



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Implicaciones Ambientales de la Siembra de Algodón Transgénico en Colombia**

**Pedro Hernán Rodríguez Vega**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales  
Bogotá D.C., Colombia  
2017



# **Implicaciones Ambientales de la Siembra de Algodón Transgénico en Colombia**

**Pedro Hernán Rodríguez Vega**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Medio Ambiente y Desarrollo**

Director:

Agrólogo Dr., Tomás Enrique León Sicard

Línea de Investigación:

Programa de Estudios Ambientales Agrarios

Grupo de Investigación:

Instituto de Estudios Ambientales - IDEA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales

Bogotá D.C., Colombia

2017



*Dedicado a Dios por permitirme llevar a cabo todos los proyectos que he emprendido. A mi hijo y esposa por su apoyo incondicional y por ser el motivo principal para alcanzar un logro más en la vida. A mis padres y hermana por estar siempre dispuestos a ofrecerme su cariño.*

*"Las mejores y más evolucionadas tecnologías son aquellas que no destruyen la base misma sobre la cual vivimos".*

*Vandana Shiva*



## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, por la financiación del proyecto.

A la Confederación Colombiana del Algodón – CONALGODON, en especial a Martín Gutiérrez Gómez, Director Económico y de Estadística, por el apoyo logístico en los recorridos a las zonas algodoneras y por suministrar los datos estadísticos del cultivo de algodón.

A los funcionarios de CONALGODON, ingeniero Rodolfo Álvarez y Víctor García por la asistencia en campo y relacionamiento con los diferentes actores de la cadena.

Al ingeniero Alejandro Polo Montes de la agremiación Coopiagros Ltda., por su colaboración en la recolección de información y por ofrecer su conocimiento y experiencia en los recorridos realizados a las fincas algodoneras de Córdoba.

A la Agremiación Remolino S.A., en especial al ingeniero Álvaro Plata García por su apoyo y contacto con agricultores en Tolima.

Al ingeniero Aníbal Cortés Carvajal de la agremiación Agrinsa S.A., por la información de costos de producción y demás fuentes bibliográficas relacionadas en la investigación.

Al señor Fernando Machado, ex funcionario del ICA, por la información de normatividad relacionada con organismos genéticamente modificados.

Al profesor Tomás León Sicard, Agrólogo Dr., por su apoyo y dirección de la tesis.

A los jurados y demás personas que hicieron parte en el desarrollo de la investigación.





## Resumen

Este trabajo de investigación busca contribuir a la discusión ambiental de las implicaciones del uso de organismos genéticamente modificados en la agricultura, mediante el análisis del cultivo de algodón transgénico en las zonas productoras de la Costa Caribe e Interior en Colombia.

El análisis, que incluyó datos estadísticos y consulta a actores de la cadena productiva de algodón en las zonas de estudio, permitió comparar el área sembrada y rendimiento del algodón genéticamente modificado y convencional, determinar la rentabilidad, identificar los factores que han influido en las variaciones registradas de producción y las razones por las cuales los agricultores continúan sembrando algodón genéticamente modificado a pesar de la baja rentabilidad reportada por el gremio.

La disminución del área sembrada en el cultivo de algodón genéticamente modificado está directamente relacionada con la insostenibilidad a nivel socioeconómico del sistema productivo. Los ingresos obtenidos por los rendimientos no alcanzan a cubrir los costos de producción del cultivo genéticamente modificado debido a los altos precios de las semillas, mayor uso de insecticidas, incremento de plagas secundarias o emergentes, mayor susceptibilidad a enfermedades, manejo agronómico inadecuado y baja adaptabilidad a las condiciones agroecológicas.

Las razones por las cuales los productores continúan sembrando algodón genéticamente modificado son: tradición y experiencia, el cultivo tiene Precio Mínimo de Garantía, es el único cultivo que se siembra en la región, es la única semilla que se consigue en el mercado y facilita el acceso a crédito.

**Palabras clave:** Organismos Genéticamente Modificados, Biotecnología Moderna, Implicaciones Ambientales, Insostenibilidad, Ecosistema, Cultura.

## Abstract

This research aims to contribute to the environmental discussion of the implications of the use of genetically modified organisms in agriculture, through the analysis of the cultivation of transgenic cotton in the producing areas of the Caribbean coast and inland in Colombia.

