

**INFORMACIÓN CONFIDENCIAL**



**Science For A Better Life**

**SOLICITUD DE PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE DE ALGODÓN  
GLYTOL® LIBERTYLINK® - GL (GHB614 x LLCotton25; OECD: BCS-GH002-  
5 x ACS-GH001-3) EN PROGRAMA PILOTO, EN LA REGION AGRÍCOLA  
DEL SUR DE TAMAULIPAS, CICLO PV-2018.**

México, D.F., a 12 de febrero de 2018





## CONTENIDO

<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Nombre, denominación o razón social de quien promueve.....</b>	<b>7</b>
<b>I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PERMISO DE LIBERACIÓN EXPERIMENTAL O COPIA DEL REFERIDO PERMISO. ....</b>	<b>7</b>
<b>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.....</b>	<b>7</b>
<b>Conforme a lo dispuesto en los artículos 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: .....</b>	<b>7</b>
i. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto.....	8
ii. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación .....	8
iii. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad.....	11
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.....	16
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.....	21
vi. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos .....	25
1. Algodón GlyTol® LibertyLink® .....	25
2. Inocuidad de la proteína 2mEPSPS.....	26
3. Inocuidad de la proteína PAT/ <i>bar</i> .....	26
4. Potencial como maleza.....	27
vi.1. Efectividad biológica de la tecnología.....	28
vi.2. Evaluación de riesgos potenciales a las interacciones ecológicas de la tecnología.....	32
vii. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento .....	35
viii. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados .....	48
<b>III. CANTIDAD DEL OGM A LIBERAR .....</b>	<b>49</b>
<b>IV. CONDICIONES DE MANEJO QUE SE DARÁN AL OGM.....</b>	<b>50</b>
<b>V. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA O ZONAS DONDE SE PRETENDA LIBERAR EL OGM.....</b>	<b>56</b>
V.a Superficie total del predio o predios donde se realizará la liberación .....	56
V.b Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde se realizará la liberación .....	57
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: .....	57



---

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 .....	58
V.c.2	Descripción geográfica .....	59
V.c.3	Plano de ubicación señalando las principales vías de comunicación .....	62
<b>VI.</b>	<b>MEDIDAS DE MONITOREO Y DE BIOSEGURIDAD A REALIZAR .....</b>	<b>62</b>
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.....	64
VI.b	Medidas de bioseguridad:.....	64
VI.b.1	Medidas para la erradicación del OGM en zonas distintas a las permitidas .....	64
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 .....	65
<b>VII.</b>	<b>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.....</b>	<b>65</b>
<b>VIII.</b>	<b>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.....</b>	<b>65</b>
<b>IX</b>	<b>LA PROPUESTA DE VIGENCIA DEL PERMISO Y LOS ELEMENTOS EMPLEADOS PARA DETERMINARLA .....</b>	<b>65</b>



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Permisos experimentales otorgados a Bayer de México, S.A. de C.V para la liberación de algodón GL en el sur del estado de Tamaulipas. ....	7
Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.....	8
Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.....	10
Cuadro 4. Resumen de características agronómicas evaluadas en el algodón GL y convencional.....	13
Cuadro 5. Resumen de características de calidad de fibra de algodón GL y convencional. ....	13
Cuadro 6. Niveles de expresión de la proteína 2mEPSPS en tejidos de algodón GHB614 y GHB614 x LLCotton25 sin aplicación de herbicidas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 7. Niveles de expresión de la proteína 2mEPSPS en tejidos de algodón GHB614 y GHB614 x LLCotton25 con aplicación de herbicidas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 8. Niveles de expresión de la proteína LLCotton25 en tejidos de algodón LLCotton25 y GHB614 x LLCotton25 sin aplicación de herbicidas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 9. Niveles de expresión de la proteína LLCotton25 en tejidos de algodón LLCotton25 y GHB614 x LLCotton25 con aplicación de herbicidas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 10. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	22
Cuadro 11. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	24
Cuadro 12. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	29
Cuadro 13. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	30
Cuadro 14. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	32
Cuadro 15. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	34
Cuadro 16. Hectárea de cultivos biotecnológicos en México, 2016.....	36
Cuadro 17. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 (GlyTol®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).....	37
Cuadro 18. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento ACS-GH001-3 (LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2017).....	38
Cuadro 19. Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3 (GlyTol® LibertyLink®): país, año y tipo de aprobación (ISAAA, 2016).....	38
Cuadro 20. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	40
Cuadro 21. Costo de producción/ha del cultivo del algodón GL-1, GL-2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	41
Cuadro 22. Estimación de la relación costo/beneficio del cultivo del algodón GL1, GL2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	42
Cuadro 23. Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en dos sistemas de manejo de algodón GL y el convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014. ....	43
Cuadro 24. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	44



---

Cuadro 25. Costo de producción/ha del cultivo del algodón GL con aplicación de glifosato y glufosinato de amonio en comparación con el algodón convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.....	46
Cuadro 26. Estimación de la relación costo/beneficio del cultivo del algodón GL1, GL2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	47
Cuadro 27. Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en los sistemas de manejo de algodón GL y el convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015. ....	47
Cuadro 28. Plan de capacitaciones en el Sur de Tamaulipas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 29. Actividades a realizar durante la liberación de algodón GL en el sur de Tamaulipas en 2018.....	66



---

## 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. ....	20
Figura 4. Polígono de liberación en el sur del estado de Tamaulipas. ....	49
Figura 5. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Delicias, Chihuahua. ....	52
Figura 6. Almacén de Bayer de México ubicado en Delicias, Chihuahua. ....	52
Figura 7. Ruta de movilización de Delicias, Chihuahua a Aldama, Tamaulipas. ....	55
Figura 8. Polígono propuesto para la liberación de algodón GlyTol® LibertyLink® en programa Piloto en la región agrícola del Sur de Tamaulipas. ....	57
Figura 9. Ubicación del polígono propuesto para la liberación piloto en el norte de Tamaulipas. ....	58
Figura 10. Distribución puntual de <i>Gossypium hirsutum</i> L. ....	59
Figura 11. Municipios comprendidos dentro del polígono de liberación de algodón GL del sur de Tamaulipas. ....	60
Figura 12. Área Natural Protegida adyacente al polígono de liberación del sur de Tamaulipas. ....	60
Figura 13. Ecorregiones Nivel IV presentes dentro de los polígonos de liberación propuestos. ....	61
Figura 14. Sitios Ramsar cercanos al polígono del Sur de Tamaulipas. ....	61
Figura 15. Ruta de carreteras dentro del polígono de liberación. ....	62



## 1. Nombre, denominación o razón social de quien promueve.

Bayer de México, S.A. de C.V.  
Miguel de Cervantes Saavedra No. 259  
Col. Granada  
11520 México, D. F.

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

Las variedades de algodón de Bayer de México, S.A. de C.V. con tecnología GlyToI® LibertyLink® (En adelante con el acrónimo GL), han sido liberadas experimentalmente en la región algodонера del Sur del estado de Tamaulipas a partir del año 2014. En el [cuadro 1](#) se presenta los permisos otorgados a Bayer para dichas liberaciones.

**Cuadro 1.** Permisos experimentales otorgados a Bayer de México, S.A. de C.V para la liberación de algodón GL en el sur del estado de Tamaulipas.

No. Permiso	No. Solicitud	Etap	Fecha de emisión	Superficie Autorizada (ha)
B00.04.03.02.01.- 00141	055_2013	Experimental	21-Ene-2014	1,000
B00.04.03.02.01.- 1638	019_2014	Experimental	01-Abril-2015	20

## 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 los artículos 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 SAGARPA: Caso Algodón; se anexa a la presente solicitud los Reportes de Resultados de las liberaciones experimentales previas, correspondiente a los permisos **B00.04.03.02.01.- 00141 (Solicitud 055\_2013)** y **B00.04.03.02.01.- 1638 (Solicitud 019\_2014)**.

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



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

Los lineamientos del protocolo propuesto para realizar la evaluación de la efectividad biológica y costo-beneficio de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en programa Piloto en la región agrícola del sur de Tamaulipas durante el ciclo PV-2018, se encuentran detallados en el protocolo.

**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 sur de Tamaulipas se han efectuado diversas comparaciones del comportamiento agronómico y fenotípico de las variedades GL con su contraparte convencional.

En los siguientes estudios, realizados durante las liberaciones experimentales autorizadas con los permisos B00.04.03.02.01.- 00141 y B00.04.03.02.01.- 1638, 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.

**Evaluación de la equivalencia agronómica y fenotípica de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en Altamira, Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV-2014.**

Para este estudio, los tratamientos evaluados fueron los siguientes que se muestran en el siguiente [cuadro 2](#):

**Cuadro 2.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 4 deshierbes con 40 jornales por hectárea, 10 y 29 de septiembre, 14 de octubre y 26 de	---





		malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.		noviembre de 2014.	
2	GL-1	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p><b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	4 L/ha
3	GL-2	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p><b>Finale® Ultra 280 SL</b> (800 g.i.a. de glufosinato de amonio): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	2. L/ha

Como conclusiones de estos resultados, se presentan las siguientes:

1. Las variables agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink® y convencional, que no presentaron diferencia fueron: **a.** altura inicial, **b.** número de nudos, **c.** días a primeros cuadros, **d.** días a primera flor, **e.** días a aparición de bellotas, **f.** altura final, **g.** nudos torales y **h.** bellotas totales. Para el caso del vigor del cultivo, se observó un mejor vigor en el algodón GL y en el caso de la población inicial, población final y rendimiento, se observó que el algodón convencional pudo haber tenido una mejor adaptabilidad al medio en este ensayo, debido a que dichos parámetros tuvieron mejor resultado que el algodón GL; en el caso de aparición de primeros capullos, éstos aparecieron primero en el tratamiento convencional resultando ser un poco más precoz que en los tratamientos GL. Relacionando las características de las variedades evaluadas, descritas anteriormente en este reporte, y los resultados obtenidos, se puede concluir que ambas variedades se comportaron de manera similar durante todo el ciclo del cultivo y las diferencias observadas fueron debidas a las características propias de cada una y no estuvieron relacionadas con la modificación genética.
2. Los resultados derivados no mostraron diferencias en el desarrollo de la planta de algodón en ninguno de los tratamientos evaluados, por lo que se concluye que los atributos biotecnológicos conferidos por el inserto y sus elementos no ocasionaron que el algodón GlyTol® LibertyLink® se desarrollara de manera diferente o incrementara su capacidad competitiva con relación al algodón convencional.



**Evaluación de la equivalencia agronómica y fenotípica de la tecnología GlyToI® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en la región ecológica “Planicie Costera con selva baja espinosa” (Altamira, Tamaulipas), durante el ciclo agrícola PV-2015.**

Para este estudio, los tratamientos evaluados fueron los siguientes que se muestran en el siguiente cuadro 3:

**Cuadro 3.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 2 deshierbes con 20 jornales por hectárea (28 de septiembre y 09 de noviembre de 2015).	---
2	GL-1	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): aplicación el 28 de septiembre de 2015	4.0 L/ha
3	GL-2	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Finale® Ultra 280 SL</b> (700 g.i.a. de glufosinato de amonio): aplicación el 28 de septiembre de 2015	2.5 L/ha



Como conclusiones de estos resultados, se presentan las siguientes:

1. Las variables agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink® y convencional, se comportaron de manera similar durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, por lo tanto, las variedades se consideraron equivalentes, siendo así que, el riesgo potencial de que el algodón GL pueda sufrir cambios en su biología general, reproducción o descendencia y aumentar sus capacidades competitivas es reducido.
2. Los estudios realizados en los sitios de liberación permitieron concluir que la modificación genética no afectó las características agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink®.
3. De acuerdo a lo presentado líneas arriba, se concluye que los atributos biotecnológicos conferidos por el inserto de los genes *2mepsps* y *bar* al algodón GlyTol® LibertyLink®, no ocasionaron que este se desarrollara de manera diferente o incrementara su capacidad competitiva con relación al algodón convencional y pudiera hacer que adquiriera características de maleza.

