



SOLICITUD DE PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE EN PROGRAMA PILOTO DE ALGODÓN GLYTOL® LIBERTYLINK® - GL (GHB614 x LLCotton25; OECD: BCS-GHØØ2-5 x ACS-GH001-3), EN LA REGION AGRÍCOLA DEL NORTE DE TAMAULIPAS, DURANTE EL CICLO PV-2020.

Compañía:

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

Ciudad de México, a 19 de julio de 2019

Este documento y sus anexos contienen información confidencial de BASF Mexicana S.A. de C.V. ("BASF"), y están destinados para uso exclusivo de la autoridad a la que se someten, asimismo solo pueden ser usados para respaldar las acciones solicitadas por BASF. BASF no otorga derecho o licencia de naturaleza alguna, sobre la información contenida en dichos documentos.

Según lo establecido en el Artículo 82 de la Ley de la Propiedad Industrial, los derechos de propiedad intelectual contenidos en el presente son considerados secretos industriales cuyo titular exclusivo es BASF, por lo que de conformidad con el artículo 113 fracciones II y III y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, deberán considerarse como información confidencial.



INDICE GENERAL DE CONTENIDO

INDICE GENERAL DE CONTENIDO	2
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	6
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 5. Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.....	7
1. Nombre, denominación o razón social del promovente y, en su caso, nombre del representante legal.....	7
2. Domicilio para oír y recibir notificaciones, así como el nombre de la persona o personas autorizadas para recibir las;.....	¡Error! Marcador no definido.
Personas autorizadas para recibir notificaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
3. Dirección de correo electrónico para recibir notificaciones, en el caso de que el promovente desee ser notificado por este medio.....	¡Error! Marcador no definido.
4. Modalidad de la liberación solicitada y las razones que dan motivo a la petición; ¡Error! Marcador no definido.	
I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EXPERIMENTAL O COPIA DEL REFERIDO PERMISO.	8
II. 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.....	8
Conforme a lo dispuesto en el artículo 46 y 53 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; así como el artículo 18 de su Reglamento. El reporte contendrá lo siguiente:	8
i. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto.....	9
ii. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación	10
iii. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad.....	13
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.....	17
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 .	23
vi. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos .	26
vii. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento	31
viii. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados.....	50
III. CANTIDAD DEL OGM A LIBERAR.....	53
IV. CONDICIONES DE MANEJO QUE SE DARÁN AL OGM	53
V. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA O ZONAS DONDE SE PRETENDA LIBERAR EL OGM	59

V.a.	Superficie total del predio o predios donde se realizará la liberación.....	59
V.b.	Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde se realizará la liberación.....	59
V.c.	Descripción de los polígonos donde se realizará la liberación y de las zonas vecinas a éstos en un radio según las características de diseminación del OGM de que se trate:.....	59
V.c.1.	Listado de especies sexualmente compatibles y de las especies que tengan interacción en el área de liberación y en zonas vecinas a éstos en el radio señalado en este inciso	59
V.c.2.	Descripción geográfica	61
V.c.3.	Plano de ubicación señalando las principales vías de comunicación ..	62
VI.	MEDIDAS DE MONITOREO Y DE BIOSEGURIDAD A REALIZAR	62
VI.a.	Medidas de monitoreo:	62
VI.a.1.	Plan de monitoreo detallado	62
VI.a.2.	Estrategias de monitoreo posteriores a la liberación del OGM, con el fin de detectar cualquier interacción entre el OGM y especies presentes en el área de la zona o zonas donde se pretenda realizar la liberación, cuando existan	63
VI.a.3.	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.....	66
VI.b.	Medidas de bioseguridad:	67
VI.b.1.	Medidas para la erradicación del OGM en zonas distintas a las permitidas	67
VI.b.2.	Medidas para la protección de la salud humana y el ambiente, en caso de que ocurriera un evento de liberación no deseado	68
VII.	NÚMERO DE AUTORIZACIÓN EXPEDIDA POR SALUD CUANDO EL OGM SE DESTINE PARA USO O CONSUMO HUMANO, O SE DESTINE A PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO, O TENGA FINALIDADES PARA SALUD PÚBLICA O A LA BIORREMEDIACIÓN.....	68
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, TRADUCIDA EN ESPAÑOL.....	68
IX.	LA PROPUESTA DE VIGENCIA DEL PERMISO Y LOS ELEMENTOS EMPLEADOS PARA DETERMINARLA	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Permisos experimentales otorgados para la liberación de algodón GL en el estado de Tamaulipas.	8
Cuadro 2. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2009... 10	10
Cuadro 3. Parámetros agronómicos evaluados en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	12
Cuadro 4. Eventos fenológicos en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	13
Cuadro 5. Características de las variedades de algodón evaluadas en el Norte de Tamaulipas en 2017.	13
Cuadro 6. Comparación de la secuencia deducida de aminoácidos de la proteína 2mEPSPS con otras proteínas EPSPS.	22
Cuadro 7. Resumen de características agronómicas evaluadas en el algodón GL y convencional.	24
Cuadro 8. Resumen de características de calidad de fibra de algodón GL y convencional.	25
Cuadro 9. Parámetros agronómicos evaluados en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	25
Cuadro 10. Eventos fenológicos en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	26
Cuadro 11. Poblaciones de gusano bellotero en terminales, cuadros, flores y bellotas en dos variedades de algodón en diferentes sistemas de manejo. Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV-2017.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 12. Poblaciones de gusano soldado y cogollero en terminales, cuadros, flores y bellotas en dos variedades de algodón en diferentes sistemas de manejo. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 13. Poblaciones de picudo en cuadros y flores en dos variedades de algodón en diferentes sistemas de manejo. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 14. Hectárea de cultivos biotecnológicos en México, 2017.	31
Cuadro 15. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 (GlyTol®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).	35
Cuadro 16. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento ACS-GH001-3 (LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).	35
Cuadro 17. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3 (GlyTol® LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2016).	36
Cuadro 18. Costos de producción de algodón en cuatro sistemas de producción en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV-2017.	37
Cuadro 19. Análisis económico en dos variedades de algodón con diferentes sistemas de manejo. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.	38
Cuadro 20. Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en dos variedades bajo tres sistemas de manejo de algodón. Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV-2017.	39
Cuadro 21. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.	41
Cuadro 22. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2009.	43
Cuadro 23. Población de especies de maleza y su altura previa a la primera aplicación de tratamientos de herbicidas en algodón GlyTol LL. Río Bravo, Tam. 2009.	44
Cuadro 24. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2008.	45

Cuadro 25 Poblaciones de especies de maleza al momento de las tres aplicaciones de tratamientos de herbicidas en algodón GlyTol LL. Río Bravo, Tam. 2008	46
Cuadro 26. Porcentaje de control de malezas en dos variedades de algodón con diferentes tratamientos de manejo. Primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	47
Cuadro 27. Inventario inicial de malezas presentes en la parcela experimental tecnología GlyTol® LibertyLink® antes de la primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.....	48
Cuadro 28. Población de malezas en dos variedades de algodón con diferentes tratamientos de manejo. Primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas, 2017.	49
Cuadro 29. Inventario final y peso de malezas en la parcela experimental tecnología GlyTol® LibertyLink® Segunda aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas. 2017. ...	50
Cuadro 30. Actividades por realizar durante la liberación de algodón GL en el norte de Tamaulipas en 2020.	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática del mecanismo de acción del glifosato y el mecanismo de tolerancia mediado por 2mEPSPS.....	18
Figura 2. Mecanismo de acción del herbicida glufosinato de amonio	20
Figura 3. Mecanismo de acción de la proteína PAT que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.....	21
Figura 4. Colecta de insectos plaga durante la evaluación de la tecnología GL en la región agrícola de Tamaulipas Norte en el ciclo agrícola PV-2017.....	28
Figura 5. Producción nacional de algodón durante el periodo 2010 - 2018 (SIAP, 2018). 32	
Figura 6. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).	33
Figura 7. Producción de algodón hueso en Tamaulipas norte, en 2017 (SIAP, 2019).....	33
Figura 8. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.....	41
Figura 9. Imágenes del predio en evaluación después de los días de aplicación del tratamiento con herbicidas.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10. Especies de maleza presentes en los ensayos de algodón en Río Bravo Tamaulipas en 2009.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Polígono de liberación en el norte de Tamaulipas.¡Error!	Marcador no definido.
Figura 12. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Almacén en Delicias, Chihuahua. 55	
Figura 13. Almacén de BASF ubicado en Delicias, Chihuahua.¡Error!	Marcador no definido.
Figura 14. Polígono propuesto para la liberación de algodón GlyTol® LibertyLink® en programa Piloto en la región agrícola del Norte de Tamaulipas.¡Error!	Marcador no definido.
Figura 15. Ubicación del polígono propuesto para la liberación piloto en el norte de Tamaulipas.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Distribución puntual de <i>Gossypium hirsutum</i> L.	60
Figura 17. Distribución nacional de pueblos indígenas (Atlas de los pueblos indígenas de México. 2018 http://atlas.inpi.gob.mx/)	61
Figura 18. Municipios comprendidos dentro del polígono de liberación de algodón GL del Norte de Tamaulipas.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19. Área Natural Protegida adyacente al polígono de liberación del Norte de Tamaulipas.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20. Ecorregiones Nivel IV presentes dentro de los polígonos de liberación propuestos.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21. Ruta de carreteras dentro del polígono de liberación.¡Error!	Marcador no definido.



Solicitud de permiso para la liberación al ambiente en programa de algodón GlyTo1® LibertyLink® (GL), en la región agrícola de Tamaulipas norte, durante el ciclo PV-2020.

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.

RFC.: BME8109104S6

Av. Insurgentes Sur 975
Col. Ciudad de los Deportes
C.P. 03710 Ciudad de México, México
BASF Mexicana, S.A. de C.V.

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EXPERIMENTAL O COPIA DEL REFERIDO PERMISO.

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32, fracción II y 50 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, así como en los artículos 5 y 17 de su Reglamento, se presenta esta solicitud de permiso de liberación al ambiente en programa piloto de algodón al ambiente en etapa comercial de algodón **GlyTol® LibertyLink® - GL** en las regiones agrícolas de Tamaulipas Norte, para el ciclo agrícola Primavera-Verano 2020.

Las variedades de algodón con tecnología GL, han sido liberadas experimentalmente en la región aldonera del Norte del estado de Tamaulipas a partir del año 2009. En el cuadro 1 se presentan los permisos otorgados para dichas liberaciones.

Cuadro 1. Permisos experimentales otorgados para la liberación de algodón GL en el estado de Tamaulipas.

No. Permiso	No. Solicitud	Etapas	Fecha de emisión	Superficie Autorizada (ha)
B00.04.- 0670	0020_2008	Experimental	16-Feb-2009	5
B00.04.03.02.01.-1155/2017	018_2016	Experimental	13-mar-2017	1.5

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 en versión impresa.

II. 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 46 y 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 5, 17 y 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 al ambiente de Organismos Genéticamente Modificados en **Programa Piloto**, competencia de la SADER (antes SAGARPA): Caso Algodón de las liberaciones experimentales previas, las cuales corresponden a los permisos enlistados en el cuadro 1.

- Reporte de Resultados No. B00.04.- 0670 (Solicitud 0020_2008)

- Reporte de Resultados No. B00.04.03.02.01.- 1155 (Solicitud No. 018_2016);

De la misma manera, se enlistan a continuación y se anexan, los estudios realizados en Tamaulipas norte en liberaciones experimentales anteriores, los cuales fueron presentados como sustento en los reportes de resultados de dichas liberaciones:

Evaluación de la tolerancia del algodón LL25 x GlyTol a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato en el ciclo agrícola O-I 2009 en Río Bravo, Tamaulipas.

Evaluación de la eficacia de Liberty y Glyfos en el control de maleza sobre algodón LL25 x Glytol en Río Bravo, Tamaulipas para el ciclo agrícola O-I 2009.

Rosales R. E. 2009. Malezas presentes en ensayos de algodón genéticamente modificado de Bayer en Río Bravo, Tamaulipas en 2009.

Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en el norte de Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2017.

Adicionalmente, los siguientes estudios realizados en las mismas regiones agrícolas y para la misma tecnología de algodón, podrían aportar información valiosa para el análisis de esta solicitud.

Rosales R. E. 2008. Evaluación de la tolerancia del algodón LL25 x GlyTol a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato en el ciclo agrícola O-I 2008 en Río Bravo, Tamaulipas.

Con base en lo anterior, solicitamos que la evaluación de la presente Solicitud de Liberación en Programa Piloto tome en cuenta los resultados de las evaluaciones previas, mediante las cuales se ha demostrado que el algodón con la tecnología GlyTol® LibertyLink® representa una alternativa productiva viable para los productores de la región agrícola del norte de Tamaulipas y su uso no conlleva riesgos adicionales a la sanidad vegetal, animal y acuícola, así como al medio ambiente, cuando se compara con los riesgos derivados de las actividades agrícolas convencionales.

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

La evaluación de la liberación experimental fue realizada con apego a los protocolos propuestos en las solicitudes correspondientes, así como a los requerimientos de los Permisos de liberación al ambiente.

Los estudios mencionados en las líneas anteriores fueron realizados por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), específicamente en el Campo Experimental Río Bravo. Durante cada una de las evaluaciones se contó con un contrato de prestación de servicios entre la empresa y el instituto de investigación correspondiente, para asegurar que se cumplieran los lineamientos indicados en los protocolos y las provisiones de Stewardship.

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

El evento apilado GHB614 x LLCotton25 (GL), porta los genes *bar* y *2mepsps* los cuales le confieren tolerancia a la aplicación de los herbicidas Glufosinato de amonio y Glifosato, respectivamente. En las regiones agrícolas del norte de Tamaulipas se han efectuado diversas comparaciones del comportamiento agronómico y fenotípico de las variedades GL con su contraparte convencional.