The analysis, which included statistical data and consultation of actors in the cotton production chain in the study areas, allowed comparing the area planted and yield of transgenic and conventional cotton, determining profitability, identifying the factors that have influenced the recorded variations of production and the reasons why farmers continue to plant transgenic cotton despite the low profitability reported by the guild.

The reduction of the area sown in the cultivation of genetically modified cotton is directly related to the unsustainability at the socioeconomic level of the productive system. Income from yields does not cover genetically modified crop production costs due to high seed prices, increased use of insecticides, increase in secondary or emerging pests, increased susceptibility to diseases, inadequate agronomic management and low adaptability to agroecological conditions.

The reasons why farmers continue to plant genetically modified cotton are: tradition and experience, the crop has a minimum guarantee price, it is the only crop that is planted in the region, it is the only seed that is obtained in the market and facilitates the access on credit.

**Keywords:** Genetically Modified Organisms, Modern Biotechnology, Environmental Implications, Unsustainability, Ecosystem, Culture.

# Contenido

<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Aspectos Generales de los Cultivos Genéticamente Modificados .....</b>	<b>7</b>
1.1 Fundamentos Teóricos de la Ingeniería Genética .....	8
1.2 Aplicaciones Actuales de la Biotecnología Moderna.....	10
1.3 Estado Actual de los Cultivos Genéticamente Modificados en el Mundo .....	12
1.4 Estado Actual de los Cultivos Genéticamente Modificados en Colombia .....	16
1.5 Marco Normativo de los Cultivos Genéticamente Modificados en Colombia .....	21
1.6 La Tecnología del Algodón Genéticamente Modificado.....	24
1.6.1 Algodón Resistente a Insectos.....	25
1.6.2 Algodón Tolerante a Herbicidas.....	26
1.7 El Cultivo de Algodón en Colombia .....	27
1.7.1 Regiones Algodoneras en Colombia .....	29
<b>2. Implicaciones Ambientales del Algodón Genéticamente Modificado .....</b>	<b>31</b>
2.1 Riesgos Derivados del Algodón Resistente a Insectos.....	33
2.2 Riesgos Derivados del Algodón Tolerante a Herbicidas.....	34
<b>3. Objetivos y Metodología.....</b>	<b>39</b>
3.1 Objetivos.....	39
3.2 Metodología.....	39
<b>4. Análisis de resultados .....</b>	<b>45</b>
4.1 Características del Entorno Biofísico en las Zonas de Estudio .....	45
4.2 Los Sistemas Productivos de Algodón Genéticamente Modificado y Convencional.....	48
4.2.1 Características Generales de los Productores .....	48
4.2.2 Sistemas de Producción de Algodón en cada Zona de Estudio .....	53
4.3 Variaciones del Área Sembrada y Rendimientos de los Cultivos de Algodón Genéticamente Modificado vs. Convencional .....	67
4.3.1 Variación del Área Sembrada .....	68
4.3.2 Variación de los Rendimientos.....	71
4.4 Rentabilidad de los Sistemas Productivos de Algodón Genéticamente Modificado y Convencional .....	74
4.4.1 Costos de Producción .....	74
4.4.2 Ingresos Recibidos .....	76
4.4.3 Rentabilidad.....	77
4.5 Factores Incidentes en la Variación de los Rendimientos, Producción y Área Sembrada del Algodón Genéticamente Modificado y Convencional.....	80
4.6 Persistencia de los Agricultores en la Siembra de Algodón Genéticamente Modificado .....	91