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

#### Efectos de los genes de selección.

##### 1. Doble apilado GL (GHB614 x LLCotton25).

El algodón GL fue desarrollado mediante cruce mendeliana convencional entre los eventos GHB614 y LLCotton25 de Bayer. 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<sup>1</sup>).

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 presenta cambios fenotípicos de significancia biológica

---

<sup>1</sup> 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



comparado con algodón convencional o con los eventos parentales individuales (Jeffries, 2013<sup>2</sup>).

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. No se espera que la característica de tolerancia a herbicidas otorgue al algodón ventajas adaptativas en hábitats naturales, en condiciones naturales o dentro de un agroecosistema. Por los resultados de ensayos de campo, entre el algodón GL con el algodón convencional, se puede concluir que no existen ventajas adaptativas o un mayor riesgo de convertirse en maleza, como consecuencia de la modificación genética.

Las características reproductivas no han sido alteradas en el evento apilado GL, ni en los eventos individuales GHB614 y LLCotton25, como consecuencia del proceso de transformación ni como consecuencia 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 (Jeffries, 2013).

El evento GL no exhibe ninguna característica fenotípica adicional que pudiese incrementar su supervivencia en hábitats no agrícolas, o en áreas fuera del rango geográfico de la producción de algodón. En el caso poco probable de que se llegasen a formar híbridos entre este evento y parientes silvestres, la introducción de la característica de tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato, a especies en hábitats no agrícolas no conferiría ventaja competitiva alguna, dado que la tecnología funciona como una protección ante estímulos externos como la aplicación de los herbicidas mencionados, en cuya ausencia no habría otros resultados visibles en comparación con algodón convencional (Trolinder-Wright, 2008).

Se presentan 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 algodoneera y los resultados para desempeño agronómico se muestran en los cuadros 4 y 5, 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<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Jeffries, T. A. 2013. GHB614 x LLCotton25 – Production and Protein Expression Analyses of Field Grown Samples. USA, 2012. Study Number 12-RSXFT009. Bayer CropScience LP. Research Triangle Park, NC 27709. M-447807-01-1

**Cuadro 4.** Resumen de características agronómicas evaluadas en el 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)
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 5.** 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

## 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.

<sup>3</sup> Trolinder-Wright, L. 2008. Agronomic Performance of Glyphosate and Glufosinate tolerant Cotton based upon stacked events GHB614 x LLCotton25 (GlyToI x LL cotton) In the 2007 USA production season. Bayer CropScience. Bayer BioScience N.V. Technologiepark 38 9052 GENT, Belgium. M-304575-01-1



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 GlyTol® 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.com](http://www.cottonseed.com)<sup>4</sup>). 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 **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<sup>5</sup>).

<sup>4</sup> National Cottonseed Products Association (NCPA).

<sup>5</sup> 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





### 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 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<sup>6</sup>).

### 4. 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

---

(2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 54:143–153.

<sup>6</sup> 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.



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 apomíctica.
- 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**

La medición de la expresión génica se puede determinar mediante la cuantificación directa del producto del gen, que en general es una proteína. Los niveles de expresión de las proteínas 2mEPSPS y PAT/*bar* fueron determinados mediante la técnica de ensayo por inmunabsorción ligado a enzima (ELISA) y analizados estadísticamente en distintas etapas de desarrollo de las plantas (V4-V7, inicio de cuadros y madurez). El análisis de expresión de las proteínas fue realizado a partir de muestras de ensayos de campo con y sin aplicaciones de herbicida, establecidos en regiones representativas para la producción de algodón en Estados Unidos durante el ciclo 2012<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Jeffries, T. A. 2013. GHB614 x LLCotton25 – Production and Protein Expression Analyses of Field Grown Samples. USA, 2012. Study Number 12-RSXFT009. Bayer CropScience LP. Research Triangle Park, NC 27709. M-447807-01-1





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 presenta cambios fenotípicos de significancia biológica 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. La similitud de las características de las plantas GL con el algodón convencional nos permite concluir que no existen ventajas adaptativas o un mayor potencial de convertirse en plaga en los mencionados eventos como consecuencia de la modificación genética.

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.

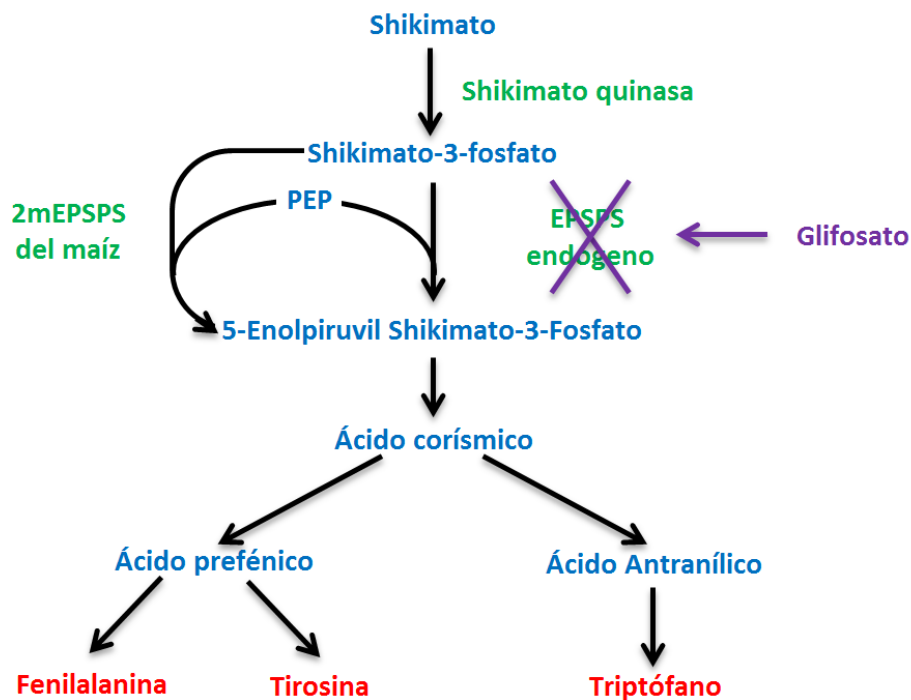
Las variedades de algodón GL, no exhiben ninguna característica fenotípica adicional que pudiese incrementar su supervivencia en hábitats no agrícolas, o en áreas fuera del rango geográfico de la producción de algodón.

### **1. Ruta metabólica Proteína 2mEPSPS.**

El evento GHB614 produce la proteína 5-enolpiruvylshikimate 3-phosphate synthase (2mEPSPS) codificada por el gen *2mepsps* derivado del maíz (*Zea mays* L.) (Herouet-Guichenev *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 N-terminal de la secuencia de la proteína 2mEPSPS (De Beuckeleer, 2003), la cual está constituida por 445 aminoácidos y un peso molecular de ~47.5 kDa. La expresión de la proteína 2mEPSPS confiere tolerancia a las plantas de algodón al herbicida glifosato.

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 & Gruys, 1997). La inhibición de la enzima EPSPS por el glifosato bloquea esta ruta metabólica, lo cual eventualmente provoca la muerte de la célula (Steinrücken & Amrhein, 1980). La enzima EPSPS cataliza la transferencia reversible del grupo enolpiruvil desde el fosfenol piruvato

(PEP) (PEP) al 5-hidroxil de shikimato-3-fosfato (S3P) resultando en la producción de fosfato inorgánico y 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato (EPSP) (Alibhai & Stallings, 2001), sitio de inhibición por el glifosato. Este es el único producto metabólico conocido y 5-enolpiruvil shikimato-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 (Bentley, 1990; Alibhai & 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 and 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 pleiotrópicos: 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).

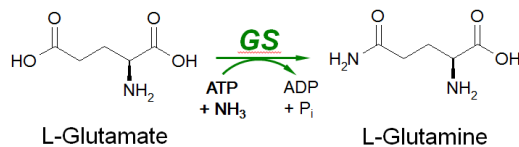
## 2. Ruta metabólica Proteína PAT/*bar*.

El algodón GHB614 x LLCotton25 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 LLCotton25 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.**

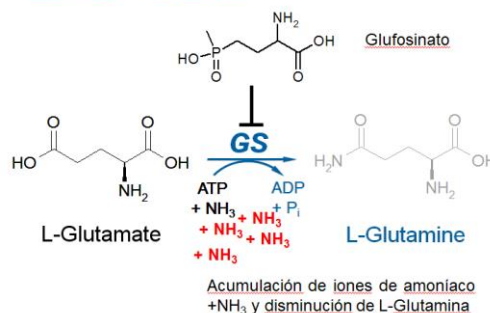


Figura 2. Mecanismo de acción del herbicida glufosinato de amonio.

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 de amoníaco tóxicos y 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.

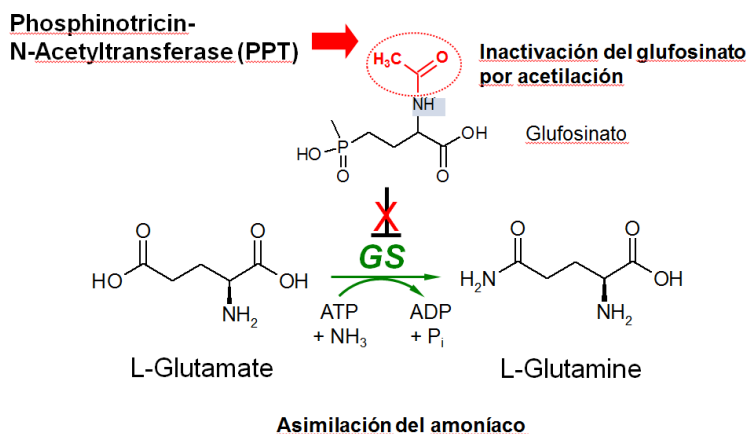


Figura 3. Mecanismo de acción de la proteína PAT que confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio.



La actividad enzimática de la proteína PAT sigue las cinéticas simples 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.

**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**

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.

### Evaluación de la equivalencia agronómica y fenotípica de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en Altamira, Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV-2014.