En el siguiente estudio, realizado durante la liberación experimental autorizada con el permiso B00.04.- 0670, se obtuvo información respecto a cambios fenotípicos del algodón GL una vez establecido en campo experimentalmente. A continuación, se presenta esta información de manera condensada y el estudio en el respectivo anexo.

Durante la evaluación de la tolerancia del algodón LL25 x Glytol a los herbicidas Glufosinato de amonio y Glifosato en el ciclo agrícola O-I 2009 en Río Bravo, Tamaulipas, desarrollado por Rosales (2009) se tuvieron los objetivos:

- A. Confirmar la efectividad de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato;
- B. Confirmar la tolerancia de las variedades que contienen el evento LL25 x GlyTol a la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.
- C. Desarrollar un estudio de dinámica poblacional de maleza presente en el predio de liberación.

Las dos variedades que se compararon fueron una variedad convencional FM 958 y otra transgénica FM 958 GlyTol LL, bajo un arreglo de 9 tratamientos con base a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato usados por separado, en mezcla, y/o con variantes de las dosis y los testigos limpios o enyerbados. Estos tratamientos usados se muestran el cuadro 2.

Cuadro 2. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2009.

Variedad	Tratamiento
1. FM 958 Glytol LL	Testigo enyerbado todo el ciclo
2. FM 958	Testigo limpio todo el ciclo

3. FM 958 Glytol LL	Testigo limpio todo el ciclo
4. FM 958 Glytol LL	Glyfos sp Glyfos seguido por (sp) Glyfos (1,080 g i.a./ha aplicación)
5. FM 958 Glytol LL	Liberty 200 sp Liberty 200 Liberty 200 sp Liberty 200 sp (600 g i.a./ha por aplicación)
6. FM 958 Glytol LL	Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1080 g i.a./ha por aplicación) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha)
7. FM 958 Glytol LL	Glyfos (1080 g. i.a./ha) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1080 g i.a./ha) por aplicación.
8. FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (600 g i.a./ha) + Glyfos (1080 g i.a./ha) por aplicación.
9. FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (1200 g i.a./ha) + Glyfos (2160 g i.a./ha) por aplicación.

Entre las variables que se evaluaron fueron fitotoxicidad, efectividad biológica de los herbicidas, la dinámica poblacional de malezas, así como variables de desempeño agronómico y de rendimiento. Las conclusiones se presentan a continuación están relacionadas precisamente con aquellos puntos de desempeño agronómico y de rendimiento.

Se hicieron observaciones para conocer si las aplicaciones de herbicidas tenían algún efecto negativo sobre el desempeño agronómico del cultivo y su rendimiento, documentándose:

1. La altura de la planta a los cero, 7 y 14 días después de las aplicaciones de herbicidas conforme a los tratamientos. Asimismo, se registró la altura final cuando se presentó el 100% de las bellotas abiertas.
2. La presencia de deformación de las bellotas antes de su apertura.
3. Para la madurez de la planta se registró los días a apertura de la primera bellota y el porcentaje de apertura de bellotas, cuando en el tratamiento del testigo absoluto hubo el 50% de apertura de bellotas.
4. El rendimiento fue calculado usando el porcentaje de fibra de una muestra de 20 bellotas por cada tratamiento y éstos fueron pesados y despepitados individualmente, reportando los rendimientos en kg/ha,

Como resultado de las mediciones de la variable **altura del algodón**, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con herbicida contra el testigo convencional enyerbado, puesto que en este último las plantas tuvieron menores alturas por la competencia con la maleza. Sin embargo, justamente estas diferencias están relacionadas al efecto de la maleza sobre las variedades tanto del cultivo transgénico como convencional, por lo que no es una característica introducida por los dos genes de tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato.

Respecto a la variable **madurez del algodnero** no se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados para los días a apertura de la primera bellota, ya que en todos los casos fue de 77 días después de la emergencia y el porcentaje del 50% de apertura se alcanzó al mismo tiempo. Podemos también decir, que tanto la variedad convencional como la transgénica, no presentaron variabilidad en este punto. Asimismo, respecto a **deformación de bellotas**, no hubo ningún síntoma de afectación de los herbicidas a éstas.

Respecto al **rendimiento de algodón pluma**, no se observaron diferencias significativas entre aquellos tratamientos que tuvieron la aplicación de herbicidas o que estuvieron limpios durante todo el ciclo, presentando un rango de rendimiento de 914 a 1005 kg/ha. Sin embargo, el testigo enyerbado sólo tuvo un rendimiento de 720 kg lo cual es un 26% menor a los otros tratamientos, y ocurre como resultado de la competencia con las malezas durante el ciclo del cultivo.

Rosales, Espinosa & Acosta (2017), realizaron una evaluación en Río Bravo, Tamaulipas en la que evaluaron diferentes parámetros agronómicos y fenotípicos del cultivo de algodón: vigor, altura inicial, altura final, nudos vegetativos, nudos fructíferos, nudos totales, días a primera flor, días a primeras bellotas y días primeros capullos. En general todas las variables agronómicas medidas se comportaron de manera similar en ambos tipos de algodón y solamente en el vigor medido a los 15 días después de la siembra hubo diferencias estadísticas, resultando los tratamientos GL con un vigor alto y el comparador con un vigor medio.

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 (cuadro 3). Respecto a la fenología, en general la variedad GL, aplicada con Faena o Finale, fue dos a tres días más temprana en sus días a primera flor, bellotas y capillos que la convencional (cuadro 4).

Cuadro 3. Parámetros agronómicos evaluados en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Variable	Convencional	GL glifosato	GL glufosinato
Vigor	6.0 a	3.5 a	3.5 a
Altura (cm)	65.0	66.8	64.3
Nudos vegetativos	5.8	5.5	5.6
Nudos fructíferos	10.3	10.6	10.4
Nudos totales	16.1	16.1	16.0
Promedio nudos (cm)	4.0	4.1	4.0

Cuadro 4. Eventos fenológicos en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Variedad	Días a primera flor	Días a primeras bellotas	Días a aparición de primeros capullos
Convencional	59	72	100
GL glifosato	57	71	97
GL glufosinato	57	72	97

El comparador utilizado en 2017 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 9250, 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 9250. En el cuadro 5 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.

Cuadro 5. Características de las variedades de algodón evaluadas en el Norte de Tamaulipas en 2017.

Característica	FM 9250GL	FM 989
Maduración	Precoz/Intermedia	Intermedia
Porte/crecimiento	Mediano/Compacto	Mediano
Tipo de hoja	Semisuave	Lisa
Micronaire	3.7	4.4
Longitud de fibra	1.17 pulgadas	1.15 pulgadas
Uniformidad	81.7	84
Resistencia	30.7 g/Tex	30 g/Tex
Tolerancia a <i>Verticillium</i>	Muy buena	Buena

Fuente: BASF United States. Variety overview. Disponible en: <https://agriculture.basf.com/us/en/Crop-Protection/FiberMax.html>

De acuerdo con los resultados obtenidos durante las evaluaciones en Etapa Experimental en 2009 y 2017 en el Norte de Tamaulipas, es posible concluir que el algodón GL es equivalente agrónomicamente, fenotípicamente y fenológicamente a su contraparte convencional y no exhibe características nuevas que lo conviertan en un riesgo para la sanidad vegetal, animal, acuícola o al medio ambiente. El algodón GL se comportó de manera similar en todos los años de evaluación, en diferentes regiones agrícolas, así como en las diferentes variedades evaluadas, y en ninguno de los casos se observaron rasgos que sugieran un incremento en su potencial como maleza o en su capacidad de persistencia y dispersión en el medio.

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

El algodón GL fue desarrollado mediante cruce mendeliana convencional entre los eventos GHB614 y LLCotton25 de BASF. El evento GHB614 se produjo mediante la inserción estable de la secuencia codificante para la proteína 2mEPSPS derivada del maíz (*Zea mays* L.). Por otra parte, el evento LLCotton25 es el resultado de la inserción estable de las secuencias codificantes de la proteína PAT/*bar* derivado de la bacteria *Streptomyces hygroscopicus*. La combinación de estos eventos en el algodón GL provee de tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio respectivamente (Trolinder-Wright, 2008).

Estos genes funcionan como marcadores de selección en el algodón GL y no muestran actividad diferente a la ya descrita, ni interfieren en las características de tolerancia a la aplicación del herbicida glifosato y glufosinato de amonio.

Posibles efectos sobre la biodiversidad

1. Algodón GL

El algodón GHB614 x LLCotton25 fue desarrollado mediante técnicas de cruzamiento convencional a partir de los eventos de transformación GHB614 y LLCotton25. La combinación de los eventos biotecnológicos en el producto GHB614 x LLCotton25 confieren tolerancia a los herbicidas glifosato (proteína 2mEPSPS) y glufosinato de amonio (proteína PAT/*bar*). No se ha efectuado ninguna modificación genética adicional.

Las proteínas 2mEPSPS y PAT/*bar*, 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. La similitud de las características de las plantas GL con el algodón convencional permite concluir que no existen ventajas adaptativas o un mayor potencial de convertirse en maleza en el algodón GL como consecuencia de la modificación genética (Trolinder-Wright, 2008).

Las características reproductivas no han sido alteradas en el algodón GlyToI® LibertyLink®, ni en los eventos individuales GHB614 y LLCotton25, ni como consecuencia del proceso de transformación ni 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.com¹). 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 y PAT/*bar* presentes en las variedades de algodón

¹ National Cottonseed Products Association (NCPA).

GL 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.

2. 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 **GL** la tolerancia al glifosato se basa en la expresión de la enzima 2mEPSPS codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz. La proteína 2mEPSPS con baja afinidad por el glifosato, es altamente resistente a la inhibición por este herbicida y permite una 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. Además, se ha observado una rápida degradación en fluidos gástricos e intestinales simulados y la ausencia de efectos adversos en ratones después de la 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; Anexo 11²).

3. 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 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; Anexo 12³).

4. Potencial como maleza.

² Herouet-Guicheney, C.; Rouquié, D.; Freyssinet, M.; Currier, T.; Martone, A.; Zhou, J.; Bates, E.; Ferullo, J.; Hendrickx, K.; Rouan, D. 2009. Safety evaluation of the double mutant 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 54:143–153.

³ Hérouet, C.; Esdaile, D.J.; Mallyon, B.A.; Debruyne, E.; Schulz, A.; Currier, T.; Hendrickx, K.; van der Klis, R.; 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.

El algodón (*Gossypium spp.*) es una planta domesticada que carece de características agresivas o de características 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).

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).

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, entre las que se encuentran las siguientes:

- Germinación discontinua 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.
- Para la 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 tiene una reproducción vegetativa vigorosa, quebradiza en los nudos inferiores o de rizomas o raíces, y capacidad de regeneración a partir de estacas.

En conclusión, la posibilidad de que el cultivo de algodón GM se convirtiera en maleza depende más de una ventaja selectiva de muchos genes que funcionan en combinación, y que no están relacionados con los genes introducidos por razones agronómicas. Así mismo, no se conocen reportes de plantas de algodón actuando como maleza en los campos agrícolas.

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

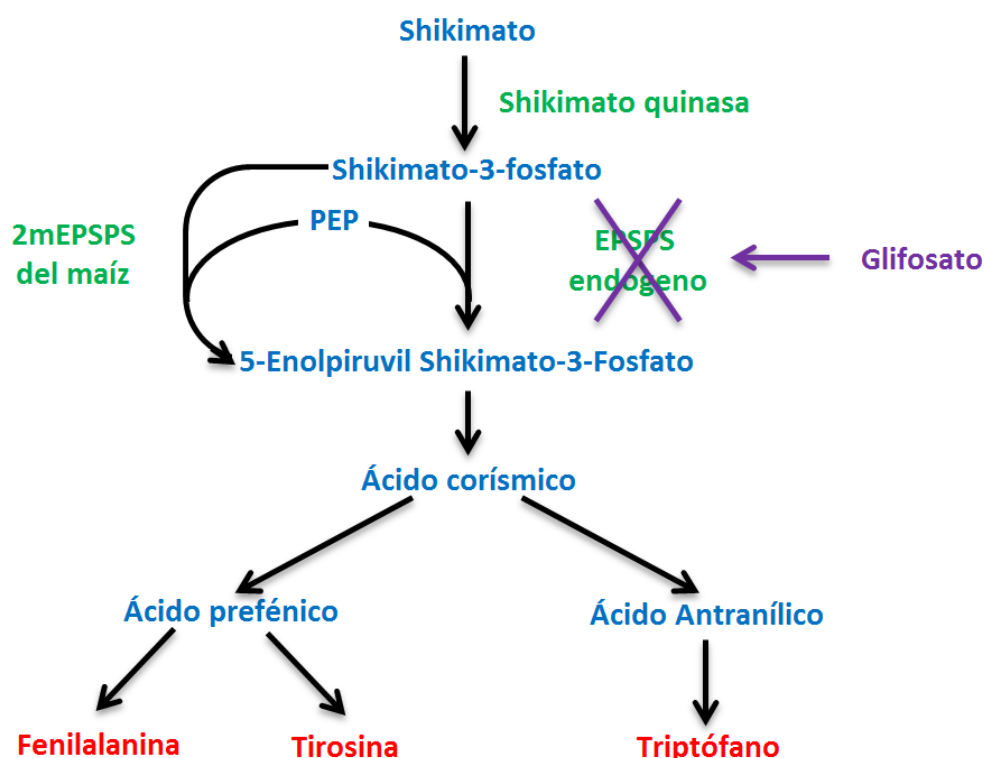
El algodón GL fue desarrollado mediante cruce mendeliana convencional entre los eventos GHB614 y LLCotton25. El evento GHB614 se produjo mediante la inserción estable de la secuencia codificante para la proteína 2mEPSPS derivada del maíz (*Zea mays* L.). El evento LLCotton25 se produjo a través de la inserción estable de las secuencias codificantes de la proteína PAT/*bar* derivado de la bacteria *Streptomyces hygroscopicus*. La combinación de estos eventos en el algodón GL provee de tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

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 shikimato 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 1).



