el permiso de liberación al ambiente

- Efectuar una localización georreferenciada de los predios de los agricultores cooperantes que siembren algodón GLT, con el propósito controlar la ubicación de los sitios de liberación y de esa manera evitar que se siembre en zonas no autorizadas.
- Auditorías internas por parte de los departamentos de Compliance y Stewardship de BASF para vigilar el cumplimiento de las medidas de bioseguridad y condicionantes establecidas en el permiso.
- Realizar capacitaciones a todo el personal involucrado en la liberación (agricultores cooperantes, técnicos, distribuidores, empresas despepitadoras, autoridades locales) con el objetivo de que toda persona relacionada con el cultivo conozca las implicaciones, riesgos y beneficios derivados del uso y manejo del algodón GLT. Los entrenamientos se enfocarán en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados, uso adecuado del algodón GLT, resistencia de maleza a herbicidas, importancia del manejo de la resistencia de insectos mediante la implementación de prácticas como siembra de refugio, monitoreo de plagas y uso de otros métodos de control. El “Programa de capacitación para el manejo de algodón genéticamente modificado en Baja California y Norte de Sonora”, en el cual se describen los objetivos del programa, el contenido de la capacitación, el cronograma a seguir para cada una de las regiones, información sobre los capacitadores, el método de evaluación y los materiales de apoyo a utilizar.
- Seguimiento técnico durante todo el ciclo de cultivo mediante los Software Survey123 y Collector de ArcGIS, para detectar y dar soluciones puntuales a problemáticas relacionadas al manejo agronómico y fitosanitario del cultivo.

g) Monitoreo de plantas voluntarias

El programa de monitoreo se realizará en las zonas donde se siembre el algodón biotecnológico durante un periodo de seis meses, dirigiendo la búsqueda a plantas de algodón voluntarias que puedan expresar el evento GLT y procediendo a su destrucción. Se implementarán las siguientes medidas:

- El monitoreo será realizado en conjunto con los Comités Estatales de Sanidad Vegetal y los Despepites que operan en la zona. Las áreas de monitoreo responsabilidad de cada una de las partes y los periodos de monitoreo serán definidos mediante reuniones de las partes.
- En las zonas donde fueron sembradas las variedades de algodón con el evento GLT deberá hacerse monitoreo de voluntarias, por lo menos durante el ciclo agrícola siguiente, con el objetivo de cumplir con la medida de bioseguridad respectiva y

como parte de la campaña de erradicación de picudo y gusano rosado del algodnero.

- Los monitoreos empezarán después de la cosecha y cuando se detecten plantas voluntarias éstas deberán ser destruidas antes de que lleguen a floración, con una aplicación dirigida de herbicida o de manera manual.
- Se realizará un monitoreo de voluntarias en las rutas utilizadas para transportar el algodón hueso a los despepites de la región y se recomendará a los transportistas que los vehículos sean cubiertos con una lona o material plástico para reducir la diseminación de la semilla de algodón en las carreteras.
- Se adjuntan los reportes de monitoreo y destrucción de plantas voluntarias realizados en el Valle de Mexicali en 2016, 2017, y 2018. El monitoreo y destrucción de plantas voluntarias derivado de la liberación en el año 2018, se está llevando a cabo durante este año mediante la implementación del “Programa de monitoreo y destrucción de plantas voluntarias de algodón (*Gossypium hirsutum*) genéticamente modificado en el Valle de Mexicali”. Los resultados de este se entregarán una vez que haya finalizado.

h) Estrategias para la detección del OGM y su presencia posterior en la zona o zonas donde se pretenda realizar la liberación y zonas vecinas, una vez concluida la liberación.

Se efectuará un monitoreo de plantas voluntarias como se describió anteriormente. Además, en el siguiente ciclo de siembra del algodnero, en caso de ser necesario y donde llegara a existir controversia respecto al origen del algodón que se esté sembrando en la zona de liberación y zonas vecinas, se utilizarán métodos para detectar el evento GLT en muestras de hojas.

Para realizar el monitoreo se utilizan tiras reactivas (QuickStix® Strips) en muestras de hojas. La utilización de tiras reactivas permite, al igual que en el caso de otros cultivos GM, identificar de forma rápida y confiable al algodón GlyTol® TwinLink®. El método identifica en forma específica las proteínas Cry1A & Cry2Ae & 2mEPSPS & PAT/BAR.

- EnviroLogix. QuickStix™ Combo Comb Kit for Multi-Trait Testing Cry1A/2Ae/2m/bar Cotton Seed
- Catalog Number: AS 025 ST.

Este método está disponible públicamente y puede ser consultado en la siguiente dirección:

<http://www.envirologix.com/wp-content/uploads/2015/05/AS025-STC-MultiTrait-Quad-C1C2Ae2mLL-091415.pdf>

i) Medidas para la erradicación del OGM en zonas distintas a las permitidas.

Las medidas y procedimientos de bioseguridad están diseñados para evitar cualquier contingencia, de tal forma que existe un riesgo bajo de que cualquier evento de este tipo pueda ocurrir. Sin embargo, en caso de identificar, como resultado de un monitoreo aleatorio de las zonas algodoneras, predios sembrados con algodón GLT, los cuales no son parte del padrón de agricultores cooperantes, quienes han firmado una licencia de uso de la tecnología de BASF Mexicana S.A. de C.V., se procederá a la integración de un registro de quien o quienes hayan procedido fuera de la ley y se actuará de acuerdo a los procedimientos legales que corresponden. El hecho se informará a la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP).

Si ocurriese una diseminación accidental durante el transporte de la semilla o de la cosecha, se tomarán las medidas de bioseguridad necesarias para impedir que el material BCS-GHØØ2-5 x BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8 se propague o disemine, y se realizará la recuperación total del material regulado. Asimismo, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 59 del Reglamento de la LBOGM, se notificará al correo libaccidentalogm.dgiaap@senasica.gob.mx, dentro de las 24 horas siguientes que se tenga conocimiento de la liberación y se informará de manera oficial en un máximo de 3 días hábiles a la ventanilla de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP)

Como se menciona en el plan de monitoreo, se mantendrá un control de los predios por medio de su ubicación georreferenciada y de esta manera evitará que se siembre algodón GLT fuera de los predios autorizados. Así mismo, se firmarán licencias de uso de la tecnología con agricultores cooperantes. De ser necesario, se efectuará un monitoreo en zonas vecinas a la de liberación del algodón GlyTol® TwinLink® y se utilizarán tiras reactivas para detectar el evento GLT en muestras de hojas.

VI. CONSIDERACIONES SOBRE LOS RIESGOS DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS CON QUE SE CUENTE PARA CONTENDER CON EL PROBLEMA PARA EL CUAL SE CONSTRUYÓ EL OGM, EN CASO DE QUE TALES ALTERNATIVAS EXISTAN

6.1. Algodón GlyTol® TwinLink® (GLT)

Se han usado técnicas de mejoramiento convencional para desarrollar el algodón GHB614 x T304-40 x GHB119 (GlyTol® TwinLink®; GLT) que confiere resistencia a insectos y

tolerancia a herbicidas, en dónde, cada evento individual aporta beneficios específicos al evento apilado final.

GHB614 produce la proteína de *Zea mays* L. 5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintasa (2mEPSPS) que confiere tolerancia al herbicida glifosato. La proteína 2mEPSPS difiere de la enzima de tipo salvaje de maíz en dos sustituciones de aminoácidos. El identificador de la OCDE es BCS-GHØØ2-5.

T304-40 produce la proteína de *Bacillus thuringiensis* subsp. *berliner* Cry1Ab que es efectiva para el control de larvas de lepidópteros como gusano bellotero *Helicoverpa zea* y gusano tabacalero *Heliothis virescens*. T304-40 también expresa la tolerancia al ingrediente inerte herbicida fosfinotricina acetil transferasa (PAT/*bar*) como marcador de selección que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. El identificador OECD es BCS-GHØØ4-7.

GHB119 produce la proteína de *Bacillus thuringiensis* subsp. *dakota* Cry2Ae que es efectiva para el control de larvas de lepidópteros como gusano bellotero *Helicoverpa zea*, gusano tabacalero *Heliothis virescens* y gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. GHB119 también expresa la tolerancia al ingrediente inerte herbicida fosfinotricina acetil transferasa (PAT/*bar*) como marcador de selección que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. El identificador OECD es BCS- GHØØ5-8.

La combinación de proteínas insecticidas, Cry1Ab (Evento T304-40) y Cry2Ae (GHB119) provee un control de insectos mejorado y ofrece una herramienta adicional para el Manejo de Resistencia de Insectos. De igual manera, la combinación de las proteínas 2mEPSPS y PAT/*bar* proporciona tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio respectivamente y también ofrece alternativas adicionales en el control de maleza para los productores de algodón.

6.2. Inocuidad y especificidad de las proteínas expresadas por el algodón GLT

Las proteínas 2mEPSPS, PAT/*bar*, Cry1Ab y Cry2Ae no tienen efecto sobre el metabolismo normal de la planta y no se espera que la expresión de las características acumuladas produzca efectos interactivos o sinérgicos porque involucran distintos mecanismos de acción. No se espera que las características de protección contra insectos y de tolerancia a herbicidas otorguen ventajas adaptativas al algodón en hábitats naturales, en condiciones naturales o dentro de un agroecosistema. La similitud de las características de las plantas GLT con el algodón convencional permite concluir que no existen ventajas adaptativas o un mayor potencial de convertirse en plaga o maleza en el algodón GLT como consecuencia de la modificación genética.

Las características reproductivas no han sido alteradas en el algodón GLT, ni en los eventos individuales GHB614, T304-40 y GHB119, como consecuencia del proceso de transformación ni como consecuencia del proceso de cruzamiento convencional.

Los productos derivados del procesamiento industrial de la semilla de algodón son aceite para consumo humano, harina de algodón (suplemento alto en proteína para ganado y aves), cascarilla (fibra para ganado vacuno) y *linter* (celulosa para productos industriales y de consumo humano) (www.cottonseed.com²⁹). En general los análisis de composición de aceite refinado de diferentes cultivos oleaginosos, así como el análisis de *linter* procesado, han demostrado la ausencia de proteína detectable en estos productos (Hamilton *et al.*, 2002; Health Canada, 2013; Sims, *et al.*, 1995). Por lo tanto, el consumo humano significativo de las proteínas 2mEPSPS, PAT/*bar*, Cry1Ab, y Cry2Ae presentes en las variedades de algodón GLT es muy poco probable y no existe una preocupación significativa sobre algún impacto en la salud, basado en la falta de exposición significativa a las proteínas.

6.2.1. Inocuidad de la proteína 2mEPSPS

La tolerancia al glifosato se obtiene disminuyendo la habilidad del herbicida para inhibir la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), la cual es esencial para la biosíntesis de aminoácidos aromáticos en plantas, hongos y bacterias. En el algodón GLT la tolerancia al glifosato se basa en la expresión de la enzima 2mEPSPS codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz, en el cual se han incluido dos cambios para adaptarlo al uso preferido de codones del algodón. La proteína 2mEPSPS con baja afinidad por el glifosato, es altamente resistente a la inhibición por este herbicida y permite suficiente actividad enzimática para que las plantas puedan desarrollarse en presencia de herbicidas que contengan glifosato. La seguridad de la proteína 2mEPSPS ha sido evaluada exhaustivamente en diversos estudios científicos y los resultados han confirmado su inocuidad. La enzima 2mEPSPS no posee ninguna propiedad asociada con toxinas o alérgenos conocidos, incluyendo la falta de similitud de secuencia de aminoácidos con toxinas y alérgenos conocidos, se ha observado una rápida degradación en fluidos gástricos e intestinales simulados y la ausencia de efectos adversos en ratón después administración intravenosa u oral a dosis de 10 o 2000 mg/kg de peso corporal. En conclusión, no se espera ningún riesgo derivado de la inclusión de la proteína 2mEPSPS en la cadena alimenticia humana o animal (Herouet *et al.*, 2009).

6.2.2. Inocuidad de la proteína PAT/*bar*

Por su uso tan extendido en cultivos biotecnológicos, la seguridad de la proteína PAT ha sido ampliamente evaluada. Cuando la secuencia de aminoácidos de la enzima PAT se sometió a análisis comparativo de polipéptidos usando el algoritmo FASTDB de

²⁹ National Cottonseed Products Association (NCPA).

Intelligenetics, no mostró una homología significativa con otras proteínas presentes en las bases de datos, excepto con otras fosfotricina acetiltransferasas que se originan a partir de diferentes organismos. No se observó semejanza con toxinas potenciales o con alérgenos. No se esperan efectos tóxicos o alérgicos provenientes de la proteína PAT/*bar*, ya que las acetiltransferasas no poseen estabilidad proteolítica o térmica y tiene una alta especificidad de sustrato (Herouet *et al.*, 2005).

6.2.3. Inocuidad y especificidad de las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae

Los insecticidas microbiales a base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) tienen una historia de uso seguro en la agricultura de alrededor de 50 años. Las proteínas Cry están entre los ingredientes activos de estos insecticidas y actualmente los genes que codifican estas proteínas han sido introducidos en diversos cultivos mediante técnicas de ingeniería genética. Lo anterior implica que las proteínas Cry han sido usadas y consumidas de forma segura por humanos y animales durante décadas (Betz *et al.*, 2000; Onose *et al.*, 2008; McClintock *et al.*, 1995). Los niveles de proteínas Cry expresadas en los cultivos GM son muy bajos y se reducen todavía más debido al procesamiento de los alimentos. Adicionalmente, la extensa evaluación de proteínas Cry en cultivos GM no han mostrado ningún daño o efecto negativo en especies no blanco, incluyendo los humanos (Koch *et al.*, 2015).

Las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae producidas por el algodón GLT con resistencia a insectos se derivan de la bacteria común del suelo *Bacillus thuringiensis* y son específicamente tóxicas para ciertos insectos lepidópteros. La prueba de toxicidad con un rango representativo de organismos no blanco arrojó valores de NOEL y/o NOEC³⁰ en concentraciones que representan diez veces o más las concentraciones ambientales esperadas de Cry1Ab y Cry2Ae (cuadros 61 y 62) (ILSI, 2011b, Scott *et al.*, 2008).

Cuadro 15. Resumen de pruebas eco-toxicológicas de la proteína Cry1Ab sobre organismos no blanco.

Especie	Método de exposición	Duración de la exposición	Resultados
<i>Apis mellifera</i> (larvas de abejas)	Exposición a una sola dosis de proteína a 20 ppm	unidosis	NOEL >20 ppm
<i>Apis mellifera</i> (abeja adulta)	Exposición a una sola dosis a 20 ppm	unidosis	No se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre las poblaciones de prueba y de control. En el grupo de prueba, la mortalidad media fue de 16.2%

³⁰ **NOEL, NOEC** – (Nivel de Efecto No Observado, Concentración de Efecto No Observado) – La máxima dosis en un estudio toxicológico en el cual no fueron observados efectos tóxicos.

Espece	Método de exposición	Duración de la exposición	Resultados
<i>Chrysoperla carnea</i> (larvas de crisopa)	Exposición a 16.7 ppm	7 días	NOEL > 16.7 ppm
<i>Hippodamia convergens</i> (catarinas)	Exposición a una sola dosis a 20 ppm	unidosis	NOEL > 20 ppm
<i>Brachymeria intermedia</i> (himenóptero parasitoide)	Exposición a una sola dosis a 20 ppm	unidosis	NOEL > 20 ppm
<i>Folsomia candida</i> (Colémbolos)	Tejidos liofilizados de hojas (estimado de 50.6 µg Cry1Ab/g)	28 días	NOEL > 50% de la dieta
<i>Daphnia magna</i>	Exposición a la proteína Cry1Ab en el polen del maíz en múltiples concentraciones	48 horas	NOEC > 150 mg/L
Lombriz de tierra	Exposición a la proteína Cry1Ab bacteriana en un sustrato de suelo artificial	14 días	NOEL > 200 ppm
<i>Mus musculus</i> (ratón)	Sonda aguda por vía oral a 3280 mg/kg	unidosis	Efecto no observado

Fuente: ILSI. 2011b. Revisión de la seguridad ambiental de la proteína Cry1Ab. Center for Environmental Risk Assessment, ILSI Research Foundation. Washington D.C. USA.

Cuadro 16. Resumen de pruebas eco-toxicológicas de la proteína Cry2Ae sobre organismos no blanco.

Espece	Estado de desarrollo	Variables evaluadas	Resultados
Ratón (<i>Mus musculus</i>)	Adulto joven	Mortalidad, peso corporal, signos clínicos	NOEC 2000 mg/kg
Abeja	Larva	Mortalidad, desarrollo, emergencia de adultos, comportamiento	NOEC 50 µg/g
Catarinita (<i>Coleomegilla maculata</i>)	Larva	Mortalidad, desarrollo, emergencia de adultos, comportamiento	NOEC 64 µg/g
Crisopa (<i>Chrysoperla carnea</i>)	Larva	Mortalidad	NOEC 27 µg/g
Colémbolo (<i>Folsomia candida</i>)	Larva	Mortalidad, reproducción	Sin mortalidad a 44 µg/g
Lombriz de tierra	Adulto	Mortalidad	NOEC 100 mg/kg suelo
<i>Daphnia</i>	Inmaduro	Mortalidad, desarrollo, reproducción	NOEC 48 µg/g

Fuente: Scott, A.; Bushey, D.; Freyssinet, M.; Poe, M.; Rinehardt, M. 2008. Petition for Determination of Nonregulated Status for Insect-Resistant and Glufosinate Ammonium-Tolerant cotton: TwinLink™ cotton (events

T304-40 x GHB119) OECD Unique Identifier BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8. Research Triangle Park, NC, USA: BayerCropScience LP.

El efecto tóxico de las proteínas Bt requiere de condiciones alcalinas (como las proporcionadas en el intestino de la larva del insecto) para que se disuelvan los cristales, digestión parcial por proteasas específicas para que liberen el núcleo activo de la toxina y la unión específica de ésta a receptores presentes en la superficie de las células epiteliales del intestino medio del insecto. La unión específica de la toxina a estos receptores conduce a la formación de poros en la membrana plasmática y a la eventual muerte celular, parálisis intestinal e inanición. Estos son los pasos que proporcionan el alto grado de especificidad para cada proteína Bt (English y Slatin 1992; Hofmann *et al.*, 1988; Knowles y Dow, 1993; Van Rie *et al.*, 1989).

Para que las proteínas Cry puedan ejercer actividad insecticida tienen que ser ingeridas por los insectos. La proteína en su forma cristalina es insoluble en solución acuosa a pH neutro o ácido (Bulla *et al.*, 1977), sin embargo, el pH del tracto digestivo de las larvas de los insectos es alcalino (pH 8 - 10) y probablemente reductivo, lo que favorece la solubilización del cristal (Tojo y Aizawa, 1983; Ogiwara *et al.*, 1992). Una vez ingerida, la proteína es subsecuentemente activada por proteasas en el tracto digestivo del insecto. Estas proteasas cortan el extremo carboxilo terminal del resto de la proteína, al igual que aproximadamente 28 aminoácidos del extremo amino terminal. La proteína activada, que consiste de aproximadamente 660 aminoácidos, se difunde a través de la membrana peritrófica del insecto al epitelio del mesenterón. Aquí se une a receptores específicos de alta afinidad (Wolfersberger *et al.*, 1986, Hofmann *et al.*, 1988, Van Rie *et al.*, 1989; Van Rie *et al.*, 1990). Se forman poros en la membrana que causa derramamiento de los contenidos celulares (i. e. K+) en el lumen del intestino y agua hacia las células epiteliales de intestino (Sacchi *et al.*, 1986; Knowles *et al.*, 1989). Las células epiteliales del tracto de las larvas se hinchan debido a la presión osmótica y se lisan. El tracto se paraliza como consecuencia de los cambios en electrolitos y pH lo que provoca que la larva deje de comer y muera.

El requerimiento de un pH alcalino y proteasas específicas del intestino de las larvas de insectos es una característica importante de la actividad insecticida específica de *Bacillus thuringiensis*, debido a que los mamíferos y otros insectos no blanco no pueden solubilizar los cristales de Bt, estos pasan a través del sistema digestivo de los organismos no blanco en su forma inalterada y por lo tanto no tóxica.

Durante las evaluaciones realizadas en el Valle de Mexicali (Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora), durante los años 2015, 2017 y 2018 se monitorearon los artrópodos no blanco asociados al algodón GLT y algodón convencional agrupándolos en tres categorías: plagas no blanco, depredadores y parasitoides. Los resultados obtenidos mostraron que las poblaciones muestreadas se han comportado de manera similar y no se

observado una influencia negativa sobre las mismas, debida al uso de algodón genéticamente modificado GLT.

6.3. Cambios fenotípicos e incremento del potencial como maleza

El algodón (*Gossypium spp.*) es una planta domesticada que carece de características agresivas o distintivas de las especies vegetales consideradas como maleza. Esta planta ha sido cultivada por el valor de su fibra durante siglos en varios países, sin que exista ningún reporte que la clasifique como una planta invasiva o como una maleza (OECD, 2008). Investigadores y reguladores han evaluado el potencial para que las variedades de algodón GM se conviertan en maleza y han determinado que las nuevas características conferidas mediante ingeniería genética no aumentan el potencial del algodón para convertirse en una maleza agrícola, debido a que las plantas voluntarias de algodón pueden controlarse mediante técnicas convencionales de manejo de maleza (Carpenter *et al.*, 2002; Artim *et al.*, 2003, USEPA, 2008). Un ejemplo de lo anterior es el algodón en los Estados Unidos de América, en donde el cultivo fue introducido hace varios siglos y hasta la fecha no se tiene evidencia de que este cultivo se haya convertido en una maleza (Scott *et al.*, 2008³¹)

Tradicionalmente los programas de mejoramiento genético de algodón han desarrollado y liberado una gran cantidad de variedades en diferentes ambientes, las cuales incorporan nuevas características de resistencia a enfermedades e insectos, tolerancia a factores ambientales (calor, frío, sequía) y se han mejorado características fenotípicas como mayor vigor de germinación, crecimiento de plántula y precocidad, así como características de calidad de fibra, sin que a la fecha se tenga evidencia de que alguna de estas variedades se haya convertido en maleza. Los cultivos modificados mediante ingeniería genética, los cuales son altamente específicos, no deben presentar un nivel de riesgo diferente que las variedades mejoradas desarrolladas por métodos convencionales (Scott *et al.*, 2008).

No se ha reportado que las variedades cultivables de *G. hirsutum* presenten una capacidad invasiva importante. La hipótesis de que la introducción de genes de resistencia a las principales plagas, podría incrementar el potencial de la capacidad invasiva del algodón GM al modificar su adecuación comparado con variedades convencionales ha sido evaluada con estudios realizados por Eastick y Hearnden (2006) quienes demuestran que la capacidad invasiva, evaluada en términos de germinación, sobrevivencia y dispersión, no presentó diferencias con respecto a su contraparte convencional, aún en zonas con humedad propicia para el establecimiento. Después de 2 años, la sobrevivencia fue muy baja.

³¹ Scott, A.; Bushey, D.; Freyssinet, M.; Poe, M.; Rinehardt, M. 2008. Petition for Determination of Nonregulated Status for Insect-Resistant and Glufosinate Ammonium-Tolerant cotton: TwinLink™ cotton (events T304-40 x (GHB119) OECD Unique Identifier BCS-GHØØ4-7 x BCS-GHØØ5-8. BayerCropScience LP. Research Triangle Park, NC, USA.

La maleza se constituye por un grupo de plantas que se pueden considerar como plaga. El término maleza es utilizado para describir una planta nociva en un ecosistema manejado como son las plantaciones agrícolas o forestales. Típicamente una maleza es una especie vegetal que se distribuye fácilmente en áreas perturbadas o entre los cultivos. El potencial de maleza es una medida de la capacidad de las plantas para colonizar satisfactoriamente un ecosistema, especialmente cuando esto puede ocasionar el desplazamiento de otras especies. Baker (1965) y Morishita (2012) han descrito las características ideales de la maleza, mismas que incluyen:

- Germinación discontinúa y semillas con períodos de latencia largos.
- Crecimiento en estado de plántula muy acelerado.
- Crecimiento rápido para llegar al estado reproductivo.
- Período prolongado de producción continua de semillas.
- Autocompatible, pero no necesariamente auto polinizable o apomítica.
- Si se entrecruza utiliza el viento o polinizadores no especializados.
- Gran producción de semillas en condiciones favorables.
- Germinación y producción de semillas en amplia variedad de condiciones.
- Alta tolerancia o plasticidad a la variación climática y edáfica.
- Adaptaciones especiales para dispersión.
- Adaptación a las prácticas de manejo agronómico de los cultivos.
- Buena competitividad, lograda mediante compuestos alelopáticos, etc.
- Si es perenne, entonces una reproducción vegetativa vigorosa, quebradiza en los nudos inferiores o de rizomas o raíces, y capacidad de regeneración a partir de estacas.

En general la característica de maleza depende de una ventaja selectiva de muchos genes que funcionan en combinación, que no están relacionados con los genes introducidos por razones agronómicas. No se cuenta con reportes de plantas de algodón actuando como maleza en los campos agrícolas.

De acuerdo con los resultados de las liberaciones experimentales y programa piloto, el algodón GLT fue equivalente agronómica y fenológicamente a su contraparte convencional y no exhibió características nuevas que lo conviertan en un riesgo para la sanidad vegetal, animal, acuícola o al medio ambiente. El algodón GLT se comportó de manera similar en los sitios de liberación y no se observaron rasgos que sugieran un incremento en su potencial como maleza o en su capacidad de persistencia y dispersión en el medio.