Para este estudio, los tratamientos evaluados fueron los siguientes que se muestran en el siguiente [cuadro 10](#):

**Cuadro 6.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04, 08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 4 deshierbes con 40 jornales por hectárea, 10 y 29 de septiembre, 14 de octubre y 26 de noviembre de 2014.	---
2	GL-1	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): una	4 L/ha





No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
		<p>octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p>aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	
3	GL-2	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p><b>Finale® Ultra 280 SL</b> (800 g.i.a. de glufosinato de amonio): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	2. L/ha

Como conclusiones de estos resultados, se presentan las siguientes:

- Las variables agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink® y convencional, que no presentaron diferencia fueron: **a.** altura inicial, **b.** número de nudos, **c.** días a primeros cuadros, **d.** días a primera flor, **e.** días a aparición de bellotas, **f.** altura final, **g.** nudos torales y **h.** bellotas totales. Para el caso del vigor del cultivo, se observó un mejor vigor en el algodón GL y en el caso de la población inicial, población final y rendimiento, se observó que el algodón convencional pudo haber tenido una mejor adaptabilidad al medio en este ensayo, debido a que dichos parámetros tuvieron mejor resultado que el algodón GL; en el caso de aparición de primeros capullos, éstos aparecieron primero en el tratamiento convencional resultando ser un poco más precoz que en los tratamientos GL. Relacionando las características de las variedades evaluadas, descritas anteriormente en este reporte, y los resultados obtenidos, se puede concluir que ambas variedades se comportaron de manera similar durante todo el ciclo del cultivo y las diferencias observadas fueron debidas a las características propias de cada una y no estuvieron relacionadas con la modificación genética.
- Los resultados derivados no mostraron diferencias en el desarrollo de la planta de algodón en ninguno de los tratamientos evaluados, por lo que se concluye que los atributos biotecnológicos conferidos por el inserto y sus elementos no ocasionaron que el algodón GlyTol® LibertyLink® se desarrollara de manera diferente o incrementara su capacidad competitiva con relación al algodón convencional.



**Evaluación de la equivalencia agronómica y fenotípica de la tecnología GlyToI® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en la región ecológica “Planicie Costera con selva baja espinosa” (Altamira, Tamaulipas), durante el ciclo agrícola PV-2015.**

Para este estudio, los tratamientos evaluados fueron los siguientes que se muestran en el siguiente cuadro 11:

**Cuadro 7.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 2 deshierbes con 20 jornales por hectárea (28 de septiembre y 09 de noviembre de 2015).	---
2	GL-1	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): aplicación el 28 de septiembre de 2015	4.0 L/ha
3	GL-2	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Finale® Ultra 280 SL</b> (700 g.i.a. de glufosinato de amonio): aplicación el 28 de septiembre de 2015	2.5 L/ha





Como conclusiones de estos resultados, se presentan las siguientes:

1. Las variables agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink® y convencional, se comportaron de manera similar durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, por lo tanto, las variedades se consideraron equivalentes, siendo así que, el riesgo potencial de que el algodón GL pueda sufrir cambios en su biología general, reproducción o descendencia y aumentar sus capacidades competitivas es reducido.
2. Los estudios realizados en los sitios de liberación permitieron concluir que la modificación genética no afectó las características agronómicas y fenotípicas del algodón GlyTol® LibertyLink®.
3. De acuerdo a lo presentado líneas arriba, se concluye que los atributos biotecnológicos conferidos por el inserto de los genes *2mepsps* y *bar* al algodón GlyTol® LibertyLink®, no ocasionaron que este se desarrollara de manera diferente o incrementara su capacidad competitiva con relación al algodón convencional y pudiera hacer que adquiriera características de maleza.

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

**1. Algodón GlyTol® LibertyLink®**

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 GlyTol® 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.com](http://www.cottonseed.com)<sup>8</sup>). 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 **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<sup>9</sup>).

## 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 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

<sup>8</sup> National Cottonseed Products Association (NCPA).

<sup>9</sup> 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.



estabilidad proteolítica o térmica y tiene una alta especificidad de sustrato (Herouet *et al.*, 2005<sup>10</sup>).

#### 4. 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.

<sup>10</sup> Hérouet, C.; Esdaile, D.J.; Mallyon, B.A.; Debryne, 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.



- 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.

#### **vi.1. Efectividad biológica de la tecnología.**

Los estudios presentados a continuación incluyen la información de las evaluaciones de efectividad biológica del algodón GL en la región del sur del estado de Tamaulipas.

Las variedades de algodón de Bayer con la tecnología GlyTol® LibertyLink® se han liberado en Tamaulipas en los años 2014 y 2015. En dichas liberaciones se ha confirmado la efectividad biológica respecto a la tolerancia a la aplicación total de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio. De la misma manera, se ha evaluado la efectividad de éste sobre la maleza asociada al cultivo de algodón en la región.

Cada uno de estos estudios fue realizado bajo las siguientes hipótesis:

- 1) El algodón genéticamente modificado GlyTol® LibertyLink® es tolerante a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, por lo tanto se pueden aplicar sobre el algodón GL sin ocasionar fitotoxicidad, a diferencia de cuando son aplicados en algodón convencional.
- 2) Los herbicidas a base de glufosinato de amonio y glifosato aplicados en post-emergencia al cultivo y a la maleza, ejercen un excelente control contra maleza de hoja ancha y angosta presentes en el cultivo de algodón.

#### **Evaluación de la efectividad biológica de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en Altamira, Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV-2014.**

Se evaluaron dos tecnologías de manejo de insectos lepidópteros (GlyTol® LibertyLink® y convencional) y tres tratamientos para el control de maleza ([cuadro 12](#)).

**Cuadro 8.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 4 deshierbes con 40 jornales por hectárea, 10 y 29 de septiembre, 14 de octubre y 26 de noviembre de 2014.	---
2	GL-1	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<b>Faena<sup>®</sup> Fuerte 360</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.	4 L/ha
3	GL-2	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<b>Finale<sup>®</sup> Ultra 280 SL</b> (800 g.i.a. de glufosinato de amonio): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.	2.5 L/ha

- a. Las especies de maleza presentes en la parcela experimental fueron quelite, *Amaranthus spinosus*; zacate cola de zorra, *Leptochloa filiformis*; amargosa, *Parthenium hysterophorus*; golondrina rastrea, *Euphorbia serpens* y verdolaga, *Portulaca oleracea*; las cuales fueron controladas desde la primera aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio (Faena<sup>®</sup> Fuerte 360 a 4 L/ha y Finale<sup>®</sup> Ultra 280 SL a 2.5 L/ha), para ambos tratamientos GL. Lo anterior demuestra que la tecnología GM representa una alternativa viable en el control de malezas para el cultivo de algodón.



- b. Se consideró que las especies de maleza encontradas en la parcela experimental fueron representativas de la región agrícola por encontrarse espacial y temporalmente asociadas al cultivo de algodón, lo anterior en relación con las especies de maleza de mayor importancia que se presentan en Tamaulipas.
- c. No se presentaron daños fitotóxicos en el algodón GlyTol® LibertyLink® debidos a la aplicación del herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, con lo cual, se confirmó la tolerancia del algodón GM.
- d. Bajo las condiciones de este experimento, el tratamiento GL representó una buena alternativa para el manejo integrado de maleza para el cultivo de algodón en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

**Evaluación de la efectividad biológica de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en la región ecológica “Planicie Costera con selva baja espinosa” (Altamira, Tamaulipas), durante el ciclo agrícola PV-2015.**

Para este ensayo, se evaluaron dos tecnologías de manejo de maleza: (GlyTol® LibertyLink® y convencional) (cuadro 13).

Cuadro 9. Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de tiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 2 deshierbes con 20 jornales por hectárea (28 de septiembre y 09 de noviembre de 2015).	---
2	GL-1	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de tiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): aplicación el 28 de septiembre de 2015	4.0 L/ha





		<b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016	<b>Akiko</b> 0.5 L/ha		
3	GL-2	<b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid), cuatro aplicaciones: 16 y 29 de octubre, 05 y 17 de noviembre de 2015 <b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinoteram) una aplicación: 08 de octubre de 2015 <b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil), tres aplicaciones: 03, 10 y 17 de noviembre de 2015 <b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation), dos aplicaciones: 11 y 28 de noviembre de 2015 <b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina), cuatro aplicaciones: 07 y 18 de diciembre de 2015, 12 de enero de 2016	<b>Calypso</b> 0.15 L/ha <b>PalGus</b> 0.075 L/ha <b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha <b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha <b>Akiko</b> 0.5 L/ha	<b>Finale® Ultra 280 SL</b> (700 g.i.a. de glufosinato de amonio): aplicación el 28 de septiembre de 2015	2.5 L/ha

- a. Las especies de maleza presentes en la parcela experimental fueron; quelite, *Amaranthus spinosus* L.; amargoso, *Parthenium hysterophorus* L.; zacate cola de zorra, *Leptochloa filiformis* (Lam.) Beauv.; zacate lagunero, *Echinochloa colona* (L.) Link y verdolaga, *Portulaca oleracea* L.; las cuales fueron controladas en un 100% con la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio (Faena® Fuerte 360 a 4.0 L/ha y Finale® Ultra 280 SL a 2.5 L/ha) hasta los 28 días después de la aplicación, para ambos tratamientos GL. Con lo anterior se pudo concluir que la tecnología GlyTol® LibertyLink® representó una alternativa viable en el control de maleza en el cultivo de algodón en la región agrícola de Altamira.
- b. Se consideró que las especies de maleza encontradas en la parcela experimental fueron representativas de la región agrícola por encontrarse espacial y temporalmente asociadas al cultivo de algodón, lo anterior en relación con las especies de maleza de mayor importancia que se presentan en Tamaulipas.
- c. No se presentaron daños fitotóxicos en el algodón GlyTol® LibertyLink® debidos a la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, con lo cual, se confirmó la tolerancia del algodón GL a las aplicaciones totales de dichos herbicidas.
- d. Bajo las condiciones de este experimento, el algodón GL representó una buena alternativa para el manejo integrado de la maleza en el cultivo de algodón en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.



## vi.2. Evaluación de riesgos potenciales a las interacciones ecológicas de la tecnología.

Para la evaluación de riesgos potenciales a las interacciones ecológicas de la tecnología se presenta a continuación los estudios realizados en el sur de Tamaulipas. La hipótesis con la que se planteó estos estudios realizados por Garzón (2014 y 2015) es que el algodón GL no ocasiona un impacto negativo en los organismos no blanco asociados al cultivo de algodón.

En los diferentes ensayos se empleó la variedad de algodón GL FM 9250 comparándola con la variedad convencional FM 989. En ambas tecnologías, para el manejo de insectos, se realizaron aplicaciones de diferentes insecticidas.

Las tecnologías que se evaluaron fueron dos: el algodón GL con una variedad específica para cada estudio. El algodón GlyTol® LibertyLink® confiere tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio mediante la expresión de las proteínas PAT de *Streptomyces hygroscopicus* y 2mepsps del maíz, permitiendo el uso de dos mecanismos de acción herbicida para un manejo más eficiente de la maleza en el cultivo de algodón. Por otro lado, la variedad convencional fue la FM 989, en la cual se empleó un manejo convencional de para control de insectos plaga y malezas en cualquiera de los estudios realizados.

Los detalles, resultados y conclusiones específicos a cada uno se muestran a continuación.

### Evaluación de riesgos potenciales a las interacciones ecológicas de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

Para este estudio, los tratamientos evaluados fueron los siguientes que se muestran en el siguiente [cuadro 14](#):

**Cuadro 10.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 4 deshierbes con 40 jornales por hectárea, 10 y 29 de septiembre, 14 de octubre y 26 de noviembre de 2014.	---





No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
2	GL-1	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p><b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	4 L/ha
3	GL-2	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<p><b>Finale® Ultra 280 SL</b> (800 g.i.a. de glufosinato de amonio): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.</p>	2. L/ha

Como conclusiones de estos resultados, se presentan las siguientes:

1. Existió poca diversidad de especies de artrópodos (plagas y benéficos) en el cultivo de algodón, sin observarse un comportamiento diferente de las mismas entre la variedad de algodón FM 989 y la variedad FM 9250 con tecnología GlyTol® LibertyLink®. Por lo tanto, con la información obtenida, se puede concluir que se ha manejado de manera óptima la generación de un posible riesgo para dichos organismos puesto que las poblaciones monitoreadas no se vieron afectadas por estar en contacto con el cultivo GM.
2. No se detectaron diferencias significativas en el índice de diversidad de grupos o especies de Shannon, ni en el índice de riqueza de especies de Margalef entre los tratamientos de algodón evaluados, lo cual indica que el algodón con tecnología GlyTol® LibertyLink® no ocasiona un diferencial en el comportamiento de las especies de artrópodos en este cultivo.