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 1. 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 and 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 and 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).

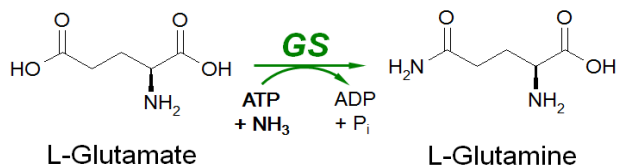
2. Proteína PAT/*bar*.

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 fosfinotricina-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 fosfinotricina, aunque sólo la forma L (L-fosfinotricina) 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 2).

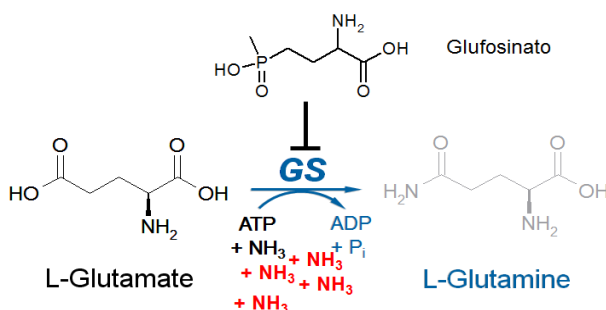
La enzima glutamino sintetasa (GS) es esencial en el metabolismo de nitrógeno en plantas superiores, donde es la única enzima en plantas que puede detoxificar el amoníaco liberado por la reducción de nitrato, degradación de aminoácidos y fotorespiración. El amoníaco, aun siendo un nutriente vegetal es 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 2. 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 3).

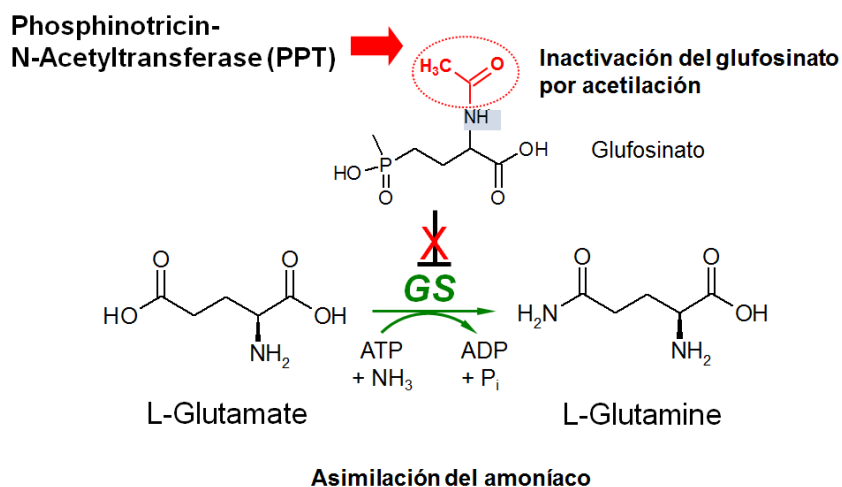


Figura 3. Mecanismo de acción de la proteína PAT que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.

La actividad enzimática de la proteína PAT sigue las cinéticas simples de Michaelis-Menten (Wehrmann *et al.*, 1996). En presencia de acetyl-CoA como co-sustrato, la proteína PAT cataliza la acetilación del grupo amino libre de L-Fosfinotricin (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.

3. Productos de degradación de la proteína codificada por el transgén en subproductos.

3.1. 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 6. 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

3.2. Proteína PAT/*bar*.

El algodón GHB614 x LLCotton 25 contiene el cassette de expresión del gen *bar* que, cuando se transcribe, origina la proteína fosfinothricin acetyl transferase (PAT/*bar*) 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 fosfinothricina-N-acetil transferasa (PAT) (Thompson *et al.*, 1987). La presencia de la proteína PAT en el algodón GHB614 x LLCotton 25 confiere tolerancia a glufosinato de amonio.

La enzima PAT es una acetiltransferasa que cataliza específicamente la acetilación de L-fosfinothricin (L-PPT) y demetilfosfinothricin (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 amoniaco.

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 GL. 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 LLCotton25 (GlyTol® LibertyLink®), porta los genes *bar* y *2mepsps* los cuales le confieren tolerancia a la aplicación de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, respectivamente. Las siguientes consideraciones son necesarias para dar contestación con bases científicas a este punto, y que son las siguientes:

- El algodón **GHB614 x LLCotton25** fue desarrollado mediante técnicas de cruzamiento convencional a partir de los eventos de transformación GHB614 y LLCotton25. La combinación de los eventos biotecnológicos en el producto GHB614 x LLCotton25 confiere tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.
- El evento **GHB614** produce la proteína 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase (2mEPSPS), codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz (*Zea mays* L.). Esta proteína confiere tolerancia al herbicida glifosato y difiere de la proteína nativa del maíz únicamente por la sustitución de dos aminoácidos.
- El evento **LLCotton25** produce la proteína phosphinothricin acetyl transferase (PAT/*bar*), codificada por el gen *bar* derivado de la bacteria *Streptomyces hygroscopicus*, utilizado como marcador de selección y que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.
- La combinación de las proteínas 2mEPSPS (GHB614) y PAT/*bar* (LLCotton25) confiere tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, permitiendo el uso de dos herbicidas con diferente mecanismo de acción, 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.
- Salvo la característica de tolerancia a los herbicidas glifosato (gen *2mepsps*), y glufosinato de amonio (gen *bar*), ninguna otra característica se ha modificado como producto de la modificación genética del algodón GL. Los genes de selección y

demás secuencias de las construcciones genéticas insertadas en el algodón GL (heredadas de los eventos individuales GHB614 y LLCotton25), no le confieren ninguna característica fenotípica adicional. Este evento de algodón biotecnológico no es diferente fenotípicamente comparado con algodón convencional o con los eventos parentales individuales.

Por otro lado, las proteínas citadas 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.

Las características reproductivas no han sido alteradas en el evento apilado GL, ni en los eventos individuales GHB614 y LLCotton25, ni como consecuencia del proceso de transformación ni del proceso de apilamiento de las características introducidas mediante cruzamiento convencional, cuando se los compara con el algodón convencional. Por lo tanto, es posible afirmar que, salvo por la tolerancia a herbicidas, el algodón GL es fenotípicamente igual que los algodones convencionales, tanto en México como en otras regiones del mundo.

Los resultados de la evaluación agronómica y fenotípica del algodón GL, realizada en 8 localidades representativas del cultivo del algodón en los Estados Unidos, durante la temporada 2007. Los ensayos fueron conducidos de acuerdo con las prácticas de manejo comerciales en cada región algodонера y los resultados para desempeño agronómico se muestran en los cuadros 7 y 8, donde se aprecia el promedio de las variables obtenidas de las 8 localidades.

Los resultados indican que los valores de las variables evaluadas en el algodón GL están dentro del rango determinado para las variedades comerciales de referencia, lo que demuestra la equivalencia agronómica y fenotípica del algodón GL con relación al algodón convencional.

Cuadro 7. Resumen de características agronómicas evaluadas en el algodón GL y convencional.

Parámetro	FM 958 (a) ± SD	FM 985 / GlyTol x LL sin tratamiento (b) ± SD	FM 985 / GlyTol x LL con tratamiento (b) ± SD	SIG**	LSD (0.05)
Nacencia (plantas/pie)	2.09 + 0.76	2.13 ±0.69	1.98 ±0.68		0.2
Altura de planta (cm)	85.08 ± 11.42	88.83 ± 8.88	88.07 ± 7.99		4.69
Nudos totales	21.33 ±2.97	21.35 ±3.07	21.36 ±3.29		0.48
Altura de Nudo	3.99 ± 0.69	4.16 + 0.68	4.12 + 0.69		0.23
Bellotas totales	12.88 ±6.23	12.21 + 5.50	12.74 + 6.27		1.6
Días a floración	58.61 + 6.28	58.11 + 7.92	58.17 + 7.93		0.62
Porcentaje de apertura	52.59+ 10.29	49.58 + 12.80*	49.8 + 8.11*	**	2.46
Uniformidad	1.75 ±0.89	1.67 ±0.82	1.79 ±0.98		0.24
Acame	1.21 ±0.5	1.21 ±0.50	1.13 ±0.45		0.09
Tipo de bellota	5.75 ± 2.28	5.79 ±2.30	5.88 ±2.36		0.17

Cuadro 8. Resumen de características de calidad de fibra de algodón GL y convencional.

Parámetro	FM 958 (a) ± SD	FM 985 / GlyToI x LL sin tratamiento (b) ± SD	FM 985 / GlyToI x LL con tratamiento (b) ± SD	SIG**	LSD (0.05)
Rendimiento (kg/ha)	834.53 ± 224	796.7 ± 179.37	788.03 ± 181.26		68.85
Longitud de fibra	1.17 ± 0.38	1.17 ± 0.04	1.18 ± 0.04		0.02
Resistencia de la fibra	33.63 + 2.06	33.3 + 2.32	33.38+ 1.85		0.59
Micronaire	4.94 + 0.401	4.76 + 0.41*	4.70 + 0.32*	**	0.2
Uniformidad	84.78+ 14.12	84.72+ 15.02	84.44+ 15.20		0.47

SD= Desviación estándar

SIG*= Indica una diferencia significativa con el parental

LSD= (Least Significant Difference) Diferencia Mínima Significativa en 0,05

Rosales, Espinosa & Acosta (2017), realizaron una evaluación en Río Bravo, Tamaulipas en la que evaluaron diferentes parámetros agronómicos y fenotípicos del cultivo de algodón: vigor, altura inicial, altura final, nudos vegetativos, nudos fructíferos, nudos totales, días a primera flor, días a primeras bellotas y días primeros capullos. En general todas las variables agronómicas medidas se comportaron de manera similar en ambos tipos de algodón y solamente en el vigor medido a los 15 días después de la siembra hubo diferencias estadísticas, resultando los tratamientos GL con un vigor alto y el comparador con un vigor medio.

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 (cuadro 9). Respecto a la fenología, en general la variedad GL, aplicada con Faena o Finale, fue dos a tres días más temprana en sus días a primera flor, bellotas y capullos que la convencional (Cuadro 10).

Cuadro 9. Parámetros agronómicos evaluados en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Variable	Convencional	GL glifosato	GL glufosinato
Vigor	6.0 a	3.5 a	3.5 a
Altura (cm)	65.0	66.8	64.3
Nudos vegetativos	5.8	5.5	5.6
Nudos fructíferos	10.3	10.6	10.4
Nudos totales	16.1	16.1	16.0
Promedio nudos (cm)	4.0	4.1	4.0

Cuadro 10. Eventos fenológicos en algodón GL y el algodón convencional en Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Variedad	Días a primera flor	Días a primeras bellotas	Días a aparición de primeros capullos
Convencional	59	72	100
GL glifosato	57	71	97
GL glufosinato	57	72	97

De acuerdo con los resultados obtenidos durante las evaluaciones en Etapa Experimental en 2009 y 2017 en el Norte de Tamaulipas, es posible concluir que el algodón GL es equivalente agrónomicamente, fenotípicamente y fenológicamente a su contraparte convencional y no exhibe características nuevas que lo conviertan en un riesgo para la sanidad vegetal, animal, acuícola o al medio ambiente. El algodón GL se comportó de manera similar en todos los años de evaluación, en diferentes regiones agrícolas, así como en las diferentes variedades evaluadas, y en ninguno de los casos se observaron rasgos que sugieran un incremento en su potencial como maleza o en 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 Mahaffey y colaboradores (2016⁴), 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

⁴ Mahaffey, H.; Taheripour, F.; Tyner, W. Evaluating the Economic and Environmental Impacts of a Global GMO Ban. In Proceedings of the Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting, Boston, MA, USA, 31 July–2 August 2016.

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.*, 2018⁵) 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 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 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 GL en la región agrícola del Norte de Tamaulipas.

En la evaluación realizada en 2017 es importante destacar que en el algodón GlyTol® LibertyLink® no contiene ninguna característica de resistencia a insectos, por lo tanto, el manejo de plagas se realizó con base en las recomendaciones regionales desarrolladas por INIFAP, en cuanto a técnicas de muestreo y umbrales económicos para determinar si es necesaria la aplicación de insecticidas (Martínez y Pacheco, 2004).

Durante el monitoreo en la evaluación de la tecnología GL, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con variedades convencional y tolerante a herbicida (GL) en la captura de gusano bellotero en terminales, cuadros y bellotas, gusano bellotero

⁵ Rocha-Munive, M. G., M. Soberón, S. Castañeda, E. Niaves, E. Scheinvar, L. E. Eguiarte, D. Mota-Sánchez, E. Rosales-Robles, U. Nava-Camberos, J. L. Martínez-Carrillo, *et al.* 2018. Evaluation of the impact of genetically modified cotton after 20 years of cultivation in Mexico. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 6: 82.

y gusano cogollero o picudo en flores, cuadros y bellotas. Cabe señalar que no se detectó la presencia de gusano rosado en este predio en las fechas de muestreo.

Se tuvo una incidencia alta de picudo del algodonoero (Figura 4) que fue controlado con aplicaciones de malatión como parte de la Campaña de Erradicación de Picudo del Algodonero, por lo que se registraron capturas muy bajas en los muestreos.