6.4. Plantas voluntarias de algodón GLT

Las plantas voluntarias son especies cultivadas de plantas que nacen espontáneamente por residuos de cosechas de ciclos pasados. En todos los cultivos existen voluntarias y la ocurrencia de estas depende de la labranza después de la cosecha, la severidad del

invierno y la humedad del suelo. La eliminación puede hacerse de manera manual o química y en cualquiera de los casos las plantas deben haber germinado.

Las plantas voluntarias ocasionan los mismos problemas que las malezas tradicionales: reducen el rendimiento del cultivo mediante la competencia por humedad, nutrientes y luz, sirven de hospederas de insectos y enfermedades e interfieren con las operaciones de cosecha (Ogg y Parker, 2000).

La mejor estrategia de manejo de plantas voluntarias dependerá de las condiciones climáticas locales, rotación de cultivos y del régimen de labranza. Sin embargo, la labranza y el uso de herbicidas son los métodos más usados. La labranza es probablemente una de las herramientas más efectivas para el manejo de plantas voluntarias durante el barbecho o antes de la siembra de cualquier cultivo. Sin embargo, cuando la actividad se realiza durante el ciclo de cultivo quedará aproximadamente de un 15 a 25% del área no perturbada en donde las plantas pueden sobrevivir.

Adicionalmente, varios herbicidas proveen excelente control de las plantas voluntarias en ambos casos, ya sea antes de la siembra o durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El control de las plantas voluntarias de algodón GLT podrá realizarse mediante el uso de herbicidas como 2,4-D y Picloram.

- Georreferenciar los predios en donde se liberó algodón GLT y los despepites que funcionaron durante el ciclo agrícola para definir la ruta de exploración.
- Realizar los recorridos de exploración por las principales vías de acceso y vías secundarias de las zonas productoras hacia los despepites.
- Registrar mediante coordenadas geográficas los puntos de detección y eliminación de plantas voluntarias.
- Elaborar mapas de distribución de focos de infestación (plantas voluntarias de algodón).
- Eliminar física o químicamente (herbicidas) las plantas detectadas antes de que lleguen a la etapa de floración.
- Evidenciar mediante fotografías las plantas detectadas y el proceso de destrucción.
- Elaborar un reporte con los resultados obtenidos.

Durante la ejecución de los permisos se ha realizado el monitoreo de plantas voluntarias en los principales caminos y carreteras de las zonas algodonerías del Valle de Mexicali.

En el 2016 se realizó recorriendo un total de 450 km, logrando detectar y eliminar 550 plantas (Figura 51) en etapa de desarrollo que representaban focos de infestación en la zona agrícola del Valle de Mexicali. La eliminación de las plantas evitó que las semillas llegaran a madurez fisiológica y germinarán una vez que encontraran las condiciones necesarias. De igual manera, se impidió que las plantas voluntarias pudieran servir de

hospederas de plagas y enfermedades o representaran un riesgo de flujo génico hacia sus parientes silvestres.

Derivado de la liberación durante 2017 se realizó el monitoreo de plantas voluntarias en las carreteras y caminos principales, por donde se movilizó el algodón hueso de los predios a los despepites, las rutas de monitoreo se ubicaron dentro del polígono autorizado en los municipios de Mexicali, Baja California y San Luis Rio Colorado, en el estado de Sonora. Dichos monitoreos se llevaron recorriendo un total de 570 km, logrando detectar y eliminar 830 plantas en 22 puntos positivos (Figura 52), en etapa de desarrollo que representaban focos de infestación en la zona agrícola del Valle de Mexicali. La destrucción de las plantas se hizo de manera manual, inmediatamente después de su detección en cada punto.

El monitoreo y destrucción de plantas voluntarias derivado de la liberación realizada en el 2017 se llevaron a cabo durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y julio de 2018, esto en el sitio de evaluación, así como en los sitios de costo beneficio se realizó de la misma manera que en años anteriores dentro del polígono autorizado en el Valle de Mexicali.

El monitoreo y destrucción de plantas voluntarias derivado de la liberación en el año 2018 sigue en proceso puesto que, como indican las medidas de bioseguridad establecidas por la SAGARPA y la SEMARNAT, se realizará un monitoreo en el predio y zonas aledañas a los sitios de liberación, así como en la periferia de los cuerpos de agua cercanos a los sitios de liberación, con el propósito de detectar plantas voluntarias de algodón GLT y proceder con acciones de control si es necesario y de esta manera mitigar los riesgos que pudieran existir.

El monitoreo y destrucción de plantas voluntarias en los predios sembrados con algodón fue realizado por los agricultores cooperantes de acuerdo con la NOM-026-FITO-1995, que en su numeral 4.4.3, inciso b menciona *“Es responsabilidad del productor vigilar que los canales, periferia de terrenos, así como su terreno agrícola, se encuentren libres de plantas de algodón fuera de temporada y maleza hospedera que sirva de reservorio a las plagas mencionadas en esta norma”*.

Tradicionalmente, los agricultores realizan la eliminación de plantas voluntarias mediante el barbecho y en algunos casos utilizan herbicidas no selectivos para su control.

Algunos de los factores abióticos que determinan la supervivencia de las plantas en una región son: la temperatura y el agua disponible. Las altas temperaturas pueden afectar adversamente la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas, la estabilidad de las membranas, la regulación hormonal y el metabolismo secundario de las plantas. Las plantas cultivadas son sensibles a las variaciones del clima, las temperaturas del aire cercanas al óptimo favorecen el crecimiento de las plantas, mientras que las bajas limitan de manera importante el crecimiento; temperaturas altas, de manera constante durante

varios días, pueden ser muy perjudiciales, sobre todo si la humedad del suelo es baja (Jarma, Cardona y Araméndiz, 2012).

En el caso de algodón, la temperatura de germinación de la semilla es de 15°C aproximadamente, mientras que por encima de los 38°C la semilla comienza a perder viabilidad, siendo completamente inviable a los 55°C (Lagiere, 1969). Para el crecimiento vegetativo se requieren de 21 a 27°C, mientras que para la floración y la maduración de la capsula se necesita una temperatura media de 20 a 30°C. A temperaturas menores a 12°C el desarrollo de *Gossypium hirsutum* es limitado pudiéndose perder el cultivo si las condiciones continúan (Pérez, Bernal y Otero, 2011).

Las necesidades de agua durante el ciclo de desarrollo del cultivo de algodón se calculan en 350-900 mm/ha, bajo diferentes condiciones climáticas y según la duración del periodo de crecimiento (150-210 días), con un promedio de evapotranspiración diaria de 4 a 8 mm/día (Traxco, 2012). La aportación de niveles óptimos de agua, está directamente relacionado con un desarrollo favorable en el crecimiento vegetativo de la planta, la floración y la producción de capsulas (McWilliams, 2003).

Por otra parte, la compactación del suelo representa un problema para el funcionamiento y desarrollo efectivo de las raíces. Un desarrollo radicular restringido puede impactar en los rendimientos del cultivo (Bourland *et al.*, 2002). Las plantas de algodón se cultivan en varios tipos de suelos, no obstante, se desarrollan mejor en suelos profundos, de textura media (francos, franco arenosos-finos, franco limosos y franco arcillosos-gruesos), con pH ligeramente ácido (6.2-7.2), buen drenaje, alto contenido de materia orgánica y gran capacidad de retención de humedad (Ashour y Abd-El'Hamid, 1970).

Sin el tratamiento adecuado es muy difícil que las semillas de algodón logren germinar fuera del ambiente agrícola en ausencia de prácticas agronómicas que favorezcan su germinación y desarrollo. Sin embargo, para disminuir el riesgo de su establecimiento y permanencia, se establecerá un programa de monitoreo y destrucción en las zonas agrícolas y en los principales caminos y carreteras por dónde se transporta el algodón hueso hacia los despepites.

6.5. Flujo génico del algodón GLT a especies relacionadas

El entrecruzamiento entre variedades comerciales de *Gossypium hirsutum* es bajo y ocurre exclusivamente a través de insectos. De tal manera que la frecuencia de polinización cruzada entre variedades de algodón depende de las poblaciones de insectos y su actividad migratoria al momento de la polinización. Por lo anterior, la probabilidad de que ocurra entrecruzamiento entre especies comerciales y silvestres de algodónero es muy baja.

No existen especies sexualmente compatibles con el algodón cultivado (*Gossypium hirsutum*) en el área de liberación propuesta. De acuerdo con Fryxell (1984), Talipov *et al.* (1995), Palomo (1996) y la Red de Información de Recursos de Germoplasma (GRIN) del Servicio de Investigación Agrícola (ARS-USDA) de Estados Unidos (<http://www.ars-grin.gov>), se reportan las siguientes especies de *Gossypium* para la región Norte de México (cuadro 63).

Cuadro 17. Especies de *Gossypium* reportadas en la literatura para el Norte de México.

Especie	Localidad	Número de cromosomas	Año de descubrimiento	Uso
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Regiones agrícolas	52	1763	Cultivada
<i>Gossypium thurberi</i> Tod	Sonora, Baja California Sur, Chihuahua	26	1854	Silvestre
<i>Gossypium davidsonii</i> Kellogg	Baja California Sur, Sonora	26	1873	Silvestre
<i>Gossypium armourianum</i> Kearney	Baja California Sur	26	1933	Silvestre
<i>Gossypium harknessii</i> Brandegees	Baja California Sur	26	1933	Silvestre
<i>Gossypium aridum</i> (Rose & Standl.) Skovst	Sinaloa	26	1911	Silvestre
<i>Gossypium trilobum</i> (Mocino & Sesse ex DeCandolle) Skovsted	Sinaloa	26	-	Silvestre
<i>Gossypium turneri</i> Fryxell	Sonora	26	-	Silvestre

Las especies silvestres reportadas para México son diploides ($2n=2x=26$) y, por lo tanto, son sexualmente incompatibles con el algodón cultivado *G. hirsutum* el cual es una especie alotetraploide ($2n=4x=52$). En el caso de que se pudieran encontrar especies silvestres cercanas a las regiones agrícolas y en el improbable caso de que pudieran quedar en contacto con polen de *G. hirsutum* (tetraploide), el producto de la fecundación sería triploide y durante la metafase de la meiosis no se podría realizar el apareamiento de homólogos, imposibilitando así la formación de un cigoto fértil por la disparidad de los sistemas genéticos (Stewart, 1995; Wendel *et al.*, 2010; Kantartzi, 2010). Aunado a esta barrera genética se tiene una barrera temporal, esto es, que no se presenta coincidencia en los periodos de floración entre poblaciones silvestres y plantaciones comerciales, lo cual minimiza el riesgo de flujo de polen entre ellas. Por otra parte, la distribución de la especie alotetraploide *G. barbadense* se encuentra limitada principalmente al sureste de México lejos de las zonas productoras de algodón comercial en el norte de la República Mexicana.

6.5.1. Mecanismos necesarios para el intercambio genético.

Para que se presente el flujo de genes de materiales cultivados a parientes silvestres vía cruzamiento, se debe cumplir con ciertas condiciones: 1) el cultivo y su pariente silvestre deben presentarse en proximidad espacial; 2) sus períodos de fecundidad deben coincidir; 3) se debe encontrar un vector idóneo para transportar el polen entre los dos materiales; 4) los materiales parentales deben ser sexualmente compatibles; 5) el híbrido resultante del

cruzamiento debe dar origen a una semilla viable; 6) los híbridos deben ser fértiles y ecológicamente adaptados al ambiente.

Se pueden hacer algunas generalizaciones respecto a todas las especies de *Gossypium* que no se requiere repetir para cada taxón. Todas las especies de *Gossypium* presentan autopolinización, aunque pueden presentarse ciertos cruzamientos intraespecíficos y posiblemente inter específicos mediados por insectos. El transporte del polen por el viento en el género *Gossypium* nunca se ha reportado lo cual es explicado por la textura y consistencia del polen producido en la antesis. El polen de *G. hirsutum* es viable por no más de 24 horas. Cada flor, como la de todos los miembros de Malvaceae, es receptiva únicamente el día en que abre.

Para que sea considerada la posibilidad de hibridación entre algodón cultivado y especies silvestres de *Gossypium* se tiene que cumplir con requisitos de presencia y compatibilidad sexual y genética.

Once especies diploides de *Gossypium* se presentan en México como parte de la vegetación natural. Todas las especies se agrupan taxonómicamente en el mismo subgénero (*Houzingenia*) y pertenecen al grupo cromosómico del genoma D, al igual que uno de los subgenomas del algodón tetraploide cultivado. Sin embargo, las especies son divergentes y por lo mismo se agrupan en 2 Secciones y 4 Subsecciones dentro de la clasificación genérica de *Gossypium* (Fryxell, 1992).

Las dos especies tetraploides de las que se han derivado cultivares de utilización agrícola, *G. hirsutum* y *G. barbadense* se presentan en México fuera de las áreas de producción comercial. La distribución de *G. barbadense* está generalmente limitada a los Estados del sureste. Desde un punto de vista práctico, *G. hirsutum* es de distribución más amplia y cualquier consideración aplicable a uno es también aplicable al otro (Fryxell, 1992; Palomo, 1996; Ulloa *et al.*, 2006).

6.5.2. Vigor de híbridos interespecíficos y fertilidad

El embrión del híbrido que se pudiera formar entre un algodón cultivado tetraploide y un pariente silvestre diploide depende fuertemente de dos factores: el vigor vegetativo y la fertilidad de la planta. *Gossypium davidsonii* y tal vez *G. gossypoides* pueden ser eliminados en la producción de híbridos con el algodón cultivado debido a la letalidad complementaria.

Los híbridos interespecíficos entre las otras especies diploides y el algodón tetraploide se puede asumir que son viables y de crecimiento vegetativo relativamente vigoroso, con base en observaciones de híbridos obtenidos cuando el algodón (*G. hirsutum*) funcionó como parental hembra. Es decir, pocas especies diploides producen semillas híbridas cuando es polinizado con el polen del algodón tetraploide. Más allá de la alopatria y los diferentes

niveles de incompatibilidad sexual, el principal mecanismo de aislamiento entre el algodón (*G. hirsutum*) y sus parientes silvestres diploides es la diferencia que existe en el nivel de ploidía. Aunque el algodón cultivado tetraploide ($2n = 4x = 52$) posee un subgenoma cercano a las especies diploides de *Gossypium* de México ($2n = 2x = 26$), los híbridos interespecíficos entre el algodón y estas especies son triploides ($3x = 39$). Las plantas híbridas triploides usualmente desarrollan terminaciones florales, pero no forman polen viable debido a que los pares están desbalanceados y a la segregación de los cromosomas. En los híbridos (DxAD), los cromosomas podrían estar en pares, recombinarse y segregarse de manera muy cercana a las proporciones teóricas, sin embargo, en los híbridos triploides DAD, los cromosomas 13 del subgenoma A son impares, por lo tanto, segregan aleatoriamente entre las dos células hijas en la anafase I.

En la evolución de las plantas la ploidía se ha incrementado a partir de tales hibridaciones y se ha establecido que el *Gossypium* tetraploide (algodón) se originó de esta manera. En este caso el nivel de ploidía de ambos parentales (genomas A y D) podría haber sido el mismo. Mientras la posibilidad existe, las observaciones empíricas indican que el proceso en *Gossypium* es extremadamente raro y, de hecho, ejemplificado solamente por una ocurrencia.

Todas las especies conocidas de *Gossypium* diferentes a las 5 tetraploides poseen el mismo número de cromosomas ($n=13$). No se ha generado en la naturaleza otra ploidía en *Gossypium* que haya sobrevivido hasta nuestros días. Esto es particularmente importante para México debido a que las especies de *Gossypium* tetraploides y diploides han coexistido por más de un millón de años (Wendel, 1989) y no se tienen registros de la presencia de especies hexaploides.

En las principales regiones donde se cultiva algodón en el mundo, la mayor abundancia corresponde a *Gossypium hirsutum*. Esto se debe principalmente a que las variedades de *G. hirsutum* están adaptadas para obtener producciones más altas en climas templados que las variedades de *G. barbadense*, las cuales presentan una mejor adaptación a las regiones secas del mundo. Las variedades comerciales de *G. barbadense* se cultivan por la alta calidad de la fibra que producen, misma que se utiliza para confeccionar hilados de marca (ejemplo: algodón Pima).

Las variedades modernas de *G. barbadense* y *G. hirsutum* están altamente domesticadas y contienen un mapa génico muy conservado (genoma AADD), y no es de sorprender que las propiedades nutritivas y físicas de las semillas de cada una de las especies de algodón se traslapen (Percy *et al.*, 1996; Robinson *et al.*, 2001).

Además, *G. barbadense* y *G. hirsutum* son sexualmente compatibles, y los elementos de cada especie se han introgresado a las variedades comerciales de algodón que se han desarrollado con base en las preferencias de los fitomejoradores (Percival *et al.*, 1999).

Se considera que los algodones tetraploides, incluyendo *G. barbadense* y *G. hirsutum*, evolucionaron separadamente en las Américas; no obstante, no existen barreras genéticas para la hibridación intraespecífica de las especies tetraploides de *Gossypium* (Percival *et al.*, 1999).

Los programas de mejoramiento del algodón toman ventaja de las características existentes en las especies y mediante retrocruzamiento con el germoplasma parental mantienen las características ya sea de *G. hirsutum* o *G. barbadense* o bien de la variedad de interés. Por ejemplo, las variedades de algodón Acala de California y Nuevo México, integran especies tanto de *G. hirsutum* como de *G. barbadense* en su pedigrí (Smith *et al.*, 1999), pero comúnmente son identificadas simplemente como *G. hirsutum*.

De acuerdo a algunas clasificaciones para la delimitación de las especies, *G. barbadense* y *G. hirsutum* podrían ser clasificadas como subespecies o variantes de una misma especie y no como especies separadas. La identidad de los progenitores de *G. hirsutum* y de *G. barbadense* permanece de alguna manera incierta (Brubaker *et al.*, 1999), pero mantienen su clasificación como especies separadas.

Las especies tetraploides ($2n = 4x = 52$) incluyendo a *G. hirsutum*, *G. barbadense* y *G. tomentosum* contienen los genomas nucleares A y D (AADD) y únicamente el genoma A cloroplástico, indicando que la semilla parental de la hibridación original fue de descendencia africana o del Medio Este (Percival *et al.*, 1999).

Los datos moleculares indican que *G. hirsutum* y *G. barbadense* comparten un ancestro común (Brubaker *et al.*, 1999) con un tiempo para la formación de poliploidía de entre uno y dos millones de años. La mayoría de los investigadores considera (al menos como progenitores de estas dos especies) que el donador del genoma A es *G. herbaceum* y el donador del genoma D, *G. raimondii* Ulbrich. De esta manera *G. hirsutum* y *G. barbadense* contienen el mismo conjunto de genomas poliploides, el cual es genéticamente distinto de la mayoría de las especies no cultivadas de *Gossypium*.

Entre los algodones cultivados, *G. hirsutum* y *G. barbadense* (esto también incluye a las especies diploides *G. arboreum* y *G. herbaceum*), la introgresión para obtener una ploidía diferente o tipo de genoma es común históricamente debido a la expansión del rango de distribución natural del algodón ocasionado por la intervención humana y su cultivo.

El intercambio interespecífico de genes es responsable de parte de la diversidad genética que se encuentra dentro de cada especie cultivada (Brubaker *et al.*, 1999). Los cultivares modernos de *G. barbadense* se encuentran altamente introgresados con *G. hirsutum* (Percival *et al.*, 1999). Las características introgresadas entre *G. hirsutum* y *G. barbadense* se han mantenido mediante la selección de las características agronómicas y de productividad comercial (Wang *et al.*, 1995; Brubaker *et al.*, 1999). Por ejemplo, la introducción y adopción exitosa de cultivares de *G. barbadense* en los campos de

producción de los Estados Unidos ha dependido de la introgresión de la característica de fotoperiodo de día corto de *G. hirsutum* a *G. barbadense* (Brubaker *et al.*, 1999).

Como se discutió con anterioridad, la introgresión natural y por intervención humana entre *G. hirsutum* y *G. barbadense* ha ocurrido desde años atrás (Brubaker *et al.*, 1993; Percy y Wendel, 1990; Brubaker y Wendel, 1994; Wendel y Albert 1992), por tal motivo se presenta un contenido significativo de DNA de *G. hirsutum* en el genoma de *G. barbadense* (Wang *et al.*, 1995). Sin embargo, se espera que el intercambio genético natural entre las especies sea reducido en comparación con el que ocurre dentro de la misma especie (Wendel & Albert 1992).

La compatibilidad sexual entre *G. hirsutum* y *G. barbadense* es ampliamente aceptada, y existen varias publicaciones que proporcionan datos donde establecen que las dos especies pueden ser cruzadas para producir descendencia F₁ fértil que presenten una meiosis regular (Webber, 1934; Webber, 1935; Webber, 1939; Skovsted, 1937). No obstante, como es de esperarse, ciertas características fenotípicas se segregarán de manera constante ya sea hacia uno u otro fenotipo parental, por ejemplo:

Kohel *et al.* (1965) investigaron la genética de la floración de híbridos interespecíficos de *G. hirsutum* y *G. barbadense* cruzando variedades de día corto de *hirsutum* y *barbadense* con variedades de día neutro de *barbadense* e *hirsutum*, respectivamente. El control monogénico de la floración en *barbadense* no se expresó, mientras que el control multigénico de la floración similar al encontrado en *hirsutum* predominó en la progenie de la cruce interespecífica *hirsutum-barbadense*.

Jiang *et al.* (2000) investigaron el papel de las interacciones multilocus en la restricción de introgresión entre las dos especies poliploides *G. hirsutum* y *G. barbadense*. Después de tres generaciones de retrocruzas con *G. hirsutum*, los autores encontraron diferencias en la cromática de *G. barbadense*. De hecho, no había alelos de *G. barbadense* en alrededor del 30% de los *loci* bajo estudio, y siete regiones cromosómicas independientes de *G. barbadense* estaban totalmente ausentes. Debido a que los genomas de estas dos especies parecen ser colineales, los autores concluyeron que existen interacciones genéticas desfavorables en ciertos genotipos de híbridos que protegen estas regiones del genoma de *G. hirsutum* de la introgresión. Probablemente *G. hirsutum* tiene “mejores” alelos para estas regiones provocando la pérdida selectiva de los alelos de *G. barbadense*.

6.5.3. Potencial de cruce y transferencia de genes

El algodón es una planta que se reproduce predominantemente mediante autopolinización, sin embargo, se puede presentar algún porcentaje de polinización cruzada cuando existen poblaciones importantes de insectos polinizadores (Llewellyn *et al.*, 2007). La tasa de entrecruzamiento depende de la zona, la estación y del porcentaje de visitación de los insectos polinizadores. No obstante, el nivel de entrecruzamiento puede ser sobrestimado

si se consideran sólo los índices de visitantes en las flores de algodón, dado que los potenciales polinizadores buscan preferencialmente los nectarios más que el polen (Moffett *et al.* 1975).

Múltiples estudios de campo realizados en diferentes regiones estiman una tasa de entrecruzamiento del 10% o menos (Meredith y Bridge, 1973; Llewellyn y Fitt 1996; Sen *et al.*, 2004; Van Deynze, *et al.* 2005; Zhang *et al.*, 2005). Se han reportado pocos estudios con altos niveles de entrecruzamiento (Simpson y Duncan, 1956); en estos casos, el porcentaje de entrecruzamiento fue menor (2%) en estudios posteriores realizados en la misma localidad (Meredith y Bridge, 1973).

De manera generalizada, estudios de flujo de polen reportan que la tasa de entrecruzamiento disminuye significativamente cuando se incrementa la distancia. Estos datos pueden representar el rango efectivo de dispersión de polen realizado por los insectos. Experimentos realizados en California muestran una tasa de entrecruzamiento del 7.65% a una distancia de 0.3 m en presencia de polinizadores. Sin embargo, la tasa de entrecruzamiento disminuye de forma significativa (0.67%) al incrementar la distancia a 9 m, aún con la presencia de polinizadores. Para este mismo estudio, en ausencia de insectos que lleven a cabo el flujo de polen, la tasa de entrecruzamiento fue del 4.86% a una corta distancia (0.3 m), disminuyendo significativamente (0.03%) al incrementar la distancia a 1 m (Van Deynze, *et al.* 2005).

Estudios similares realizados durante dos temporadas en Australia, con cultivos de algodón GM rodeado de algodón no GM, muestran valores menores de flujo de polen del cultivo GM al no GM, pero los resultados son consistentes en cuanto al efecto de la distancia sobre la tasa de entrecruzamiento. Durante la primera temporada del estudio, la tasa de entrecruzamiento en presencia de polinizadores fue del 0.15% a 1 m de distancia, mientras que a 4 m la tasa de entrecruzamiento disminuye a menos del 0.08%. Para la segunda temporada, a una distancia de 1 m, la tasa de entrecruzamiento fue del 0.4%, disminuyendo su valor al 0.03% a una distancia de 16 m (Llewellyn y Fitt 1996).

De acuerdo con los estudios arriba mencionados, la tasa de entrecruzamiento depende en gran medida de las condiciones climáticas del sitio de estudio. Esto principalmente por la relación entre las condiciones ambientales y la abundancia de especies de insectos que lleven a cabo el flujo de polen (Llewellyn *et al.*, 2007).