**5. Conclusiones y Recomendaciones..... 94**  
5.1 Conclusiones..... 94  
5.2 Recomendaciones ..... 97

## Lista de figuras

Figura 1-1: Comportamiento del área sembrada con cultivos GM a nivel mundial (1996-2014). .....	15
Figura 1-2: Comportamiento del área sembrada con cultivos GM en Colombia. ....	19
Figura 1-3. Comportamiento del área sembrada y la producción de algodón en Colombia (1951-2016).....	28
Figura 4-1. Número de productores de algodón de la región de la Costa Caribe y el Interior en Colombia (1960-2015).....	50
Figura 4-2. Superficie sembrada de algodón en la región de la Costa Caribe y el Interior en Colombia (1951-2016).....	55
Figura 4-3. Comportamiento del área sembrada de algodón GM y convencional en la región de la Costa Caribe, el Interior y a nivel nacional en Colombia (2002-2016).....	70
Figura 4-4. Comportamiento del rendimiento promedio de fibra de algodón en Colombia (1951-2016).....	72
Figura 4-5. Tendencia del rendimiento promedio de fibra de algodón GM en las zonas de estudio (2002-2016).....	73
Figura 4-6. Distribución de los costos de producción de algodón GM por zona de estudio .....	76
Figura 4-7. Comportamiento de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional en la región de la Costa Caribe (2002-2016). ....	78
Figura 4-8. Comportamiento de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional en la región del Interior (2002-2016). ....	79
Figura 4-9. Comparación entre algodón transgénico y convencional según factores incidentes en la variación del área sembrada, producción y rendimientos en las zonas de estudio.....	82
Figura 4-10. Precio de la semilla transgénica y convencional de algodón en Colombia (\$/kg). ....	86
Figura 4-11. Razones de los productores de Tolima y Córdoba en persistir en la siembra de algodón GM. ....	92

## Lista de tablas

Tabla 1-1: Aplicaciones actuales de la biotecnología moderna. ....	10
Tabla 1-2: Área sembrada a nivel mundial con cultivos GM (2014).....	13
Tabla 1-3: Eventos en cultivos genéticamente modificados aprobados en Colombia (2016). ....	17
Tabla 1-4: Área sembrada (en hectáreas) con cultivos genéticamente modificados en 2014. ....	18
Tabla 1-5: Revisión de la normatividad colombiana relacionada con los OGM. ....	23
Tabla 1-6: Superficie sembrada de algodón por departamentos en Colombia (2003-2015). ....	29
Tabla 2-1. Propiedades ecotoxicológicas del herbicida glifosato. ....	35
Tabla 2-2. Especies de arvenses reportadas resistentes a glifosato en el mundo. ....	36
Tabla 3-1. Distribución binomial para determinar el tamaño de la muestra. ....	40
Tabla 3-2. Proporción de lotes de algodón según tamaño en las zonas de estudio. ....	41
Tabla 3-3. Número de encuestas realizadas en los sitios de estudio según el tamaño de los lotes. ....	41
Tabla 4-1. Características generales del entorno biofísico de las zonas de estudio productoras de algodón en Colombia. ....	46
Tabla 4-2. Características generales de los productores de algodón GM y convencional en dos zonas productoras de Colombia. ....	48
Tabla 4-3. Sistemas de producción de algodón GM en dos zonas productoras de Colombia. ....	54
Tabla 4-4. Principales rasgos del manejo agronómico de los cultivos de algodón GM en dos zonas productoras de Colombia. ....	58
Tabla 4-5. Principales insecticidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia. ....	63
Tabla 4-6. Principales fungicidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia. ....	65
Tabla 4-7. Principales herbicidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia. ....	66
Tabla 4-8. Variación del área sembrada (en hectáreas) de algodón GM y convencional en Colombia (2002-2016). ....	68
Tabla 4-9. Variación del rendimiento promedio de fibra de algodón (kg/ha) en Colombia (2002-2016). ....	73
Tabla 4-10. Costos e ingresos por hectárea del cultivo de algodón GM en Colombia (2015). ....	74

---

Tabla 4-11. Variación de la rentabilidad del cultivo de algodón en Colombia (2002-2016). .....	77
Tabla 4-12. Factores incidentes en la variación de los rendimientos, producción y área sembrada del algodón GM y convencional en las zonas de estudio. ....	81





## Lista de Símbolos y abreviaturas

ADN	Ácido Desoxirribonucleico
CONALGODON	Confederación Colombiana de Algodón
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Food and Drug Administration
I+D	Investigación y Desarrollo
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEA	Instituto de Estudios Ambientales – Universidad Nacional de Colombia
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
OGM	Organismo Genéticamente Modificado
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCR	Reacción en Cadena de la Polimerasa
RI	Resistente a Insectos
TH	Tolerante a Herbicidas
TIRFAA	Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
TLC	Tratado de Libre Comercio
UE	Unión Europea
UPOV	Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales
USD	Dólar Estadounidense

## Introducción

De acuerdo con la FAO (2011), la población humana mundial alcanzará los 9.200 millones de habitantes en 2050 y por tal razón se deberá producir un 60% más de productos agrícolas que hoy, pero en 24% menos de tierra agrícola *per cápita*, lo que significa que se tendrá que aumentar la producción por hectárea. No obstante, Altieri (2012) afirma que la economía global impone demandas conflictivas sobre los 1.500 millones de hectáreas cultivadas, no sólo en la producción de alimentos para una población creciente, sino también para la obtención de otros productos como fibras o biocombustibles. Esta producción debe procurarse con el menor impacto ambiental posible, preservando la biodiversidad y disminuyendo la emisión de gases de invernadero, sin dejar de lado que la actividad debe ser económicamente viable para los agricultores.