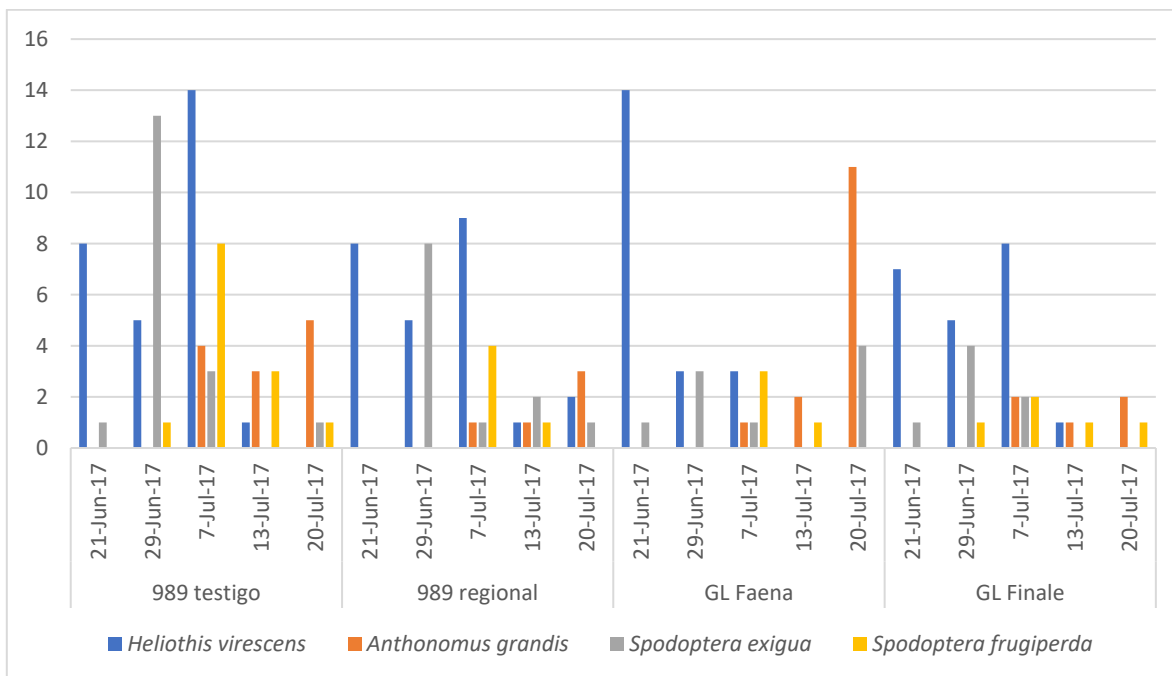


Figura 4. Colecta de insectos plaga durante la evaluación de la tecnología GL en la región agrícola de Tamaulipas Norte en el ciclo agrícola PV-2017.

En los resultados se muestra que la presencia de los insectos monitoreados se presenta en las dos variedades evaluadas y los tratamientos evaluados, esto nos indica que la tecnología no genera ningún cambio sobre las especies presentes.

Adicional a esta información 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.com⁶). 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 y PAT/*bar* presentes en las

⁶ National Cottonseed Products Association (NCPA).

variedades de algodón GL 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.

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 **GL** la tolerancia al glifosato se basa en la expresión de la enzima 2mEPSPS codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz. La proteína 2mEPSPS con baja afinidad por el glifosato, es altamente resistente a la inhibición por este herbicida y permite una 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. Además, se ha observado una rápida degradación en fluidos gástricos e intestinales simulados y la ausencia de efectos adversos en ratones después de la 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.*, 2009⁷).

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 Intelligenetics, no mostró una homología significativa con otras proteínas presentes en las bases de datos, excepto con otras fosfinotricina 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;⁸).

⁷ Herouet-Guicheney, C.; Rouquié, D.; Freyssinet, M.; Currier, T.; Martone, A.; Zhou, J.; Bates, E.; Ferullo, J.; Hendrickx, K.; Rouan, D. 2009. Safety evaluation of the double mutant 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 54:143–153.

⁸ Hérouet, C.; Esdaile, D.J.; Mallyon, B.A.; Debruyne, E.; Schulz, A.; Currier, T.; Hendrickx, K.; van der Klis, R.; 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.

3. Potencial como maleza.

El algodón (*Gossypium spp.*) es una planta domesticada que carece de características agresivas o de características 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).

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).

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, entre las que se encuentran las siguientes:

- Germinación discontinua 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.
- Para la 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 tiene una reproducción vegetativa vigorosa, quebradiza en los nudos inferiores o de rizomas o raíces, y capacidad de regeneración a partir de estacas.

En conclusión, la posibilidad de que el cultivo de algodón GM se convirtiera en maleza depende más de una ventaja selectiva de muchos genes que funcionan en combinación, y que no están relacionados con los genes introducidos por razones agronómicas. Así mismo, no se conocen reportes de plantas de algodón actuando como maleza en los campos agrícolas.

vii. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento

Según el ISSA en su publicación “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016”, 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 14).

Cuadro 11. Hectárea 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, 2017

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, 2017). 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 5).

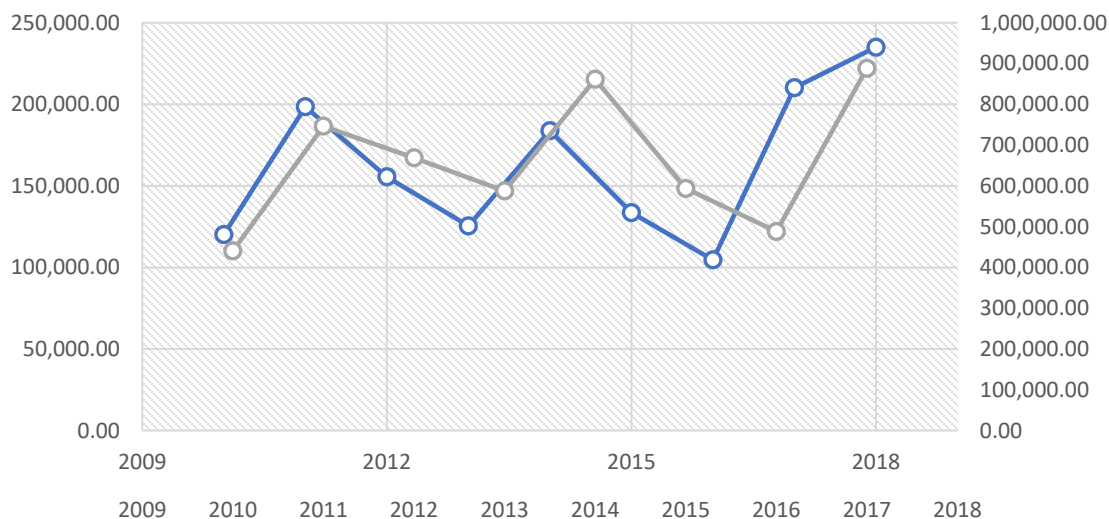


Figura 5. Producción nacional de algodón durante el periodo 2010 - 2018 (SIAP, 2018⁹).

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 (figuras 6 y 7). 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.

⁹ http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do

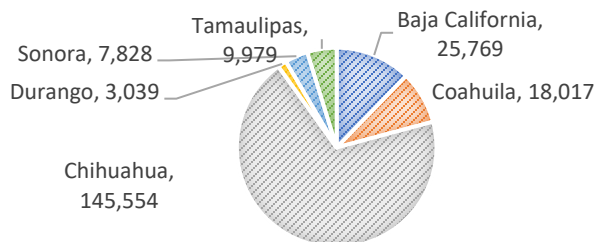


Figura 6. Producción nacional de algodón hueso en 2017 (SIAP, 2018).

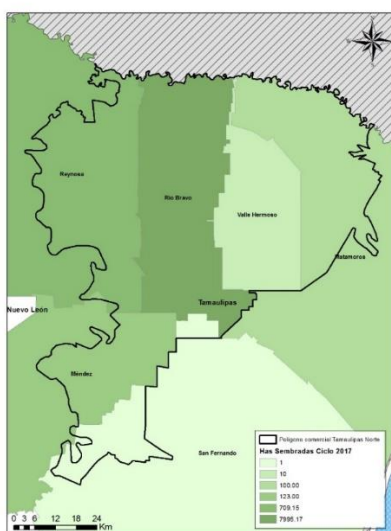


Figura 7. Producción de algodón hueso en Tamaulipas norte, en 2017 (SIAP, 2019).

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 Agroalimentaria (SENASICA) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) 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 (ISSSA, 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.

Como prueba de la seguridad para el consumo humano, animal y para su liberación al ambiente, en los cuadros 15, 16 y 17 se muestra un resumen de las aprobaciones regulatorias para los eventos LibertyLink®, GlyToI® y el apilado GlyToI® LibertyLink®, las cuales han sido otorgadas por agencias de varios países.

Cuadro 12. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 (GlyToI®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Argentina	2014	2014	
Australia	2009		
Brasil	2010	2010	2010
Canadá	2008	2008	
China	2010	2010	
Colombia		2012	
Costa Rica			2009
Unión Europea	2011	2011	
Japón	2010	2010	2010
México	2008		
Nueva Zelanda	2009		
Corea del sur		2010	
Taiwan	2015	2015	
Estados Unidos	2009	2009	2009

Cuadro 13. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento ACS-GH001-3 (LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Argentina	2014	2014	
Australia	2006		
Brasil	2008	2008	2008
Canadá	2004	2004	
China	2006	2006	
Colombia		2008	
Costa Rica			2009
Unión Europea	2008	2008	
Japón	2004	2006	2006
México	2006		
Nueva Zelanda	2006		
Sudáfrica	2011	2011	
Corea del sur	2005	2005	
Taiwan	2015		
Estados Unidos	2003	2003	2003

Cuadro 14. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3 (GlyToI® LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2016).

País	Consumo humano (directamente o procesado)	Alimento para animales (directamente o procesado)	Cultivo
Argentina	2015	2015	2015
Brasil	2012	2012	2012
Colombia			2013
Unión Europea	2015	2015	
Japón	2010	2010	2010
México	2010		
Corea del Sur	2012	2011	
Taiwan	2015		

vii.1. Análisis costo-beneficio de la tecnología GlyToI® LibertyLink®

Los cultivos genéticamente modificados (GM) fueron creados con el objetivo de tener resistencia a insectos lepidópteros plaga o la tolerancia a herbicidas. En este caso, los principales beneficios son percibidos por el agricultor a través de la simplificación en el manejo agronómico, aumento indirecto del rendimiento y la disminución de los costos de producción. También se ha beneficiado el ambiente por la disminución en el uso de insecticidas o el reemplazo por herbicidas de menor toxicidad, y por la sinergia con prácticas conservacionistas como la labranza de conservación, que preserva la estructura y la humedad del suelo. La eficiencia en el uso de cultivos GM ha permitido también hacer un manejo racional de recursos como el agua y el suelo.

Durante las evaluaciones se realizaron análisis comparativos de los sistemas productivos del algodón GL 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 2017 se realizó un análisis económico del manejo del cultivo, comparando los costos de producción (cuadro 18) y el rendimiento del cultivo en los diferentes tratamientos. Para este análisis se consideró un precio de algodón de \$28,483.48 considerando el precio futuro del algodón a Diciembre de 2017 a 0.699 USD/lb publicado por el National Cotton Council el 16 de noviembre de 2017 (NCC, 2017).

Cuadro 15. Costos de producción de algodón en cuatro sistemas de producción en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV-2017.

ACTIVIDAD O PRODUCTO	CANTIDAD	TESTIGO	REGIONAL	GL FAENA	GL FINALE
PREPARACIÓN DEL TERRENO		Precio/ha			
DESVARE	1	203.00	203.00	203.00	203.00
BARBECHO	1	790.00	790.00	790.00	790.00
RASTRA	2	910.00	910.00	910.00	910.00
BORDEO	1	259.00	259.00	259.00	259.00
CONTRABORDEO	1	259.00	259.00	259.00	259.00
SIEMBRA					
SEMILLA/BIOTECNOLÓGICA (\$1,370/BULTO 50 LB) / \$2,675/BULTO 50 LB)	15 kg	905.29	905.29	1767.62	1767.62
SIEMBRA	1	808.00	808.00	697.00	697.00
FERTILIZACIÓN					
8-24-04	5 l	235.00	235.00	235.00	235.00
APLICACIÓN	1	333.00	333.00	333.00	333.00
UREA 46-00-00	200	1510.00	1510.00	1510.00	1510.00
APLICACIÓN	1	333.00	333.00	333.00	333.00
LABORES CULTURALES					
CULTIVO	1		252.00	235.00	235.00
CULTIVO	1		252.00		
RIEGO					
CUOTA DE RIEGO	1	600.00	600.00	600.00	600.00
CONSTRUCCIÓN DE MELGAS	1	152.00	152.00	152.00	152.00
CONSTRUCCIÓN DE REGADERAS	1	152.00	152.00	152.00	152.00
APLICACIÓN DE RIEGO 1	0.6 jornal	180.00	180.00	180.00	180.00
APLICACIÓN DE RIEGO 2	0.6 jornal	180.00	180.00	180.00	180.00
TUMBA REGADERAS	1	152.00	152.00	152.00	152.00
CONTROL DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZA					
SULFAXAFLOR	0.2 l		650.00	650.00	650.00
ACEFATO	0.5 kg/ha		240.00	240.00	240.00
BIFENTRINA +	0.4 + 0.4 l/ha		573.20	573.20	573.20
IMIDACLOPRID	l/ha				
BIFENTRINA +	0.4 + 0.4 l/ha		573.20	573.20	573.20
IMIDACLOPRID	l/ha				
ABAMECTINA	0.75 l/ha		417.00	417.00	417.00
SELECT ULTRA	1.0 l		750.00		
APLICACIÓN TERRESTRE	6		2364.00		
DESHIERBE MANUAL	8 jornales		1600.00		
FAENA® FUERTE 360	4.0 l/ha			480.00	
APLICACIÓN TERRESTRE	6			2364.00	
FINALE® ULTRA	2.5 l/ha				950.00
APLICACIÓN TERRESTRE	6				2364.00
MALATHION	1 l (6 veces)		1112.00	1112.00	1112.00
APLICACIÓN AÉREA	6		2400.00	2400.00	2400.00
PIX REGULADOR DE CRECIMIENTO	1 l	280.00	280.00	280.00	280.00
APLICACIÓN PIX	2	788.00	788.00	788.00	788.00
DROPP FLUID DEFOLIANTE	0.25 l	212.50	212.50	212.50	212.50
APLICACIÓN AÉREA	1	400.00	400.00	400.00	400.00
DROPP FLUID DEFOLIANTE	0.25 l	212.50	212.50	212.50	212.50
APLICACIÓN AÉREA	1	400.00	400.00	400.00	400.00