**Evaluación de riesgos potenciales a las interacciones ecológicas y otros riesgos de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en la región ecológica “Planicie Costera con selva baja espinosa” (Altamira, Tamaulipas), durante el ciclo agrícola PV-2015.**

Se evaluaron tres tratamientos de manejo de maleza, el algodón GL-1, GL-2 y la variedad convencional (cuadro 15).



**Cuadro 11.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y el 05 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016.</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 2 deshierbes con 20 jornales por hectárea (28 de septiembre y 09 de noviembre de 2015).	---
2	GL-1	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y el 05 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016.</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): aplicación el 28 de septiembre de 2015.	4.0 L/ha
3	GL-2	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y el 05 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016.</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	<b>Finale® Ultra 280 SL</b> (700 g.i.a. de glufosinato de amonio): aplicación el 28 de septiembre de 2015.	2.5 L/ha

- a) Existió una pobre diversidad de especies de artrópodos (plagas y benéficos) en el cultivo de algodón, esto posiblemente al control de plagas que se realizó en los tratamientos. No se observó un comportamiento diferente entre la variedad de algodón FM 989 y la variedad FM 9250 con tecnología GlyTol® LibertyLink®, respecto a la comunidad de insectos asociados



en la parcela experimental. Por lo que la información obtenida muestra que se ha manejado de manera óptima la generación de un posible riesgo para dichos organismos puesto que las poblaciones monitoreadas no se vieron afectadas por estar en contacto con el cultivo GM.

- b) No se detectaron diferencias significativas en el índice de diversidad de grupos o especies de Shannon, ni en el índice de riqueza de especies de Margalef entre las variedades de algodón evaluadas, lo cual indica que el algodón con tecnología GlyTol® LibertyLink® no ocasiona un diferencial en el comportamiento de las especies de artrópodos en este cultivo.
- c) El porcentaje de entrecruzamiento entre el algodón con tecnología GlyTol® LibertyLink® y la variedad convencional (FM 989) fue de 0% en una distancia entre 0 a 18 metros, por lo que el riesgo de entrecruzamiento del algodón GM resistente a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio es mínimo en la región ecológica "Planicie Costera con selva baja espinosa", además se mantuvo por debajo del 0.01% considerado como el límite confianza de 99% según Remund *et al.* (2001).

#### 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 pesticidas de 18 a una por temporada en el cultivo de algodón. Al mismo tiempo, el uso de semillas genéticamente modificadas aumentó los rendimientos de 3,7 a 7,7 pacas de algodón por hectárea. En México, las estimaciones totales de producción y cosecha de algodón en 2015/16 fueron de 0,9 millones de pacas en una superficie cosechada de 130,000 hectáreas (SAGARPA, 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. En resumen, las siembras de cultivos biotecnológicos (soya y algodón) en México disminuyeron un 28%, pasando de 141.000 hectáreas en 2015 a 101.000 hectáreas en 2016. La reducción de la siembra de algodón total se debió a los bajos precios del algodón.

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 16](#)).



**Cuadro 12.** Hectárea de cultivos biotecnológicos en México, 2016.

Cultivo	Area (millones de has)	
	2015	2016
<b>Soya</b>		
Total de cultivo sembrado	0.188	0.211
HT	0.018	0.004
Total de Cultivo biotecnológico sembrado	0.18	0.004
<b>Algodón</b>		
Total de cultivo sembrado	0.128	0.099
HT	0.005	0.004
IR/HT	0.118	0.093
Total de Cultivo biotecnológico sembrado	0.123	0.097
<b>Total México</b>		
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: ISSA, 2016

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 herbicida. De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), durante el ciclo 2015 se sembró un total de 133,575.74 ha de algodón, destacando los Estados de Chihuahua y Baja California.

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

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, 2012) 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).

Como prueba de la seguridad para el consumo humano, animal y para su liberación al ambiente, en los cuadros 17, 18 y 19 se muestra un resumen de las aprobaciones regulatorias para los eventos LibertyLink®, GlyTol® y el apilado GlyTol® LibertyLink®, las cuales han sido otorgadas por agencias de varios países.

**Cuadro 13.** Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 (GlyTol®): 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 14.** 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 15.** Resumen de aprobaciones regulatorias para el evento BCS-GH002-5 x ACS-GH001-3 (GlyTol® 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 GlyTol®

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.

A continuación se describen los estudios realizados en el sur de Tamaulipas durante los años 2014 y 2015. Estos como parte de lo requerido en los permisos de liberación al ambiente 055\_2013 y 019\_2014.

En específico, uno de los principales beneficios del uso del algodón GlyTol® LibertyLink® es la disminución de la contaminación del suelo y mantos freáticos al reducir el uso de herbicidas residuales.

Sin embargo, con la introducción de los cultivos genéticamente modificados con tolerancia a herbicidas a nuestros sistemas agrícolas, se han generado una serie de inquietudes sobre el posible impacto que esta nueva tecnología pueda ejercer sobre la sanidad vegetal y el medio ambiente, por lo que es importante realizar un análisis comparativo entre el algodón GL y convencional, para aclarar cualquier cuestionamiento derivado de su uso. La hipótesis que plantean el en siguiente estudio es que el beneficio económico y ambiental por el uso del algodón GL es mayor que cuando se utiliza algodón convencional.

Las tecnologías que se evaluaron fueron dos: el algodón GL con una variedad específica para cada estudio. El algodón GlyTol® LibertyLink® confiere tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio mediante la expresión de las proteínas PAT de *Streptomyces hygroscopicus* y 2mepsps del maíz, permitiendo el uso de dos mecanismos de acción herbicida para un manejo más eficiente de la maleza en el cultivo de algodón. El algodón GlyTol® LibertyLink® puede requerir aplicaciones de insecticidas para el control de insectos plaga, por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo para determinar si es necesaria la aplicación de insecticidas para asegurar el nivel de control deseado. Por otro lado, la variedad convencional fue la FM 989, en la cual se empleó un manejo convencional de para control de insectos plaga y malezas en cualquiera de los estudios realizados.

La metodología utilizada es con base en un balance costo-beneficio, comparando los sistemas productivos del algodón GL contra el algodón convencional, para abordar tanto un costo-beneficio económico como un costo-beneficio ambiental.





Respecto al enfoque ambiental, éste se midió utilizando 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).

De tal forma, los dos estudios que a continuación se describen, y que fueron realizados en 2014 y 2015, dan respuesta a las condicionantes y/o requerimientos de los permisos 055\_2013 y 019\_2014, en material de impacto ambiental.

### Evaluación del costo-beneficio de la tecnología GlyTol® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en Altamira, Tamaulipas durante el ciclo agrícola PV-2014.

Durante el desarrollo de este estudio se realizó la comparación de algodón con la tecnología GlyTol® LibertyLink®, evaluando dos tratamientos para el control de maleza ([cuadro 20](#)).

**Cuadro 16.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 4 deshiebres con 40 jornales por hectárea, 10 y 29 de septiembre, 14 de octubre y 26 de noviembre de 2014.	---
2	GL-1	<p><b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014.</p> <p><b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.</p>	<p><b>Karate</b> 0.5 L/ha</p> <p><b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de glifosato): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.	4 L/ha
3	GL-2	<b>Karate</b> (25 g.i.a. de lambda	<b>Karate</b>	<b>Finale® Ultra 280 SL</b>	2.5 L/ha





No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
		cyhalotrina): una aplicación el 13 de octubre de 2014. <b>Regent 200SC</b> (60 g.i.a. de fipronil): cuatro aplicaciones el 13 y 28 de octubre, 28 de noviembre y 1 de diciembre de 2014. <b>Regent 4SC</b> (72 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 04,08 y 25 de noviembre de 2014. <b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 04, 11 y 26 de diciembre de 2012.	0.5 L/ha <b>Regent 200SC</b> 0.3 L/ha <b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha <b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha	(800 g.i.a. de glufosinato de amonio): una aplicación el 09 de septiembre de 2014.	

Se evaluó el balance costo-beneficio comparando los sistemas productivos de los tratamientos GL y el convencional, para lo cual se realizó un análisis comparativo del manejo del cultivo de algodón, insumos (costo de semilla convencional y biotecnológica, agroquímicos aplicados, fertilizantes y costos de aplicación), rendimiento del cultivo y costo del manejo de plagas. El rendimiento de algodón hueso se estimó con base en la cosecha de 2 dos surcos de 10 m de largo, estimando 0.76 m entre estos, de cada parcela útil (15.2 m<sup>2</sup>) y para estimar el rendimiento de algodón de fibra, se tomó como referencia el porcentaje de fibra de una muestra de 20 capullos por cada tratamiento que fueron pesados y despepitados individualmente.

En el [cuadro 21](#) se encuentran los costos de producción del algodón GL-1, GL-2 y convencional; los costos de los tratamientos GL fueron menores en comparación con el costo del algodón convencional (\$14,222.80, \$14,602.80 y \$18,741), debido a que en este último, el control de la maleza se realizó de manera manual, lo cual representa una diferencia con los tratamientos GL-1 y GL-2 de más de \$4,000.00. Entre los tratamientos GL hubo una mínima diferencia de \$380.00, en cuanto al valor de los herbicidas, siendo más costoso el tratamiento con glufosinato de amonio.

**Cuadro 17.** Costo de producción/ha del cultivo del algodón GL-1, GL-2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

Actividad o producto	Costo/ha		
	GL-1	GL-2	Convencional
<b>Preparacion del terreno</b>			
Barbecho	\$900.00	\$900.00	\$900.00
Rastreo	\$450.00	\$450.00	\$405.00
Surcado	\$350.00	\$350.00	\$350.00
Semilla	\$1,136.80	\$1,136.80	\$600.00
Siembra	\$350.00	\$350.00	\$350.00
Cultivos	\$700.00	\$700.00	\$700.00
<b>Fertilización</b>			
Maxi-grow exel	\$231.30	\$231.30	\$231.30
Bayfolan Forte	\$426.00	\$426.00	\$426.00
Aplicaciones (5)	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>Deshierbes</b>			



Actividad o producto	Costo/ha		
	GL-1	GL-2	Convencional
Glifosato	\$420.00	\$0.00	\$0.00
Glufosinato de amonio	\$0.00	\$800.00	\$0.00
Aplicaciones	\$200.00	\$200.00	\$0.00
Manual	\$0.00	\$0.00	\$5,200.00
<b>Insecticidas</b>			
Karate, 0.5 L/ha	\$0.00	\$0.00	\$320.00
Regent 200, 0.3 L/ha	\$2,464.00	\$2,464.00	\$2,464.00
Regent 4 SC, 0.15 L/ha	\$743.70	\$743.70	\$743.70
Maltion 1000, 1.5 L/ha	\$801.00	\$801.00	\$801.00
Aplicaciones	\$1,600.00	\$1,600.00	\$1,800.00
<b>Cosecha</b>			
Defoliantes	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Aplicación	\$200.00	\$200.00	\$200.00
Pizca mecánica	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
Acarreo	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Desvare	\$350.00	\$350.00	\$350.00
<b>Total</b>	<b>\$14,222.80</b>	<b>\$14,602.80</b>	<b>\$18,741</b>

En lo que se refiere a la relación beneficio/costo, se presentó una diferencia a favor del tratamiento GL-1 con una relación B/C de 1.07, en comparación con el tratamiento GL-2 con 0.99 y el convencional con 0.87 (cuadro 22), estos dos últimos valores, al ser menores a 1, se consideran como negativos, lo anterior debido a que el costo de producción fue mayor que la ganancia total.