Como respuesta a esta crisis de los sistemas alimentarios, la biotecnología moderna<sup>1</sup> desde la última década del siglo XX ha promovido la implementación de los cultivos genéticamente modificados (GM) como una solución para reducir el hambre de la humanidad, aumentar la producción agrícola y generar menores impactos en los ecosistemas al disminuir el uso de agroquímicos.

Sin embargo, luego de más de 20 años de implementación a escala comercial, diversos estudios científicos y resultados en campo muestran que los cultivos GM han causado efectos negativos e implican riesgos en el ámbito social, económico, ecológico,

---

<sup>1</sup> La 'biotecnología moderna' mediante las técnicas de la ingeniería genética, modifica y/o transfiere genes de un organismo a otro (Sherman *et al.*, 2015). Es importante resaltar que la 'biotecnología moderna' es diferente a la 'biotecnología', ya que ésta última es "toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos" (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992). Por tanto, la 'biotecnología' además de incluir tecnologías convencionales como el procesamiento de alimentos, mejoramiento convencional de semillas, técnicas *in vitro*, etc., incluye también a la ingeniería genética. Los cultivos genéticamente modificados son una aplicación de la 'biotecnología moderna' y son el objeto de estudio de la presente investigación.

productivo y político en los países donde han sido introducidos al medio ambiente. Este debate sobre la conveniencia o no de utilizar organismos genéticamente modificados (por sus siglas OGM), ha tomado fuerza en la sociedad por el riesgo que representan para la biodiversidad y, consiguientemente, la seguridad alimentaria.

Los cultivos GM que hacen parte del modelo productivo agroindustrial, profundizan los daños y riesgos ya existentes de la agricultura convencional, e introduce otros que resultan de la modificación genética, de su expresión y la dinámica económico-política sobre la que se basan. El contexto de simplificación productiva en el que se desarrollan los cultivos GM provoca reducciones en la calidad de los alimentos consumidos, posible riesgo de contaminación por flujo genético, dependencia tecnológica y amenaza en el acceso a los recursos fitogenéticos (mediante derechos de propiedad intelectual), dejando a potestad de las grandes corporaciones que realizan la investigación en biotecnología moderna, la manipulación de la diversidad genética y el rumbo de la agricultura de la humanidad.

Colombia a pesar de su alta diversidad biológica y cultural, no fue ajena a la adopción de ésta tecnología. En el año 2002 se aprobó la siembra comercial de los primeros cultivos GM en el territorio nacional, como una alternativa agrícola para reducir los costos de producción, disminuir los problemas fitosanitarios y mejorar la rentabilidad económica. No obstante, las regulaciones ambientales y las instituciones gubernamentales encargadas de realizar los estudios pertinentes en bioseguridad<sup>2</sup>, no han tenido en cuenta el principio de precaución<sup>3</sup> ni las implicaciones directas o indirectas en los flujos de energía y balances de materia cuando los cultivos GM son introducidos al medio ambiente.

Varias investigaciones y noticias en los medios de comunicación<sup>4</sup> indican que los resultados para el caso del cultivo de algodón GM en Colombia, en términos generales no han sido satisfactorios. Por ejemplo, a nivel agronómico se ha reportado baja adaptabilidad de las variedades GM a las condiciones climáticas de las zonas

---

<sup>2</sup> Políticas y procedimientos adoptados para garantizar la aplicación segura de la biotecnología moderna.

<sup>3</sup> Es un concepto que respalda la adopción de medidas protectoras del medio ambiente antes de contar con una prueba científica completa de un riesgo; es decir, no se debe posponer una medida por el simple hecho de que no se disponga de una información científica completa.