COSECHA, SELECCIÓN Y EMPAQUE					
PIZCA DE ALGODÓN	1	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
ACARREO	1	400.00	400.00	400.00	400.00
DIVERSOS					
SEGURO AGRÍCOLA	1	2600.00	2600.00	1197.00	1197.00
ASESORÍA TÉCNICA	1	300.00	300.00	300.00	300.00
TOTAL		16,554.29	27,737.69	24,947.02	25,417.02

Los costos de producción de la variedad convencional (FM989) Testigo fueron de \$16,554.29 con un rendimiento de 860.25 kg/ha de fibra/ha que resulta en un ingreso neto de \$7,948.62, el tratamiento convencional tuvo un rendimiento de 1613 kg/ha de fibra con un ingreso neto de \$18,206.16, mientras que la variedad genéticamente modificada GL tuvo un rendimiento de fibra 1501.25 kg/ha cuando se usó glifosato para el control de malezas y 1503.25 kg/ha con glufosinato, que resultó en un ingreso neto de \$1813.80 y \$17,400.77, respectivamente. Los ingresos netos fueron muy similares para los tratamientos convencional y GL con glifosato y glufosinato, con una diferencia a favor de la variedad FM989 Convencional de solo \$392.36 a \$805.39 (Cuadro 19).

Cuadro 16. Análisis económico en dos variedades de algodón con diferentes sistemas de manejo. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.

Variedad y tecnología	Costos/ha	Algodón \$/ton	Rendimiento Kg/ha	Ingreso total/ha	Ingreso neto/ha
FM989 TESTIGO	\$16,554.29	\$28,483.48	860.25	\$24,502.91	\$7,948.62
REGIONAL	\$27,737.69	\$28,483.48	1613.00	\$45,943.85	\$18,206.16
GL FAENA	\$24,947.02	\$28,483.48	1501.25	\$42,760.82	\$17,813.80
GL FINALE	\$25,417.02	\$28,483.48	1503.25	\$42,817.79	\$17,400.77

Algodón: 0.699 USD/lb Dólar: \$18.5

Con base en esta información es posible corroborar que el uso de algodón GL bajo las condiciones agrícolas del Norte de Tamaulipas 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 GL 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. Es importante generar nueva información de los beneficios de la tecnología GL en una escala mayor, atendiendo a esto se desea realizar la liberación en programa piloto para amentar la superficie a comparar y obtener mayor número de datos que nos permitan ratificar dicha información.

Respecto al enfoque ambiental, se calculó el índice de impacto ambiental (EIQ por sus siglas en inglés), cuyos valores pueden ser usados para comparar diferentes pesticidas y

programas de manejo de plagas para determinar cuál programa o pesticida tiene un menor impacto ambiental. Para el cálculo del EIQ se toman en cuenta 3 componentes: el componente agricultor, el componente consumidor y el componente ecológico. Dentro del componente ecológico se miden efectos acuáticos y terrestres referidos a la toxicidad y vida media de pesticidas presentes en el suelo, agua, plantas y su efecto en peces, aves, abejas e insectos benéficos (J. Kovach, C. Petzoldt, J. Degni, J. Tette, 1992).

En la evaluación realizada en 2017 Se estimó el efecto ambiental de los sistemas con manejo convencional de insectos y malezas y en la variedad GL con tecnología GlyTol® LibertyLink® con aplicación de glifosato o glufosinato de amonio para el control de malezas, mediante los índices EIQ, de los plaguicidas utilizados en cada sistema de manejo. Cabe mencionar, que no se calculó el EIQ de la FM989 Testigo pues este tratamiento no incluyó la aplicación de ningún plaguicida, o sea que su EIQ fue de cero.

En el cuadro 20 se presentan los EIQ para los plaguicidas utilizados en cada sistema de manejo de insectos y malezas evaluados en la parcela piloto de algodón. Los EIQ se calcularon de acuerdo al porcentaje de concentración del producto comercial aplicado y a su dosis utilizando la calculadora de EIQ del programa de Manejo Integrado de Plagas de la universidad New York State (Integrated Pest Management, 2014). En general, se aplicaron los mismos plaguicidas en los tratamientos por la baja presencia de insectos lepidópteros, con la excepción de la aplicación de los herbicidas post-emergentes, clethodim (Select Ultra) en la variedad convencional y glifosato (Faena Fuerte a 4.0 L/ha) y glufosinato de amonio (Finale Ultra a 2.5 L/ha) en la variedad GL.

Por lo anterior, los EIQ de campo fueron muy similares, ya que en la variedad convencional fue de 141.8 y en la variedad GL fue de 169.0 con la aplicación de glifosato y 162.6 cuando se aplicó el glufosinato.

Cuadro 17. Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en dos variedades bajo tres sistemas de manejo de algodón. Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV-2017.

Plaguicida	EIQ	% IA	No. de aplicaciones	Dosis l o kg/ha	EIQ de campo
REGIONAL					
Sulfoxaflor					
Acefato	24.9	97	1	0.5	10.8
Bifentrina	44.4	10	2	0.4	3
Imidacloprid	36.7	21	3	0.4	7.8
Malathion	23.8	95	6	1	116.4
Abamectina	34.7	1.8	1	0.75	0.4
Clethodim	17	11.8	1	2	3.4
				Total	141.8
GL FAENA					
Sulfoxaflor					
Acefato	24.9	97	1	0.5	10.8
Bifentrina	44.4	10	2	0.4	3
Imidacloprid	36.7	21	3	0.4	7.8
Malathion	23.8	95	6	1	116.4

Plaguicida	EIQ	% IA	No. de aplicaciones	Dosis l o kg/ha	EIQ de campo
Abamectina	34.7	1.8	1	0.75	0.4
Glifosato	15.33	35.6	1	8	30.6
				Total	169
GL FINALE					
Sulfoxaflor					
Acefato	24.9	97	1	0.5	10.8
Bifentrina	44.4	10	2	0.4	3
Imidacloprid	36.7	21	3	0.4	7.8
Malathion	23.8	95	6	1	116.4
Abamectina	34.7	1.8	1	0.75	0.4
Glufosinato	20.2	28	1	5	24.2
				Total	162.6

Con base en la información presentada se puede comprobar que el algodón GL es una alternativa viable en materia ambiental considerando que al aumentar la superficie de evaluación el manejo del comparado convencional se volverá más costoso y complicado. Manejado adecuadamente el algodón GL podría contribuir a reducir el impacto ambiental ya que se puede reducir el uso de otros herbicidas con mayor grado de toxicidad. El algodón GL juega un papel importante ya que su uso no ocasionará un impacto mayor al de las alternativas tecnológicas disponibles en la región.

Aunado a lo anterior, los herbicidas componentes del sistema de manejo GlyTol® LibertyLink® 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 Norte de Tamaulipas.

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 21 y la figura 8.

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	26.00
Quizalofop-etil	Arilfenoxi 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

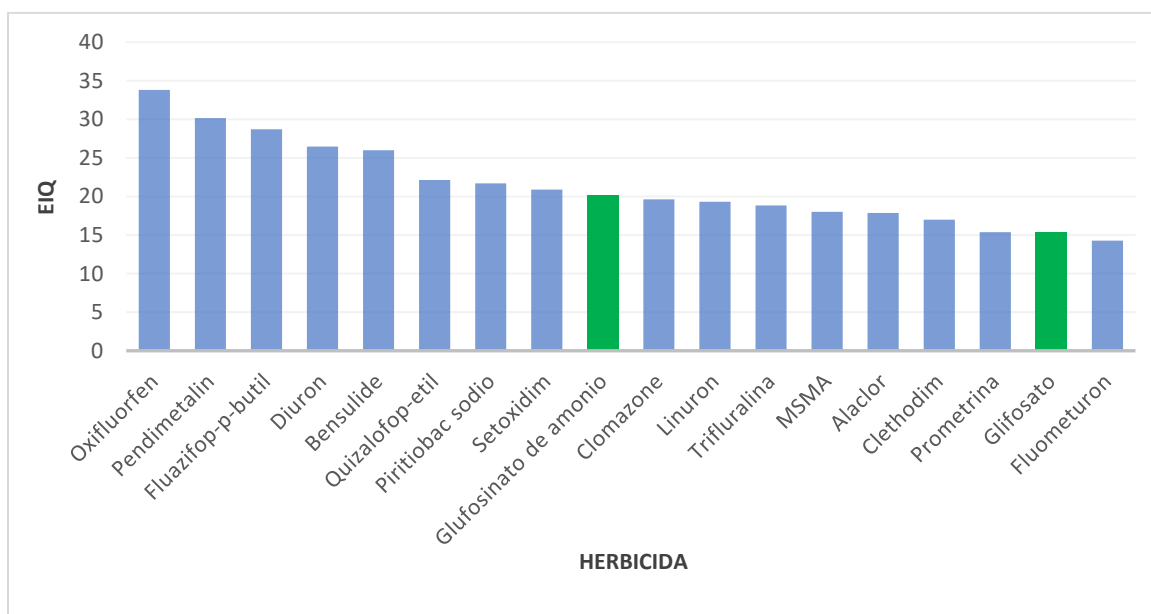


Figura 8. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales herbicidas recomendados para el control de maleza en algodón.

Actualmente más del 90% de algodón cultivado en Tamaulipas 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 GL representa una opción viable en cuanto al impacto ambiental derivado del manejo de la maleza en el Norte de Tamaulipas, 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 el año 2017 se realizaron monitoreos en los sitios de liberación del norte de Tamaulipas con el objetivo de monitorear las poblaciones de organismos presentes en el algodón GL. Con base en los resultados obtenidos, se observó que las poblaciones de insectos plaga blanco y no blanco, depredadores y parasitoides se comportaron de manera similar, tanto en el algodón GL 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 GL.

Con base en la información generada en las liberaciones en Etapa Experimental, fue posible intuir que el uso de algodón GL bajo las condiciones agrícolas del Norte de Tamaulipas conlleva beneficios económicos para los agricultores, aun considerando que en las evaluaciones el costo de producción resulto superior al comparador (al ser superficies pequeñas y de fácil manejo). Por lo tanto, el algodón GL 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 piloto del algodón GL en la región agrícola del Norte de Tamaulipas permitirá mostrar, al incrementar la superficie de evaluación, que la tecnología tendrá un impacto ambiental equivalente o menor comparado con las alternativas tecnológicas disponibles.

vii.2. Efectividad biológica de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en el manejo de maleza

Durante los años 2008, 2009 y 2017 se evaluó la efectividad biológica de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio para el control de las especies de maleza presentes en el cultivo de algodón.

Rosales (2009) realizó una evaluación de la tolerancia de variedades de algodón GL a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio bajo las condiciones de Río Bravo, Tamaulipas, las dos variedades que se compararon fueron una variedad convencional FM 958 y otra transgénica FM 958 GlyTol LL, bajo un arreglo de 9 tratamientos (Cuadro 22) con base a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato usados por separado, en mezcla, y/o con variantes de las dosis y los testigos limpios o enyerbados.

Cuadro 19. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2009.

Variedad	Tratamiento
FM 958 Glytol LL	Testigo enyerbado todo el ciclo
FM 958	Testigo limpio todo el ciclo
FM 958 Glytol LL	Testigo limpio todo el ciclo
FM 958 Glytol LL	Glyfos sp Glyfos seguido por (sp) Glyfos (1,080 g i.a./ha aplicación)
FM 958 Glytol LL	Liberty 200 sp Liberty 200 Liberty 200 sp Liberty 200 sp (600 g i.a./ha por aplicación)
FM 958 Glytol LL	Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1080 g i.a./ha por aplicación) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha)
FM 958 Glytol LL	Glyfos (1080 g. i.a./ha) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1080 g i.a./ha) por aplicación.
FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (600 g i.a./ha) + Glyfos (1080 g i.a./ha) por aplicación.
FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (1200 g i.a./ha) + Glyfos (2160 g i.a./ha) por aplicación.

Entre las variables que se evaluaron fueron fitotoxicidad, efectividad biológica de los herbicidas y la dinámica poblacional de los herbicidas. Sobre fitotoxicidad se determinó si las aplicaciones tenían algún efecto negativo sobre el crecimiento de la planta y el desempeño agronómico del cultivo a los cero, 7 y 14 días después de las aplicaciones de los tratamientos, donde no se observaron daños fitotóxicos en las variedades de algodón FM 958 Glytol LL por la aplicación de los tratamientos a base de los herbicidas Liberty 200 (glufosinato de amonio) y Glifos (glifosato) solo o en mezclas de tanque en ninguna de sus dosis y épocas de aplicación.