**Cuadro 18.** Estimación de la relación costo/beneficio del cultivo del algodón GL1, GL2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

Tecnología	Rendimiento fibra (kg/ha)	Valor de la fibra (\$/t)	Valor total (\$/ha)	Costo de producción/ha	Relación B/C
Convencional	752	\$ 21,586.81	\$16 233.28	\$18 741	0.87
GL-1	704.3	\$ 21,586.81	\$15 203.59	\$14 222.80	1.07
GL-2	670.8	\$ 21,586.81	\$14 480.43	\$14 602.80	0.99

### Costo - beneficio ambiental

Se analizaron los beneficios de la adopción de la tecnología, considerando el impacto ambiental (EIQ) por cada plaguicida empleado. Los EIQ se calcularon de acuerdo a su porcentaje de concentración y dosis utilizando el programa de Manejo Integrado de Plagas de la universidad New York State (Integrated Pest Management, 2014). En general las tecnologías presentaron valores de EIQ similares entre sí con índices muy elevados en los tres casos: GL-1 con un EIQ de 150.49, GL-2 con 141.03 y el convencional con 138.41. Esto se explica por el empleo de seis aplicaciones de uno de los insecticidas que fue el Regent 200 y 4 C, cuyos



valores de impacto ambiental son considerablemente elevados (88.25), así como el empleo del Malathión que, si bien son valores más reducidos, las dosis elevadas y el número de aplicaciones (3), arrojaron también números elevados ([cuadro 23](#)); sin embargo, en todos los casos estos índices fueron similares puesto que el manejo de plagas no blanco requirió de la aplicación de insecticidas para su control ya que se alcanzaron los umbrales económicos.

**Cuadro 19.** Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en dos sistemas de manejo de algodón GL y el convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2014.

Plaguicida	No. de aplicaciones	EIQ	%IA	Dosis l/ha	EIQ de campo
<b>Convencional</b>					
Karate	1	44.17	44.17	0.5	9.75
Regent 200	4	88.25	22	0.3	23.3
Regent 4 SC	3	88.25	39.3	0.15	15.6
Malathión 1000	3	23.83	83.7	1.5	89.76
<b>Total</b>					<b>138.41</b>
<b>GL-1</b>					
Regent 200	4	88.25	22	0.3	23.3
Regent 4 SC	3	88.25	39.3	0.15	15.6
Malathión 1000	3	23.83	83.7	1.5	89.76
Glifosato	1	15.33	35.6	4	21.83
<b>Total</b>					<b>150.49</b>
<b>GL2</b>					
Regent 200	4	88.25	22	0.3	23.3
Regent 4 SC	3	88.25	39.3	0.15	15.6
Malathión 1000	3	23.83	83.7	1.5	89.76
Glufosinato	1	20.2	24.5	2.5	12.37
<b>Total</b>					<b>141.03</b>

Las conclusiones son las siguientes,

- a. El tratamiento convencional con la variedad de algodón FM 989 superó con 6.3% y 10% el rendimiento en los tratamientos GL-1 y GL-2, respectivamente, sin embargo, los costos de producción del tratamiento convencional fueron mayores a los de la tecnología con una diferencia mayor de \$ 4,000 dejando una ganancia casi nula. De acuerdo con el análisis costo-beneficio el tratamiento que no generó pérdidas fue el GL-1 con un valor de costo-beneficio de 1.07.
- b. Dentro del análisis con enfoque ambiental, los valores del EIQ fueron similares en todos los tratamientos, registrándose un valor ligeramente menor en el tratamiento convencional (138.41) puesto que se realizó un manejo manual de la maleza; mientras que en los tratamientos GL se obtuvieron valores de 150.49 cuando se utilizó Faena® Fuerte y 141.03 con el uso de Finale® Ultra.



- c. Al realizar un ejercicio teórico de comparación entre el uso del algodón biotecnológico y el algodón convencional, se pudo observar que el cálculo del índice de impacto ambiental (EIQ) es una herramienta muy útil para la elección de una tecnología en campo que sea amigable con el medio ambiente, puesto que se evalúan los factores de toxicidad tanto en suelo como en medio acuático y, debido a sus características y el modo en que se utilizan, se puede inferir cuáles serían los más perjudiciales para el medio ambiente.
- d. Otro de los beneficios que tiene el uso de cultivos biotecnológicos es que si existiera una mayor penetración de la tecnología GM se tendrían menores emisiones de gases de efecto invernadero, así mismo una mayor rentabilidad para los productores de la región agrícola del sur de Tamaulipas en cuanto a los gastos de inversión y los ingresos finales.

**Evaluación del costo-beneficio económico y ambiental de la tecnología GlyToI® LibertyLink® en algodón en etapa experimental en la región ecológica “Planicie Costera con selva baja espinosa” (Altamira, Tamaulipas), durante el ciclo agrícola PV-2015.**

Durante el desarrollo de este estudio se realizó la comparación de algodón con la tecnología GlyToI® LibertyLink®, evaluando dos tratamientos para el control de maleza ([cuadro 24](#)).

**Cuadro 20.** Tratamientos evaluados en el ensayo experimental ubicado en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
1	Algodón convencional (FM 989)	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y 05 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015.</p> <p><b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015.</p> <p><b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016.</p> <p><b>Akito</b> (100 g.i.a. de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>PalGus</b> 0.075 L/ha</p> <p><b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha</p> <p><b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha</p> <p><b>Akiko</b> 0.5 L/ha</p>	El manejo de la maleza se realizó mediante deshierbe manual: 2 deshierbes con 20 jornales por hectárea (28 de septiembre y 09 de noviembre de 2015).	---
2	GL-1	<p><b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y el 05 y 17</p>	<p><b>Calypso</b> 0.15 L/ha</p>	<b>Faena® Fuerte</b> (1,452 g.i.a. de	4.0 L/ha



No.	Tecnología	Manejo de plagas	Dosis de insecticida (l/ha)	Manejo de maleza	Dosis de herbicida (l/ha)
		de noviembre de 2015. <b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015. <b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015. <b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016. <b>Akito</b> (100 g.i.a. de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.	<b>PalGus</b> 0.075 L/ha <b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha <b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha <b>Akiko</b> 0.5 L/ha	glifosato): aplicación el 28 de septiembre de 2015.	
3	GL-2	<b>Calypso</b> (480 g.i.a. de thiacloprid): cuatro aplicaciones el 16 y 29 de octubre y el 05 y 17 de noviembre de 2015. <b>PalGus</b> (60 g.i.a. de spinetoram) una aplicación el 08 de octubre de 2015. <b>Regent 4SC</b> (480 g.i.a. de fipronil): tres aplicaciones el 03, 10 y 17 de noviembre de 2015. <b>Malation 1000</b> (1000 g.i.a. de malation): tres aplicaciones el 11 y 28 de diciembre de 2015 y el 12 de enero de 2016. <b>Akito</b> (100 g.i.a. de betacipermetrina): cuatro aplicaciones el 07 y 18 de diciembre de 2015 y 12 de enero de 2016.	<b>Calypso</b> 0.15 L/ha <b>PalGus</b> 0.075 L/ha <b>Regent 4SC</b> 0.15 L/ha <b>Malation 1000</b> 1.5 L/ha <b>Akiko</b> 0.5 L/ha	<b>Finale<sup>®</sup> Ultra 280 SL</b> (700 g.i.a. de glufosinato de amonio): aplicación el 28 de septiembre de 2015.	2.5 L/ha

Se evaluó el balance costo-beneficio comparando los sistemas productivos de los tratamientos GL y el convencional, para lo cual, se realizó un análisis comparativo del manejo del cultivo de algodón, insumos (costo de semilla convencional y biotecnológica, agroquímicos aplicados, fertilizantes y costos de aplicación), rendimiento del cultivo y costo del manejo de plagas. Para estimar rendimiento de algodón hueso se cosecharon cuatro surcos de 10 m de largo, estimando 0.76 m entre estos y se tomó una muestra de 2 kg de cada parcela experimental (64 m<sup>2</sup>); para estimar el rendimiento de fibra se tomó como referencia el porcentaje de fibra de una muestra de 40 capullos por cada tratamiento que fueron pesados y despepitados individualmente.

En el [cuadro 25](#) se encuentran los costos de producción del algodón GL-1, GL-2 y convencional; los costos de los tratamientos GL fueron menores en comparación con el costo del algodón convencional (\$14,579.10, \$14,959.10 y \$16,022.30), debido a que en este último, el control de la maleza se realizó de manera manual, lo cual representa una diferencia con los tratamientos GL-1 y GL-2 de más de \$1,400.00. Entre los tratamientos GL hubo una mínima diferencia de \$380.00, en cuanto al valor de los herbicidas, siendo más costoso el tratamiento con glufosinato de amonio.



**Cuadro 21.** Costo de producción/ha del cultivo del algodón GL con aplicación de glifosato y glufosinato de amonio en comparación con el algodón convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

Actividad o producto	Cantidad/ha	Costo/ha		
		GL-1	GL-2	Convencional
<b>Preparación del terreno</b>				
Barbecho	1	\$900.00	\$900.00	\$900.00
Rastreo	2	\$450.00	\$450.00	\$450.00
Surcado	1	\$350.00	\$350.00	\$350.00
Semilla	12 kg	\$1,136.80	\$1,136.80	\$600.00
Siembra	12	\$350.00	\$350.00	\$350.00
Cultivos		\$700.00	\$700.00	\$700.00
<b>Deshierbes</b>				
Glifosato 3 L/ha	1	\$420.00	\$0.00	\$0.00
Glufosinato de amonio 2 L/ha	1	\$0.00	\$800.00	\$0.00
Aplicaciones	1	\$200.00	\$200.00	\$0.00
Control manual (20 jornales)	2	\$0.00	\$0.00	\$2,600.00
<b>Insecticidas</b>				
Calypso, 0.15 L/ha	4	\$681.60	\$681.60	\$681.60
PalGus, 0.075 L/ha	1	\$135.75	\$135.75	\$135.75
Regent 4SC, 0.15 L/ha	3	\$1,212.30	\$1,212.30	\$1,212.30
Malation 1000, 1.5 L/ha	1	\$163.50	\$163.50	\$163.50
Akito, 0.5L/ha	4	\$1,012.00	\$1,012.00	\$1,012.00
Aplicaciones	13	\$3,205.15	\$3,205.15	\$3,205.15
<b>Cosecha</b>				
Defoliantes, Def 2.0 L + Drop 0.35 L/ha	1	\$212.00	\$212.00	\$212.00
Aplicación	1	\$200.00	\$200.00	\$200.00
Pizca mecánica	1	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
Acarreo	1	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Desvare	1	\$350.00	\$350.00	\$350.00
<b>Total</b>		<b>\$14,579.10</b>	<b>\$14,959.10</b>	<b>\$16,022.3</b>

En lo que se refiere a la relación costo/beneficio, se presentó una diferencia mínima a favor del tratamiento GL donde se aplicó el herbicida glifosato con una relación C/B de 1.04; en comparación con el tratamiento GL con aplicación de glufosinato de amonio (1.01) y el convencional (0.97), como se muestra en el [cuadro 26](#). Estos resultados se debieron al bajo rendimiento de algodón en hueso en los tratamientos GL.