Las principales zonas de cultivo de algodón se ubican en la región norte y noreste del país, encontrando la mayor extensión de siembra para este cultivo (89,751 ha) en el estado de Chihuahua (SIAP-SAGARPA, 2015).

Además de *G. hirsutum*, en México se encuentran distribuidas varias especies del género *Gossypium* de las cuales sólo *G. barbadense* es tetraploide, mientras que las demás especies son diploides. Aun cuando *G. hirsutum* presenta altos niveles de autopolinización,

existe el potencial de flujo génico si en la zona se presentan poblaciones de *G. hirsutum* convencional o poblaciones de *G. barbadense*, dentro del rango en el cual la polinización cruzada puede efectuarse. No obstante, los niveles de entrecruzamiento reportados son bajos (1 - 2%) y se efectúan a distancias cortas (<30 m), aún en presencia de polinizadores (Van Deynze *et al.*, 2005; Llewellyn y Fitt 1996; Zhang *et al.*, 2005).

Tomando en cuenta lo anterior, la posibilidad de flujo génico entre el algodón GLT y cultivos convencionales o poblaciones de *G. barbadense*, es muy baja. Por otra parte, la viabilidad del polen puede ser un factor importante en la reducción del potencial de flujo génico, dado que, además de las características que le impiden un transporte activo por el viento, una vez que se presenta la dehiscencia, no permanece viable por más de 24 horas.

El algodón GLT no exhibe ninguna característica fenotípica adicional que pudiese incrementar su supervivencia en hábitats no agrícolas, o en áreas fuera del rango geográfico de la producción de algodón. En el caso poco probable de que se llegasen a formar híbridos entre este evento y parientes silvestres, la introducción de las características de resistencia a insectos lepidópteros y de tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, a especies en hábitats no agrícolas no conferiría ventaja competitiva alguna, dado que la tecnología funciona como una protección ante estímulos externos como el daño por insectos plaga y aplicaciones de los herbicidas mencionados, en cuya ausencia no habría resultados visibles en comparación con algodón convencional.

6.6. Manejo de maleza en el cultivo del algodón

La presencia de malezas es uno de los principales problemas que limitan la producción del cultivo de algodón. Las malezas presentan una alta adaptación a las áreas disturbadas por las labores agrícolas y si no son controladas oportuna y eficientemente, disminuyen significativamente el rendimiento y la calidad de fibra del algodón (Rosales y Sánchez, 2010).

La competencia de la maleza afecta el desarrollo y rendimiento del algodón y su severidad depende de las malezas presentes, densidad del cultivo y la maleza, época de emergencia de la maleza, sistema de siembra, condición de humedad, nivel de fertilidad del suelo y duración del período de competencia, entre otros. En general, la competencia es más crítica durante la primera etapa del desarrollo vegetativo del cultivo. Lo anterior ha dado como resultado la definición de este lapso como el período crítico de competencia (PCC): el tiempo máximo que el cultivo tolera la competencia de maleza sin reducciones significativas de su rendimiento y el tiempo mínimo de ausencia de maleza que requiere el cultivo para expresar su máximo rendimiento. En este aspecto, se considera que las reducciones significativas o umbral económico ocurren cuando las pérdidas de rendimiento igualan al costo de control de maleza. Con fines prácticos se ha considerado un 5% de reducción de rendimiento como el umbral económico en la mayoría de los cultivos anuales (Rosales y Sánchez, 2010).

Se ha determinado que el período crítico de competencia de maleza anual en algodón se presenta en los primeros 50 a 60 días después de la emergencia del cultivo, en los cuales si no se controlan eficientemente las malezas se reduce el rendimiento de 30 a 50%. Además, es necesario mantener un buen control de maleza hasta la cosecha del algodón con el fin de obtener una fibra libre de impurezas, ya que la recolección se realiza en forma mecánica (Rosales y Sánchez, 2010).

Al conjunto de daños causados por la maleza a los cultivos se le denomina interferencia. La interferencia incluye la reducción del rendimiento por competencia, la disminución en la calidad del producto cosechado, el aumento en los costos de cosecha y la mayor incidencia de plagas y enfermedades. Las pérdidas de rendimiento son ocasionadas principalmente por la competencia entre las malezas y cultivo por luz, agua y nutrimentos, factores básicos para el desarrollo de las plantas (Rosales y Sánchez, 2010).

Además de la competencia, existe otro tipo de daños causados por la presencia de maleza en algodón, comúnmente llamados daños indirectos. Estos daños incluyen: mayor incidencia de insectos y patógenos que utilizan a las malezas como hospederas alternantes; disminución en la calidad de la producción por el incremento de humedad e impurezas en la fibra; dificultad de cosecha mecánica y depreciación de los terrenos agrícolas por altas infestaciones de maleza (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.1. Algodón genéticamente modificado tolerante a herbicidas

Antes de 1996, el algodón era el único cultivo extensivo que no contaba con un herbicida postemergente efectivo para el control de malezas dicotiledóneas, que no causara daños al cultivo, retrasos en su maduración o reducción de su rendimiento (Paulsgrove *et al.*, 2005). La falta de un herbicida postemergente para controlar malezas de hoja ancha se agravaba, por ser el algodón un cultivo poco competitivo en sus primeras etapas de desarrollo. Por medio de la biotecnología ha sido posible desarrollar variedades de algodón con resistencia a varios herbicidas, que ofrecen un buen control de maleza y selectividad al cultivo (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.1.1. Algodón tolerante a glifosato

El glifosato es un herbicida con acción sistémica que controla zacates y hojas anchas anuales y perennes. Su modo de acción es la inhibición de la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano al inhibir la enzima EPSPS (5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa). El glifosato se comercializó a partir de 1974, principalmente para el control no selectivo de malezas en terrenos sin cultivo. Sin embargo, sus características de alta sistemicidad, poca toxicidad a animales y al hombre y ausencia de residuos en el suelo, lo convirtieron en el herbicida ideal para el desarrollo de cultivos genéticamente modificados con tolerancia a su acción.

En 1983, se aisló la bacteria de suelo *Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4 que es altamente tolerante al glifosato porque su enzima EPSPS es menos sensitiva que la enzima EPSPS encontrada en las plantas. Para 1986 se desarrollaron cultivos resistentes a glifosato (RG) y en 1997 se desarrollaron las primeras variedades de algodón RG. Sin embargo, la selectividad en estas variedades era marginal, pues sólo se podía aplicar el algodón hasta la etapa de cuarta hoja, ya que aplicaciones en etapas posteriores se asociaban con el aborto de frutos y la pérdida de rendimiento. Actualmente existen variedades de algodón que permiten la aplicación de glifosato hasta siete días antes de la cosecha (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.1.2. Algodón tolerante a glufosinato de amonio

El glufosinato es un inhibidor de aminoácidos que mata a las plantas sensibles al inhibir a la enzima glutamina sintetasa, que cataliza la conversión del ácido glutámico y el amoníaco en glutamina. La inhibición de la glutamina sintetasa provoca una acumulación de amoníaco y glioxilato que causa daños a la estructura de los cloroplastos, disminución de la fotosíntesis y finalmente la muerte de los tejidos. El algodón resistente a glufosinato fue comercializado por primera vez en 2004 como algodón LibertyLink (LL) y fue creado a través de la inserción del gen *bar* aislado de la bacteria del suelo *Streptomyces hygroscopicus*. El algodón LL transformado con el gen *bar* expresa resistencia a glufosinato a través de la inactivación de la acción del herbicida. El algodón LL tiene una excelente tolerancia al glufosinato, que es un herbicida no selectivo con acción primordialmente de contacto y puede aplicarse desde la emergencia hasta los inicios de la floración. El glufosinato controla tanto malezas gramíneas como de hoja ancha, pero requiere aplicarse en malezas en sus primeros estados de desarrollo, pues su acción es de contacto y no deja residuos en el suelo que puedan afectar a cultivos sembrados en rotación (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.2. Impacto del uso de algodón tolerante a herbicidas

La tecnología GlyTol® TwinLink® (GLT) combina la resistencia a las plantas de algodón al ataque de insectos lepidópteros, con la tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, en las variedades de algodón de BASF.

Con relación al manejo de maleza en algodón, las variedades GlyTol® TwinLink® son tolerantes a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato mediante la expresión de las proteínas PAT de *Streptomyces hygroscopicus* y 2mEPSPS del maíz, permitiendo el uso de dos mecanismos de acción herbicida para un manejo más eficiente de la maleza en el cultivo del algodón, esta combinación de mecanismos de acción es particularmente importante para el manejo y prevención de resistencia de las especies de maleza a los herbicidas.

Adicionalmente, el uso de cultivos tolerantes a herbicidas ofrece una serie de ventajas de carácter agronómico y ambiental:

- Reducción significativa en el uso de herbicidas (kg de I.A.) y utilización de productos con menor impacto ambiental (EIQ). En 2015, el efecto global de la utilización de tecnologías de tolerancia a herbicidas en los países en los que se han adoptado ha sido una reducción del 11.2% de I.A. y una disminución del impacto ambiental de 13%. En conjunto, desde 1997 el uso de herbicidas se ha reducido en 7.6% (-25 millones de kg) y el impacto ambiental disminuyó 10.2% (figura 53).
- Disminución de la contaminación del suelo y mantos freáticos al utilizar herbicidas con menor impacto ambiental (cuadro 64).
- Mayor flexibilidad en el control de maleza comparado con el uso de herbicidas en el algodón convencional: en los cultivos tolerantes a herbicidas, estos son aplicados en post emergencia a la maleza y al cultivo. Las aplicaciones se realizan sólo cuando las poblaciones de maleza superan los umbrales económicos y durante el periodo crítico de competencia del cultivo con la maleza.
- Control de un amplio espectro de maleza: glufosinato de amonio y glifosato poseen modos de acción distintos y complementarios que permiten controlar una gran variedad de especies de maleza de diferentes familias botánicas (cuadros 65 y 66).
- Eliminación de labores de control manual y aplicaciones tempranas dirigidas, de herbicidas que requieren equipo especial para su aplicación.
- Disminución de los costos para el control de maleza, en comparación con las alternativas tecnológicas.
- Compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) y técnicas de conservación de suelo, como agricultura de conservación. La “labranza cero”, también conocida como “siembra directa” implica reemplazar la labranza convencional por la aplicación de un herbicida no selectivo en presembrado. La semilla es luego sembrada directamente en el suelo atravesando el rastrojo del cultivo anterior. Entre los beneficios de la labranza cero se pueden mencionar la conservación de la humedad del suelo, la reducción en la erosión del suelo, una mejora en la estructura del suelo, incremento en el contenido de carbono y reducción en el uso de combustible.
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (disminución en el uso de combustibles necesarios para la fabricación, transporte y aplicación de insecticidas). Cuando se realiza labranza convencional, la cantidad de combustible aumenta, lo que directamente implica mayor emisión de gases a la atmósfera.

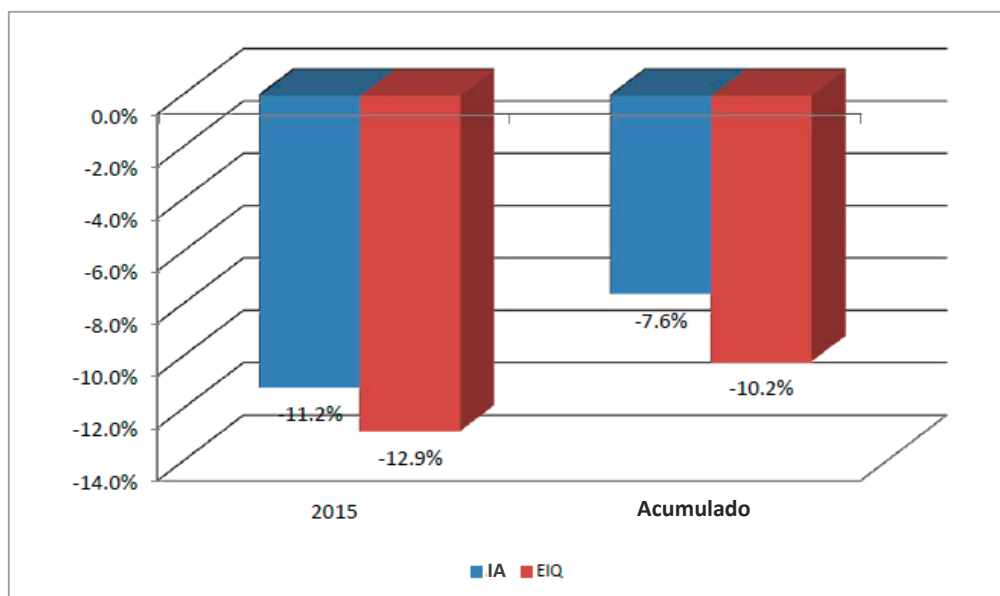


Figura 26. Reducción en el uso de herbicidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM tolerante a herbicidas en Estados Unidos, Australia, Argentina y Sudáfrica 1997-2015 (Brookes y Barfoot, 2017).

Cuadro 18. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Ingrediente activo (I.A.)	Grupo químico	EIQ
Oxifluorfen	Difenileter	33.82
Pendimetalin	Dinitroanilina	30.17
Fluazifop-p-butil	Arilfenoxi propionato	28.71
Diuron	Dimetilurea	26.47
Bensulide	Organofosforado	26.0
Quizalofop-etil	Arilfenoxi propionato	22.14
Piritiobac sodio	Pirimidincarboxy	21.7
Setoxidim	Ciclohexanediona	20.89
Glufosinato de amonio	Ácidos fosfínicos	20.2
Clomazone	Isoxazolidinona	19.63
Linuron	Fenilurea	19.32
Trifluralina	Dinitroanilinas	18.83
MSMA	Arsénico orgánico	18.0
Alaclor	Cloroacetamida	17.86
Clethodim	Ciclohexanediona	17.0
Prometrina	Triazina	15.37
Glifosato	Glicinas	15.33
Fluometuron	Fenilurea	14.27

Fuente: A method to measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: list of Pesticides, Part 3: Herbicides 2012. Integrated Pest Management. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu

Cuadro 19. Espectro de control de maleza del herbicida glufosinato de amonio.

Nombre científico	Familia botánica	Clasificación morfológica
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Digitaria ciliaris</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Paspalum virgatum</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Setaria parviflora</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Panicum fasciculatus</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Echinochloa colona</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Urochloa fasciculata</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Leptochloa mucronata</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Chloris virgata</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Setaria grisebachii</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Eleusine indica</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Eragrostis mexicana</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae	Hoja angosta
<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Melampodium perfoliatum</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Aldama dentata</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Melampodium divaricatum</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Simsia eurylepis</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Anoda cristata</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Tagetes lunulata</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Tithonia tubiformis</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Simsia amplexicaulis</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Ambrosia psilostachya</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Croton lobatus</i>	Euphorbiaceae	Hoja ancha
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Euphorbiaceae	Hoja ancha
<i>Acalypha ostryfolia</i>	Euphorbiaceae	Hoja ancha
<i>Amaranthus palmeri, A. hybridus</i>	Amaranthaceae	Hoja ancha
<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	Hoja ancha
<i>Priva lappulacea</i>	Verbenaceae	Hoja ancha
<i>Cissus sicyoides</i>	Vitaceae	Hoja ancha
<i>Borreria brownii</i>	Rubiaceae	Hoja ancha
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	Sapindaceae	Hoja ancha
<i>Solanum erianthum</i>	Solanaceae	Hoja ancha
<i>Rivina humilis</i>	Petiveriaceae	Hoja ancha
<i>Physalis ixocarpa</i>	Solanaceae	Hoja ancha
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Hoja ancha

Fuente: Etiqueta Finale® Ultra (Glufosinato de amonio 280 g de i.a) – BASF Agronomic Solutions.

Cuadro 20. Espectro de control de maleza del herbicida glifosato.

Nombre científico	Familia botánica	Clasificación morfológica
<i>Rottboellia chochinchinensis</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Eragrostis mexicana</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Chloris virgata</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Panicum maximum</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Leptochloa filiformis</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Bromus carinatus</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Eleusine indica</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Leptochloa filiformis</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Cenchrus echinatus</i>	Poaceae	Hoja angosta
<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae	Hoja angosta
<i>Tithonia tubiformis</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Flaveria trinervia</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Galinsoga parviflora</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Melampodium divaricatum</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Anoda cristata</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Aldama dentada</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Helianthus ciliaris</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Hoja ancha
<i>Amaranthus spinosus, A. hybridus, A. palmeri</i>	Amaranthaceae	Hoja ancha
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	Hoja ancha
<i>Lepidium virginicum</i>	Brassicaceae	Hoja ancha
<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	Hoja ancha
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Hoja ancha
<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	Hoja ancha
<i>Acalypha alopecuroides</i>	Euphorbiaceae	Hoja ancha
<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	Hoja ancha
<i>Malva parviflora</i>	Malvaceae	Hoja ancha
<i>Melilotus indicus</i>	Fabaceae	Hoja ancha
<i>Oxalis latifolia</i>	Oxalidaceae	Hoja ancha
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Hoja ancha
<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	Hoja ancha
<i>Chenopodium album</i>	Chenopodiaceae	Hoja ancha
<i>Commelina serrulata</i>	Commelinaceae	Hoja ancha

Fuente: Etiqueta Faena® Fuerte (Glifosato 363 g de i.a) - Monsanto, Etiqueta Glyphos® (Glifosato 360 g de i.a.) - Cheminova Agro, Etiqueta Durango™ (Glifosato 480 g de i.a) - Dow AgroSciences.

6.6.3. Manejo de maleza en algodón convencional

El manejo de maleza en el cultivo de algodón convencional se realiza mediante la combinación de diferentes prácticas agronómicas, en donde el uso de herbicidas juega un papel muy importante.

6.6.3.1. Control preventivo

Se refiere a aquellas medidas tomadas para prevenir la introducción, establecimiento y desarrollo de maleza en áreas no infestadas. Estas medidas incluyen: uso de semilla certificada libre de maleza; limpieza de canales de riego y caminos; control del pastoreo de ganado y limpieza de maquinaria después de su uso en zonas infestadas de maleza, especialmente durante la cosecha, cuando existe un gran número de plantas de maleza con semilla madura (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.3.2. Control cultural

Incluye las prácticas de manejo, tales como: rotación de cultivos; uso de diferentes fechas de siembra; fertilización oportuna y adecuada y uso de surcos estrechos, que promueven un rápido desarrollo del algodón para hacerlo más competitivo hacia la maleza (Rosales y Sánchez, 2010).

6.6.3.3. Control manual

Consiste en la utilización del azadón para controlar la maleza que se desarrolla entre las plantas de algodón, y son necesarios de dos a tres deshierbes, realizando cada uno después de los dos o tres primeros riegos de auxilio, suficientes para mantener el terreno libre de malezas durante el período crítico. Sin embargo, al presentarse especies perennes su eficiencia es limitada (Rosales y Sánchez, 2010).

El control manual se facilita en las siembras en surcos, camas o bordos y se sugiere realizarlo después del control mecánico, sobre todo cuando existen malezas como zacate Jhonson o correhuela o bien si la población de maleza es baja y no se justifica la aplicación de herbicidas (Herrera *et al.*, 1988).

6.6.3.4. Control mecánico

El control mecánico de maleza en algodón se inicia con la preparación de la cama de siembra. La labranza primaria se realiza por medio de arado de discos, subsuelo o bordeadores y posteriormente, la labranza secundaria se efectúa con pasos de rastra.

El sistema de siembra en húmedo o a "tierra venida" elimina el primer flujo de emergencia de maleza y permite establecer el algodón en suelo "limpio". Posteriormente, el paso de

escardas con cultivadora rotativa o de picos elimina a la maleza que emerge después de la siembra. El número y época de las escardas depende de factores tales como: presencia de maleza, humedad del suelo y disponibilidad de equipo (Rosales y Sánchez, 2010).

Estas prácticas contribuyen eficazmente en el control de la maleza presente en el terreno, hasta que la altura del cultivo permita el paso de maquinaria, con lo cual se resuelve el problema presente en las calles, sin embargo, el problema de la maleza que se desarrolla entre las hileras de plantas de algodón permanece. El control mecánico es una práctica de control razonablemente efectivo contra especies anuales, siempre y cuando evite la floración y producción de semillas de las mismas; sin embargo, es relativamente inefectivo contra especies perennes.

6.6.3.5. Control químico

El control químico de maleza mediante el uso de herbicidas es muy común en algodón, ya que tiene la ventaja de eliminar a la maleza en grandes extensiones de una manera eficiente, rápida y económica. Sin embargo, para evitar problemas de selectividad al cultivo o fallas en el control de maleza, el control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de los herbicidas y debe efectuarse sólo cuando los otros métodos de control no son factibles de utilizarse o cuando su uso representa una ventaja económica para el productor (Rosales y Sánchez, 2010).

El manejo tradicional de malezas en algodón incluye la siembra en suelo húmedo, el paso de escardas, el uso de herbicidas de pre-siembra incorporados (PSI), pre-emergentes (PRE) y post-emergentes (POST) y los deshierbes manuales. El programa típico de uso de herbicidas en algodón incluye la aplicación de herbicidas como trifluralina y pendimetalina en PSI para el control de gramíneas anuales y malezas de hoja ancha de semilla pequeña como quelite (*Amaranthus* spp.) y verdolaga (*Portulaca oleracea*). Posteriormente, es común la aplicación de fluometuron, el herbicida PRE más común contra malezas de hoja ancha en algodón. Sin embargo, el fluometuron no controla eficientemente a algunas especies de los géneros *Ipomoea* y *Amaranthus*, que son de las malezas más comunes en este cultivo. El control de malezas gramíneas en POST es fácilmente llevado a cabo con la aplicación de herbicidas como sethoxidim, clethodim y fluazifop que muestran una buena selectividad al algodón y un control eficiente de gramíneas anuales y perennes (Culpepper y York, 1998).

La parte más difícil del manejo de malezas en algodón es el control POST de malezas de hoja ancha. Hasta 1995, el control POST de hojas anchas se efectuaba con aplicaciones POST dirigidas a la base de las plantas de algodón de MSMA, DSMA y fluometuron, ya que estos herbicidas aplicados sobre el algodón comúnmente le causan retraso en su madurez y bajas de rendimiento (Culpepper & York, 1998).

Con la aparición de pirithiobac y trifloxisulfuron para el control POST de hojas anchas en algodón se aumentaron las posibilidades de un manejo eficiente de maleza para los productores (Dotray *et al.*, 1996; Richardson *et al.*, 2006). Sin embargo, se descubrió que pirithiobac controla eficientemente a quelites *Amaranthus* spp., suprime *Cyperus*, pero tiene escapes de *Ipomoea*, *Chenopodium album* y *Acalypha ostryifolia* y trifloxisulfuron controla eficientemente a chayotillo *Xanthium strumarium*, chual blanco *Chenopodium album*, altamisa *Ambrosia artemisiifolia* y quelite *A. hybridus*, pero no controla eficientemente a hoja de terciopelo *Abutilon theophrasti*, alache *Anoda cristata* y toloache *Datura stramonium* (Richardson *et al.*, 2006). Además, ambos herbicidas causan daños fitotóxicos al algodón, por lo que la aplicación de trifloxisulfuron se recomienda después del estado de 5ª hoja del algodón, por lo que no puede utilizarse para el control temprano de malezas de hoja ancha.

El control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida (Rosales *et al.*, 2002). El control químico tiene ventajas importantes sobre los otros métodos de control de maleza: oportunidad en el control maleza, pues la elimina antes de su emergencia o en sus primeras etapas de desarrollo; amplio espectro de control; control de maleza perenne; control residual de la maleza (Rosales y Medina, 2008).

En el cuadro 67 se presentan los herbicidas recomendados para el control de maleza en el cultivo de algodón en México (PLM, 2014). De igual manera, en el cuadro 68 se muestran los herbicidas recomendados para el Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.).

Cuadro 21. Ingrediente activo, formulación, dosis, categoría toxicológica y grupo químico de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Ingrediente activo (i.a.)	Formulación ^a	Dosis (g i.a./ha)	Grupo químico	Época de aplicación ^b	Tipo de maleza
Alaclor	EC 47.29% (480 g/l)	960 - 2,400	Cloroacetamida	PRE	Hoja angosta
Bensulide	EC 46% (480 g/l)	5,760 - 6,720	Organofosforado	PSI y PRE	Hoja angosta
Clomazone	EC 46.7% (480 g/l)	720 - 960	Isoxazolidinona	PRE	Hoja ancha y angosta
Clortal dimetil (DCPA)	WP 75% (750 g/kg)	7,500 - 9,000	Derivado del ácido benzoico	PRE	Hoja angosta
Diuron	GD 80% (800 g/kg)	640 - 1,000	Dimetilurea	PRE y POST	Hoja ancha
Fluazifop-butil	EC 12.5% (125 g/l)	125 - 500	Arilofenoxi propionato	POST dirigido a la maleza	Hoja angosta
Fluometuron	SC 44% (500 g/l)	1,200 - 3,000	Fenilurea	PRE	Hoja ancha y angosta
Linuron	WP 50% (500 g/kg)	500 - 1,500	Fenilurea	PRE	Hoja ancha y angosta
MSMA	SL 48.3% (336.8 g/l)	1,010 - 1,347	Arsénico orgánico	POST dirigido a la maleza	Hoja angosta

Oxifluorfen	EC 22% (240 g/l)	360 - 480	Difenileter	POST dirigido a la maleza	Hoja ancha y angosta
Pendimetalin	EC 37.4% (396 g/l)	1,386	Dinitroanilina	PSI y PRE	Hoja angosta
Pirithiobac sodio	SP 85% (850 g/kg)	85 - 97.75 g/ha	Pirimidincarboxy	POST	Hoja ancha
Prometrina	SC 46.7% (500 g/l)	750 - 1,250	Triazina	PRE	Hoja ancha
Quizalofop-etil	EC 10.3% (105.45 g/l)	42.18 - 73.81	Arilfenoxi propionato	POST dirigido a la maleza	Hoja angosta
Setoxidim	EC 20% (184 g/l)	276 - 552	Ciclohexanediona	POST	Hoja angosta
Clethodim	EC 12.5% (118 g/l)	59.0 - 118.0	Ciclohexanediona	POST	Hoja angosta
Trifluralina	EC 44.5% (480 g/l)	576 - 1,344	Dinitroanilinas	PSI	Hoja ancha y angosta

^a SL: concentrado soluble; WP: polvo humectable; SC: suspensión concentrada; SP: polvo soluble; EC: concentrado emulsionable; P: pellets; GD: Granulos dispersables.