En las parcelas experimentales se evaluó la efectividad biológica de los herbicidas registrando las especies de malezas presentes, tanto en especie y cantidad, en el momento de la primera, segunda y tercera aplicaciones, la altura de la maleza al momento de la

primera aplicación, asimismo, se calculó el porcentaje de control por especie, mediante el uso de una escala de 0 al 100% donde 0 es sin control y el 100 es para el control total de la maleza

Las malezas en el lote experimental fueron tres gramíneas y dos cotiledóneas (Cuadro 23). Las gramíneas fueron el zacate espiga *Urochloa fasciculata*, zacate liendrilla *Leptochloa mucronata* y zacate guidador *Urochloa palmeri* que constituyeron el 93.4 de la población total de malezas con 11.3 y 12.2 plantas/0.25 m², el resto de las malezas tuvieron poblaciones consideradas bajas con menos de 3.0 plantas/0.25 m². En general, la población de malezas en el ensayo fue baja al presentar un total de sólo 25.1 plantas/0.25 m². Por otra parte, la altura de las malezas al momento de la primera aplicación fue de 4 a 5 cm en las gramíneas y de 6.0 cm en las dicotiledóneas.

Cuadro 20. Población de especies de maleza y su altura previa a la primera aplicación de tratamientos de herbicidas en algodón GlyTol LL. Río Bravo, Tam. 2009

PANFA*	LEPFI	PANRE	POROL	AMAPA	Total
Plantas / 0.25m ²					
11.3	12.2	0.7	0.4	0.5	25.1
44.9	48.5	2.9	1.8	2.1	% del total
5.0	4.0	5.0	6.0	6.0	Altura (cm)

PANFA= *Urochloa fasciculata*; PANRE= *Urochloa reptans*; LEPFI= *Leptochloa mucronata*; POROL= *Portulaca oleracea*; AMAPA= *Amaranthus palmeri*

* Población de maleza promedio de todos los tratamientos

Otro estudio experimental realizado durante 2009 con el permiso B00.04.- 0670, es el que realizó Rosales (2009) realizó una evaluación de la eficacia de Liberty (glufosinato de amonio) y Glyfos (glifosato) en el control de maleza sobre algodón GL en Río Bravo, Tamaulipas para determinar la efectividad de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, solos y en mezclas, en las distintas especies de maleza presentes en las condiciones de la región aldonera, entre otros parámetros. Se hizo un muestreo inicial de las especies de malezas presentes en la parcela útil de cada unidad experimental. Las variables que se evaluaron fueron el control de maleza a los 7 y 14 días después de la primera aplicación y a los 15, 30 y 45, días después de la segunda aplicación.

Debido a la fecha tardía de siembra del ensayo se presentó una mayor población de malezas gramíneas que de hojas anchas. Las principales especies presentes en el lote experimental fueron los zacates anuales espiga *Urochloa fasciculata* R. Webster y zacate liendrilla *Leptochloa mucronata* (Michx.) Kunth y las hojas anchas anuales verdolaga *Portulaca oleracea* L. y quelite *Amaranthus palmeri* S. Wats.

En la primera etapa de aplicación de tratamientos la población de malezas fue de 46.3 plantas/0.25 m², con un 62.5% de zacate espiga y 31.0% de zacate liendrilla y con solo 3.3% de verdolaga y quelite. En la segunda etapa de aplicación, la población de maleza fue

de 24.7 plantas/0.25 m² con zacate espiga en un 47.0% y zacate liendrilla en un 42.4% de la población total de maleza. En la tercera etapa se presentó una menor población de maleza (17.9 plantas/0.25 m²) y con un gran porcentaje (66.3%) de zacate liendrilla. Estos cambios en las poblaciones de maleza se creen se deben más a diferencias en el terreno que a la etapa de aplicación de tratamientos.

En esta evaluación se contabilizaron el número de plantas por especie de malezas importantes representativas presentes en cada unidad experimental, durante los muestreos previos antes de las aplicaciones de los 0, 7 y 14 días para la determinación de la dinámica poblacional de la maleza. Las especies que se reportan fueron la siguientes: zacate espiga (*Urochloa fasciculata*), zacate liendrilla (*Leptochloa mucronata*), zacate guiador (*Urochloa reptans*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y quelite (*Amaranthus palmeri*). Todas estas malezas fueron afectadas en su población en reducción después de las aplicaciones de los herbicidas y sus mezclas de una manera total, en comparación con las mismas especies en el testigo enyerbado.

Durante el desarrollo de los ensayos, Rosales, realizo una lista de las destacando la presencia de 15 especies de maleza, perteneciente a 8 familias diferentes. Varias de estas especies fueron identificadas al interior de los ensayos, sobre las cuales se evaluaron los tratamientos de herbicidas a base de glifosato y/o glufosinato.

El siguiente estudio de otro año, pero para la misma tecnología y región, se presenta a continuación, ya que consideramos que podrían aportar información útil para la evaluación positiva de esta solicitud.

Rosales (2008) realizó una evaluación de la tolerancia de variedades de algodón GL a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio bajo las condiciones de Río Bravo, Tamaulipas, para verificar la efectividad de los herbicidas, así como confirmar la tolerancia de las variedades que contienen el evento LL25 x GlyTol a la aplicación de estos.

Las dos variedades que se compararon fueron una variedad convencional FM 958 y otra modificada genéticamente FM 958 GlyTol LL, bajo un arreglo de 8 tratamientos (Cuadro 24) con base a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato usados por separado, en mezcla, y/o con variantes de las dosis y los testigos limpios o enyerbados.

Cuadro 21. Variedades y tratamientos aplicados durante el ensayo en Río Bravo, 2008.

Variedad		Tratamiento
1	FM 958	Testigo enyerbado todo el ciclo
2	FM 958 Glytol LL	Testigo limpio todo el ciclo
3	FM 958 Glytol LL	Liberty 200 sp Liberty 200 Liberty 200 sp Liberty 200 sp (600 g i.a./ha por aplicación)
4	FM 958 Glytol LL	Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1121 g i.a./ha) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha)

5	FM 958 Glytol LL	Glyfos sp Glyfos seguido por (sp) Glyfos (1,121 g i.a./ha aplicación)
6	FM 958 Glytol LL	Glyfos (1121 g. i.a./ha) sp Liberty 200 (600 g i.a./ha) sp Glyfos (1121 g i.a./ha).
7	FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (600 g i.a./ha) + Glyfos (1121 g i.a./ha) por aplicación.
8	FM 958 Glytol LL	Mezcla de tanque: Liberty 200 (1200 g i.a./ha) + Glyfos (2242 g i.a./ha) por aplicación.

La efectividad biológica demostró que el herbicida glufosinato de amonio a 3.0 l/ha controló en forma eficiente a la correhuela perenne, quelite, trompillo, zacate espiga, zacate guiador y zacate de agua mientras que el glifosato controló eficientemente al quelite, zacate espiga, zacate guiador y zacate de agua. Aunado a lo anterior no se observaron daños fitotóxicos al algodón FM 958 Glytol LL con la aplicación de glufosinato de amonio, glifosato y sus mezclas en ninguna de las dosis y etapas de aplicación, y en las poblaciones de malezas se presentaron cambios durante el ciclo de desarrollo del algodón, ya que, en la primera aplicación, las especies dominantes fueron el zacate guiador y la correhuela perenne. En la segunda aplicación, el quelite fue la especie dominante mientras que en la tercera fue el zacate espiga (Cuadro 25).

Cuadro 22 Poblaciones de especies de maleza al momento de las tres aplicaciones de tratamientos de herbicidas en algodón GlyTol LL. Río Bravo, Tam. 2008

	Especies de maleza						Total
	CONAR*	AMAPA	SOLEL	PANFA	PANRE	ECHCO	
	Plantas / 0.5 m ²						
1ª Aplic.	8.3	1.9	2.0	1.2	9.5	1.4	24.3
	34.2	8.0	8.3	4.9	39.1	5.6	%
2ª Aplic	7.5	51.3	1.3	7.5	14.3		81.9
	9.2	62.6	1.6	9.2	17.5		%
3ª Aplic	11.7	22.0	1.9	31.7			67.3
	17.4	32.7	2.8	47.1			%

*CONAR: correhuela perenne; AMAPA: quelite; SOLEL: trompillo; PANFA: z. espiga; PANRE: z. guiador; ECHCO: z. de agua

**Población de maleza promedio de tratamientos

Para la evaluación realizada en el 2017 se evaluó el porcentaje de control de malezas en forma visual a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA), comparado con el manejo de maleza en el algodón convencional sin control de malezas así mismo se realizó la evaluación de fitotoxicidad a los 7 y 14 días después de cada aplicación observando 10 plantas al azar por tratamiento con herbicida.

Se realizaron dos aplicaciones de herbicidas y se comparó su efectividad de control de malezas con el manejo convencional en la variedad FM989 que fue aplicada con clethodim (Select Ultra) para el control de malezas gramíneas más el paso de dos escardas y un deshierbe manual para el control de escapes de malezas. Además, se contó con un testigo de FM989 sin manejo de malezas.

No se presentaron efectos fitotóxicos por la aplicación de glifosato o glufosinato de amonio en la variedad GL, lo que demuestra la selectividad biotecnológica que le confiere la tecnología GlyTol® Libertylink®. Resultados similares en la selectividad excelente de estos herbicidas en variedades de algodón genéticamente modificadas han sido reportados previamente por Blair-Kerth et al¹⁰ (2001) y Main et al¹¹ (2007).

En el cuadro 26 se presentan las estimaciones visuales de control para las siete especies de malezas presentes en la parcela piloto de algodón. El control de quelite *Amaranthus palmeri* S. Wats (AMAPA) fue excelente con glifosato y con glufosinato. El tratamiento convencional con clethodim, y escardas resultó en un control bueno (>80%) pero estadísticamente inferior. El control de los zacates espiga *Panicum fasciculatum* Sw. (PANFA) y liendrilla *Leptochloa mucronata* (Michx.) Kunth (LEPFI) fue excelente con glifosato y ligeramente inferior con glufosinato (93 a 96%). Adicionalmente, se obtuvo un control total de hierba golondrina *Euphorbia serpens* Kunth (EUPSE) tanto con glifosato como con glufosinato en todas las fechas de evaluación. El control de esta maleza fue aceptable con el tratamiento convencional solo hasta los 28 DDA

Resultados similares se obtuvieron en el control de trompillo *Solanum elaeagnifolium* Cav. (SOLEL) y chual *Chenopodium album* L. (CHEAL), malezas que fueron controladas eficazmente con glifosato y glufosinato y fueron estadísticamente superiores al manejo convencional. La maleza más difícil de controlar fue el tomatillo *Physalis angulata* L. (PHYAN) en la cual glifosato, glufosinato y el manejo convencional resultaron en un control bueno (83 a 90%) y estadísticamente similar a los 28 DDA. En general en esta primera aplicación de tratamientos las aplicaciones de glifosato y glufosinato resultaron en un control de malezas excelente y similar y superaron al obtenido con el manejo convencional con la aplicación de clethodim, dos pasos de escardas y un deshierbe manual.

Cuadro 23. Porcentaje de control de malezas en dos variedades de algodón con diferentes tratamientos de manejo. Primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Especie	Días después de la aplicación								
	7	14	21	28	7	14	21	28	
AMAPA					SOLEL				
FM989 Testigo	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	
FM989 Regional	60 b	68 b	80 b	88 b	55 b	68 b	83 b	93 b	
FM9250GL Faena	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	
FM9250GL Finale	94 a	99 a	99 a	99 a	96 a	98 a	100 a	100 a	
CV(%)	6.2	3.7	1.8	4.1	CV(%)	5.3	4	3.5	2
PANFA					PHYAN				

¹⁰ Blair-Kerth, L. K., P. A. Dotray, J. W. Kneeling, J. R. Gannaway, M. J. Oliver, and J. E. Quisenberry. 2001. Tolerance of transformed cotton to glufosinate. *Weed Sci.* 49:375-380.

¹¹ Main, C., M. A. Janes, and E. C. Murdock. 2007. Weed Response and Tolerance of Enhanced Glyphosate-Resistant Cotton to Glyphosate. *Journal of Cotton Science* 11:104-109.

FM989 Testigo	0d	0d	0c	0c		0b	0c	0c	0b
FM989 Regional	23 c	70 c	90 b	95 b		5 b	25 a	70 b	85 a
FM9250GL Faena	100 a	100 a	100 a	100 a		73 a	86 a	90 a	90 a
FM9250GL Finale	93 b	96 b	94 b	94 b		70 a	81 a	83 a	83 a
CV(%)	4.9	1.1	3.4	3.3	CV(%)	34.5	14.4	11.9	8.9

LEPFI

FM989 Testigo	0c	0c	0c	0c
FM989 Regional	28	73	90	95
FM9250GL Faena	99	99	99	99
FM9250GL Finale	96	96	93	93
CV(%)	12.8	5.1	2.4	2.4

CHEAL

FM989 Testigo	0d	0c	0c	0c
FM989 Regional	58 c	73 b	88 b	88 b
FM9250GL Faena	100 a	100 a	100 a	100 a
FM9250GL Finale	91 b	98 a	99 a	99 a
CV(%)	4.3	3.9	3.4	3.3

EUPSE

FM989 Testigo	0c	0c	0c	0c
FM989 Regional	63	70	78	91
FM9250GL Faena	100 a	100 a	100 a	100 a
FM9250GL Finale	93	99	100 a	100 a
CV(%)	10	6.3	3.6	1.7

FM 989 REGIONAL: Clethodim a 118 g/ha (Select Ultra 1.0 L/ha) + paso de una escarda + 2 deshierbes manuales; **FM9250GL FAENA:** G/ífosato a 1.452 kg/ha = Faena Fuerte 360 a 4.0 L/ha + paso de escarda. **FM9250GL FINALE:** Glufosinato de amonio a 0.7 kg/ha = Fina/e Ultra 2.5 L/ha + paso de escarda.