<sup>4</sup> Según: Böll (2014), Pérez (2013), Coronado (2009), CONALGODON (2009), Berrío (2012), Matamoros (2000), ICA (2004), Pérez (2013), Riechmann (2004), Grupo Semillas (2009), Portafolio (2009), El Universal (2012) y El Universal (2013).

algodoneras del país y bajos rendimientos. En términos ecológicos de relevancia productiva, se han dado procesos de degradación de suelos, desequilibrio ecológico en relación con la fauna benéfica, generación de resistencia, emergencia de plagas secundarias, disminución de enemigos naturales e incremento en la población de plagas debido al uso inapropiado de insecticidas de amplio espectro. Finalmente, respecto a la dinámica socioeconómica, se registra baja rentabilidad de los sistemas de producción, altos costos de la semilla, reducción en la oferta de materiales vegetales convencionales y pérdidas económicas de los cultivos debido a los altos costos de producción y bajos niveles de ingreso percibidos por los agricultores.

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de investigación se considera uno de los primeros estudios que se realiza en Colombia de este tema y representa un elemento de aporte a la discusión ambiental sobre los impactos que genera la manipulación genética de organismos vivos y la introducción de cultivos GM al medio ambiente, enfocado en el análisis de las relaciones de los ecosistemas y las culturas. El objetivo del presente documento fue analizar las implicaciones ambientales de la siembra de algodón GM, teniendo como comparación los sistemas de producción de las dos zonas algodoneras más representativas del país, ubicadas en los departamentos de Córdoba (región Costa Caribe) y Tolima (región Interior).

Para el alcance del objetivo propuesto, se parte de una discusión a partir de la revisión bibliográfica sobre los fundamentos teóricos de la ingeniería genética y sus aplicaciones, el estado actual de los cultivos GM a nivel mundial, la normatividad que reglamenta los OGM en el contexto nacional y las generalidades del sistema de producción de algodón en Colombia. Con el fin de establecer el estado del arte que soporte la investigación, estos resultados corresponden al capítulo 1 de este documento.

En el capítulo 2, a partir de la revisión de diversas fuentes bibliográficas y artículos científicos, se exponen las implicaciones ambientales del cultivo de algodón GM en lo que respecta a los riesgos derivados de las variedades resistentes a insectos (RI) y tolerantes a herbicidas (TH), las cuales están aprobadas para la siembra comercial en el país.

Los objetivos y la metodología para llevar a cabo el proyecto de investigación se muestran en el capítulo 3.

El análisis de resultados se presenta en el capítulo 4. En esta sección del documento se analizan aspectos sociales, económicos, normativos, productivos y ecosistémicos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto. Se comparan las características del medio biofísico de las zonas de estudio, se realiza una descripción de los sistemas productivos de algodón y se presentan las características generales de los productores en cada zona de estudio. Posteriormente se compara el área sembrada y los rendimientos de algodón GM y convencional, se determina la rentabilidad de los sistemas productivos, se relacionan los factores incidentes en la variación de la producción y se identifican las razones de persistencia en la siembra de algodón GM.

Por último, en el capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de los objetivos alcanzados por la investigación.



# 1. Aspectos Generales de los Cultivos Genéticamente Modificados

Desde la relación naturaleza - cultura, es decir, del proceso de influencia mutua entre los sistemas biológicos y sociales, se reconoce que todas las intervenciones antrópicas tienen implicancias en el medio natural y la sociedad (Norgaard y Sikor, 1999; Pavone *et al.*, 2011).

La cultura se forma en la actividad transformadora del medio y depende del influjo de la naturaleza sobre los grupos humanos. De la misma manera, los sistemas culturales a través de las estructuras simbólicas, la organización social y las tecnologías desarrolladas, transforman la naturaleza (Ángel-Maya, 1995). En ese contexto, las implicaciones ambientales del desarrollo de la agricultura moderna través de los cultivos de algodón GM y el intento por analizar sus efectos en la transformación de los sistemas naturales y culturales, es el objetivo que espera alcanzar la presente investigación.

La sociedad se fundamenta en la tecnología como una manera de transformar el medio y dirimir los conflictos ambientales derivados de las complejas relaciones entre los ecosistemas y las culturas<sup>5</sup>. En ese mismo sentido, las aplicaciones de la biotecnología moderna hacen parte del optimismo tecnológico que pretende suplir las necesidades alimentarias de la población humana a partir de los avances derivados del conocimiento técnico-científico. En ocasiones este tipo de avances tecnológicos ha llevado a una falta

---

<sup>5</sup> Según el modelo de interpretación ambiental de Ángel-Maya (1996), la relación entre Ecosistema y Cultura se da por lo menos en tres interacciones:

- a) La primera relación va desde el ecosistema a los sistemas socioculturales. Ello significa que la cultura, como estrategia adaptativa, tiene que ajustarse al medio externo.
- b) La segunda relación va desde el sistema cultural hacia el ecosistema. Podemos llamar a ésta, la relación de impacto. Ello significa que toda cultura, en el proceso mismo de formación transforma el medio ecosistémico.
- c) A la tercera relación le podemos dar el nombre de Némesis. Es la venganza de la naturaleza, contra culturas no adaptativas. Cuando una cultura ha traspasado los límites, los impactos ambientales presionan el sistema cultural para que cambie o desaparezca.

de análisis crítico sobre las contradicciones inherentes de los sistemas de producción agrícola. Este fenómeno se expresa mediante ideologías productivistas en las que "producir más es mejor" sin importar el impacto que se pueda generar en las poblaciones humanas y en los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas. El aumento de la productividad en la agricultura agroindustrial se basa en la dependencia tecnológica que contrasta con el rendimiento decreciente del capital invertido y aumenta el impacto ambiental sin cambiar los resultados económicos de la actividad.

Para abordar el análisis de las implicaciones ambientales de los cultivos GM, es necesario aproximarse a los referentes teóricos fundamentales para contextualizar y proporcionar los elementos básicos que permitan realizar una discusión acerca de las externalidades a nivel económico, social, político, ecológico, tecnológico y normativo de la tecnología GM que hace parte de los sistemas productivos agroindustriales. Para alcanzar este objetivo, es importante aclarar con anterioridad qué es un OGM y conocer el estado actual de los cultivos GM a nivel mundial y nacional, para luego comprender el sistema de producción de algodón en Colombia e identificar sus implicaciones ambientales.

Con este fin se presentan a continuación los fundamentos teóricos que permiten identificar el estado del arte de los avances de la biotecnología moderna y su aplicación en la agricultura.

## **1.1 Fundamentos Teóricos de la Ingeniería Genética**

Los OGM son organismos cuyo material genético ha sido cambiado o alterado de manera artificial mediante la ingeniería genética<sup>6</sup>. La ingeniería genética parte de que un gen es igual a un rasgo o característica (Martínez, 2008). Por lo tanto, características favorables como tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas y tolerancia a condiciones climáticas adversas<sup>7</sup>, se introducen a especies vegetales con el objetivo de mejorar la producción agrícola.

---

<sup>6</sup> Consiste en la introducción de ADN, ARN, o proteínas mediante diversas técnicas de manipulación genética para efectuar un cambio en el genoma o epigenoma de un organismo. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016).

<sup>7</sup> Actualmente la modificación de plantas para tolerancia a estrés abiótico sigue en estado de investigación.



Para el desarrollo de los cultivos GM, la ingeniería genética utiliza herramientas como la transgénesis, la intragénesis y la cisgénesis. En la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron los primeros cultivos transgénicos, a través de la modificación genética de plantas mediante la transferencia de uno o más genes provenientes de un organismo donante foráneo sexualmente incompatible (Espinoza *et al.*, 2013). Posteriormente, en la primera década del siglo XXI, como producto de los avances en biología molecular surgen las herramientas de la intragénesis y la cisgénesis (Holme *et al.*, 2013). La intragénesis consiste en “la recombinación *in vitro* de elementos aislados de diferentes genes dentro de un pool genético sexualmente compatible” (Rommens *et al.*, 2004, p. 424), en otras palabras, se modifica directamente el gen de un organismo sin que exista transferencia genética. La cisgénesis se refiere a “la modificación genética de una planta receptora con un gen natural de una planta donante sexualmente compatible” (Schouten *et al.*, 2006, p. 751).

En la transgénesis, las construcciones quiméricas son el elemento fundamental ya que reúnen en una molécula de ADN<sup>8</sup> los elementos provenientes de diferentes organismos. Así, es posible unir segmentos de ADN de virus, plantas y bacterias en una misma estructura. En el nivel molecular no existen diferencias entre los organismos y por esa razón, la transgénesis se fundamenta en la inserción de secuencias de genes sin importar su origen biológico para conferir nuevos rasgos que no se encuentran de forma natural en el organismo receptor de interés (Chaparro-Giraldo, 2005).