^b POST (Aplicación post-emergente); PRE (Aplicación pre-emergente); PSI (Pre-siembra incorporado).

Cuadro 22. Herbicidas recomendados para el control de maleza en el cultivo de algodón el Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son.).

Tipo de maleza	Ingrediente activo	Dosis g i.a./ha	Época de aplicación
Hoja ancha*	Pirithiobac**	34 a 42	Postemergencia selectiva aplicado en banda de 40 a 50 cm, respectivamente
Hoja angosta	Quizalofop-etil	41.2 a 72.1	Postemergencia temprana
Anuales y perennes	Pendimetalin	1368 a 1584	Preemergencia, Postemergencia dirigida
	Clethodim	60	Postemergencia selectiva
	Sethoxidim	276 a 552	Postemergencia selectiva
Complejo de hoja ancha y angosta	Trifluralina	960	Presiembra, incorporado con rastra
	Fluometurón	1600	Preemergencia y Postemergencia dirigida
	Diurón	1600	Preemergencia y Postemergencia dirigida
	Oxadiazón	500 a 625	Preemergencia y Postemergencia dirigida
	Acetoclor	480	Preemergencia y Postemergencia dirigida

*Quelite o bledo, tomatillo, lengua de vaca, cañagria, gloria de la mañana, mostaza, mostacilla.

**Presenta excelente control sobre gloria de la mañana o correhuela y trompillo.

Fuente: Herrera, J.L. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Baja California (Algodón). Campo Experimental Valle de Mexicali. Centro de Investigación Regional Noroeste. SAGARPA-INIFAP.

Desde el punto de vista ambiental, algunos de los herbicidas utilizados para el manejo de maleza en algodón convencional poseen índices de Impacto Ambiental (EIQ) mayores a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato a utilizarse en el algodón GLT (cuadro 69).

Cuadro 23. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Ingrediente activo (I.A.)	Grupo químico	EIQ
Oxifluorfen	Difenileter	33.82
Pendimetalin	Dinitroanilina	30.17
Fluazifop-p-butil	Arilofenoxi propionato	28.71
Diuron	Dimetilurea	26.47
Bensulide	Organofosforado	26.0
Quizalofop-etil	Arilofenoxi propionato	22.14
Piritiobac sodio	Pirimidincarboxy	21.7
Setoxidim	Ciclohexanediona	20.89
Glufosinato de amonio	Ácidos fosfínicos	20.2
Clomazone	Isoxazolidinona	19.63
Linuron	Fenilurea	19.32
Trifluralina	Dinitroanilinas	18.83
MSMA	Arsénico orgánico	18.0
Alaclor	Cloroacetamida	17.86
Clethodim	Ciclohexanediona	17.0
Prometrina	Triazina	15.37
Glifosato	Glicinas	15.33
Fluometuron	Fenilurea	14.27

Fuente: A method to measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: list of Pesticides, Part 3: Herbicides 2012. Integrated Pest Management. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu

El uso inapropiado de los herbicidas representa algunos riesgos a la agricultura. Sin embargo, todos estos daños son posibles de evitar con una buena selección y aplicación de estos productos y con el conocimiento de sus características específicas (Rosales *et al.*, 2002). Algunos de los posibles riesgos por el uso inadecuado de herbicidas son: daños al cultivo en explotación por dosis excesiva o a cultivos vecinos por acarreo del herbicida; daños a cultivos sembrados en rotación por residuos de herbicidas en el suelo; cambios en el tipo de maleza por usar continuamente un herbicida y desarrollo de resistencia de malezas a herbicidas (Rosales y Medina, 2008).

Los métodos de control anteriormente descritos tienen ventajas y desventajas y se utilizan de acuerdo a las condiciones particulares de cada agricultor, por lo que antes de elegir uno de los métodos o combinación de los mismos, se debe realizar un análisis de la situación para asegurarnos de elegir la mejor alternativa (cuadro 70).

Cuadro 24. Ventajas y desventajas de los métodos de manejo de maleza.

Método		Ventajas	Desventajas
Manual	Arranque	<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> Método lento. Gran necesidad de mano de obra. Posibilidad de rebrote. No controla las malezas, las poda.
	Corte manual	<ul style="list-style-type: none"> Menor inversión inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> Gran necesidad de mano de obra. Rápida reinfestación (rebrotos vigorosos).
Mecánico	Barbecho y Rastro	<ul style="list-style-type: none"> Rapidez en la operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Método no selectivo No controla maleza en la línea del surco.
		<ul style="list-style-type: none"> Menor necesidad de mano de obra. Costo final alto. 	<ul style="list-style-type: none"> Su uso depende de la topografía y grado de mecanización del área.
Físico	Quema e Inundación	<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la fertilidad potencial del suelo. Favorece la germinación e instalación de malezas.
Químico	Herbicidas	<ul style="list-style-type: none"> Selectivo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inversión alta.
		<ul style="list-style-type: none"> Versátil. Económico. Alta efectividad. 	<ul style="list-style-type: none"> Personal calificado. Contaminación. Desarrollo de resistencia.

Fuente: Métodos de control de maleza. Dow AgroSciences. <http://www.dowagro.com/ar/>

6.6.4. Resistencia de maleza a herbicidas

Los cultivos tolerantes a herbicidas pueden obtenerse por medio de técnicas de mejoramiento convencionales, tales como la mutagénesis y el cultivo *in vitro*, o por medio de las técnicas biotecnológicas de modificación genética. Los cultivos tolerantes a herbicidas derivados de la biotecnología moderna se han cultivado desde el año 1996 e incluyen la soya, la canola, el maíz, el algodón, la alfalfa y la remolacha azucarera. Estos cultivos le ofrecen al productor algunas ventajas diferenciales en el control de las malezas, incluyendo un control más simple, más eficiente, más económico y con menor daño al cultivo y menor residualidad, además de un control de las malezas resistentes existentes, menos labranza y la reducción del impacto ambiental. Sin embargo, los cultivos tolerantes a herbicidas también pueden presentar algunos desafíos para su manejo, como el desarrollo de malezas resistentes a herbicidas (CropLife, 2012).

La dependencia de un único herbicida sin un enfoque de control integrado de malezas puede llevar al cambio de especies de malezas y al desarrollo de malezas resistentes a herbicidas. Los cambios de maleza y los desafíos para el manejo de la resistencia de las malezas en estos cultivos tolerantes a herbicidas son resultado del modo en que se usan dichos herbicidas (CropLife, 2012).

La resistencia a herbicidas se define como la habilidad heredada de una maleza para sobrevivir a una dosis de herbicida con la cual normalmente se tendría un control efectivo. En este contexto, la resistencia es un proceso evolutivo en el que una población cambia de ser susceptible a ser resistente. Las plantas individuales no pasan de ser susceptibles a ser resistentes, sino que es la proporción de individuos originalmente resistentes dentro de la población, la que se incrementa a lo largo del tiempo (Esqueda, *et al.*, 2011).

La resistencia a herbicidas puede deberse a una absorción o translocación diferencial del compuesto químico, a la transformación metabólica del herbicida en compuestos no tóxicos, al secuestro de las moléculas herbicidas en el apoplasto o a una alteración en el sitio de acción. La gran mayoría de los casos de resistencia que se han observado en malezas, se relacionan con una modificación en el sitio de acción (Esqueda, *et al.*, 2011).

Por lo general, la sospecha inicial de resistencia está relacionada con un control deficiente o no satisfactorio de las malezas después de una aplicación de herbicidas. Antes de considerar a la resistencia como causante de la falla, deben descartarse otros factores como: dosis o época de aplicación, aplicación deficiente del herbicida, nivel de humedad y preparación del suelo, adsorción, condiciones climáticas no favorables, tamaño de malezas, germinación posterior a la aplicación y alta infestación (Esqueda, *et al.*, 2011).

La resistencia a los herbicidas no es un problema que se presente en forma súbita en un terreno en particular, ni es la falta de control de malezas en un solo año. Puede ocurrir primero en una pequeña área o áreas, especialmente en donde se han utilizado herbicidas con el mismo modo de acción por varios años consecutivos. La resistencia a herbicidas se presenta cuando la aplicación repetida de un herbicida selecciona a plantas individuales con tolerancia natural a dicho herbicida. Esta resistencia se hereda de padres a hijos. Además del uso de herbicidas con el mismo modo de acción, otros factores que favorecen el desarrollo de la resistencia incluyen: uso de herbicidas con alta residualidad en el suelo, alta densidad de población de malezas y frecuencia inicial de plantas resistentes dentro de la especie, algo que generalmente no se conoce. Se piensa que las malezas cambian o mutan para llegar a ser resistentes, sin embargo, desde el punto de vista biológico, se considera que en las poblaciones de malezas en que se desarrolla resistencia, siempre hubo unos pocos biotipos resistentes presentes y que, al utilizar un herbicida, los biotipos susceptibles fueron controlados, y luego las poblaciones resistentes pequeñas se incrementaron e infestaron el área (Esqueda, *et al.*, 2011).

Está demostrado que las malezas tienen la capacidad de evolucionar resistencia a herbicidas, sin importar su modo de acción, cuando se someten a suficiente presión de selección bajo condiciones apropiadas. Sin embargo, también es claro considerando la prevalencia de algunos modos de acción sobre otros, que en la evolución de resistencia hay algunos que tienen un menor riesgo (Valverde y Heap, 2009).

A nivel mundial, existen 38 especies de maleza resistentes a glifosato y la mayor cantidad ha sido reportada en Estados Unidos. En México *Leptochloa virgata* y *Bidens pilosa* fueron reportadas como resistentes en huertos de limón en Veracruz en 2010 y 2014 respectivamente.

Por otra parte, sólo existen dos especies reportadas como resistentes a glufosinato de amonio en Estados Unidos, Malasia y Nueva Zelanda. En la figura 54 se puede observar que existen 159 especies de maleza resistentes a herbicidas inhibidores de ALS, 73 especies resistentes a inhibidores del fotosistema II, 48 especies resistentes a inhibidores de ACCasa, 36 especies resistentes a auxinas sintéticas, 32 especies resistentes a bipiridilos y 28 especies resistentes a ureas y amidas, lo cuales no se utilizan en cultivos GM (Heap, 2017).

Es de vital importancia que el manejo de maleza en cultivos genéticamente modificados y cultivos convencionales se realice dentro de una estrategia de manejo integrado de maleza, que considere el uso de todas las técnicas de control económicamente disponibles sin depender exclusivamente de una de ellas. Los mecanismos de control de malezas incluyen medidas preventivas, el monitoreo de los lotes, las rotaciones de cultivos, la rotación de herbicidas, la labranza, la competencia de cultivos, las prácticas de fertilización, el riego, etc. (CropLife, 2012).

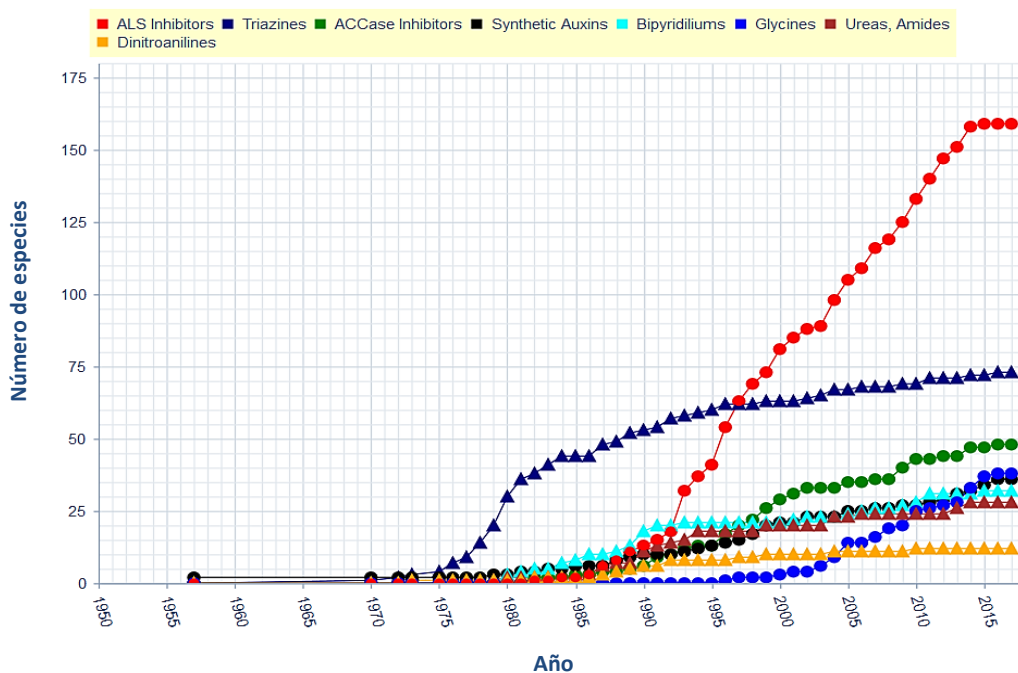


Figura 27. Incremento cronológico en el número de malezas resistentes a herbicidas pertenecientes a distintos grupos (Heap, 2017).

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de resistencia es un fenómeno natural que no está restringido a los cultivos genéticamente modificados tolerantes a herbicidas. En la figura 55 puede observarse el número de especies resistentes a diferentes herbicidas de acuerdo al tipo de cultivo en los que se han utilizado.

Así mismo, en la figura 56 se puede apreciar que algunos herbicidas son más propensos a generar resistencia en las poblaciones de maleza, debido a sus modos de acción. De los herbicidas mostrados, sólo glifosato está asociado con cultivos genéticamente modificados tolerantes a herbicidas y del número total de especies resistentes reportadas (38), algunos casos sucedieron en cultivos convencionales.

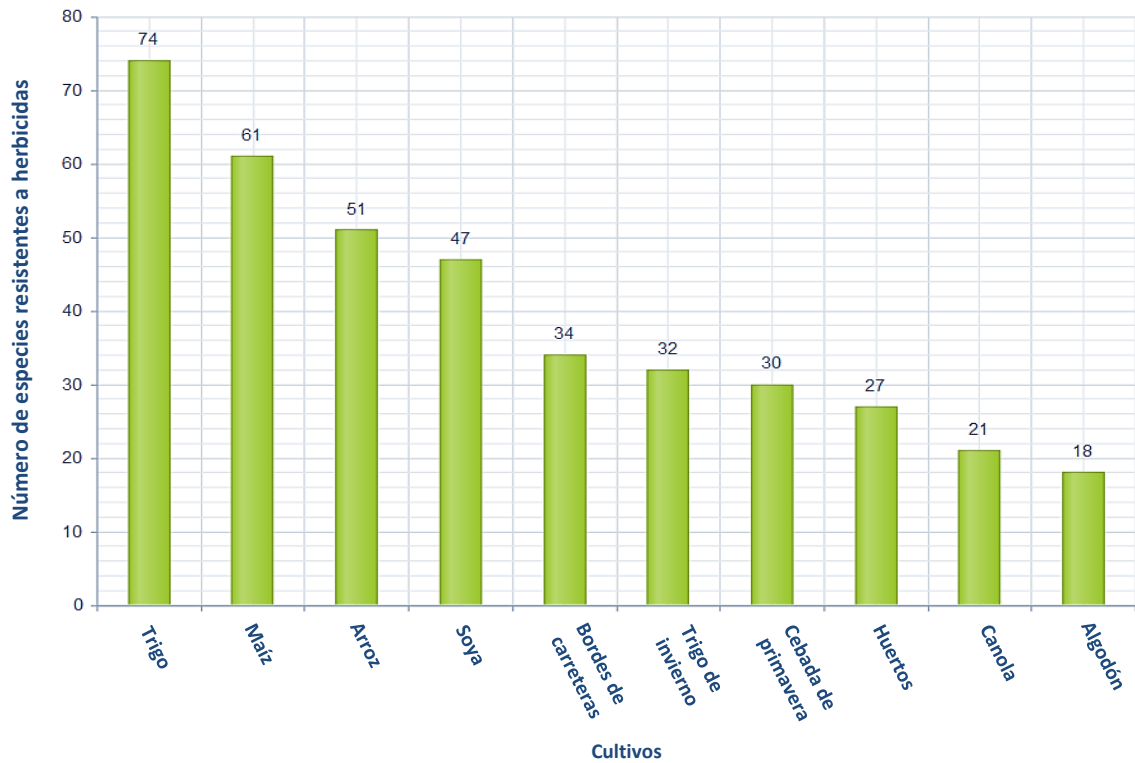


Figura 28. Número de especies resistentes a herbicidas por cultivo (Heap, 2017).

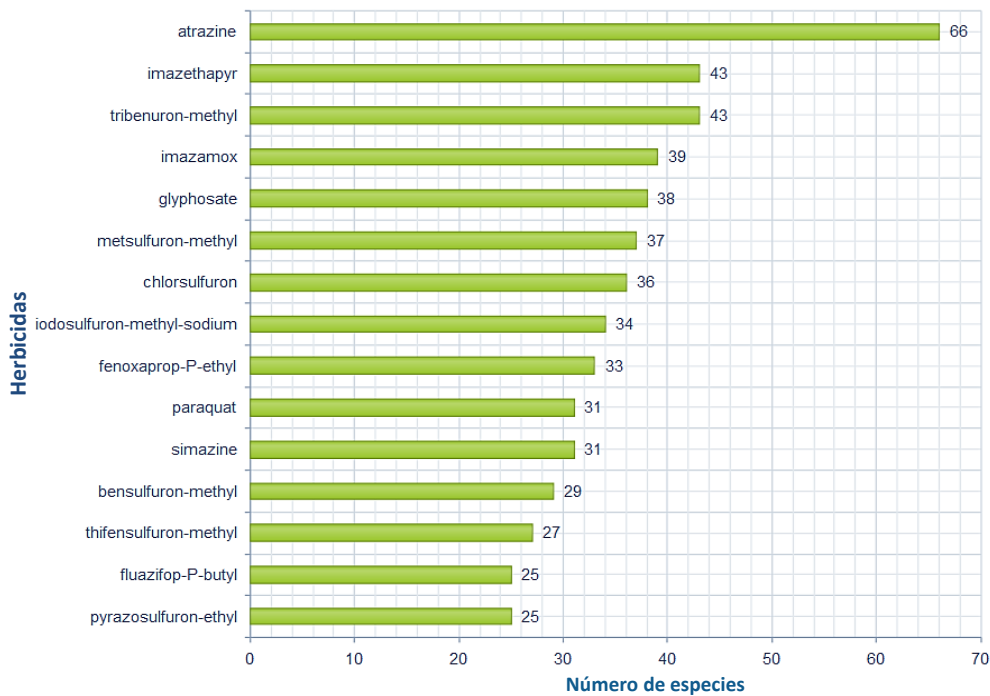


Figura 29. Número de especies resistentes a herbicidas individuales (Heap, 2017).

6.6.5. Manejo de resistencia de maleza a herbicidas

6.6.5.1. Evaluación del riesgo de desarrollo de resistencia.

Los factores que afectan el desarrollo de resistencia de malezas a herbicidas se han identificado como genéticos, biológicos y agronómicos. Los factores genéticos, se entienden como la frecuencia inicial de alelos de resistencia y su capacidad para heredarse y los factores biológicos pueden ser, por ejemplo, la capacidad de producción de semilla de las malezas, su potencial de germinación, su capacidad de dispersión, etc. Las prácticas agronómicas corresponden a aquellas actividades o labores como el uso de herbicidas, uso de labranza convencional o de labranza mínima y otras que regularmente utiliza el productor para el control de la maleza. La presión de selección que se ejerce sobre una maleza está dada por las características de un determinado herbicida, la frecuencia con que se usa y la presencia o ausencia de otras opciones de manejo de malezas.

En la implementación de un programa de manejo de maleza, los factores agronómicos son los que principalmente pueden adaptarse para reducir la presión de selección. Por esta razón se hace necesario evaluar las principales prácticas agronómicas a las que está sujeto el cultivo para entender cuáles malezas tienen el riesgo potencial de desarrollo de resistencia dada la presión de selección que se ejerce con el uso continuo de un herbicida y consecuentemente establecer las recomendaciones de manejo de maleza que contribuyan a reducir los riesgos de selección de poblaciones o biotipos resistentes y los planes de mitigación para ese potencial riesgo.

Debido a que el riesgo de que las malezas desarrollen resistencia a cualquier herbicida está determinado por la intensidad de la presión de selección que se ejerce con ese herbicida, es necesario entender la diversidad de opciones para el manejo de las malezas. La diversidad en este contexto se puede definir como el uso de varios herbicidas con distintos mecanismos de acción y la superposición de su actividad, con o sin el uso de otras prácticas de control de malezas, que pueden ser mecánicas, culturales o biológicas. Entre más diversidad de métodos o prácticas de control se tenga en un cultivo, menor será el riesgo de seleccionar biotipos de malezas resistentes a un determinado tipo de herbicida.

Los métodos mecánicos y culturales son estrategias eficientes de control de malezas. El uso de implementos agrícolas como el arado, rastra, arados rotativos, azadón, juegan un papel importante como control mecánico debido a que destruye físicamente malezas ya emergidas.

Muchos estudios han demostrado que el uso de mezclas herbicidas, o rotación de ingredientes activos, retrasa la selección de poblaciones resistentes a un herbicida especialmente cuando se usa más de un ingrediente activo con diferente mecanismo de acción que tenga actividad sobre la maleza a controlar. De manera similar, el uso de

glifosato o glufosinato de amonio en combinación con métodos mecánicos o culturales de control de malezas es una estrategia para manejar proactivamente la maleza.

Las causas más frecuentes por las que las poblaciones de malezas pueden desarrollar resistencia a un herbicida es debido a la selección de individuos que tengan genes específicos que les permitan no ser afectados por el mecanismo de acción del herbicida. La aplicación del herbicida, por si misma, no causa mutaciones que se pasen a las siguientes generaciones. En lugar de ello, el uso repetitivo del herbicida, en ausencia de otros métodos de control como las prácticas culturales u otros herbicidas con diferente modo de acción, con el paso del tiempo permite seleccionar los pocos biotipos que contienen los genes de resistencia los cuales se vuelven más frecuentes en la población. El desarrollo de o la selección de poblaciones resistentes es común a todos los herbicidas.

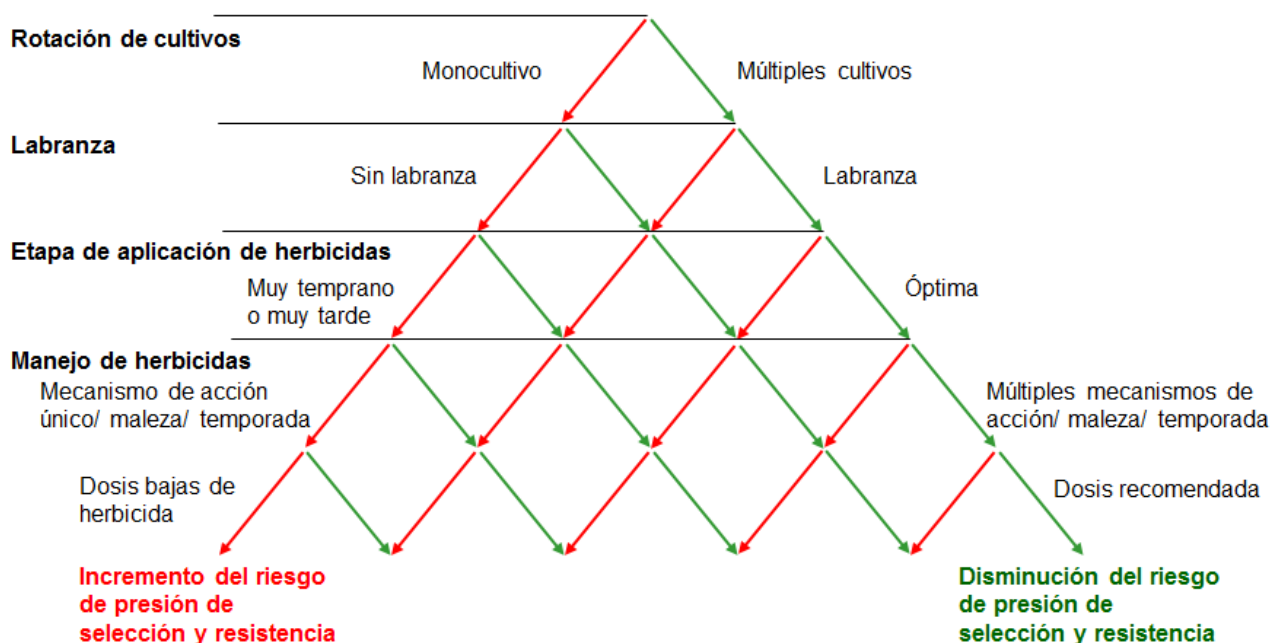


Figura 30. Análisis de riesgo de resistencia de malezas a herbicidas.