AMAPA: quelite *Amaranthus palmeri*; PANFA: zacate espiga *Panicum fasciculatum*; LEPFI: zacate liendrilla *Leptochloa mucronata*; EUPSE: golondrina *Euphorbia serpens*; SOLEL: trompillo *Solanum elaeagnifolium*; PHYAN: tomatillo *Physalis angulatus*; CHEAL: chual *Chenopodium album*

*Valores dentro de columna con la misma letra son iguales según DMS5%

Previo a la aplicación de los herbicidas, se realizó un inventario inicial de especies de maleza existentes en el lote experimental, que consistió en la estimación cuantitativa de la población de cada especie mediante el muestreo de cada unidad experimental en cuatro sitios de 0.25 m² cada uno, asimismo se determinará el desarrollo fenológico de la maleza. Se tuvo una población total de 157.3 malezas/m² y 29% de cobertura (Cuadro 27).

Cuadro 24. Inventario inicial de malezas presentes en la parcela experimental tecnología GlyToI® Libertylink® antes de la primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Etapas	Cobertura %	Densidad /m ²	
Zacate liendrilla	Leptochloa mucronata	LEFFI	Poaceae	V2	7.7	82.8
Golondrina	Euphorbia serpens	EUPSE	Euphorbiaceae	V4	6.9	36.5
Zacate espiga	Panicum fasciculatum	PANFA	Poaceae	V2	5.2	27.6
Trompillo	Solanum elaeagnifolium	SOLEL	Solanaceae	V4	3.8	3.3
Quelite	Amaranthus palmeri	AMAPA	Amaranthaceae	V4	2.0	2.7
Chual	Chenopodium album	AMAPA	Chenopodiaceae	V4	1.8	2.3
Tomatillo	Physalis angulata	PHYAN	Solanaceae	V4	1.6	2.1
				TOTAL	29.0	157.3

De igual manera, se realizaron muestreos después de cada aplicación de los herbicidas a los 7, 14, 21 y 28 DDA. Los puntos se mantuvieron fijos en cada unidad experimental para evitar que el muestreo en diferentes puntos afectara los resultados. Durante el último muestreo (28 DDA), la maleza sobreviviente en cada tratamiento fue separada por especie, las poblaciones de malezas en las diferentes fechas de muestreo se presentan en el Cuadro 28. El tratamiento GL glifosato presentó las menores poblaciones de malezas como resultado del buen control de este herbicida a partir de los 7 DDA en la mayoría de las especies. Le siguió en efectividad GL glufosinato que presentó poblaciones similares en algunas especies, sin embargo, dado que su acción herbicida es de contacto algunas plantas se recuperaron a los 14 y 21 DDA.

Cuadro 25. Población de malezas en dos variedades de algodón con diferentes tratamientos de manejo. Primera aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas, 2017.

Especie	Días después de la aplicación							
	7	14	21	28	7	14	21	28
AMAPA		Plantas/m ²			SOLEL	Plantas/m ²		
FM989 Testigo	2	3	3	6	10	10	10	13
FM989 Regional	4	14	18	18	8	12	5	16
FM9250GL Faena	1	1	0	0	13	12	14	10
FM9250GL Finale	3	1	2	2	8	9	3	3
PANFA		Plantas/m ²			PHYAN	Plantas/m ²		
FM989 Testigo	161	158	158	158	13	15	15	15
FM989 Regional	81	95	18	23	1	3	4	5
FM9250GL Faena	0	0	0	0	2	1	0	0
FM9250GL Finale	25	38	1	1	1	0	0	0
LEPFI		Plantas/m ²			CHEAL	Plantas/m ²		
FM989 Testigo	355	368	368	382	7	9	9	9
FM989 Regional	317	328	44	44	0	2	6	6
FM9250GL Faena	4	4	0	0	3	3	0	0
FM9250GL Finale	50	86	39	50	0	0	0	0
EUPSE		Plantas/m ²						
FM989 Testigo	137	139	139	139				
FM989 Regional	115	139	114	134				
FM9250GL Faena	10	10	0.25	1				
FM9250GL Finale	8	33	23	24				

AMAPA: quelite *Amaranthus palmeri*; PANFA: zacate espiga *Panicum fasciculatum*; LEPFI: zacate liendrilla *Leptochloa mucronata*; EUPSE: golondrina *Euphorbia serpens*; SOLEL: trompillo *Solanum elaeagnifolium*; PHYAN: tomatillo *Physalis angulatus*; CHEAL: chual *Chenopodium album*

El control de malezas ejercido por glifosato y glufosinato en la variedad GL se reflejó en el inventario final y peso de malezas, pues no sobrevivieron malezas a estos tratamientos a

los 28 DDA (Cuadro 29). El tratamiento de FM989 con manejo convencional de malezas con la aplicación de clethodim más dos escardas y un deshierbe manual resultó en poblaciones y pesos relativamente altos de malezas principalmente golondrina y trompillo. Sin embargo, el análisis de varianza en algunos casos no detectó diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las especies de maleza evaluadas.

Cuadro 26. Inventario final y peso de malezas en la parcela experimental tecnología GlyTol® LibertyLink® Segunda aplicación de herbicidas. Río Bravo, Tamaulipas. 2017.

Especies de maleza	FM989	FM989	FM9250GL	FM9250GL	FM989	FM989	FM9250GL	FM9250GL
	Testigo	Regional	Faena	Finale	Testigo	Regional	Faena	Finale
	Numero de malezas/m ²				Peso g/m ²			
Zacate liendrilla	106.8 a	8.0 b	0 b	0 b	60.0 a	7.6 b	0 b	0 b
Golondrina	21.5 a	14.5 a	0 a	0 a	15.8 a	13.6 a	0 a	0 a
Zacate espiga	21.5 a	6.8 b	0 c	0 c	104.8 a	9.9 b	0 b	0 b
Trompillo	8.5 a	6.3 a	0 b	0 b	49.4 a	28.5 a	0 b	0 b
Quelite	110.0 a	0.3 b	0 b	0 b	1451.3 a	3.0 b	0 b	0 b
Chual	0 b	5.3 a	0 b	0 b	0 b	16.3 a	0 b	0 b
Tomatillo	2.3 a	0 a	0 a	0 a	4.0 a	0 a	0 a	0 a

*Valores dentro de fila de cada especie para población y peso de maleza con la misma letra son iguales según DMS 5%

Nota: los valores se presentan convertidos a población de malezas y su peso por m²

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

- 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.
- Baker, H. (1965). Characteristics and modes of origin of weeds. En H. Baker, & G. Stebbins, *The Genetics of Colonizing Species* (págs. 147-172). New York: Academic Press.
- Bartlett, S., Grossman, A., Chua, N., Edelman, M., Hallick, R., & Chua, N. (1982). Methods in chloroplast molecular biology. *Elsevier*.
- Bentley, R. (1990). The shikimate pathway--a metabolic tree with many branches. *Crit Rev Biochem Mol Biol.*, 25(5), 307–384.
- Blair-Kerth, L. K., P. A. Dotray, J. W. Kneeling, J. R. Gannaway, M. J. Oliver, and J. E. Quisenberry. 2001. Tolerance of transformed cotton to glufosinate. *Weed Sci.* 49:375-380.
- Brookes, G. y Barfoot, P. 2016. GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2014. PG Economics Ltd, UK, mayo 2016.
- 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
- Boocock MR, Coggins JR. 1983. Kinetics of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase inhibition by glyphosate. *FEBS Letters.* 154(1):127-133.
- Carpenter, J., Felsot, A., Goode, T., Hammig, M., Onstad, D., & Sankula, S. (2002). Comparative Environmental Impacts of Biotechnology-derived and Traditional Soybean, Corn, and Cotton Crops. Ames, IA: Council for Agricultural Science and Technology.
- Clive, J. 2016. Informe 52. Resumen ejecutivo. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016, ISAAA 2016.
- 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.
- Devine, M., Duke, S.O., Feedtke, C. 1992. Physiology of herbicide action. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 441p.

- Della-Cioppa, G., Bauer, S., Taylor, M., Rochester, D., Klein, B., Shah, D., . . . Kishore, G. (1987). Targeting a herbicide-resistant enzyme from *Escherichia coli* to chloroplasts of higher plants. *Bio/Technology*, 5, 579-584.
- 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.
- Forlani, G., Parisi, B., & Nielsen, E. (1994). 5-enol-pyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase from *Zea mays* cultured cells. *Plant Physiol.*, 105, 1107-1114. Forlani et al., 1994
- 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.
- Hamilton, K., Goodman, R., & Fuchs, R. (2002). Safety assessment of insect-protected cotton. En J. Thomas, & R. Fuchs, *Biotechnology and safety assessment* (Third ed.). St. Louis, MO: Academic Press-Elsevier Science.
- Health-Canada. (2013). Health Canada's Position on Highly Refined Oils Derived from Food Allergen Sources. Bureau of Chemical Safety, Food Directorate, Health Products and Food Branch.
- Heap I. 2018. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. May 2017. Available: www.weedscience.org.
- Hérouet, C.; Esdaile, D.J.; Mallyon, B.A.; Debruyne, E.; Schulz, A.; Currier, T.; Hendrickx, K.; van der Klis, R.; 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.
- Herouet-Guicheney, C.; Rouquié, D.; Freyssinet, M.; Currier, T.; Martone, A.; Zhou, J.; Bates, E.; Ferullo, J.; Hendrickx, K.; Rouan, D. 2009. Safety evaluation of the double mutant 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 54:143-153
- ISAAA - GM Approval Database. 2017. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA) Lunes, 18 de Agosto de 2014. Disponible en: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/crop/default.asp?CropID=7&Crop=Cotton>
- Kishore, G., & Shah, D. (1988). Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. *Annual Review of Biochemistry*, 57, 627-663.
- 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.
- Mahaffey, H.; Taheripour, F.; Tyner, W. Evaluating the Economic and Environmental Impacts of a Global GMO Ban. In *Proceedings of the Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting*, Boston, MA, USA, 31 July-2 August 2016.
- Martínez, C.J.L. 2004. Evolución del algodón transgénico en México. VII congreso Internacional en Ciencias Agrícolas UABC.
- Main, C., M. A. Janes, and E. C. Murdock. 2007. Weed Response and Tolerance of Enhanced Glyphosate-Resistant Cotton to Glyphosate. *Journal of Cotton Science* 11:104-109.
- Morishita, D. (2012). What makes a weed a weed. Weed Science Society of America (WSSA). www.wssa.net.
- OECD. (2008). Consensus document on the biology of cotton (*Gossypium* spp.). Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 45. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- 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. (2002a). 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.

- Rocha-Munive, M. G., M. Soberón, S. Castañeda, E. Niaves, E. Scheinvar, L. E. Eguiarte, D. Mota-Sánchez, E. Rosales-Robles, U. Nava-Camberos, J. L. Martínez-Carrillo, et al. . 2018. Evaluation of the impact of genetically modified cotton after 20 years of cultivation in Mexico. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 6: 82
- 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
- Sims, S., Berberich, S., Nida, D., Segalini, L., Leach, J., Eber, C., & Fuchs, R. (1995). Analysis of Expressed Proteins in Fiber Fractions from Insect-Protected and Glyphosate-Tolerant Cotton Varieties. *American Society of Agronomy*, 36(5), 1212-1216.
- 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.
- 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.
- 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.
- Trolinder-Wright, L. 2008. Agronomic Performance of Glyphosate and Glufosinate tolerant Cotton based upon stacked events GHB614 x LLCotton25 (GlyTol x LL cotton) In the 2007 USA production season. Bayer CropScience Bayer BioScience N.V. Technologiepark 38 9052 GENT, Belgium. M-304575-01-1
- Tzin V., Galili G. (2010). New insights into the shikimate and aromatic amino acids biosynthesis pathways in plants. *Mol. Plant* 3 956–972. 10.1093/mp/ssq048
- 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.
- 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.
- 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.

III. CANTIDAD DEL OGM A LIBERAR

La superficie solicitada y la cantidad de semilla a sembrar se realizará únicamente en el polígono que se incluye en la presente solicitud y a más de 1 km de distancia del Área Natural Protegida: “Laguna Madre y Delta del Río Bravo”.

IV. CONDICIONES DE MANEJO QUE SE DARÁN AL OGM

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.

Las medidas y procedimientos que se indican a continuación tienen el objetivo de asegurar que el algodón GlyTol® LibertyLink® será manejado de manera responsable desde su origen hasta su destino final.

Importación

- Una vez que se cuenta con el permiso de liberación al ambiente correspondiente, se consulta el Módulo 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 SAP¹².
- 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.

¹² 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.

- 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.

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 12). 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.

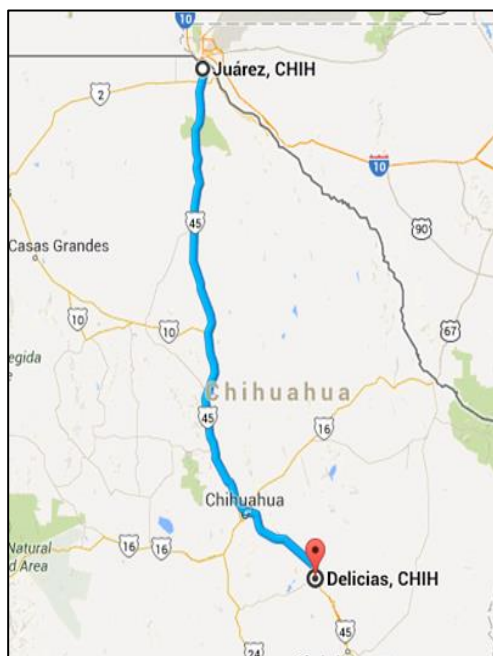
En la aduana de entrada al país, la semilla será recibida por el Agente Aduanal de BASF de México, cuya dirección y contacto es:

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 (figura 13):



Origen: Lubbock, Estados Unidos de Norteamérica,

Destino: Almacén BASF,.

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 9. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Almacén 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.

6.