**Cuadro 22.** Estimación de la relación costo/beneficio del cultivo del algodón GL1, GL2 y convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

Tecnología	Rendimiento hueso (kg/ha)	Rendimiento fibra (kg/ha)	Valor de la fibra (\$/t)	Valor total (\$/ha)	Costo de producción/ha	Relación C/B
Convencional	1,738.1	752.0	\$21,589.00	\$16,234.93	\$16,022.30	1.01
GL-1	1,056.4	704.3	\$21,589.00	\$15,205.13	\$14,579.10	1.04
GL-2	1,402.6	670.8	\$21,589.00	\$14,481.90	\$14,959.10	0.97

### Costo - beneficio ambiental

Se analizaron los beneficios de la adopción de la tecnología, considerando el impacto ambiental (EIQ) por cada plaguicida empleado. Los EIQ se calcularon de acuerdo a su porcentaje de concentración y dosis utilizando el programa de Manejo Integrado de Plagas de la universidad New York State (Integrated Pest Management, 2014). En general las tecnologías presentaron valores de EIQ variables entre sí: GL-1 con un EIQ de 82.466, GL-2 con 73.009 y el convencional con 60.637. Esto se explica por el empleo de cinco insecticidas para el control de plagas en algodónero, por consiguiente se elevó el impacto ambiental en las tecnologías evaluadas (cuadro 27).

**Cuadro 23.** Índices de impacto ambiental (EIQ) de plaguicidas en los sistemas de manejo de algodón GL y el convencional en Altamira, Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2015.

Plaguicida	No. de aplicaciones	EIQ de tablas	%IA	Dosis l/ha	EIQ de campo
<b>Convencional</b>					
Palgus (spinetoram)	1	27.78	5.87	0.075	0.0122
Calypso (thiacloprid)	4	31.33	40.4	0.15	7.594
Regent 4SC (fipronil)	3	88.2	39.3	0.15	15.598
Malation 1000 (malation)	1	23.8	83.8	1.5	29.916
Akito (betacipermetrina)	4	36.35	10.34	0.5	7.517
<b>Total</b>					<b>60.637</b>
<b>GL-1</b>					
Palgus (spinetoram)	1	27.78	5.87	0.075	0.0122
Calypso (thiacloprid)	4	31.33	40.4	0.15	7.594
Regent 4SC (fipronil)	3	88.2	39.3	0.15	15.598
Malation 1000 (malation)	1	23.8	83.8	1.5	29.916
Akito (betacipermetrina)	4	36.35	10.34	0.5	7.517
Glifosato	1	15.33	35.6	4.0	21.829
<b>Total</b>					<b>82.466</b>
<b>GL2</b>					
Palgus (spinetoram)	1	27.78	5.87	0.075	0.0122
Calypso (thiacloprid)	4	31.33	40.4	0.15	7.594
Regent 4SC (fipronil)	3	88.20	39.3	0.15	15.598
Malation 1000 (malation)	1	23.8	83.8	1.5	29.916



Plaguicida	No. de aplicaciones	EIQ de tablas	%IA	Dosis l/ha	EIQ de campo
Akito (betacipermetrina)	4	36.35	10.34	0.5	7.517
Glufosinato de amonio	1	20.20	24.5	2.5	12.372
<b>Total</b>					<b>73.009</b>

Las conclusiones son las siguientes,

- a. Derivado de la evaluación de los costos de producción y la relación costo-beneficio, el algodón con la tecnología GlyTol® LibertyLink® podría representar una buena alternativa para el manejo de maleza, además de un beneficio económico en zona algodонера de Altamira, Tamaulipas cuando se libere de manera comercial.
- b. El cálculo del EIQ resultó una herramienta útil para la elección de una estrategia óptima para el manejo y control de malezas y plagas en campo.
- c. El uso de los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio en el algodón GL aumentó el valor del EIQ de campo en comparación al manejo por deshierbe en el algodón convencional, sin embargo, si se utilizaran herbicidas en este caso, diferentes al glifosato y glufosinato de amonio, el EIQ en el tratamiento convencional aumentaría.
- d. El uso del algodón biotecnológico tiene un aporte benéfico al medio ambiente, el cual, se ve reflejado en el menor número de aplicaciones utilizadas y en el uso de productos, como son el glifosato y el glufosinato de amonio, que si bien puede coincidir a nivel toxicológico con los utilizados, son aplicados en menor cantidad y, además, por sus características, tienden a biodegradarse de forma fácil y completa en el suelo.

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

Las referencias propiedad de Bayer se encuentran en la versión confidencial de la solicitud. Las otras referencias de dominio público están incluidas dentro del texto de este documento.

### III. CANTIDAD DEL OGM A LIBERAR

La superficie solicitada y la cantidad de semilla a sembrar se describen a continuación:

Superficie solicitada	Densidad de siembra	Cantidad de semilla solicitada
350 ha	17 kg/ha	5,950 kg

La liberación del algodón GlyTo<sup>®</sup> LibertyLink<sup>®</sup> 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: “Santuario Playa de Rancho Nuevo y Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa”. Se detalla el protocolo de los estudios planeados a realizarse durante la liberación al ambiente en programa piloto, incluyendo los objetivos y la metodología a utilizar.

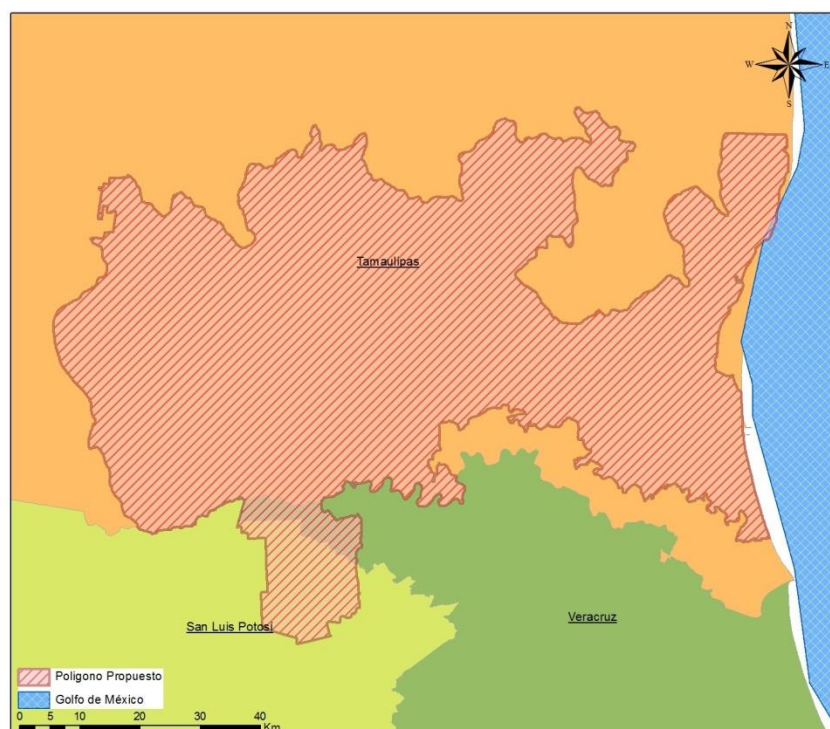


Figura 4. Polígono de liberación en el sur del estado de Tamaulipas.



#### IV. CONDICIONES DE MANEJO QUE SE DARÁN AL OGM

Bayer de México 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 y almacenaje de la semilla.**

La importación de la semilla se realizará siguiendo el procedimiento establecido en el documento **Importación de semilla** en donde se describe la metodología, evaluación y los controles del proceso de importación.

Una vez que se cuenta con el permiso de liberación al ambiente correspondiente, se consulta el “Modulo de Requisitos Fitosanitarios” (<http://www.senasica.gob.mx/?id=5145>) y se imprimen las “Medidas Fitosanitarias de Importación” 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 de acuerdo al registro **Plan de importación**. Una vez iniciadas las importaciones se hace un monitoreo de las cantidades y lotes a través del registro **Variedades por número de lote**.

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 SAP.

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 de rigor y la establecida en la MFI.

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. En caso de ser necesario se utilizarán las aduanas de Nuevo Laredo, Matamoros y Reynosa en Tamaulipas o Mexicali, B.C. y 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 Bayer de México, cuya dirección y contacto es:

Contacto: Lic. Elizabeth Rincón  
C& E Agentes Aduanales, S.A. de C.V.  
Paseo Triunfo de la Republica 2416-9; Col. Partido Escobedo.Cd. Juárez, Chihuahua  
Tel. (656) 613 8300

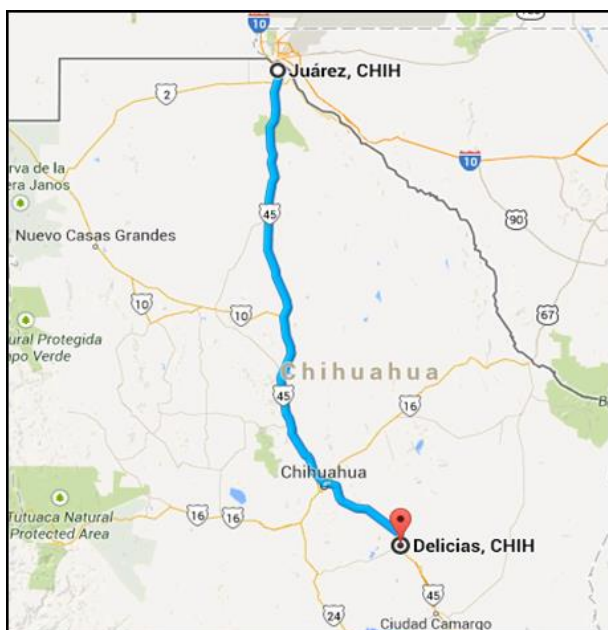
El Departamento de Comercio Internacional a través del Agente Aduanal contratado para tal fin, realizará la liberación de la semilla de la aduana; en caso de cualquier contratiempo o que se requiera algún tipo de aclaración, el Coordinador responsable del Dpto. de Comercio internacional lo comunicará inmediatamente a la Gerencia de Negocio y Asuntos Regulatorios, en caso de ser necesaria documentación adicional ésta será provista por la gerencia correspondiente.

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 que no hubiera posibilidad de movilizar la semilla ese mismo día, la misma será almacenada temporalmente en instalaciones aprobadas por Bayer para tal fin.
- Los documentos para la movilización serán archivados en la empresa Bayer para ser consultados por las personas autorizadas.

Una vez realizado lo anterior la semilla será transportada vía terrestre al almacén de Bayer de México ubicado en la siguiente dirección ([Figuras 5 y 6](#)):

### **Almacén en Delicias**



**Origen:** Lubbock, Estados Unidos de Norteamérica, ingresando por Puente Libre de Córdoba S/N Área de Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua  
**Destino:** Almacén Bayer,  
**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 5. Ruta de movilización de Lubbock, Texas a Delicias, Chihuahua.