La probabilidad de que se desarrolle resistencia está en función de la frecuencia de los alelos de resistencia, su naturaleza dominante o recesiva, el mecanismo de la resistencia, la adaptación relativa del biotipo resistente y la frecuencia o duración del uso del herbicida en ausencia de otros métodos de control (Beckie, 2006; Sammons *et al.*, 2007). El riesgo de resistencia no es el mismo para todos los herbicidas, algunos de ellos, por ejemplo, los del grupo de inhibidores de la ALS y ACCasa, exhiben resistencia con mayor rapidez que otros como los del tipo de las auxinas (Dicamba) y las dinitroanilinas.

6.6.5.2. Plan de manejo de resistencia de maleza

Para retrasar el desarrollo de resistencia, BASF cuenta con un plan de manejo de resistencia de maleza a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio en algodón GLT, que incluye las siguientes acciones:

- a) Calibrar el equipo de aplicación para asegurarnos que la aplicación será realizada de manera correcta.
- b) Usar la dosis recomendada de los herbicidas glifosato (1452 g i.a./l) y glufosinato de amonio (700 g i.a./l) y aplicando en el momento correcto.
- c) Controlar las malezas en sus primeras etapas para evitar la competencia con el cultivo y la producción de estructuras reproductivas (altura no mayor a 15 cm).
- d) Rotar herbicidas con diferente modo de acción. En los casos en lo que sea posible, realizar una aplicación pre emergente del herbicida trifluralina a una dosis de 960 g i.a./ha.
- e) Utilizar la labranza donde sea aplicable como un componente más del programa de manejo de malezas.
- f) Usar las prácticas culturales, reducir el espacio entre surcos, maximizar la competitividad, es decir, lograr que el cultivo cubra la superficie en el menor tiempo posible y así lograr que tenga ventajas respecto a la maleza.
- g) Inspeccionar los lotes y monitorear cambios en las poblaciones de malezas.
- h) Realizar la evaluación de la efectividad biológica de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio con el objetivo de observar cualquier posible cambio en la susceptibilidad de las especies de maleza presente en el cultivo.
- i) Atender reclamaciones referentes a posibles fallas de control o fitotoxicidad por el uso de los herbicidas en el cultivo.

6.6.5.3. Seguimiento del plan de manejo de resistencia de maleza

Antes de 1996, el algodón era el único cultivo extensivo que no contaba con un herbicida post-emergente (POST) para el control de malezas dicotiledóneas que no causara daños tóxicos al cultivo, retrasos en su maduración o reducción de su rendimiento. La falta de un herbicida POST para controlar malezas de hoja ancha se agravaba al ser el algodón un cultivo poco competitivo en sus primeras etapas de desarrollo. Por medio de la biotecnología fue posible desarrollar variedades transgénicas de este cultivo con resistencia a varios herbicidas que ofrecían un buen control de maleza y selectividad al cultivo (Rosales y Sanchez, 2010).

Está demostrado que la maleza tiene la capacidad de desarrollar resistencia a herbicidas, sin importar su modo de acción, cuando se someten a suficiente presión de selección bajo condiciones apropiadas. Sin embargo, también es claro considerando la prevalencia de algunos modos de acción sobre otros, que en la evolución de resistencia hay algunos que tienen un menor riesgo.

Por lo general, la sospecha inicial de resistencia está relacionada con un control deficiente o no satisfactorio de las malezas después de una aplicación de herbicidas. Antes de considerar a la resistencia como causante de la falla, deben descartarse otros factores como: dosis o época de aplicación, aplicación deficiente del herbicida, nivel de humedad y preparación del suelo, adsorción, condiciones climáticas no favorables, tamaño de malezas, germinación posterior a la aplicación y alta infestación.

Los agricultores tienen la responsabilidad de seguir las recomendaciones sobre el uso correcto de los herbicidas en el cultivo de algodón. De igual manera, en caso de detectar una falla de control deberán notificarlo al distribuidor y al personal de BASF, quienes comenzarán con la investigación de manera inmediata, visitando la parcela en cuestión y recopilando toda la información necesaria para el análisis.

La investigación permitirá aclarar si la falta de control fue debida a la aplicación incorrecta de los productos o pudiera estar relacionada con una disminución en la sensibilidad de las poblaciones de maleza.

6.6.5.4. Plan de acción en caso de presentarse resistencia

En caso de sospecha de resistencia, es decir, cuando se está seguro de que la aplicación fue realizada correctamente en tiempo y forma, se realizarán las investigaciones de laboratorio, invernadero y campo que correspondan. Si la resistencia es confirmada, entonces se comunicará apropiadamente a la comunidad científica y a la cadena productiva y se implementará un plan de mitigación.

El plan de mitigación será diseñado para manejar el biotipo resistente a través de medidas efectivas de manejo que sean económicas y de fácil implementación por parte de los agricultores. El alcance y nivel de intensidad del plan de mitigación variará dependiendo de una combinación de los siguientes factores:

- Biología y características de la maleza (producción y distribución de semilla, latencia de la semilla, etc.).
- Importancia de esa especie de maleza en el sistema agrícola.
- Estatus de resistencia de esa especie de maleza a otros herbicidas con modos de acción alternos.
- Disponibilidad de alternativas de control.

Estos factores serán analizados en combinación con consideraciones de manejo y se desarrollará la estrategia de mitigación específica que sea técnicamente apropiada para esa especie y población en particular.

6.7. Plagas del cultivo de algodón

Entre las principales plagas del cultivo de algodón se tienen al picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman, gusano rosado *Pectinophora gossypiella* (Saunders), gusano bellotero *Helicoverpa zea* (Boddie), gusano tabacalero *Heliothis virescens* (Fabricius), chinche ligus *Lygus hesperus* Knight., *L. Lineolaris* (Palisot de Beauvois) L. elisus, Van Duzee chinche apestosa *Nezara viridula* (L.) y *Chlorochroa* spp, y mosquita blanca *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring. Existe además un complejo de otros insectos chupadores y gusanos que en ocasiones se pueden convertir en serios problemas para el algodonoero (Martínez, 2004).

Complejo bellotero (*Helicoverpa zea*) / tabacalero (*Heliothis virescens*)

Este complejo de insectos se puede observar en algodón desde inicio de cuadro hasta bellotas maduras. Las hembras de gusano bellotero y tabacalero ponen sus huevos en la terminal de la planta de uno en uno, seleccionan normalmente hojas tiernas de un tercio de desarrollo y botones florales o cuadros. Las larvas emergen e inician su alimentación en la hoja con pequeñas perforaciones luego se mueven para alimentarse de los botones florales y conforme se desarrollan se mueven hacia la parte inferior de la planta. Normalmente se localizan en los primeros cinco nudos de la parte superior de la planta. Pupan en el suelo y de ahí emergen los adultos para realizar migraciones entre cultivos o pueden emprender migraciones a grandes distancias.

Cuadro 25. Muestreo y umbral económico de gusano bellotero y tabacalero en algodón.

Método de muestreo		Umbral económico
Inspección de terminales	Segunda semana de floración. <ul style="list-style-type: none"> • 100 terminales/20 ha • 25 terminales por cuadrante o 20 terminales en cinco de oros. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 larvas L1 - L3 (<1.0 cm) • 5% de terminales con larvas (Valle del Yaqui)
Inspección de cuadros	100 cuadros al azar por predio. <ul style="list-style-type: none"> • 25 cuadros por cuadrante o 20 por sitio en cinco de oros. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5% (Texas) • 8% (Valle del Yaqui)
Inspección de toda la planta en variedades biotecnológicas resistentes a insectos (Texas)	100 plantas al azar por predio Frecuencia: 3 a 4 días	<ul style="list-style-type: none"> • 8 a 12 larvas >6 mm • 5 a 15% de cuadros y bellotas dañados



Figura 31. Gusano bellotero (*Helicoverpa zea*).

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero normalmente emigra al algodón de otros cultivos o pastos, se le puede encontrar en algodón desde la emergencia del cultivo, pero es más frecuente en el período de floración y desarrollo de bellotas. Las hembras ponen sus huevos en las hojas de la parte terminal en masas cubiertas con escamas como en el caso de gusano soldado, de hecho, además de gusano cogollero se le conoce como gusano soldado de otoño. Las larvas recién emergidas presentan hábitos gregarios y canibalismo, conforme se desarrollan emigran a plantas contiguas observándose focos de infestación de esta plaga. Las larvas son de color café claro variando de acuerdo con la alimentación desde verde hasta negro, alcanzan una longitud de hasta 4 cm, las larvas presentan en los costados tres líneas de color amarillo pálido, con bandas de color oscuro y una amarilla y manchas rojizas. En la cabeza se observa una sutura en forma de Y invertida que la distingue de otras especies de lepidópteros. En el octavo segmento abdominal por la parte superior se distinguen ocho protuberancias o tubérculos, de color oscuro cuatro grandes y cuatro más chicos cada uno con una seta o pelo que pueden servir como ayuda para distinguir este insecto de otros lepidópteros. Pupan en el suelo de donde emergen las palomillas para iniciar migraciones de corto o largo alcance como en el caso de gusano bellotero y tabacalero

Cuadro 26. Muestreo y umbral económico de gusano cogollero en algodón.

Muestreo		Umbral económico
Inspección de 5 plantas en 10 sitios por predio	Buscar masas de huevecillos, larvas o daño en bellotas	• 4 o más larvas por 100 bellotas o flores

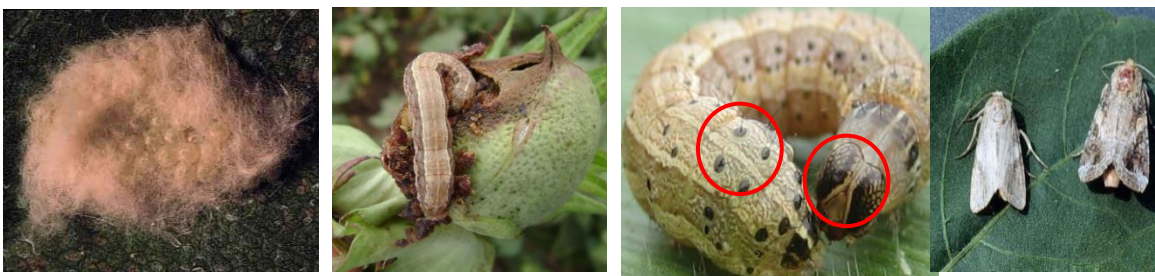


Figura 32. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

El gusano soldado generalmente se presenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo desde que tiene una hoja verdadera hasta inicio de cuadreo, en ocasiones se llega a presentar durante la floración. Las hembras ponen sus huevos en masas cubiertas con escamas de la palomilla, las larvas son de color verde con líneas longitudinales de color claro amarillento y dos puntos negros en el segundo segmento torácico, emergen en forma gregaria y comienzan a dañar las hojas, posteriormente emigran a plantas cercanas, en plantas chicas dañan el follaje y en plantas grandes de algodón pueden encontrarse comiendo en las bellotas y perforando las bellotas.

Cuadro 27. Muestreo y umbral económico de gusano soldado en algodón.

Muestreo		Umbral económico
Inspección durante el período de primeros cuadros a primeros capullos	<ul style="list-style-type: none"> • 100 plantas al azar por predio • Muestreo de larvas mediante inspección de toda la planta. 	Umbrales económicos (Texas) <ul style="list-style-type: none"> • Promedio de 2 masas de larvitas recién eclosionadas por 30 m • 40 larvas por 100 plantas



Figura 33. Gusano soldado (*Spodoptera exigua*).

Gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*)

El gusano rosado, al igual que otras plagas ha disminuido su importancia como plaga principal del algodnero, esto se considera que se debe a las campañas de erradicación que se han establecido entre México y Estados Unidos. En ellas se incluyen monitoreo, materiales de algodón *Bt*, liberación de palomillas estériles, feromonas y aplicación de insecticidas.

El adulto de gusano rosado es una palomilla de color café-grisáceo con manchas oscuras, miden 1.8 cm de extensión alar. Las alas son angostas y llevan un fleco de pelos largos en el borde anal, las antenas son filiformes, los palpos labiales son largos y curvos. Viven en promedio 15 días son de hábitos nocturnos o crepusculares. Cada hembra oviposita de 100 a 200 huevecillos en un período de una semana, estos son de color blanco verdoso recién ovipositados y posteriormente adquieren una coloración rosada. Al inicio de la temporada los huevecillos son colocados en las yemas terminales o en los cuadros, cuando ya existen

cápsulas los huevecillos son colocados en la parte inferior de las brácteas en pequeños grupos. Las larvas emergen en 5 días siendo en los primeros instares de color blanco cristalino con la cabeza oscura. Cuando se desarrolla en los cuadros se alimenta de la columna estaminal y une con hilos de seda la punta de los pétalos provocando la apertura anormal de la flor formando lo que se conoce con el nombre de flor rosetada. Cuando se desarrolla en las cápsulas, a las cuales penetra inmediatamente después de la eclosión se alimentan de las semillas, dañan la fibra reduciendo su calidad al cortarla o mancharla. Las bellotas dañadas no forman capullo o lo hacen parcialmente. Para completar su desarrollo pasan por cuatro instares larvarios, con una duración de 10 a 15 días. Las larvas de cuarto instar llegan a medir hasta 12 mm de largo son de color rosado con la cabeza café. En este instar, pueden salir de la cápsula haciendo una perforación, para pupar en el suelo, residuos de cosecha, basura y en otros lugares protegidos. Ocasionalmente pupan en el interior de las bellotas de algodón. La duración del ciclo completo es de 25 a 30 días. Las larvas pueden entrar en un período de “diapausa”, debido a condiciones desfavorables o para hibernar. Los adultos que emergen después de la “diapausa” tienen un amplio período de emergencia, lo que les permite atacar la planta de algodón en diferentes etapas de su desarrollo (Martínez-Carrillo *et al.*, 2002).

Cuadro 28. Muestreo y umbral económico de gusano rosado en algodón.

Muestreo		Umbral económico
Inicio: segunda semana de floración, cuando se observen las primeras bellotas susceptibles (15 a 30 días de edad)	Unidad de muestreo y tamaño de muestra: coleccionar 25 bellotas susceptibles al azar en cada uno de los cuadrantes del predio de un área no mayor de 40 hectáreas	• 10 – 12% de bellotas infestadas con larvas L1-L2



Figura 34. Gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SADER), mediante acuerdos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), ha establecido las siguientes zonas libres de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) en México:

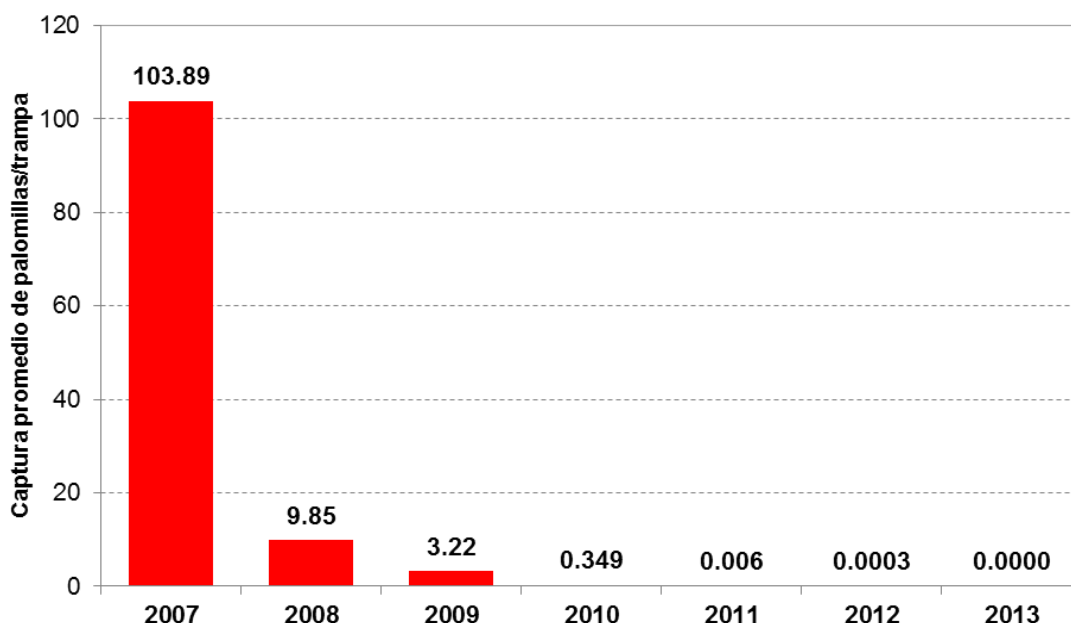
Cuadro 29. Acuerdos por los que se declaran zonas libres de gusano rosado en México.

Fecha de publicación (Diario Oficial de la Federación)	Acuerdo
22 de noviembre de 2012	Acuerdo por el que se declara zona libre de gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i>) y picudo del algodnero (<i>Anthonomus grandis</i>) a los municipios de Juárez, Práxedes G. Guerrero, Guadalupe, Ahumada, Janos, Ascensión, Nuevo Casas Grandes, Casas Grandes, Galeana y Buenaventura, en el Estado de Chihuahua.
8 de diciembre de 2014	Acuerdo por el que se declara como zona libre de gusano rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i>) al Estado de Chihuahua, al Municipio de Sierra Mojada del Estado de Coahuila y a los municipios de Álamos, BÁCUM, Benito Juárez, Cajeme, Etchojoa, Huatabampo, Navojoa y San Ignacio Río Muerto del Estado de Sonora.
3 de febrero de 2016	Acuerdo por el que se declara como zona libre de Gusano Rosado (<i>Pectinophora gossypiella</i>) a los Estados de Baja California y Sonora

Como resultado de la alta efectividad del algodón resistente a insectos que se siembra en las regiones algodneras y al éxito del programa binacional de erradicación de gusano rosado implementado por autoridades de agricultura de México y Estados Unidos, se han reducido significativamente los niveles de infestación de insectos lepidópteros en el cultivo del algodón.

Cuadro 30. Resultados de monitoreo de gusano rosado en la región del Valle de Mexicali, B.C. – San Luis Río Colorado, Son. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California, periodo 2007 – 2011.

Año	Muestras	Bellotas revisadas	Bellotas dañadas	% de infestación	Reducción
2007	250	5,000	1,450	29	-
2008	300	6,000	181	3.02	87.52%
2009	300	6,000	4	0.07	97.79%
2010	300	6,000	0	0.00	100%
2011	1,250	24,000	0	0.00	100%



Fuente: Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California (<http://www.cesavebc.com/>).

Figura 35. Gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*).

- A partir del año 2007 que se inició el programa, año con año se alcanzaron resultados satisfactorios de tal forma que a mediados del año 2012 y durante el 2013 el resultado fue de cero capturas.
- Se reduce 100% de incidencia (capturas/trampa) de gusano rosado en relación al año 2006, cuando no había programa de erradicación.
- A partir del año 2011 hasta el 2013, no se realizaron tratamientos por no cumplirse los umbrales de acción.
- Ahorro por el orden de 35.8 millones de pesos, que los productores hubieran hecho sin contar con el programa por concepto de aplicaciones para el control de gusano rosado durante el período de 7 años de operación del programa y que en lo sucesivo no aplicaran por los resultados positivos alcanzados.

Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*)

La mosquita blanca es una plaga polífaga; es decir que afecta un rango amplio de cultivos hospedantes, entre ellos al algodón. En la Comarca Lagunera la mosquita blanca se constituyó en un problema fitosanitario a partir de 1995, causando pérdidas en la producción (40 al 100%) en cultivos hortícolas y un incremento en el número de aplicaciones en melón, calabaza, tomate y algodón.

La mosquita blanca presenta metamorfosis incompleta pasando por las etapas biológicas de huevecillo, ninfa y adulto. Pueden presentarse seis generaciones durante el ciclo de

crecimiento del cultivo. A una temperatura de 30 °C, el huevecillo dura 5.0 días y las ninfas de 1º, 2º, 3º y 4º instares duran 3.2, 1.5, 1.7 y 4.8 días (total estado ninfal, 11.2 días), por lo que el ciclo biológico completo requiere de 16.2 días.

Cuadro 31. Muestreo y umbral económico de mosquita blanca en algodón.

Muestreo		Umbral económico
Muestreo mediante inspección de hojas	<u>Muestreo numérico.</u> En este tipo de muestreo se cuentan los adultos presentes en cada unidad de muestreo. <ul style="list-style-type: none"> • Unidad de muestreo: la unidad de muestreo es el envés de una hoja tomada del quinto nudo. • Tamaño de muestra: se recomienda muestrear 30 a 50 hojas por predio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar insecticidas si hay 5 o más adultos/hoja
	<u>Muestreo binomial.</u> En este tipo de muestreo se cuentan las hojas infestadas. <ul style="list-style-type: none"> • Muestrear 30-50 hojas del quinto nudo 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% o más de hojas infestadas con al menos 3 adultos por hoja, lo cual corresponde a un umbral de 5 o más adultos/hoja
Monitoreo mediante trampas amarillas pegajosas	Colocar las colocan sobre una estaca a una altura aproximada de 10 a 15 cm sobre el nivel del suelo, se instalan semanalmente, se recogen a las 24 h y se cuentan las mosquitas capturadas con la ayuda de una lupa o un microscopio de disección	



Figura 36. Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*).

Picudo del algodón (*Anthonomus grandis* Boheman)

El picudo del algodón es nativo de México y Centroamérica y es considerado como la plaga más destructiva de este cultivo, ya que las pérdidas provocadas por esta plaga pueden ser de 20 a 40% de la fibra cosechada.

El picudo del algodón posee metamorfosis completa, es decir presenta las etapas de huevecillo, larva (gusano), pupa y adulto (picudo). Sobrevive de un ciclo del algodón, hiberna como adulto en refugios, tales como residuos de cosecha y vegetación alemana a los predios de algodón. Además de los adultos de origen hibernante, se presenta cuatro generaciones normales, durante el ciclo del cultivo.

El ciclo biológico completo, desde huevecillo a emergencia del adulto, dura de 19 a 24 días en el verano en la Comarca Lagunera. El período de pre-oviposición de las hembras dura de 3 a 5 días. El tiempo de una generación requiere de 292 UC > 12°C.

El picudo tiene una alta preferencia para alimentarse en cuadros y bellotas pequeñas.

Cuadro 32. Muestreo y umbral económico del picudo del algodón.

Muestreo		Umbral económico
Inspección de cuadros	<ul style="list-style-type: none"> • inspeccionar semanalmente 100 cuadros de por lo menos 1/3 de desarrollo al azar por predio • coleccionar de al menos cuatro sitios representativos del predio y de varias partes de la planta 	• 6 % de cuadros dañados por alimentación y oviposición
Inspección de flores	• 100 flores al azar por cada 20 hectáreas	• 5 adultos



Figura 37. Picudo del algodón (Anthonomus grandis).

Conchuela del algodón (Chlorochroa ligata Say)

Esta especie es de importancia primaria en el algodón en la Comarca Lagunera y es la chinche que más comúnmente se detecta en la región. Las principales plantas hospederas de conchuela, son mezquite, alfalfa, maíz, sorgo, tomate, frijol, nogal y algunas especies de maleza comunes en la región.

La conchuela posee metamorfosis gradual (insecto hemimetábolo); es decir, presenta las etapas de huevecillo, ninfa y adulto (conchuela). Hiberna como adulto en áreas con maleza

o basura. Pueden presentarse cinco generaciones por año y solo se puede completar una generación durante el período crítico del cultivo (80 a 120 días de la siembra). Los huevecillos duran alrededor de 5 días y las ninfas pasan por cinco mudas durante 39 días. Los adultos pueden vivir hasta 55 días.

Tanto las ninfas como los adultos se alimentan succionando los jugos de las bellotas. Las bellotas chicas atacadas se caen y las más grandes permanecen en la planta, y al madurar la fibra se observa manchada y las semillas se chupan (semillas vanas). La conchuela produce verrugas en la cara interna de la pared de la bellota, las cuales son de color blanco e irregulares.

Cuadro 33. Muestreo y umbral económico de la conchuela del algodón.

Muestreo		Umbral económico
Inspección de bellotas	<ul style="list-style-type: none"> • Colectar 25 bellotas susceptibles al azar en cada uno de los cuadrantes del predio de un área no mayor de 40 hectáreas 	<ul style="list-style-type: none"> • Comarca Lagunera: $\geq 4\%$ de bellotas dañadas. • California (UC IPM): 20 - 25 adultos por 6 o 7 plantas inspeccionadas al azar. • Texas (TAMU): ≥ 1 chinche/2 m de plantas o 20% de bellotas dañadas.
Redeo	<ul style="list-style-type: none"> • 100 golpes de red por predio 	
Muestreo de plantas y bellotas (Texas)	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar varias secciones de 2 m de plantas en diferentes sitios del predio y revisar al menos 50 bellotas. 	