GlyToI® LibertyLink®

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® LibertyLink®

Identificador OCDE: BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3

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® LibertyLink® (GL) 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.

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:
libaccidentalogm.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.

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 Norte de Tamaulipas 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.dgjaap@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. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA O ZONAS DONDE SE PRETENDA LIBERAR EL OGM

V.a. Superficie total del predio o predios donde se realizará la liberación

La superficie solicitada y la cantidad de semilla a sembrar serán evaluadas por las autoridades correspondientes

V.b. Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde se realizará la liberación

El polígono donde se efectuará la liberación del algodón GlyTol[®] LibertyLink[®] es en la región norte del estado de Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV - 2020.

V.c. Descripción de los polígonos donde se realizará la liberación y de las zonas vecinas a éstos en un radio según las características de diseminación del OGM de que se trate:

El polígono donde se efectuará la liberación del algodón GlyTol[®] LibertyLink[®] es en la región norte del estado de Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV - 2020.

V.c.1. Listado de especies sexualmente compatibles y de las especies que tengan interacción en el área de liberación y en zonas vecinas a éstos en el radio señalado en este inciso

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.

De acuerdo a lo descrito por la CONABIO en 2011, no existen poblaciones silvestres cercanas al polígono de liberación del norte del Estado de Tamaulipas. Asimismo, las metapoblaciones de *Gossypium hirsutum* en el Estado de Tamaulipas han sido reportadas en el Municipio Soto la Marina se reporta una distancia del área de liberación al sitio de colecta del organismo receptor silvestre de 130.41 kilómetros, lo cual impone una barrera física de aminoración de riesgo (figura 16).

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 se pudieran encontrar especies silvestres

cercanas a las regiones agrícolas y en la situación improbable 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). A esta barrera genética se debe incluir la barrera temporal para el entrecruzamiento ya que no se presenta coincidencia en los períodos de floración entre poblaciones silvestres y plantaciones comerciales. 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.

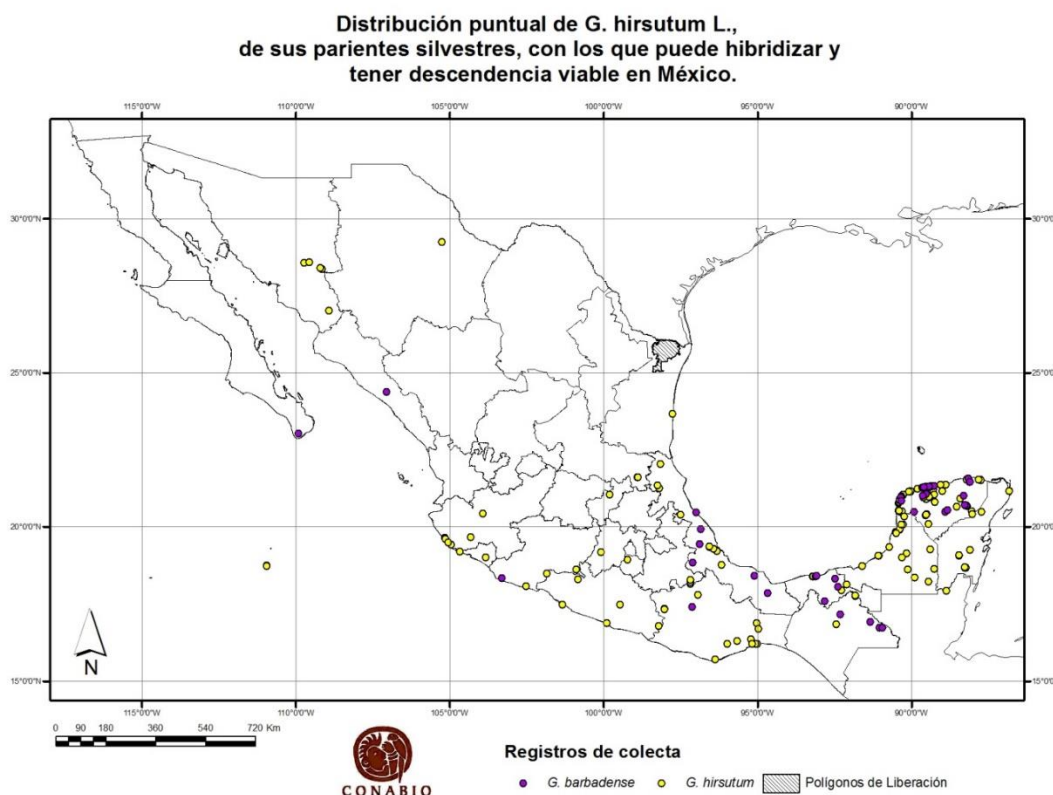


Figura 10. Distribución puntual de *Gossypium hirsutum* L.

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 estos criterios, el INPI ha determinado que en el Estado de Tamaulipas no se ubica ninguna comunidad indígena originaria¹³ (figura 17) y, por lo tanto, no se encuentran comunidades indígenas (sujetos de consulta) para realizar la consulta de

¹³ 2018. Atlas de los pueblos indígenas de México. - INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas / INALI

conformidad con lo establecido en el artículo 108 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.



Figura 11. Distribución nacional de pueblos indígenas (Atlas de los pueblos indígenas de México, 2018 <http://atlas.inpi.gob.mx/>)

V.c.2. Descripción geográfica

El polígono donde se realizará la liberación está ubicado en la región algodонера del Norte del estado de Tamaulipas, que comprende los municipios de: **Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso, Matamoros, Méndez y San Fernando.**

La liberación del algodón GlyToI® LibertyLink® se hará exclusivamente dentro del polígono especificado en la solicitud, el cual se encuentra a una distancia considerable del Área Natural Protegida **Laguna Madre y Delta del Río Bravo**; no obstante y con fundamento en lo establecido en el Artículo 89 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y los artículos 48 y 49 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, BASF Mexicana, S.A. de C.V. se compromete a establecer los controles y cumplir con las medidas de bioseguridad necesarios para que la liberación de algodón genéticamente modificado no se realice en las zonas núcleo del Área Natural Protegida **Laguna Madre y Delta del Río Bravo** y a menos de 1 km de distancia de la misma

Regiones ecológicas

El polígono propuesto para la liberación se encuentra situado dentro de la región ecológica Nivel I "Grandes Planicies", comprende a su vez, en la región de Tamaulipas norte tres

ecorregiones Nivel IV, que han sido determinadas con base en criterios de topoformas, datos de vegetación primaria, límites de unidades geológicas y límites de suelos en escala 1:1 000 000

- ✓ 9.5.1.2. Planicie Costera Tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente
- ✓ 9.6.1.1. Planicie Interior Tamaulipeca con matorral xerófilo.
- ✓ 9.5.1.1. Humedales de la Laguna Madre

V.c.3. Plano de ubicación señalando las principales vías de comunicación

En la Carpeta de Anexos y Referencias, se presenta el polígono propuesto para la liberación. En el mapa principal, se pueden observar líneas rojas y naranjas que corresponden a las carreteras federales y estatales. Adicionalmente en el mapa de carreteras y caminos de la SCT del estado de Tamaulipas, se puede observar con mayor detalle las principales vías de comunicación en el área de liberación propuesta.

VI. MEDIDAS DE MONITOREO Y DE BIOSEGURIDAD A REALIZAR

VI.a. Medidas de monitoreo:

VI.a.1. Plan de monitoreo detallado

Se efectuará un monitoreo durante y posterior a la liberación el algodón GL. Las actividades que realizar incluyen:

- Firma de licencia de uso de la tecnología en dónde el agricultor se compromete a respetar e implementar las medidas de Bioseguridad establecidas en el permiso de liberación al ambiente.
- Efectuar una localización georreferenciada de los lotes de los agricultores cooperantes que siembren el algodón GL con el propósito de tener un control sobre 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 correspondiente.
- Realizar una capacitación 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 GL. Los entrenamientos se enfocarán en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados, uso adecuado del algodón GL, 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.

VI.a.2. Estrategias de monitoreo posteriores a la liberación del OGM, con el fin de detectar cualquier interacción entre el OGM y especies presentes en el área de la zona o zonas donde se pretenda realizar la liberación, cuando existan

Posterior a la liberación, se realizará un programa de monitoreo de plantas voluntarias en la región agrícola donde se llevó a cabo la misma, implementando el protocolo *“Programa de monitoreo y eliminación de plantas voluntarias de algodón (Gossypium hirsutum) genéticamente modificado en la región agrícola del norte de Tamaulipas”*, cuyas principales actividades serán:

- Georreferenciar los predios en dónde se liberó el algodón GL y los despepites que funcionaron durante el ciclo agrícola para definir las rutas de exploración.
- Realizar 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 en su totalidad las plantas detectadas antes de que lleguen a la etapa de floración de manera manual, con herramientas como pala y pico o mediante el uso de herbicidas no selectivos como 2,4-D y Picloram.
- Evidenciar mediante fotografías cada punto de detección y eliminación de plantas voluntarias.
- Registrar la información de los monitoreos en formatos de campo, en los que se incluirá la fecha de los recorridos, ubicación de los sitios de detección, evidencia de la destrucción y ubicación de los despepites activos en cada zona y elaborar un reporte que será entregado a las autoridades correspondientes.
- El monitoreo de plantas voluntarias en los sitios de liberación será 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*”.

- Con referencia al destino final de la semilla de algodón, los despepites que operan en la región han firmado un convenio con BASF, en el que se obligan a que las semillas de algodón genéticamente modificado obtenidas del proceso de despepite no serán enajenadas a terceros para ser usadas como semilla para siembra y será destinada exclusivamente para su procesamiento industrial, o bien para su consumo como forraje para ganado.

El despepite deberá abstenerse de:

- 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.
- 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.
- 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.

En relación con lo anterior existen reportes de monitoreo y destrucción de plantas voluntarias en el estado de Tamaulipas norte durante los años 2012, 2016, 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 Norte de Tamaulipas”. Los resultados de este se entregarán una vez que haya finalizado.

VI.a.2.1 Manejo de resistencia de maleza

El plan de manejo de resistencia de maleza a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio en algodón GL propuesto por BASF incluye lo siguiente:

- 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 (1,452 g i.a./ha) y glufosinato de amonio (700 g i.a./ha) y aplicar 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 del herbicida glifosato 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 global de BASF “Diversidad es futuro” cuyo objetivo es retrasar la aparición de malezas resistentes a herbicidas, tanto en cultivos genéticamente modificados como en cultivos convencionales.

Por lo general, la sospecha inicial de resistencia está relacionada con un control deficiente o no satisfactorio de la maleza después de una aplicación de herbicidas. Antes de considerar a la resistencia como causante de la falta, 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 maleza, 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 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 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.

En caso de sospecha de resistencia, es decir, cuando se esté seguro de que la aplicación fue hecha 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 con 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.

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.

VI.a.3. 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 algodón, 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 GL 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® LibertyLink®. El método identifica en forma específica las proteínas 2mEPSPS & PAT/BAR.

- EnviroLogix. QuickStix Combo Kit for 2mEPSPS/LibertyLink - AS 089
- Catalog Number: AS 089 ST, AS 089 STC.

Este método está disponible públicamente y puede ser consultado en la siguiente dirección: <http://www.envirotest-china.com/uploads/soft/120221/1-120221110426.pdf>

VI.b. Medidas de bioseguridad:

VI.b.1. 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 GL, 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-GH002-5 x ACS-GH001-3 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 GL 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® LibertyLink® y se utilizarán tiras reactivas para detectar el evento GL en muestras de hojas.

VI.b.2. Medidas para la protección de la salud humana y el ambiente, en caso de que ocurriera un evento de liberación no deseado

No aplica. Los algodones que expresan las proteínas 2mEPSPS y PAT/*bar* tiene una historia larga de uso seguro y un análisis de riesgo ha demostrado que el algodón GlyTol® LibertyLink® no posee algún riesgo para el ambiente, ni para la flora o la fauna. El algodón GL sólo se distingue de su contraparte convencional por la tolerancia que tiene a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, atributo conferido por la expresión de las proteínas PAT y 2mEPSPS.

Por otra parte, el evento cuenta con la autorización de COFEPRIS, lo cual constata que es un producto seguro para consumo humano y animal.

VII. NÚMERO DE AUTORIZACIÓN EXPEDIDA POR SALUD CUANDO EL OGM SE DESTINE PARA USO O CONSUMO HUMANO, O SE DESTINE A PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO, O TENGA FINALIDADES PARA SALUD PÚBLICA O A LA BIORREMEDIACIÓN.

El algodón GL combina la expresión de las proteínas 2mEPSPS (GHB614) y PAT/*bar* (LLCotton25) que confieren tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, 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.

El evento genético combinado GlyTol® LibertyLink® (GHB614 x LLCotton25) cuenta con la formal autorización expedida por la Secretaría de Salud a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

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, TRADUCIDA EN ESPAÑOL.

El algodón LibertyLink® fue desregulado en Estados Unidos de América el 10 de marzo de 2003 y el algodón GlyTol® fue desregulado en Estados Unidos de América el 22 de Mayo de 2009. En la Carpeta de Anexos se incluye las notificaciones correspondientes. De igual manera, se anexa la copia apostillada que acredita que el algodón GL 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.

IX. LA PROPUESTA DE VIGENCIA DEL PERMISO Y LOS ELEMENTOS EMPLEADOS PARA DETERMINARLA

Se solicita el permiso de liberación al ambiente del algodón GL: GlyToI® LibertyLink® (BCS-GH002-5 x ACS GH001-3) en programa piloto para el ciclo agrícola Primavera – Verano 2020. Este periodo incluye actividades previas a la siembra del algodón GL tales como planeación de los estudios a realizar, importación, movilización de semilla, ciclo agrícola hasta la cosecha (seis meses) y seguimiento durante y después de la cosecha y desepite