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.



Figura 6. Almacén de Bayer de México ubicado en Delicias, Chihuahua.

Después de que la semillas son ingresadas a la bodega se deberá proceder a actualizar los respectivos inventarios, registrando el número de sacos que ingresan, el estado de los mismos y la persona responsable de la actividad.





Las personas autorizadas para ingresar a la bodega deberán llenar el formato de registro de entrada y salida de personal e indicar el motivo y cada vez que se realicen ingresos y salidas de semilla, se deberá actualizar en el sitio de SharePoint correspondiente indicando las cantidades que se retiran, destino y la persona que retira.

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.



Science For A Better Life

## GlyTol® LibertyLink®

BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

Miguel de Cervantes Saavedra No. 259, Col. Ampliación Granada, 11520 México, D.F., Tel. (55) 57 28 30 00  
R.F.C. BME820511SU5

### SEMILLA GENETICAMENTE MODIFICADA

SEMILLA DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.)

VARIEDAD: Indicada en la bolsa

**Tecnología:** GlyTol® 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:** Bayer CropScience USA 3223 South Loop 289, Suite 325, Lubbock, Texas, 79423, USA.

**Exportada por:** Bayer CropScience USA 3223 South Loop 289, Suite 325, Lubbock, Texas, 79423, USA.

**Importada por:** Bayer de México, S.A. de C.V.

**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), EverGol® 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 GlyToI® 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 algodónero 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.

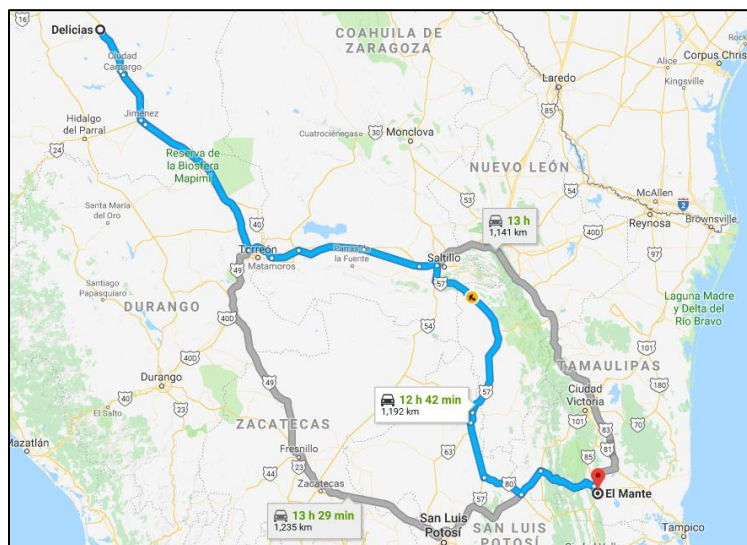
#### **Precauciones y advertencias de bioseguridad:**

- “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](mailto:libaccidentalogm.dgiaap@senasica.gob.mx). CP. 04100, Tel. +52 (55) 50903000 Ext. 51533

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 de la semilla**

La semilla saldrá del almacén sólo cuando Bayer lo autorice y será transportada vía terrestre hacia los sitios de liberación ubicados en los municipios autorizados del norte del estado de Tamaulipas ([Figura 7](#)).



**Destino:** El Mante, Gonzalez, Tamps.

**RUTA**

**Carreteras:** Mex 045, 045 D, 049, 049D, 040, 040D, 054, 057, 058, 085, 083, 081 y 080.

**Distancia:** 1,192 km

**Puntos intermedios:** Ciudad Delicias, Ciudad Camargo, Jiménez (Chihuahua), Gomez Palacio (Durango), Saltillo (Coahuila), Linares (Nuevo León) y Ciudad Victoria (Tamaulipas).

Figura 7. Ruta de movilización de Delicias, Chihuahua a Aldama, Tamaulipas.

Una vez que la semilla sea entregada al distribuidor con quien Bayer tenga un convenio vigente, se procederá a revisar el inventario de semilla y firmar de recibido si las cantidades despachadas coincide con las cantidades entregadas.

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

1. Las semillas de algodón GM serán transportadas en bolsas de papel resistentes a la manipulación, selladas para prevenir cualquier derrame desde el origen hasta las bodegas y/o sitios autorizados para la liberación al ambiente.
2. Al documentar los embarques de semilla, se harán todas las especificaciones pertinentes a la compañía transportadora para que el material sea maniobrado con cuidado y evitar rompimiento de las bolsas.
3. Los envases (bolsas) estarán claramente identificados mediante etiquetas visibles y acordes a las especificaciones establecidas en la NOM-001-SAG/BIO-2014.
4. En caso de de liberación accidental de material de algodón genéticamente modificado durante el transporte, se notificará al correo libaccidentalogm.dgiaap@senasica.gob.mx, dentro de las 24 horas siguientes que se tenga conocimiento de la misma, e informará de manera oficial en un periodo de 3 días hábiles a la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera y a la Dirección General de Sanidad Vegetal de la situación, así mismo, Bayer de México 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 sitios 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

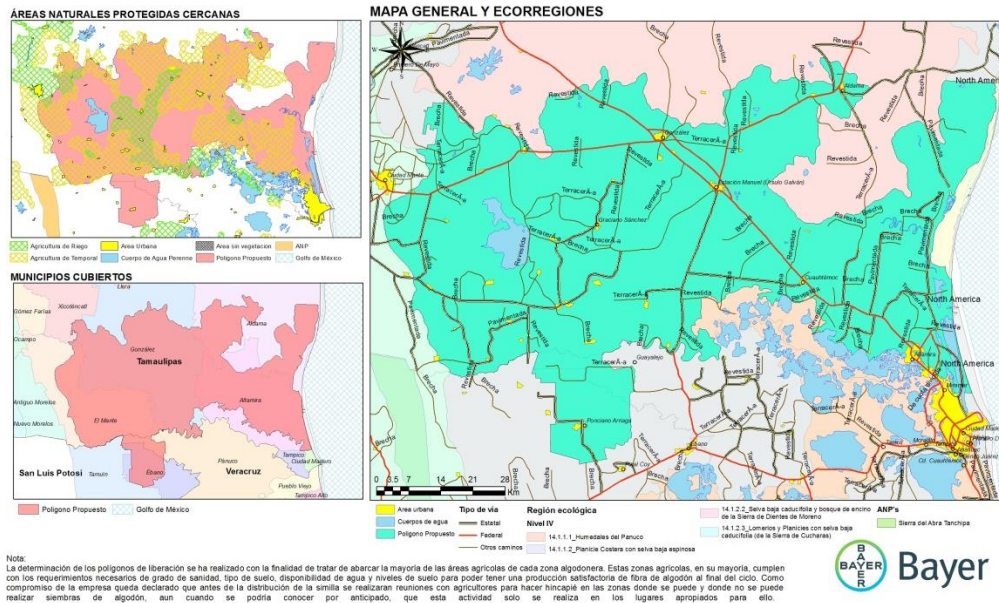
### V.a Superficie total del predio o predios donde se realizará la liberación

La superficie solicitada y la cantidad de semilla a sembrar se describen a continuación:

Superficie solicitada	Densidad de siembra	Cantidad de semilla solicitada
600 ha	17 kg/ha	10,200 kg

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

Se indican las coordenadas del polígono donde se efectuará la liberación del algodón GlyToI® LibertyLink® en la región del Sur de Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV - 2018. Adicionalmente en la **figura 8** se puede apreciar gráficamente el Polígono propuesto, el cual se encuentra también en la carpeta de Anexos de los dispositivos electrónicos.



**Figura 8.** Polígono propuesto para la liberación de algodón GlyToI® LibertyLink® en programa Piloto en la región agrícola del Sur de Tamaulipas.

### 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 realizará la liberación está ubicado en las regiones agrícolas del sur del estado de Tamaulipas.



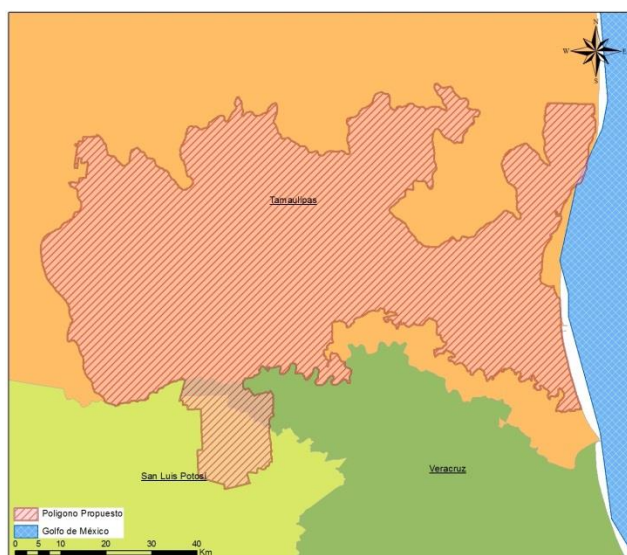


Figura 9. Ubicación del polígono propuesto para la liberación piloto en el norte de Tamaulipas.

#### 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 10).

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.

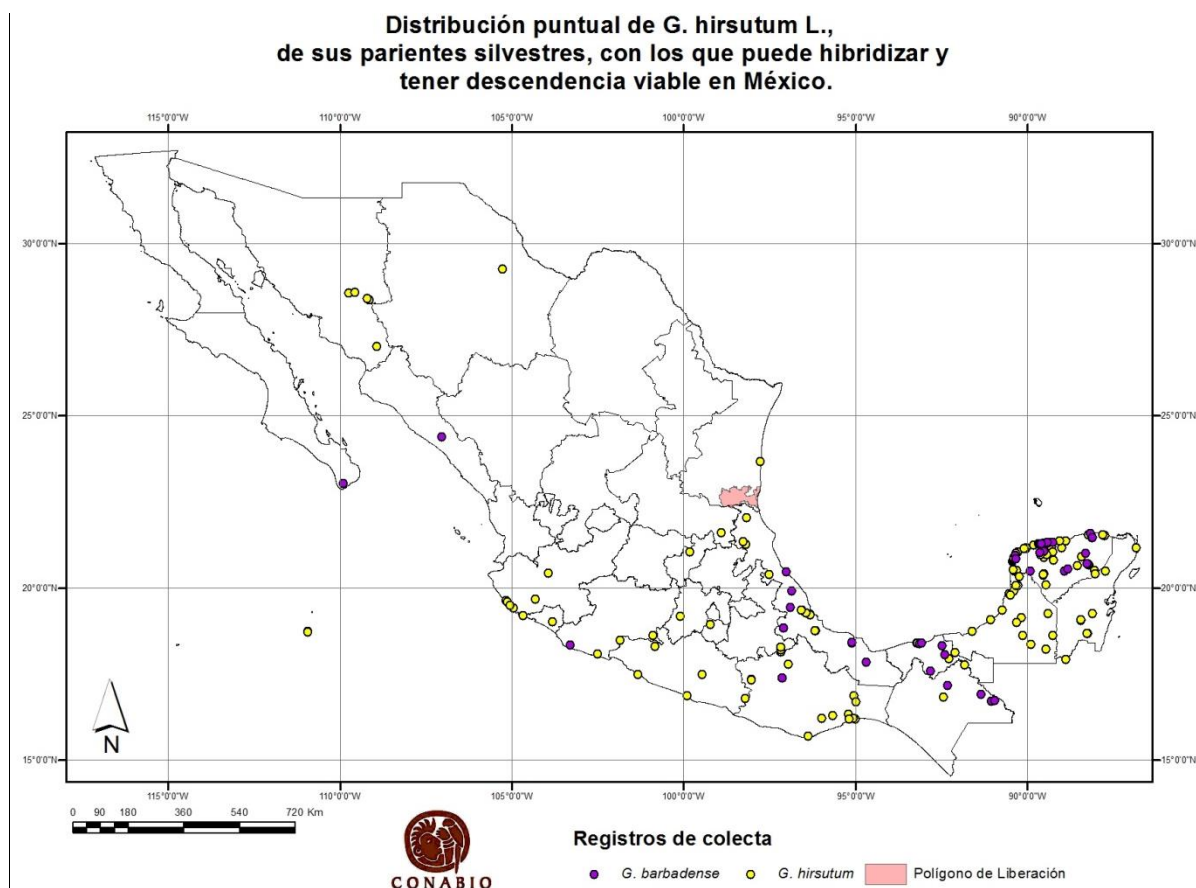


Figura 10. Distribución puntual de *Gossypium hirsutum* L.