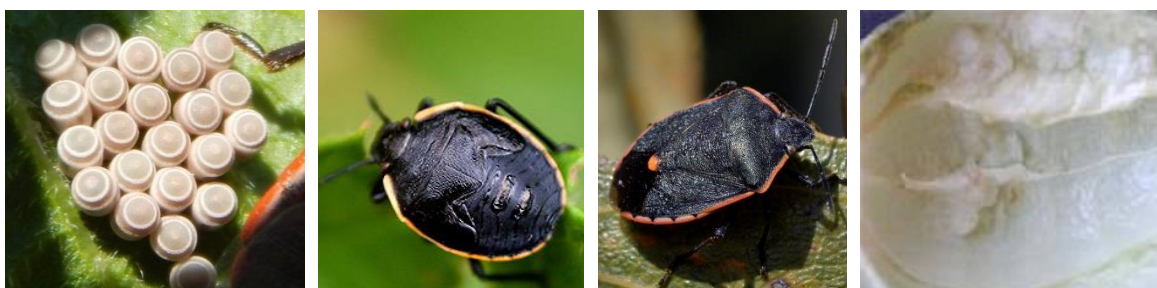


Figura 38. Conchuela del algodón (*Chlorochroa ligata* Say).

Chinche Lygus (*Lygus* spp.)

La chinche lygus (*Lygus* spp.) es un insecto chupador de 6 mm de largo, oval y color café verdoso, con una marca de color amarillo en el escutelo y varias líneas longitudinales oscuras y claras en el pronoto (Greene *et al.*, 2006). Las ninfas y adultos de estos insectos se alimentan de la savia principalmente en hojas terminales, cuadros y bellotas tiernas. Cuando los daños son intensos al inicio de cuadro, ocasionan la caída de los cuadrillos recién formados provocando un desarrollo excesivo de ramas y follaje; también causan la mala formación de bellotas, manchan la fibra, bajan el rendimiento y retrasan la cosecha.

Este insecto también ataca otros cultivos como alfalfa y cártamo y cuando alcanza altas infestaciones, puede emigrar al algodón durante la etapa del cuadro, complicando así el manejo del cultivo (Herrera Andrade *et al.*, 2010).



Figura 39. Chinche Lygus (*Lygus* spp.).

Cuadro 34. Muestreo y umbral económico de la chinche lygus en algodón.

Muestreo		Umbral económico
Redeo (Valle de Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son.)	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el período crítico que inicia con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas • Muestrear 2 veces por semana 	<ul style="list-style-type: none"> • 15 chinches en 100 redadas
Redeo (Valle del Yaqui, Son.)	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el período crítico que inicia con la aparición de los primeros cuadros hasta las tres primeras semanas de producción de bellotas • Muestrear 2 veces por semana 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 chinches (adultos y ninfas) por 100 redadas • El daño en cuadros no debe exceder del 25%

Thrips

Los trips son insectos pequeños de alrededor de 1 mm, existen más de 5000 especies reportadas, pero solo algunas son consideradas plagas de cultivos; son de cuerpo delgado y alargado, aparato bucal raspador chupador y alas con flecos en los bordes. Las especies que se han reportado en algodón son *Frankliniella tritici*, *Frankliniella occidentales*, *Frankliniella fusca*, *Neohydatothrips variabilis* y *Thrips tabaci*.

El ciclo de vida de los trips pasa por 6 instares: huevo, dos estados larvales, pre-pupa pupa y adulto. Los estados de pre-pupa y pupa permanecen en el suelo, las larvas son las más dañinas para las plantas. Su ciclo varía con la temperatura de 15 hasta 60 días; con frío los estados inmaduros duran más tiempo y producen más daño. Los trips hibernan como adultos o larvas en plantas de invierno o como pupas en el suelo. Comienzan su reproducción en maleza, cultivos de invierno entre otros en trigo, después emigran a

algodonero. La principal forma de dispersión es el viento; la dirección y velocidad del viento tiene mucha influencia en las infestaciones en algodonero.

Afectan plántulas desde emergencia hasta la cuarta hoja. Los inmaduros son los más dañinos y el frío prolonga ciclo y daño. Dañan la yema terminal, interfieren con el desarrollo normal de la planta, reduciendo su tamaño, deformando hojas y tallos y reduciendo la capacidad fotosintética de la planta. Los cultivos sembrados bajo condiciones de frío son más afectados.



Figura 40. Daño por trips en el cultivo del algodón.

Pulgón del algodón (*Aphis gossypii*)

El pulgón del algodón pasa la mayor parte del año en la maleza y emigra al algodón al inicio del ciclo del cultivo. La infestación puede incrementarse a través del ciclo del algodón y causar problemas de “enmielado” de hojas y fibra. Los pulgones se alimentan de la savia de hojas y ramas y son vectores importantes de virus fitopatógenos. Solamente las hembras se encuentran en el algodón y su reproducción es partenogenética, presentándose una nueva generación aproximadamente cada 15 días.



Figura 41. Pulgón del algodón (*Aphis gossypii*).

6.7.1. Algodón genéticamente modificado resistente a insectos.

Bacillus thuringiensis es una bacteria que normalmente habita el suelo y durante el proceso de esporulación produce una inclusión formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica que son tóxicos para distintos invertebrados especialmente larvas de insectos. Estas proteínas se llaman Cry y constituyen la base del insecticida biológico más difundido en el mundo (Sauka y Benintende, 2008).

El mecanismo de acción de las proteínas Cry se describió principalmente en lepidópteros como un proceso de múltiples etapas. Los cristales de *B. thuringiensis* son ingeridos y luego solubilizados en el intestino medio del insecto, tras lo cual se liberan las proteínas cristalinas en forma de protoxinas. Estas no producirán el daño per se, sino que deberán ser procesadas por proteasas intestinales para generar las toxinas activas que llevarán a la muerte de la larva (Bravo *et al.*, 2004).

A través de la ingeniería genética se han desarrollado muchas especies de plantas que expresan genes *cry* de *Bacillus thuringiensis* y comúnmente se hace referencia a este tipo de plantas como “plantas o cultivos Bt” (por ejemplo, maíz Bt, algodón Bt, etc.). El primer informe de una planta transgénica con un gen *cry* de *B. thuringiensis* data de 1987 (Vaek *et al.*, 1987). Se desarrollaron plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) que producían cantidades suficientes de proteína Cry para controlar larvas de primer estadio de *Manduca sexta*.

El algodón transgénico se sembró en México desde 1996 año en que se establecieron 896.8 ha en Tamaulipas, correspondiendo a un 0.3% de la superficie sembrada a nivel nacional (Martínez-Carrillo, 2004). Actualmente el algodón genéticamente modificado tolerante a herbicidas y resistente a insectos lepidópteros representa más del 90% del total nacional.

6.7.2. Impacto del uso de algodón resistente a insectos

El algodón GLT expresan las proteínas insecticidas Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* subsp. Kurstaki y Cry2Ae de *Bacillus thuringiensis* subsp. Dakota, las cuales son específicas para el control de larvas de algunas especies de insectos lepidópteros de importancia económica en el cultivo del algodón. La expresión de dos proteínas insecticidas en una misma planta contribuye a reducir el riesgo de aparición de resistencia en las especies de plagas objetivo, ya que se reduce la probabilidad para que un insecto desarrolle simultáneamente un mecanismo de resistencia efectivo contra múltiples toxinas.

Con relación al manejo agronómico, la adopción de algodón biotecnológico resistente a insectos ha contribuido a la adopción de mejores prácticas agrícolas que han redundado en importantes beneficios económicos y ambientales (Brookes y Barfoot, 2017):

- Mayor espectro de control de insectos lepidópteros plaga.
- Aumento de rendimiento debido al control efectivo de las plagas blanco que atacan al cultivo.
- Reducción significativa en el uso de insecticidas químicos (figura 69).
- Disminución de la contaminación del suelo y mantos freáticos al utilizar insecticidas con menor impacto ambiental (cuadro 81).
- Menor impacto en las poblaciones de insectos benéficos y otros organismos no blanco, debido a su especificidad y a que los únicos insectos expuestos a las toxinas son aquellos que se alimentan de los cultivos.
- Compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas (MIP).
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (disminución en el uso de combustibles necesarios para la fabricación, transporte y aplicación de insecticidas).

Desde 1996, el impacto neto en el uso de insecticidas y la huella ambiental (en relación con lo que podría haberse esperado, si todas las plantaciones de algodón se hubieran sembrado con algodón convencional), en los principales países que han adoptado algodón resistente a insectos ha sido:

- En 2015, una disminución de 53% en el volumen total de I.A. insecticida aplicado (19.3 millones de kg) y una reducción de 54% en el impacto ambiental (medido en términos de EIQ/ha).
- Desde 1996, se ha usado un 29.1% menos de I.A. insecticida (269 millones de kg) y el impacto ambiental debido a la aplicación de insecticidas en algodón se redujo un 31.5%.

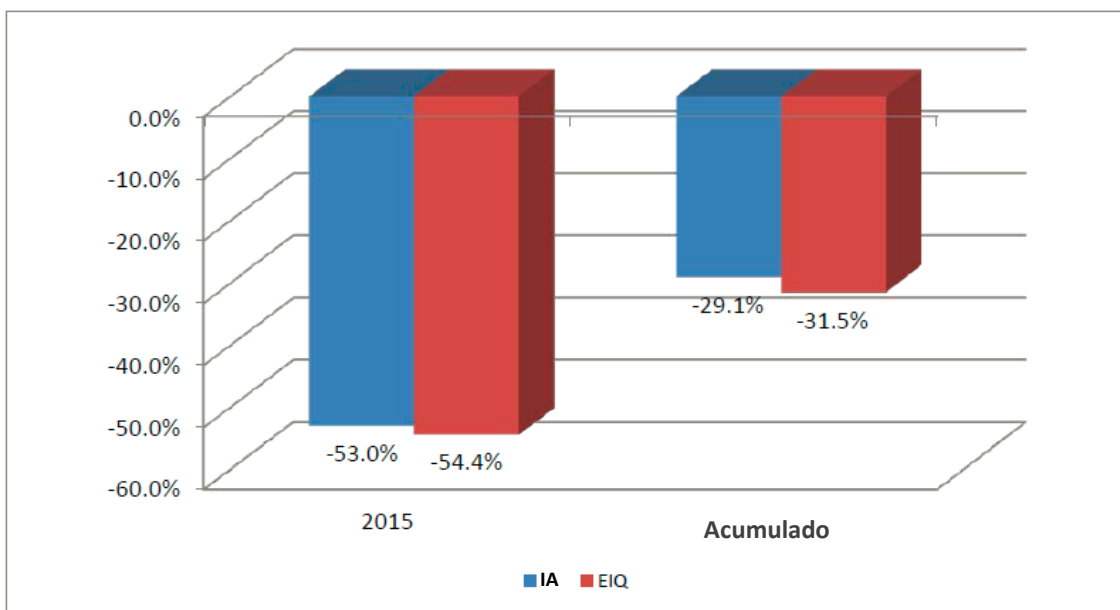


Figura 42. Reducción en el uso de insecticidas y la carga ambiental derivado del uso del algodón GM resistente a insectos 1996-2015 (Brookes y Barfoot, 2015).

Cuadro 35. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón.

Ingrediente activo (I.A.)	Grupo químico	EIQ
Monocrotofos	Organofosforado	90.92
Profenofos	Organofosforado	59.53
Azinfos metílico	Organofosforado	53.05
Clorfenapir	Halogenado de Pirrol	46.11
Bifentrina	Piretroide	44.35
Lambda cyalotrina	Piretroide	44.17
Betacyflutrin	Piretroide	39.57
Fenvalerato	Piretroide	39.57
Endosulfán	Organoclorado	38.55
Imidacloprid	Neonicotinoide	36.71
Cipermetrina	Piretroide	36.35
Fluvalinato	Piretroide	35.77
Triazofos	Organofosforado	35.59
Paratión metílico	Organofosforado	35.22
Metidation	Organofosforado	32.67
Betaciflutryn	Piretoride	31.57
Permetrina	Piretroide	29.33
Deltametrina	Piretroide	28.38
Clorpirifos etil	Organofosforado	26.85
Fenpropatrin	Piretroide	25.33
Acefate	Organofosforado	24.88
Malation	Organofosforado	23.83
Thiodicarb	Carbamato	23.33
Metomilo	Carbamato	22
Carbaril	Carbamato	20.9
Spinosad	Derivado de fermentación bacteriana (Naturalyte)	14.38
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Biológico	13.3

Fuente: A method to measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: list of Pesticides, Part 4: Insecticides 2012. Integrated Pest Management. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu

6.7.3. Manejo de insectos en algodón convencional

El control de plagas en el cultivo de algodón se ha basado tradicionalmente en el uso de insecticidas químicos de amplio espectro (cuadro 82), debido a que es el método más efectivo que existe. Sin embargo, el uso inadecuado de los mismos ha generado un impacto negativo en el agroecosistema, ocasionando una disminución drástica de los enemigos naturales y el desarrollo de resistencia a un gran número de insecticidas (Pacheco, 1994; Hake *et al.*, 1996; Machain *et al.*, 1988).

Cuadro 36. Ingrediente activo, categoría toxicológica y grupo químico de los principales insecticidas recomendados para el control de insectos plaga en algodón (PLM, 2014).

Ingrediente activo	Formulación ^a	Dosis (g i.a./ha)	Categoría Toxicológica	Grupo Químico
Acefate	P 97% (970 g/kg)	1,164 - 1,552	Ligeramente tóxico	Organofosforado
Azinfos metílico	WP 35% (350 g/kg)	315 - 490	Altamente tóxico	Organofosforado
Betaciflutryn	SC 11.8% (125 g/L)	18.75 - 25	Ligeramente tóxico	Piretroide
Bifentrina	EC 12.15% (100 g/L)	40 - 60	Ligeramente tóxico	Piretroide
Carbaril	WP 80% (800 g/kg)	1,200 - 2,400	Moderadamente tóxico	Carbamato
Cipermetrina	EC 19.6% (200 g/L)	80 - 120	Moderadamente tóxico	Piretroide
Clorfenapyr	SC 21.44% (240 g/L)	120 - 360	Ligeramente tóxico	Halogenado de Pirrol
Clorpirifos etil	EC 44.5% (480 g/L)	480 - 840	Moderadamente tóxico	Organofosforado
Cyflutrin	EC 5.7% (50 g/L)	37.5 - 50	Ligeramente tóxico	Piretroide
Deltametrina	EC 2.8% (25 g/L)	12.5	Ligeramente tóxico	Piretroide
Endosulfán	EC 33.30% (360 g/L)	540 - 900	Altamente tóxico	Organoclorado
Fenpropatrin	EC 38.50% (375 g/L)	168.75 - 225	Altamente tóxico	Piretroide
Fenvalerato	EC 11.1% (100 g/L)	0.075	Ligeramente tóxico	Piretroide
Fluvalinato	E en agua 24% (240 g/L)	72 - 120	Moderadamente tóxico	Piretroide
Imidacloprid	SC 21.4% (240 g/L)	103.2 - 208.8	Ligeramente tóxico	Neonicotinoide
Lambda cyalotrina	EC 5 % (50 g/L)	20 - 30	Ligeramente tóxico	Piretroide
Malation	EC 83.7% (100 g/L)	70 - 200	Ligeramente tóxico	Organofosforado
Metidation	EC 40% (415 g/L)	415 - 830	Altamente tóxico	Organofosforado
Metomilo	SP 90% (900 g/kg)	225 - 360	Altamente tóxico	Carbamato
Monocrotofos	Líquido miscible 56% (600 g/L)	300 - 900	Extremadamente tóxico	Organofosforado
Paratión metílico	EC 47.4% (500 g/L)	500 - 1,500	Extremadamente tóxico	Organofosforado
Permetrina	EC 33.66% (340 g/L)	136 - 204	Moderadamente tóxico	Piretroide
Profenofos	EC 73.56% (960 g/L)	576 - 1152	Moderadamente tóxico	Organofosforado
Spinosad	SC 44.2% (480 g/L)	36 - 60	Ligeramente tóxico	Derivado de fermentación bacteriana (Naturalyte)
Thiodicarb	SC acuosa 33.7% (375 g/L)	562.5 - 1125	Moderadamente tóxico	Carbamato
Triazofos	EC 40.0% (420 g/L)	630	Altamente tóxico	Organofosforado

^a SL: concentrado soluble; WP: polvo humectable; SC: suspensión concentrada; SP: polvo soluble; EC: concentrado emulsionable; P: pellets.

En México, antes de la década de los 60's, al algodónero se le conocía como el oro blanco debido a que ocupaba una gran cantidad de mano de obra y representaba una fuente de ingresos importante para los agricultores. En la década de los 60's, solamente en el estado de Tamaulipas se sembraban 630,000 ha (Vargas *et al.*, 1979). Desafortunadamente, el combate de las plagas de este cultivo se sustentó en aplicaciones calendarizadas de insecticidas, aumentos frecuentes en las dosis y en el número de aplicaciones por temporada; a principios de la década de los 70's, en el cultivo de algodónero se aplicaba el 80% de todos los insecticidas que se empleaban en la agricultura mexicana. Este escenario

favoreció el desarrollo de resistencia a insecticidas y por ende que este cultivo entrará en fase de crisis a nivel nacional (Lagunes, 1992).

En las décadas de los 60's y 70's, la resistencia a insecticidas de varias plagas de insectos provocaron la desaparición de las zonas algodonerías de Apatzingán, Michoacán, Tapachula, Chiapas y Matamoros, Tamaulipas (Lagunes, 1992). La zona de Tamaulipas se recuperó lentamente para sufrir otra crisis debido a la resistencia a insecticidas piretroides en el gusano tabacalero *Heliothis virescens* (Fabricius) a mediados de la década de los 90's (Terán-Vargas, 1996).

Dentro de un escenario de elevados niveles de resistencia a insecticidas convencionales, la introducción del algodonoero transgénico, que expresa la δ -endotoxina Cry1Ac de *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki Berliner (Bt) (Perlak *et al.*, 1990, 1991) representó una alternativa viable para cultivar algodonoero (Terán-Vargas *et al.*, 2005). Posteriormente se introdujo el algodón que expresaba dos proteínas Bt (Cry1Ac y Cry2Ab) que contribuyó a mejorar el control de los lepidópteros plaga del cultivo y a retrasar el desarrollo de resistencia.

6.7.4. Resistencia de insectos a insecticidas

La resistencia es una característica de fundamento genético que permite a un organismo sobrevivir a la exposición con una dosis de un plaguicida que normalmente podría resultar letal. Los genes de resistencia ocurren naturalmente en plagas individuales debido a mutaciones genéticas y de carácter hereditario. Los genes se diseminan a través de las poblaciones de plagas debido a un proceso de selección provocado por el uso repetido del plaguicida. Las poblaciones resistentes se desarrollan debido a que los individuos resistentes sobreviven y se reproducen posteriormente, y el rasgo de resistencia es "seleccionado" en la siguiente generación, mientras que los individuos susceptibles son eliminados por el tratamiento plaguicida. Si se continúa con el tratamiento, el porcentaje de sobrevivientes aumentará y la susceptibilidad de la población declinará hasta un punto que el plaguicida no podrá más proporcionar un nivel aceptable de control (FAO, 2012).

A lo largo del último siglo, cientos de especies de insectos han desarrollado resistencia a una o más medidas de control, impactando severamente en la economía de la producción de los cultivos (cuadro 83). La mayoría de los casos de resistencia de insectos hasta la fecha involucra insecticidas químicos sintéticos (Yu, 2008), pero también se ha desarrollado resistencia a algunos agentes microbianos, tales como las formulaciones para aspersión de Bt (Ferré y Van Rie, 2002).

Cuadro 37. Los 20 artrópodos más importantes, para los cuales se han registrado casos de resistencia en la agricultura y la salud pública.

Orden	Familia	Especies	Rango de hospedantes	Hospedante
Acari	Acaridae	<i>Rhizoglyphus robini</i>	19	Plantas ornamentales, cebolla almacenada
Acari	Ixodidae	<i>Boophilus microplus</i>	6	Ganado bovino
Acari	Tetranychidae	<i>Panonychus ulmi</i>	9	Árboles frutales
Acari	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>	1	Algodón, flores, frutales, hortalizas
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	4	Papa, berenjena, tomate
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i>	17	Granos almacenados, cacahuete, sorgo
Dermaptera	Blattellidae	<i>Blattella germanica</i>	7	Urbano
Diptera	Calliphoridae	<i>Lucila cuprina</i>	18	Ganado bovino y ovino
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles albimanus</i>	20	Humano
Diptera	Culicidae	<i>Culex pipiens pipiens</i>	11	Humano
Diptera	Culicidae	<i>Culex quinquefasciatus</i>	15	Humano
Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	5	Urbano
Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	8	Algodón, cucurbitáceas, crucíferas y hortalizas
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i>	10	Algodón, hortalizas
Hemiptera	Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	3	Frutales, hortalizas, árboles
Hemiptera	Aphididae	<i>Phorodon humuli</i>	12	Lúpulo, ciruela
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	13	Algodón, maíz, tomate
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Heliothis virescens</i>	14	Garbanzo, algodón, maíz, tomate
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i>	16	Alfalfa, algodón, papa, hortalizas
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Plutella xylostella</i>	2	Crucíferas

Fuente: Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. Disponible en: <http://www.pesticideresistance.org/search.php>

La resistencia de insectos a proteínas insecticidas no es específica de los cultivos Bt. La aspersión de insecticidas formulados a base de Bt en una amplia variedad de cultivos, presenta un riesgo equivalente o mayor de desarrollo de resistencia debido a las altas dosis y al uso irracional de estos productos (Roush, 1994).

Los factores que contribuyen al desarrollo de resistencia en insectos a los cultivos que expresan proteínas Bt, son los mismos factores que afectan el desarrollo de resistencia a los insecticidas convencionales, tales como:

- La naturaleza, eficacia y modo de empleo del producto para cultivos Bt.
- Nivel de expresión (dosis requerida para controlar todos o la mayoría de los insectos heterocigotos, de tal manera que la resistencia es un fenómeno funcionalmente recesivo).
- Superficie sembrada con cultivos Bt en un área determinada.
- Genética de la resistencia (frecuencia inicial de alelos de resistencia, grado de dominancia de dichos alelos, costo fisiológico de la resistencia).
- Comportamiento de los insectos (movimiento y reproducción).
- El modo en el que los insectos se mueven entre los cultivos Bt y convencionales determina el nivel de exposición de los insectos a la toxina Bt, así como la probabilidad de cruzamiento entre insectos resistentes y susceptibles.

Los estudios científicos indican que los alelos para un alto nivel de resistencia a las proteínas Bt son básicamente recesivos (Gould *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 1999; Tabashnik, 1994; Tabashnik *et al.*, 2000). Por lo tanto, para que un insecto sea totalmente resistente a Bt, debe ser homocigoto para el alelo de resistencia y se ha observado que la frecuencia de alelos de resistencia es relativamente baja en las poblaciones de insectos (EPA, 2001).

La resistencia puede y ha evolucionado a todas las formas de manejo de plagas, incluyendo las herramientas químicas, biológicas y culturales, y no es una preocupación única a los cultivos GM. Sin embargo, los beneficios de las características GM de protección contra insectos se consideran tan valiosas que los proveedores de la tecnología y otros actores involucrados han puesto especial énfasis en prolongar su durabilidad retrasando la tasa de desarrollo de la resistencia en los insectos blanco. Se dispone de múltiples tácticas para preservar la durabilidad de las tecnologías de manejo de insectos, incluyendo el uso de la tecnología solo contra las poblaciones de plagas económicamente más dañinas, alternando entre diferentes tácticas de control, o integrando múltiples tácticas en un programa de manejo de plagas (CropLife, 2012).

El objetivo del manejo de la resistencia es retrasar la evolución de la resistencia en las poblaciones de la plaga expuestas a la herramienta de control, por lo que el plan de manejo de resistencia (MRI) deberá constituirse con las técnicas disponibles (CropLife, 2012):

- Alta dosis/refugio
- Monitoreo de los predios y aplicación de insecticidas acorde a las necesidades.
- Rotación de insecticidas con diferente modo de acción.
- Uso de medidas de control suplementarias que otorguen un manejo adicional de plagas.
- Combinación dentro de una planta múltiples eventos que tengan como blanco las mismas plagas (pyramiding).
- Establecimiento de la línea base y monitoreo de susceptibilidad.
- Destrucción de los residuos de cosecha.

6.7.5. Manejo de la resistencia de insectos

El plan de manejo de resistencia de insectos que se implementará durante la liberación del algodón GLT en el Valle de Mexicali durante el año 2020 y posteriores, se describe a continuación.

6.7.5.1. Alta dosis – refugio

La estrategia utilizada para el manejo de la resistencia de insectos en cultivos que expresan proteínas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), combina una expresión óptima de la proteína insecticida en las plantas transgénicas con el establecimiento en el cultivo de un porcentaje de plantas no transformadas que se constituyen en “refugio” para favorecer la presencia y multiplicación de insectos susceptibles. La proteína insecticida se expresa en las plantas transgénicas a un nivel suficiente para controlar los insectos blanco susceptibles así como los insectos blanco heterocigotos para el carácter de resistencia. El racional de esta estrategia es que cualquier insecto resistente homocigoto que aparezca en la población y sobreviva a la proteína insecticida tenga oportunidad de cruzarse con la población de insectos susceptibles relativamente alta que se multiplica en el refugio, produciendo descendencia de individuos susceptibles heterocigotos que pueden ser controlados por el cultivo transgénico.

El concepto de refugio considera que los alelos de resistencia se presentan a un nivel muy bajo (en el orden de 1 en 1000 o menor). A este nivel, la gran cantidad de insectos susceptibles producidos en el refugio pueden diluir cualquier eventual insecto resistente que se produzca en el algodón Bt (Gould *et al.*, 1997; Andow *et al.*, 2000).

En el Valle de Mexicali se implementará la opción de refugio 96:4, lo cual significa que por cada 40 ha sembradas con algodón GLT, el productor deberá sembrar 1.6 ha con variedades de algodón que no expresan proteínas de *Bacillus thuringiensis*, que podrán ser asperjadas con cualquier insecticida convencional, excepto biológicos a base de *Bacillus thuringiensis* y los insecticidas usados específicamente para el control de complejo bellotero y gusano rosado.

Las variedades de algodón a usar como refugio serán FiberMax 989 convencional y variedades GlyTol® LibertyLink® tolerantes a glufosinato de amonio, las cuales deberán sembrarse a una distancia no mayor a 0.8 km respecto al algodón GLT, pudiendo establecerse en diferentes configuraciones (figura 70).

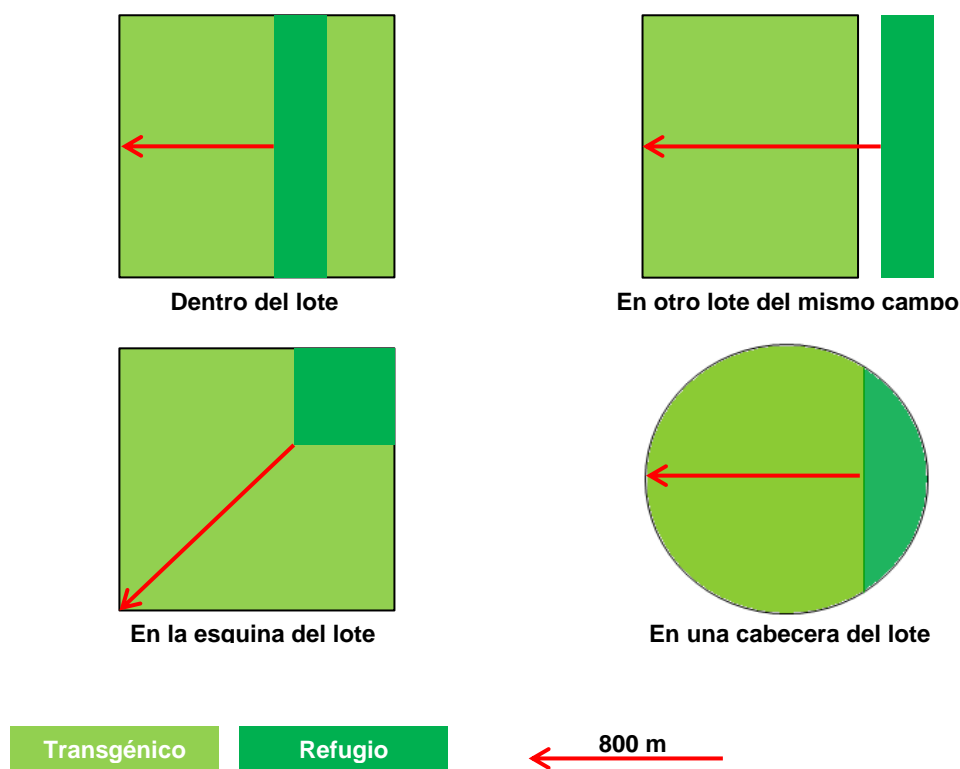


Figura 43. Configuración del refugio para algodón GLT.

6.7.5.2. Introducción de una segunda toxina insecticida

Otra estrategia importante para mejorar el control de insectos por proteínas Bt, al tiempo que retrasa la aparición de resistencia, consiste en introducir una segunda toxina insecticida, ya sea para alternar o bien combinar con la proteína insecticida original. Si la segunda proteína posee un mecanismo de acción suficientemente diferente al mecanismo de la primera, y además es por sí misma eficiente para controlar los insectos plaga, entonces los insectos deberán desarrollar dos modos diferentes de resistencia para sobrevivir a ambas toxinas. Este principio se cumple perfectamente en el algodón GLT que expresa las proteínas Cry1Ab y Cry2Ae.

En realidad, esta estrategia no es una idea nueva. La mezcla de insecticidas convencionales, con el mismo objetivo, se ha realizado por muchos años, y estrategias similares se han empleado con herbicidas para el manejo de la resistencia en malezas. Intuitivamente parece razonable que tal estrategia permita retrasar el desarrollo de resistencia si los insectos blanco no pueden desarrollar un mecanismo que combata ambas toxinas simultáneamente (Tabashnik, 1989; Roush 1994).

Mediante modelos matemáticos Roush (1994; 1997) demostró que las mezclas de toxinas pueden retrasar de manera efectiva la aparición de resistencia a las toxinas individuales siempre que la mortalidad relativa del insecto susceptible sea mayor con dicha mezcla que la ocasionada por cada toxina individual y el carácter de resistencia sea recesivo. Para cultivos transgénicos, la estrategia más efectiva es aquella en la que ambas proteínas se expresan dentro de un mismo producto (efecto pirámide).

6.7.5.3. Línea base de susceptibilidad

Es el primer paso del programa de monitoreo de resistencia de lepidópteros a las proteínas insecticidas expresadas por el algodón biotecnológico, de manera que dichas poblaciones no hayan sido expuestas a presión de selección por la tecnología. Se realiza con el objetivo de obtener una dosis diagnóstica ($\mu\text{g/ml}$), mediante el ensayo de varias concentraciones de las proteínas en cuestión, evaluando las variables de respuesta: mortalidad, pérdida de peso y desarrollo del tercer instar. Esta dosis será el punto de partida para realizar el monitoreo de resistencia cada temporada y comparar la respuesta de las poblaciones de lepidópteros contra la de la colonia susceptible.

6.7.5.4. Monitoreo de resistencia

Una vez establecida la dosis diagnóstica, será posible monitorear la respuesta de las poblaciones de lepidópteros presentes en campo cada temporada y comparar contra una colonia susceptible mantenida en laboratorio, con el objetivo de detectar a tiempo cambios en su respuesta y tomar decisiones a tiempo sobre el manejo del cultivo.

Para monitorear efectivamente la frecuencia de alelos resistentes en una población de insectos es necesario contar con metodologías para detectar e identificar con precisión los raros individuos que poseen alelos de resistencia y además hacer un balance entre la precisión estadística requerida cuando se tienen bajas frecuencias de alelos resistentes, el costo del muestreo y la organización y labor requerida para un muestreo sistemático de diferentes poblaciones de insectos objetivo de la tecnología (Brent, 1986; Roush y Miller, 1986; Caprio, 1998).

Desde el año 1997, se han monitoreado las poblaciones de insectos lepidópteros blanco del algodón biotecnológico. Estos datos indican que después de 20 años de monitoreo no existe un cambio en la respuesta de las poblaciones de lepidópteros evaluados de las distintas regiones algodonerías en México (*Helicoverpa zea*, *Heliiothis virescens*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera exigua* y *Pectinophora gossypiella*); y continúan siendo susceptibles a las toxinas Cry1Ac y Cry2Ab expresadas en el algodón Bollgard y Bollgard® II (Aguilar-Medel *et al.*, 2007; Martínez-Carrillo *et al.*, 2005; Martínez-Carrillo, 2011; Nava-Camberos *et al.*, 2010).

A partir de 2013, la empresa se unió al programa de monitoreo con la finalidad de ampliar el área de acción y generar información de la presencia de las plagas objetivo mediante la implementación de una metodología sistemática y validada por una institución de investigación. Actualmente el monitoreo se está realizando en: Valle de Mexicali, Sonoyta, Valle del Yaqui, Norte de Sinaloa, Comarca Lagunera, Camargo, Ojinaga, Aldama, Buenaventura, Janos, Valle de Juárez, Norte y Sur de Tamaulipas.

Con base en los resultados obtenidos durante los monitoreos de 1998 hasta el 2016, se concluyó que las poblaciones de campo de *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera exigua* continúan siendo susceptibles a las proteínas Cry1Ac y Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis*.

Para el monitoreo de resistencia en algodón GLT, se implementará el protocolo “Monitoreo de resistencia de gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) a proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*”, en el cual se describe las especies a colectar, zonas de colecta, metodología de colecta, envío de material colectado y la metodología para realizar los bioensayos.

6.7.5.5. Monitoreo de sobrevivencia inusual

En caso de que se notifique una falla de control en campo, se implementará el “Protocolo de investigación de supervivencia inusual de plagas blanco”, en dónde se describe la manera de responder ante este tipo situaciones.

Una vez notificado por el agricultor o técnico, el Representante Técnico de ventas (RTV) o Agrónomo de Desarrollo (AD) realizará una investigación inicial para identificar la magnitud de la cuestión y determinar si es necesaria la verificación del evento.

El protocolo de investigación responderá a las preguntas sobre las plagas blanco de la tecnología, umbrales de daño, patrones de daño y presencia de la tecnología TwinLink® en el cultivo de algodón antes de considerar el desarrollo de resistencia como una posibilidad.

En caso de que la resistencia sea una posibilidad, se le explicará al productor la situación y se recomendará realizar una aplicación de algún insecticida autorizado, dejando un área sin tratar para realizar la colecta y envío de larvas al laboratorio de entomología del Colegio de Postgraduados en dónde se realizarán los bioensayos correspondientes siguiendo el protocolo “Monitoreo de resistencia de gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) a proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*”

6.7.5.6. Capacitación

Los agricultores cooperantes serán capacitados en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados y en manejo de resistencia de insectos, con el objetivo de que conozcan la importancia de la siembra y manejo del refugio, así como otras prácticas que contribuyan a retrasar el desarrollo de la resistencia de insectos.

6.7.5.7. Uso de otras prácticas

Adicionalmente se comunicará claramente a los productores cooperantes que el algodón GLT no debe ser considerado una solución completa a los problemas de lepidópteros plaga. Esto significa, que se deberán utilizar otras prácticas como: rotación de cultivos en caso de que sea posible, manejo de fechas de siembra, buen control de malezas, manejo adecuado de la fertilización, destrucción de residuos de cosecha, inspección de las parcelas para detectar poblaciones de insectos blanco y aplicación suplementaria de insecticidas cuando se alcancen los umbrales de daño económico.

6.8. Conclusión

Con base en la información presentada, se puede concluir que el algodón con tecnología GlyTol® TwinLink® (GLT) no es tóxico para organismos no blanco como mamíferos (ratones), especies acuáticas (dafnias) degradadores del suelo (colémbolos, lombrices de tierra) e insectos benéficos como depredadores, parasitoides y polinizadores (abejas), no posee características para convertirse en maleza y se comporta agronómica y fenotípicamente de manera similar al algodón convencional, no presenta un riesgo de flujo génico diferente al algodón convencional, y las plantas voluntarias que logren sobrevivir a las condiciones ambientales adversas serán eliminadas mediante la implementación de monitoreos en las carreteras y caminos de las zonas agrícolas de Mexicali y San Luis Rio Colorado.

El algodón GLT no está exento de que las plagas blanco desarrollen resistencia, por lo que para retrasar su aparición se utilizan estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), basadas en la expresión de varias proteínas insecticidas en la misma planta con diferentes mecanismos de acción y sitios de unión específicos para cada proteína en el intestino de los insectos blanco, la siembra de algodón que no expresa proteínas de *Bacillus thuringiensis* como áreas de “refugio” y la alta expresión de proteínas insecticidas, lo que hace de la tecnología GLT una excelente herramienta que contribuye a la estrategia de retrasar el desarrollo de resistencia en los insectos blanco. De la misma manera, el desarrollo de resistencia de maleza a herbicidas será manejado mediante la implementación de diferentes prácticas de manejo integrado, cuyo principio fundamental es la diversidad en las prácticas de cultivo y en el uso de herbicidas con modos de acción diferentes y un espectro de control complementario.

El algodón GLT es una herramienta muy valiosa en el manejo integrado del cultivo de algodón y ofrece diversas ventajas en comparación con las alternativas tecnológicas, entre

las cuales se puede destacar la reducción del uso de agroquímicos utilizados en el control de insectos y maleza y el uso de herbicidas e insecticidas con menor impacto ambiental.

VII. EN SU CASO, LA INFORMACIÓN QUE DISPONGA EL SOLICITANTE SOBRE DATOS O RESULTADOS DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL MISMO OGM EN OTROS PAÍSES

Según el ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas, por sus siglas en inglés) en su publicación “Situación mundial de los cultivos biotecnológicos/GM comercializados: 2017”, Los primeros 21 años de comercialización de cultivos biotecnológicos (1996 a 2016), 26 países sembraron 2.15 millones de hectáreas con cultivos biotecnológicos (0,34 billones de hectáreas de algodón). La superficie mundial de cultivos biotecnológicos aumentó ~110 veces de 1.7 millones de hectáreas en 1996 a 2.15 millones de hectáreas en 2017, con un máximo de 17 a 18 millones de agricultores, lo cual determina que los cultivos biotecnológicos sean la tecnología agrícola de mayor tasa de adopción durante los últimos tiempos. La comercialización de cultivos biotecnológicos alcanzó un total acumulado de 2.1 mil millones de hectáreas o 5.3 mil millones de acres en 21 años (1996-2016).

La siembra de una superficie récord de 2,3 billones de hectáreas de cultivos biotecnológicos fue realizada por 24 países, de los cuales 19 son países en desarrollo y 5 industrializados. Los países en desarrollo sembraron el 54% (100.6 millones de hectáreas) de la superficie mundial respecto del 46% (89.2 millones de hectáreas) correspondiente a los países industrializados. Los cuatro principales cultivos biotecnológicos: soya, maíz, algodón y colza/canola; en función de la superficie mundial para los cultivos individuales, 78% de soya, 64% de algodón, 33% de maíz y 24% de colza/canola fueron biotecnológicos en 2016 (figura 71).

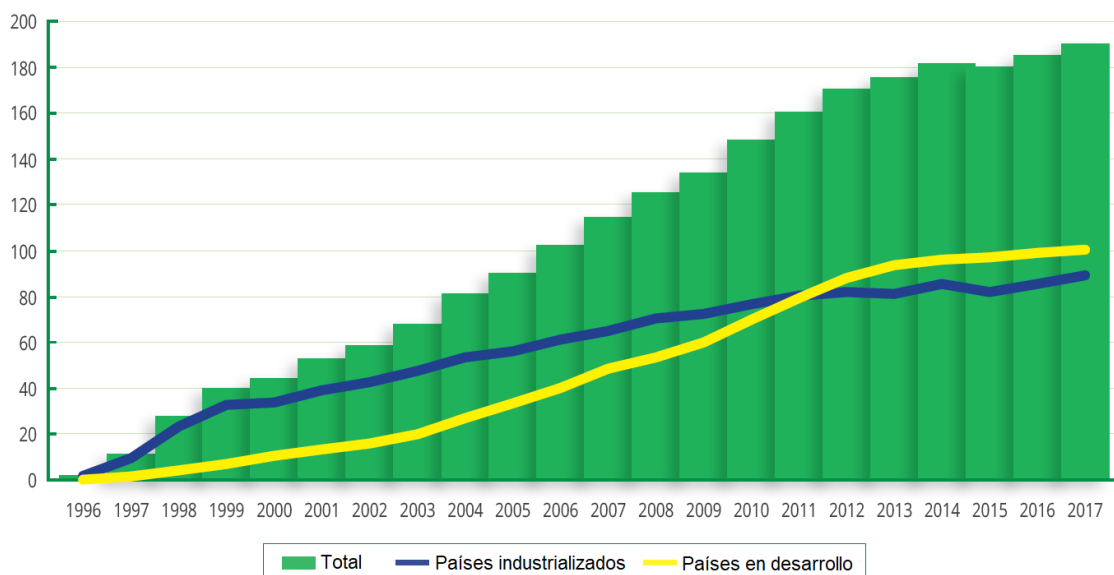


Figura 44. Área global de cultivos biotecnológicos, 1996 a 2017: países industrializados y en desarrollo (millones de hectáreas).

VII.1. Comercialización del algodón genéticamente modificado en otros países.

Los diez países principales, cada uno de los cuales creció más de 1 millón de hectáreas en 2017, fueron liderados por los Estados Unidos, que crecieron 75 millones de hectáreas (40% del total total, mayor en un 1% en 2016), Brasil con 50.2 millones de hectáreas (26%), Argentina con 23.6 millones de hectáreas (12%), Canadá con 13.1 millones de hectáreas (7%), India con 11.4 millones de hectáreas (6%), Paraguay con 3.0 millones de hectáreas (2%), Pakistán con 3 millones de hectáreas (2%), China con 2.8 millones de hectáreas (1%), Sudáfrica con 2.7 millones de hectáreas (1%) y Bolivia con 1.3 millones de hectáreas (1%). Otros 14 países aumentaron un total de aproximadamente 3.7 millones de hectáreas en 2017 (cuadro 85).

Cuadro 38. Superficie mundial de cultivos biotecnológicos en 2016: Por país (millones de hectáreas) **.

	Country	2016	%	2017	%	+/-	%
1	USA*	72.9	39	75.0	40%	2.1	3%
2	Brazil*	49.1	27	50.2	26%	1.1	2%
3	Argentina*	23.8	13	23.6	12%	-0.2	-1%
4	Canada*	11.1	6	13.1	7%	1.5	18%
5	India*	10.8	6	11.4	6%	0.6	6%
6	Paraguay*	3.6	2	3.0	2%	-0.6	-18%
7	Pakistan*	2.9	2	3.0	2%	0.1	3%
8	China*	2.8	2	2.8	1%	0.0	0
9	South Africa*	2.7	1	2.7	1%	0.0	0
10	Bolivia*	1.2	1	1.3	1%	0.1	7%
11	Uruguay*	1.3	1	1.1	1%	-0.2	-12%
12	Australia*	0.9	<1	0.9	<1	0.1	0%
13	Philippines*	0.8	<1	0.6	<1	-0.2	-21%
14	Myanmar*	0.3	<1	0.3	<1	0.0	0
15	Sudan*	0.1	<1	0.2	<1	0.1	59%
16	Spain*	0.1	<1	0.1	<1	0.0	0%
17	Mexico*	0.1	<1	0.1	<1	0.1	9%
18	Colombia*	0.1	<1	0.1	<1	<0.1	7%
19	Vietnam	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	29%
20	Honduras	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	3%
21	Chile	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	23%
22	Portugal	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	0
23	Bangladesh	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	242%
24	Costa Rica	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	0
25	Slovakia	<0.1	<1	--	--	--	--
26	Czech Republic	<0.1	<1	--	--	--	--
	Total	185.1	100	189.8	100%	5.4	+3%

* Países biotecnológicos con un crecimiento de 50,000 hectáreas o más.

** Redondeado a los cien mil o más cercanos.

Estados Unidos sigue siendo líder en la comercialización mundial de cultivos biotecnológicos desde 1996. Brasil conservó su segundo puesto en el ranking mundial con 49.1 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos sembrados, lo cual representa el 27% de la superficie mundial. En Brasil, la superficie total sembrada con estos cultivos de ~49.14 millones de hectáreas representa un aumento del 11% respecto de 2015, donde aproximadamente ~0.8 millones de hectáreas fueron de algodón GM. Argentina mantuvo su puesto en el ranking como el tercer productor más grande de cultivos biotecnológicos del mundo; en 2016 se sembraron 23.82 millones de hectáreas, 0.67 millones de hectáreas menos que las 24.49 millones de hectáreas en 2015, con una superficie reducida de algodón GM de 0.38 millones de hectáreas. India registró una leve caída (7%) en la siembra de algodón biotecnológico a causa de una pequeña reducción de la superficie total de algodón (8%) en los 10 estados de la India. Sin embargo, la tasa de adopción creció de 95% a 96%, lo cual indica la aceptación por parte de alrededor de 7.2 millones de productores que se benefician de la tecnología. India retuvo el título de primer país

productor de algodón del mundo con una producción de algodón que supera los 35 millones de fardos a pesar de la desaceleración del mercado de algodón mundial.

Cuadro 39. Superficie de algodón biotecnológico en 2016: Por país (millones de hectáreas).

País	Área Total (M ha)	Área con biotecnología (Millón Ha)				% del Área Total
		IR	HT	IR/HT	Total	
Estados Unidos	3.98	0.16	0.36	3.18	3.70	93
Brasil	1.01	0.12	0.24	0.43	0.79	78
Argentina	0.4	-	0.23	0.15	0.38	95
China	2.92	2.78	-	-	2.78	95
Sudáfrica	0.009	-	-	0.009	0.009	100
México	0.310	-	0.008	0.093	0.097	97
Australia	0.413	-	0.013	0.392	0.405	98
Paraguay	0.010	-	-	0.010	0.010	100

Cultivos biotecnológicos de América Latina (Algodón)

Diez países de América Latina sembraron cultivos biotecnológicos en 2017. Brasil registró un aumento mayor del 11%, o sea 4.9 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos en 2016 y ocupó el 27% de la superficie mundial de cultivos biotecnológicos (figura 72).

En México el algodón es el cultivo biotecnológico más importante, de las 97,000 hectáreas de algodón biotecnológico, 93,000 hectáreas son eventos apilados de RI/TH y 4,000 hectáreas son TH. La disminución en el total de hectáreas de algodón en México, en concordancia con algunos otros países productores de algodón en todo el mundo, se debió a los precios históricamente bajos del algodón, lo que llevó a los agricultores a reducir las plantaciones totales de algodón. En 2016, Colombia plantó 110,000 hectáreas de cultivos biotecnológicos; 21,000 hectáreas (~ 24%) más que en 2015 (89,000 hectáreas). Se trata de 100,000 hectáreas de maíz biotecnológico y 9,800 hectáreas de algodón biotecnológico. Al igual que en México los bajos precios mundiales del algodón afectaron la superficie sembrada en el país. En Costa Rica hasta julio de 2015, se sembraron en el país unas 11,292 hectáreas de transgénicos, de las que un 91% fueron algodón. En Paraguay para la siembra en 2016 contó con 10,000 hectáreas de algodón, 100% de las cuales fueron RI/TH. Esto se compara con las 12,000 hectáreas plantadas en 2015. Paraguay se benefició del algodón biotecnológico que también se cultivó con éxito en los países vecinos de Argentina y Brasil.



Figura 45. Países de Latino America con adopción de biotecnología y siembra de algodón en 2016.

Cultivos biotecnológicos de la región Asia Pacífico (Algodón)

Los cultivos GMs sembrados en los 8 países con cultivos biotecnológicos en la región Asia Pacífico se clasifican tres categorías: fibras (algodón), piensos y forrajes (maíz y colza/canola) y alimentos (maíz y berenjena). En 2016, la adopción de estos cultivos biotecnológicos fue variable: en India y China, la siembra de algodón GM se vio muy afectada por la caída del precio del algodón a nivel mundial; mientras que, en Pakistán y Myanmar, la superficie de algodón GM se mantuvo sin variación. En Australia, las condiciones climáticas benignas tras dos años de sequía permitieron acrecentar la siembra de algodón y colza/canola GMs.

Pakistán logró la adopción de variedades de algodón resistentes a los insectos (RI), alcanzando 2.9 millones de hectáreas equivalentes al 97% del total de 3 millones de hectáreas de algodón que fue el séptimo año de plantación comercial desde 2010. En China en 2016 el área plantada con algodón fue de 2.92 millones de hectáreas, frente a 3.8 millones de hectáreas en 2015. En consonancia con otros países productores de algodón la disminución de las hectáreas de algodón en China se atribuyó a bajos precios del algodón y alta reserva desde 2015. Esto llevó a una disminución en el total de hectáreas plantadas de algodón, así como el área de algodón biotecnológico. Después de que el algodón RI se introdujera en el mercado en 1996, el área de algodón RI aumentó más de 12 veces de 0.26 millones de hectáreas en 1998 a 3.8 millones hectáreas en 2015. En Australia desde 1996 se ha cultivado algodón biotecnológico y en 2016 se plantaron 405,000 hectáreas de algodón biotecnológico lo que representó un 98% del total de algodón sembrado principalmente con el evento apilado RI/TH (97%). En el caso de Myanmar la adopción de variedades de algodón Bt resistentes a los insectos fue del 93% de las 350,000 hectáreas

de algodón cultivadas en 2016. Aproximadamente 460,000 agricultores pequeños (promedio de 0.7 hectáreas de granja de algodón por agricultor) plantaron la varietal de algodón Bt de primera calidad en el undécimo año consecutivo de cultivo, 2006 a 2016.

Cultivos biotecnológicos en Sudáfrica y Sudán (Algodón)

Hacia 2016, al menos cuatro países ya habían colocado un cultivo GM en el mercado – Burkina Faso, Egipto, Sudáfrica y Sudán. No obstante, debido a un revés temporario en Burkina Faso y Egipto, sólo Sudáfrica y Sudán sembraron cultivos biotecnológicos en 2.8 millones de hectáreas.

Sudáfrica es uno de los diez principales países que sembró más de 1 millón de hectáreas en 2016 y continuó liderando la adopción de cultivos GMs en el continente africano. La superficie sembrada con maíz, soya y algodón GM aumentó a 2.66 millones de hectáreas en 2016, un crecimiento del 16% respecto de las 2.29 millones de hectáreas en 2015.