## V.c.2 Descripción geográfica

El polígono donde se realizará la liberación está ubicado en la región algodонера del Sur del estado de Tamaulipas, que comprende los municipios de: Aldama, Altamira, El Mante, González (Tamaulipas), Ébano (San Luis Potosí) y Panuco (Veracruz). (Figura 11).

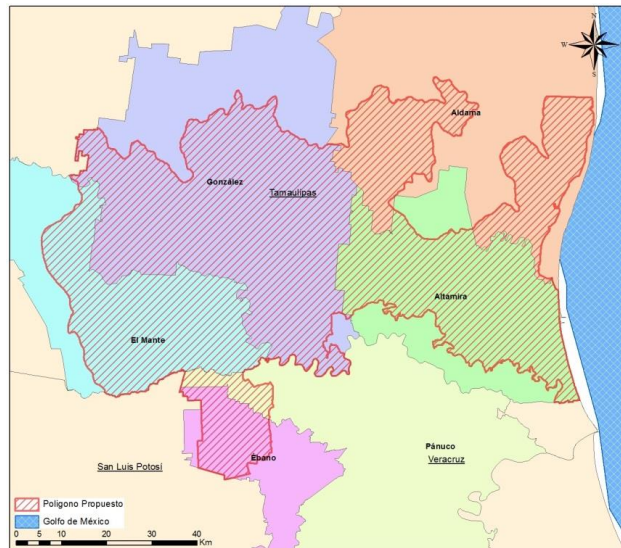


Figura 11. Municipios comprendidos dentro del polígono de liberación de algodón GL del sur de Tamaulipas.

La liberación del algodón GlyTol® LibertyLink® se hará exclusivamente dentro del polígono especificado en la solicitud, el cual se encuentra a una distancia considerable del Área Natural Protegida **Santuario Playa de Rancho Nuevo y Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa**; 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, Bayer de México, 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 Santuario Playa de Rancho Nuevo y Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y a menos de 1 km de distancia de la misma (figura 12).

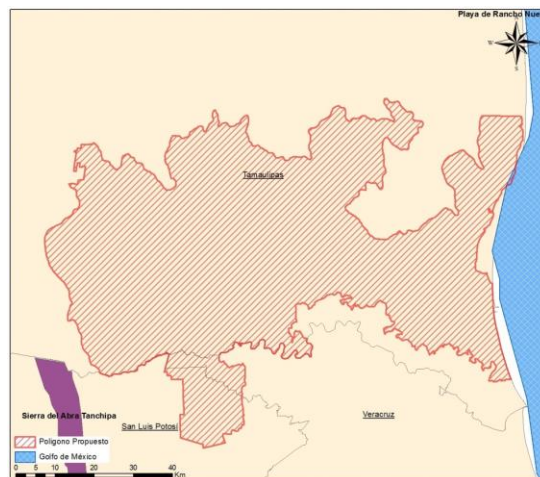


Figura 12. Área Natural Protegida adyacente al polígono de liberación del sur de Tamaulipas.

En el mapa del polígono de liberación propuesto para el sur de Tamaulipas, se resaltan las Áreas Naturales Protegidas cercanas.

### Regiones ecológicas

Los sitios de liberación en el sur del Estado de Tamaulipas se encuentra situado dentro de la ecorregión Nivel I “Selvas Calido-Secas” y comprende a su vez, cuatro ecorregiones Nivel IV, que han sido determinadas con base en criterios de topofomas, datos de vegetación primaria, límites de unidades geológicas y límites de suelos en escala 1:1 000 000 (Figura 13)

- ✓ 14.1.1.2. Planicie Costera con selva baja espinosa

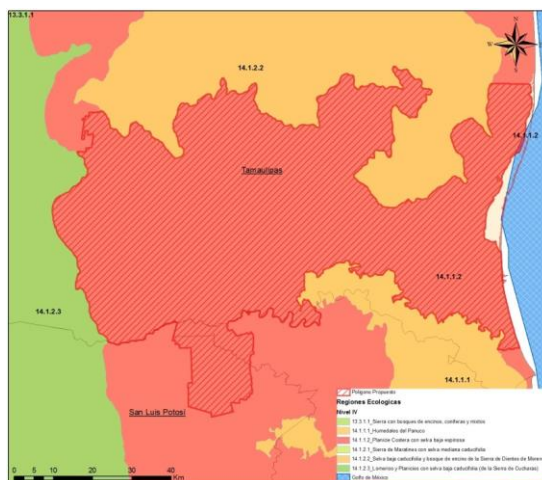


Figura 13. Ecorregiones Nivel IV presentes dentro de los polígonos de liberación propuestos.

### Sitios Ramsar

No existe traslape del polígono de liberación de Tamaulipas Sur, con los sitios Ramsar: **Sitio Ramsar No. 1596 – Laguna de Tamiahua** y **Sitio Ramsar No. 1326 - Playa Tortuguera Rancho Nuevo** (Figura 14).



Figura 14. Sitios Ramsar cercanos al polígono del Sur de Tamaulipas.

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

En la Carpeta de Anexos y Referencias contenida en los dispositivos electrónicos que acompañan esta solicitud, se presenta el polígono propuesto para la liberación. En el mapa principal de dicho anexo, 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.

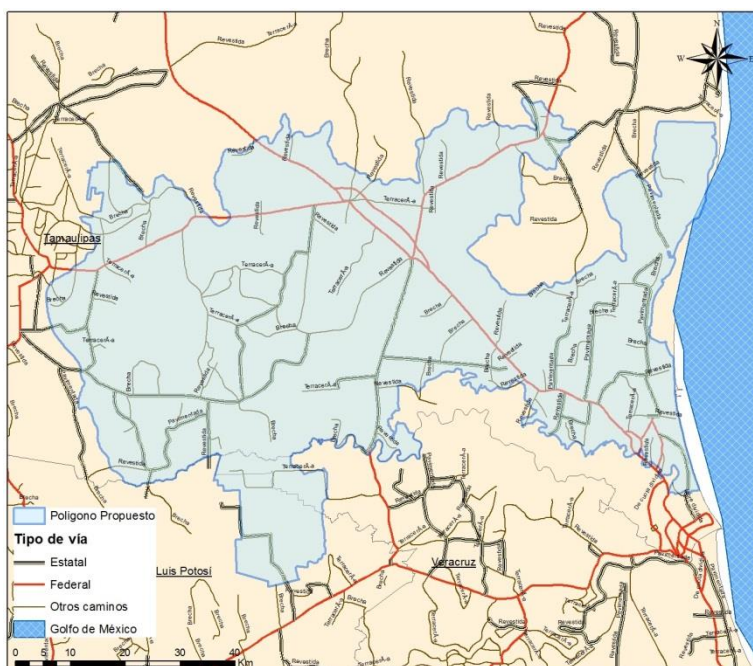


Figura 15. Ruta de carreteras dentro del polígono de liberación.

## 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 a 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 Bayer para vigilar el cumplimiento de las Medidas de Bioseguridad y condicionantes.
- Realizar una capacitación a todo el personal involucrado en el proceso de producción con el objeto de que toda persona relacionada con el cultivo conozca las posibles implicaciones, riesgos y beneficios de uso y manejo del algodón GL

#### **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**

El programa de monitoreo se realizará posterior a la cosecha en las zonas donde se siembre el algodón genéticamente modificado, dirigiendo la búsqueda a plantas de algodón voluntarias que expresen el evento GlyToI® LibertyLink® y procediendo a su destrucción. Se implementarán las siguientes medidas:

- Después de la cosecha se elegirá la mejor ruta que deba seguir el camión que transporta el producto para evitar diseminación de la semilla.
- En las zonas donde fueron sembradas las variedades con el evento GL deberá realizarse el monitoreo de voluntarias después de la cosecha.
- Se pondrá especial atención durante la temporada de lluvias, debido a las condiciones propicias para la germinación de las semillas.
- Cuando se observan plantas voluntarias éstas deberán ser destruidas antes de llegar a floración, con una aplicación dirigida de Picloram + 2,4-D o de manera manual.
- Se realizará un monitoreo de voluntarias sobre la ruta del campo al despepite, con el objetivo de buscar y eliminar las plantas que puedan establecerse debido a caída de semilla en las orillas de las carreteras.
- Se documentarán las rutas de monitoreo, número de plantas voluntarias encontradas y método de destrucción.
- Celebrar contratos con empresas despepitadoras para garantizar que la semilla cosechada no sea enajenada a terceros para ser utilizada para siembra, almacenamiento o comercialización como semilla. Los despepites podrán ser monitoreados por representantes de Bayer para asegurar que cumplan con los lineamientos del contrato.





---

### **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**

Para realizar la detección del algodón GL en campo, se utilizarán 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 GL. El método identifica en forma específica las proteínas CP4 EPSPS y PAT.

- 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/120221/1-120221110305.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 mínimo 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 Bayer de México 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.





## **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. Las variedades de algodón tolerantes a herbicidas tienen un historial de uso seguro y los análisis de riesgo ha demostrado que el algodón GL no posee algún riesgo para el ambiente, la flora o la fauna como se describió en el apartado II. El algodón GL sólo se distingue de su contraparte convencional por la tolerancia a los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, atributo conferido por la expresión de las proteínas PAT y 2mEPSPS.

Asimismo, 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* (T304-40/ GHB619) 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.

## **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 (No.02-092-2) y el algodón GlyTol® fue desregulado en Estados Unidos de América el 22 de Mayo de 2009 (No. APHIS-2007-0017). De igual manera, se 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: GlyTol® LibertyLink® (BCS-GH002-5 x ACS GH001-3) en programa piloto para el ciclo agrícola Primavera – Verano 2018. 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 (cuadro 29).

### a) Calendarios de actividades

**Cuadro 24.** Actividades a realizar durante la liberación de algodón GL en el sur de Tamaulipas en 2018.

Actividad	2018											
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Capacitación a agricultores	x	x										
Movilización de semilla		x	x									
Siembra		x	x									
Georreferenciación de predios			x	x								
Asistencia técnica			x	x	x	x	x	x				
Toma de datos				x	x	x	x	x				
Cosecha								x	x			
Desepite									x	x		
*Monitoreo de voluntarias												x
Análisis de la información							x	x	x	x		
Reporte de resultados												x

\* El monitoreo de voluntarias se realizará en el ciclo agrícola siguiente.