Sudáfrica plantó sus primeros cultivos biotecnológicos en 1998 con algodón resistente a insectos; en 2016 el país plantó 9,000 hectáreas de algodón con resistencia a insectos (Bt) y tolerancia a herbicidas (RI/TH). Este tipo de cultivo se ha plantado en Suráfrica desde 1998, en 2016 se presentó una disminución del 25% en plantar debido a la sequía y al precio bajo global del algodón. En Sudán, en el norte de África, su primer algodón Bt resistente a los insectos para la plantación comercial se aprobó en 2012, la superficie ha aumentado considerablemente desde las 20,000 hectáreas en un inicial modesto lanzamiento en 2012 a 120,600 hectáreas en 2016. En este país la tasa de adopción del algodón biotecnológico se mantuvo en el 98% y pocos agricultores cultivaron algodón no Bt.

VII.2. Resultado de uso y comercialización y su impacto económico y ambiental.

En 2016 el valor del mercado mundial de cultivos biotecnológicos, estimado por Croppros³², fue de US\$15.8 mil millones (un 3% por encima de los US\$15.3 mil millones registrados en 2015); lo cual representa el 22% de los US\$73.5 millones del mercado mundial de fitosanitarios (productos para la protección de cultivos) en 2016 y el 35% de los US\$45 mil millones del mercado mundial de semillas comerciales. Los ingresos estimados globales a pie de campo del “producto final” comercial cosechado (granos biotecnológicos y otros productos cosechados) son diez veces mayores que el valor de la semilla biotecnológica.

Los cultivos biotecnológicos contribuyeron a la seguridad alimentaria, la sustentabilidad y el cambio climático, ya que permitieron:

³² Croppros Agrochemical Service, 2016

Aumentar la productividad de los cultivos en 574 millones de toneladas valuadas en US\$167.8 mil millones en el período 1996-2015 y 75 millones de toneladas valuadas en US\$15.4 mil millones solo en 2015.

- Conservar la biodiversidad en el período 1996-2015 con el ahorro de 174 millones de hectáreas y de 19.4 millones de hectáreas en 2015 solamente.
- Proporcionar un mejor medio ambiente
 - ahorrando en el uso de 620 millones de kg de principios activos de plaguicidas en el período 1996-2015 y de 37.4 millones de kg sólo en 2015;
 - reduciendo las aplicaciones de plaguicidas, con un ahorro del 8.1% en el período 1996-2015 y de 6.1% sólo en 2015;
 - reduciendo el CEA (Coeficiente de Impacto Ambiental) un 19% en el período 1996-2015 y un 18.4% sólo en 2015 (cuadro 87)
 - reducir las emisiones de CO₂ en 2015 en 26,7 mil millones de kg, lo cual equivale a sacar de circulación a 11.9 millones de automóviles durante un año; y
 - contribuir a mitigar la pobreza ayudando a 18 millones de pequeños agricultores que, con sus familias, totalizan >65 millones de personas, algunas de ellas, las más pobres del mundo.

Por ende, los cultivos biotecnológicos pueden contribuir a la estrategia de “intensificación sustentable”, fomentada por varias academias científicas de todo el mundo, lo que permite un aumento de la productividad/producción solo en la superficie actual de 1,5 mil millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo y, de ese modo, salvar bosques y conservar la biodiversidad.

Cuadro 40. Algodón genéticamente modificado resistente a insectos: Resumen del uso de ingredientes activos y cambios asociados de EIQ 1996-2015 (Brookes & Barfoot, 2017³³).

País	Cambio en el uso de los principios activos (millones de kg)	% de cambio en la cantidad de ingrediente activo utilizado	% de cambio en el indicador EIQ
Estados Unidos	-19.5	-24.9	-19.6
China	-127.4	-30.7	-30.5
Australia	-18.3	-33.4	-34.5
India	-99.3	-28.6	-36.7
México	-1.9	-13.4	-13.2
Argentina	-1.3	-18.1	-25.7
Brasil	-1.0	-11.8	-15.7

³³ Brookes. G., & Barfoot. P. 2017. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. GM Crops & Food, 8:2, 117-147

País	Cambio en el uso de los principios activos (millones de kg)	% de cambio en la cantidad de ingrediente activo utilizado	% de cambio en el indicador EIQ
Impacto agregado: todos los países	-268.6	-29.1	-31.5

Notas:

1. Signo negativo = reducción en el uso o mejora del EIQ. Signo positivo = aumento del uso o peor valor EIQ
2. Otros países que utilizan algodón transgénico -IR - Colombia, Burkina Faso, Paraguay, Pakistán y Myanmar no incluidos debido a la falta de datos
3. Variación porcentual en el uso de ingredientes activos y en el campo Los valores de EIQ se refieren a todos los insecticidas (como las plagas del gusano bellotero / tabacalero son la principal categoría de plagas del algodón en todo el mundo). Algunos de estos ingredientes activos, sin embargo, se utilizan a veces para controlar a otras plagas que la tecnología de GM IR no apunta

El algodón con tecnologías GlyToI® (GHB614), TwinLink (T304-40 x GHB119) y GlyToI® TwinLink® (GHB614 x T304-40 x GHB119) tiene una historia larga de uso seguro y ha sido aprobado en distintos países para el consumo humano, animal y cultivo comercial (CERA³⁴, 2017) (cuadros 88, 89 y 90).

Cuadro 41. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento GHB614 (algodón GlyToI®): país, año y tipo de aprobación (CERA, 2017).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Argentina	2014	2014	2012
Australia	2009	2016	2016
Brasil	2010	2010	2010
Canadá	2008	2008	
China	2010	2010	
Colombia		2012	
Unión Europea	2011	2011	
Japón	2010	2010	
Korea	2010	2010	
Malaysia	2017	2017	
México	2008	2008	
Taiwan	2015	2015	
Estados Unidos	2008	2008	2009

*GM Crops Database, GM Approval Database

Cuadro 42. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento T304-40 x GHB119 (Algodón TwinLink®): país, año y tipo de aprobación (CERA, 2017).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Argentina			2014
Brasil	2011	2011	2011
Canadá	2011	2011	

³⁴ Center for Environmental Risk Assessment (CERA). 2017. ILSI Research Foundation. <http://www.cera-gmc.org/GMCropDatabase>

Japón	2013	2013	
Korea	2013	2012	
México	2012		
Estados Unidos	2011	2011	2012

*GM Crops Database, GM Approval Database

Cuadro 43. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento combinado GHB614 x T304-40 x GHB119 (Algodón GlyTol® TwinLink®): país, año y tipo de aprobación. (CERA, 2017).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Brasil	2012	2012	2012
Japón	2013	2013	
Korea	2013	2013	
México	2012	2012	
Taiwan	2015		

*GM Crops Database, GM Approval Database

En México y en el mundo el cultivo del algodón genera muchos beneficios para todos los integrantes de la cadena productiva, actualmente se cultiva en más de 80 países y de acuerdo con el Comité Consultivo Internacional del algodón (ICAC) los principales países productores en el periodo 2007 - 2011 fueron: China, India, Estados Unidos, Brasil, Pakistán y Uzbekistán.

Los productores de algodón biotecnológico de Chihuahua han ahorrado un 30% en sus costos de producción, debido a la reducción de las aplicaciones de pesticidas de 18 a una por temporada en el cultivo de algodón. Al mismo tiempo, el uso de semillas genéticamente modificadas aumentó los rendimientos de 3.7 a 7.7 pacas de algodón por hectárea. En México, las estimaciones totales de producción y cosecha de algodón en 2015/16 fueron de 0.9 millones de pacas en una superficie cosechada de 130,000 hectáreas. Según el SIAP el 95% de la superficie total plantada fue algodón biotecnológico. Se estima que México ha mejorado los ingresos agrícolas del algodón y soya biotecnológicos en 489 millones de dólares en el período de 1996 a 2015 y, los beneficios sólo para 2015, se estiman en 77 millones de dólares. En resumen, las siembras de cultivos biotecnológicos (soya y algodón) en México disminuyeron un 28%, pasando de 141,000 hectáreas en 2015 a 101,000 hectáreas en 2016. La reducción de la siembra de algodón total se debió a los bajos precios de este.

El algodón biotecnológico ha sido ampliamente adoptado en el mundo desde su introducción comercial en Estados Unidos en 1996. Clive (2016), reporta que en 2016 el algodón biotecnológico alcanzó una superficie total sembrada de 0.3 billones de hectáreas,

en México se han sembrado cultivos biotecnológicos desde 1996 y es uno de los seis países pioneros en la adopción y siembra de biotecnología.

En 2016, México plantó 101,000 hectáreas de cultivos biotecnológicos, las cuales se distribuyeron en 97,000 hectáreas de algodón biotecnológico y 4,000 hectáreas de soya biotecnológica (cuadro 91).

Cuadro 44. Hectárea de cultivos biotecnológicos en México, 2017.

Cultivo	Área (millones de has)		
	2015	2016	2017
Soya			
Total de cultivo sembrado	0.188	0.211	
HT	0.018	0.004	
Total de cultivo biotecnológico sembrado	0.18	0.004	
Algodón			
Total de cultivo sembrado	0.128	0.099	0.110
HT	0.005	0.004	0.004
IR/HT	0.118	0.093	0.106
Total de Cultivo biotecnológico sembrado	0.123	0.097	0.110
Total México			
Total de cultivo sembrado	0.316	0.310	
HT	0.023	0.008	
IR/HT	0.118	0.093	
Total de Cultivo biotecnológico sembrado	0.141	0.101	

HT: Tolerante a herbicida

IR: Resistente a insectos

Fuente: ISAAA, 2016

La producción de algodón en México es considerada de gran tradición, ya que por mucho tiempo fue un producto de exportación altamente generador de divisas. De igual manera, es uno de los cultivos con mayor ocupación de mano de obra en el medio rural e involucra a una gran cantidad de negocios de maquinaria agrícola, agroquímicos, proveedoras de fertilizantes, talleres, etc., que se benefician del cultivo en las regiones en donde se siembra. Sin embargo, la producción ha tenido una tendencia variable influida por el decremento en el precio internacional del producto y la disminución de las exportaciones en 2002. Así como la reducción de la superficie sembrada de 2006-2009 y el incremento de superficie y rendimiento en 2010 (figura 73).

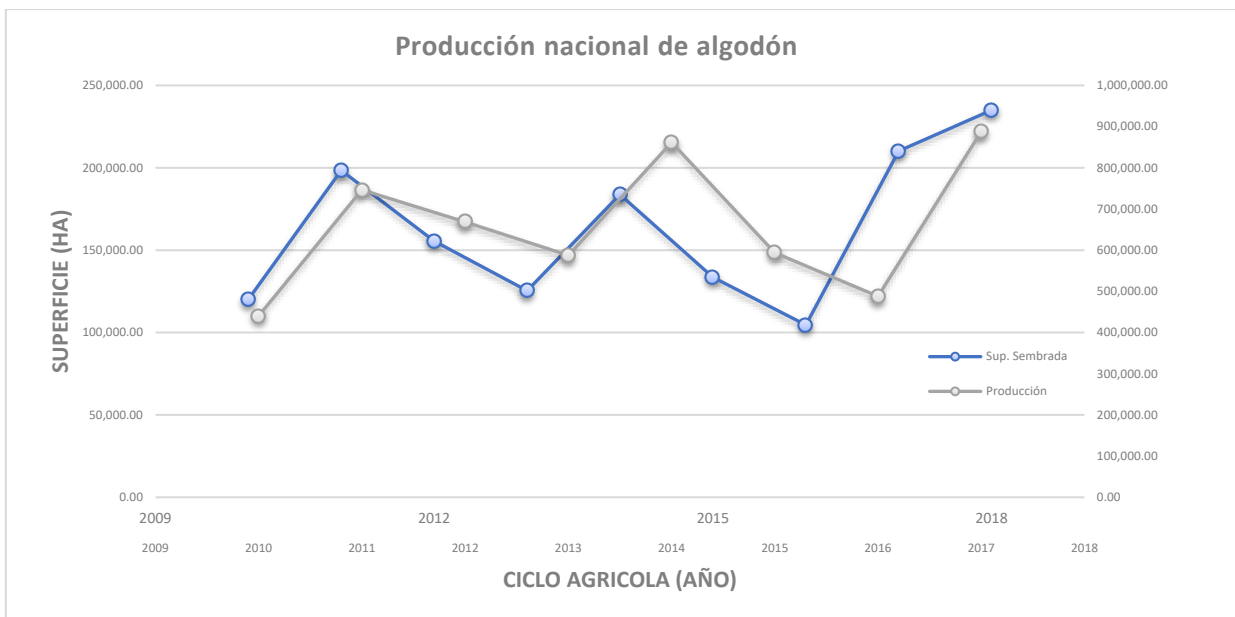


Figura 46. Producción nacional de algodón durante el periodo 2000 - 2015 (SIAP, 2017³⁵).

Actualmente se han mejorado los niveles de rentabilidad y competitividad del sector algodonnero en la fase de la producción primaria y por ende a lo largo de toda la cadena productiva, mediante el uso de algodón genéticamente modificado, siembra en alta densidad por surcos estrechos y equipo para riego. A pesar de lo anterior, la producción nacional no satisface la demanda de algodón de las industrias textiles por lo que se depende altamente de las importaciones para cubrirla.

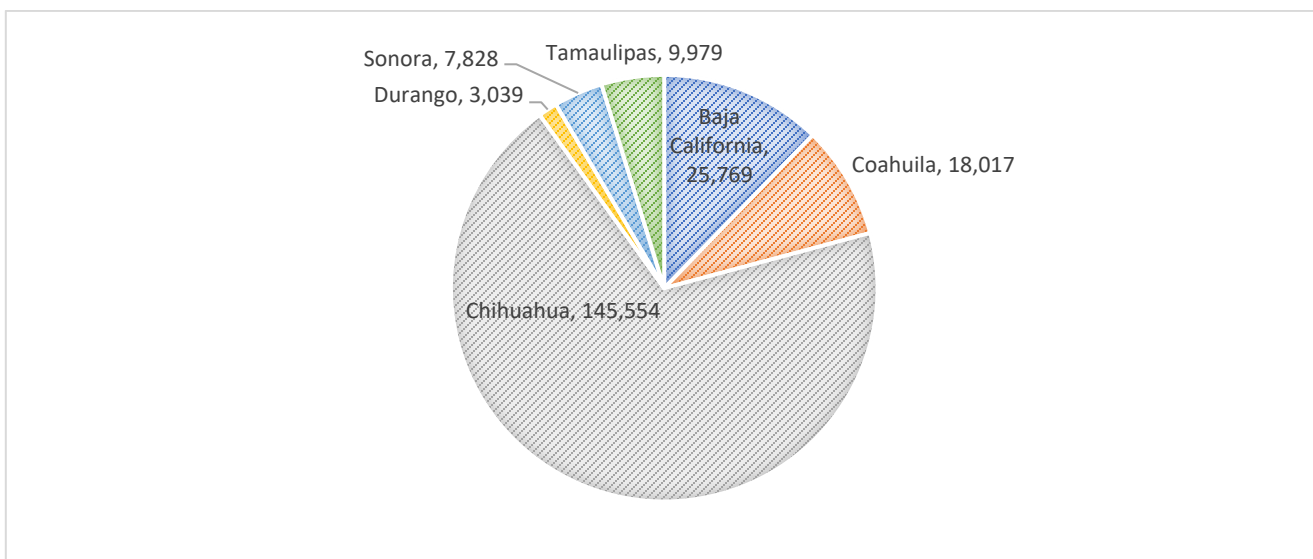


Figura 47. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).

³⁵ http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp

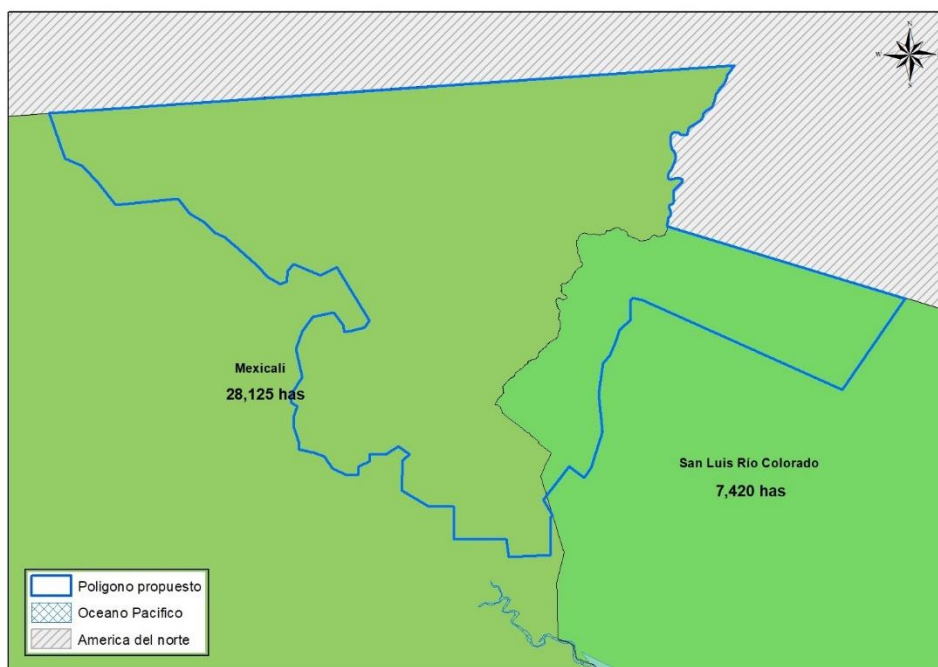


Figura 48. Producción de algodón hueso en Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, en 2017 (SIAP, 2019).

Como se mencionó previamente, el algodón genéticamente modificado ha traído beneficios económicos y ambientales en las regiones en donde se ha utilizado, en México, de las 97,000 hectáreas de algodón biotecnológico, 93,000 hectáreas corresponden a tecnología tolerante a herbicidas en apilado con resistencia al ataque de insectos lepidópteros y 4,000 hectáreas son solamente de tolerancia al uso de herbicidas. De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), durante el ciclo 2016 se sembró un total de 104,586.69 ha de algodón, destacando los Estados de Chihuahua y Baja California.

Durante este periodo de 20 años y en la superficie sembrada a nivel global, no se tiene evidencia de efectos o variaciones en las prácticas de uso y aprovechamiento del cultivo con relación al algodón convencional. En Mexico el 3 de febrero de 2016, el Servicio Nacional de Salud y Seguridad Alimentaria (SENASICA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) otorgó el reconocimiento oficial al estado de Baja California y Sonora por alcanzar el estatus de "Zona libre de gusano rosado" en algodón; esto mediante acciones de control de esta plaga que incluyen el manejo integrado de plagas y las semillas biotecnológicas. Como resultado, el 85% de la zona productora de algodón de México está libre de gusanos rosados (ISAAA, 2017).

El principal producto del cultivo del algodón una vez despepitado es la fibra, la cual es destinada a la industria textil para la elaboración de hilo y prendas de vestir. La semilla despepitada queda recubierta por una pubescencia llamada linter, la cual puede ser

comercializada para consumo animal como complemento alimenticio por su alto contenido energético, o bien, cuando es separado el linter de la semilla, es utilizado en la elaboración de colchones, almohadas, etc. De la semilla de algodón se extrae aceite comestible utilizado principalmente para el procesamiento de alimentos a nivel industrial como papas fritas, o mediante su hidrogenación para la producción de margarinas.

Con relación al manejo agronómico, la adopción de algodón biotecnológico ha aportado contribuciones ambientales importantes y positivas a través de su facilitación y evolución de prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente (Brookes y Barfoot, 2017) tales como:

- Reducción significativa en el uso de insecticidas y menor impacto en las poblaciones de insectos benéficos y otros organismos no blanco.
- Disminución de la presión de selección de insectos resistentes a los insecticidas químicos.
- Mayor flexibilidad en el control de maleza comparado con el uso de herbicidas en el algodón convencional y eliminación de labores de control manual y aplicaciones tempranas dirigidas de herbicidas que requieren equipo especial para su aplicación.
- Cambios en el perfil de los herbicidas utilizados, en favor de productos más benignos para el medio ambiente.
- Compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) y maleza.
- Cambio en el sistema de producción que ha reducido los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la reducción del uso de combustible de los tractores y al secuestro adicional de carbono en el suelo (cuadro 92).
- La adopción de tecnología de cultivos tolerantes a herbicidas continúa proporcionando una ganancia ambiental neta relativa a la alternativa convencional y, junto con la tecnología de resistencia a insectos, continúa proporcionando beneficios ambientales netos sustanciales.

Estos hallazgos también son consistentes con el análisis de otros autores, por ejemplo, Klumper y Qaim en 2014³⁶, quienes encontraron que los beneficios agronómicos y económicos de los cultivos transgénicos son grandes y significativos y que las ganancias de rendimiento y las reducciones de plaguicidas son mayores para cultivos resistentes a insectos que para cultivos de tolerantes a herbicidas; así como Fernández-Cornejo J, et al, en 2014³⁷, quienes presentaron que una gran mayoría de los agricultores de los Estados Unidos han adoptado semillas de maíz, soya y algodón desde su introducción comercial hace más de 15 años y a pesar de los mayores precios de las semillas transgénicas en

³⁶ Klumper W, Qaim M. A meta analysis of the impacts of genetically modified crops. Plos One 2014; 9(11): e111629; PMID:25365303; <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>

³⁷ Fernandez-Cornejo J, Wechsler S, Livingston M, Mitchell L. Genetically engineered crops in the United States. 2014. USDA Economic Research Service report ERR 162. Available at: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/err162/43668_err162.pdf

comparación con las semillas convencionales, los agricultores obtienen beneficios económicos de los cultivos transgénicos a través de mayores rendimientos y/o menores costos de pesticidas y ahorros en el tiempo de manejo.

Cuadro 45. Impacto Ambiental por la utilización de cultivos genéticamente modificados 1996 - 2015 (Brookes y Barfoot, 2017).

País	Área con eventos (000 ha)	Promedio de ia usado en cultivo GM (kg/ha)	Promedio de ia usado en cultivo convencional (kg/ha)	Promedio de EIQ/ha en cultivo GM	Promedio de EIQ/ha en cultivo convencional	Cambio agregado en el uso de IA (en miles de kg)	Cambio agregado en el campo en unidades EIQ/ha (millones)
Algodón genéticamente modificado con resistencia a insectos (2015)							
Estados Unidos	2,693	0.85	1.79	27.68	47.58	-2,533	-53.6
China	2,976	2.10	2.98	87.0	106.4	-3,780	-97.8
Australia	253	0.91	2.1	25.0	65.0	-301	-10.1
México	118	3.60	5.22	120.4	177.0	-192	-6.7
Argentina	377	0.7	2.42	19.9	76.7	-123	-8.7
India	11,305	0.63	1.77	18.8	74.8	-12,235	-632.8
Brasil	497	0.41	0.736	15.1	38.2	-155	-11
Algodón genéticamente modificado con tolerancia a herbicida (2015)							
Estados Unidos	3,142	4.42	4.82	80.74	89.03	-1,148	-23.6
Sudáfrica	9	1.80	1.81	27.6	31.9	-0.1	-0.04
Australia	230	5.26	7.47	90.22	143.4	-595	-14.4
Argentina	410	4.06	4.72	64.0	78.4	-269	-5.9

Notas:

1. Debido a la naturaleza generalizada y regular de los problemas de plagas de los gusanos de las cápsulas y de las yemas de los cultivos de algodón, se supone que las áreas de RGM plantadas son iguales a las que tradicionalmente reciben algún tipo de tratamiento insecticida convencional
2. Sudáfrica, Burkina Faso, Colombia, Pakistán y Myanmar no se incluyeron en el análisis debido a la falta de datos sobre los cambios en el uso de insecticidas
3. Brasil: debido a la falta de datos, se han asumido patrones de uso de la Argentina
4. México y Colombia: no se incluyen debido a la falta de datos sobre el uso de herbicidas

VIII. EN CASO DE IMPORTACIÓN DEL OGM, COPIA LEGALIZADA O APOSTILLADA DE LAS AUTORIZACIONES O DOCUMENTACIÓN OFICIAL QUE ACREDITE QUE EL OGM ESTÁ PERMITIDO CONFORME A LA LEGISLACIÓN DEL PAÍS DE ORIGEN, AL MENOS PARA SU LIBERACIÓN COMERCIAL, TRADUCIDA AL ESPAÑOL.

El algodón GlyTol® fue desregulado en Estados Unidos de América el 22 de mayo de 2009 (No. APHIS-2007-0017) y el algodón TwinLink® el 12 de octubre de 2011 (No. APHIS-2010-0102). En la Carpeta de Anexos se incluye las notificaciones. De igual manera, se anexa la copia apostillada que acredita que el algodón GLT está permitido conforme a la legislación del país de origen, así como su respectiva traducción por parte de un Perito traductor autorizado por el Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal.

El evento genético combinado GlyTol® TwinLink® (GHB614 x T304-40 x GHB119) cuenta con la formal autorización expedida por la Secretaría de Salud a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

IX. LA SECRETARÍA COMPETENTE, DE CONSIDERARLO NECESARIO, PODRÁ REQUERIR COPIA SIMPLE DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE VIGENTE EN EL PAÍS DE EXPORTACIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL

X. LA INFORMACIÓN QUE EN CADA CASO DETERMINEN LAS NOM

Con base en el párrafo tercero del Artículo 22 del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (RLBOGM) y por tratarse de una liberación Comercial, solicito se conceda a mi representada el permiso de liberación al ambiente del algodón genéticamente modificado GlyTol® TwinLink® en la región agrícola del Valle de Mexicali (Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado Son.) con vigencia indefinida, para los ciclos Primavera – Verano sucesivos a la autorización de la solicitud en comento.