Actualmente, las técnicas moleculares de la ingeniería genética han evolucionado rápidamente para manipular el material genético a nivel celular. De acuerdo con (López, 2015), en los transgénicos los genes de interés eran introducidos por biobalística o mediante la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*. Hoy en día, los genes son añadidos o borrados usando técnicas de edición de genes y la expresión de genes es silenciada mediante la interferencia de ARN (RNAi). Algunas de las técnicas de edición genómica son: nucleasas con dedos de zinc (ZFNs), nucleasas efectoras tipo activación de la transcripción (TALENs), agrupaciones de repeticiones cortas palindrómicas regularmente

---

<sup>8</sup> El ADN (Ácido Desoxirribonucleico) contiene la información genética de los organismos vivos y es responsable de su transmisión hereditaria.

interespeciadas asociadas a nucleasas Cas (CRISPR-Cas) y enzimas nucleasas programables como meganucleasas.

## 1.2 Aplicaciones Actuales de la Biotecnología Moderna

En la Tabla 1-1 se presentan las aplicaciones de la manipulación genética que han generado avances sin precedentes en los diferentes sectores y áreas del conocimiento.

Tabla 1-1: Aplicaciones actuales de la biotecnología moderna.

Sector	Aplicaciones
Agro-alimentario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantas tolerantes a herbicidas.</li> <li>• Plantas con resistencia a plagas y enfermedades.</li> <li>• Cultivos con tolerancia a estrés abiótico<sup>9</sup> (sequías, salinidad, heladas y otras condiciones ambientales adversas)<sup>10</sup>.</li> <li>• Plantas modificadas mediante la adición de nutrientes (alimentos funcionales y fortificados)<sup>11</sup>.</li> <li>• Plantas sin toxinas o alérgenos<sup>12</sup>.</li> <li>• Enzimas para queserías y productos lácteos dietéticos (sin lactosa).</li> <li>• Mejorar la digestibilidad de los forrajes<sup>13</sup>.</li> <li>• Síntesis de compuestos: vacunas, hormonas, antibióticos, fármacos, etc.</li> </ul>
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Xenotrasplantes<sup>14</sup>.</li> <li>• Producción de anticuerpos monoclonales<sup>15</sup>.</li> <li>• Nutracéuticos.</li> <li>• Farmacología de diseño.</li> <li>• Vectores para terapia génica<sup>16</sup>.</li> <li>• Control de patógenos y vectores<sup>17</sup>.</li> </ul>

<sup>9</sup> Actualmente se encuentra en estado de investigación y prueba.

<sup>10</sup> Se han identificado genes que incluyen osmoprotectantes, detoxificantes, *LEA*, *HSP*, *ANPs* y transportadores de iones, con aparente potencial para conferir mayor tolerancia a algunos factores de estrés abiótico. Los genes de acción múltiple proporcionan una estrategia atractiva para mejorar las plantas de cultivo ya que estos genes activan una cascada de genes que actúan para mejorar la tolerancia al estrés. *CBF/DREB*, *SNAC*, *MYB*, el *HSF*, y *AREB* son algunos genes candidatos de esta categoría. Los genes de transducción de señales como los osmosensores, *AHK1*, quinasas relacionadas con *SNF1*, son posibles candidatos para la tolerancia al estrés (Yadav *et al.*, 2013).

<sup>11</sup> Para dar un ejemplo, el arroz dorado se ha modificado para aumentar el aporte de vitamina A en los países en desarrollo (Sherman *et al.*, 2015 y Kryder *et al.*, 2000).

<sup>12</sup> Según APHIS (2014), se desarrolló mediante intragénesis una variedad de papa *Solanum tuberosum* Innate™, que tiene de 50 a 75% menos niveles de acrilamida, un carcinógeno potencial en seres humanos que se produce cuando la papa se cocina a altas temperaturas.

<sup>13</sup> En 2014 se aprobó la siembra en los EE.UU de alfalfa transgénica (evento KK179) con hasta 22% menos de lignina, lo que conduce a una mayor digestibilidad y la productividad de la ganado vacuno (Clive, 2014).

<sup>14</sup> Trasplantes de cerdos transgénicos a humanos para el tratamiento de diabetes tipo I (American Institute of Biological Sciences, 2010).

<sup>15</sup> Es una de las áreas de mayor crecimiento en la industria biotecnológica y farmacéutica; en el mercado se encuentran cerca de 29 anticuerpos monoclonales aprobados por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos para uso en humanos (Machado *et al.*, 2006).

<sup>16</sup> La terapia génica consiste en la inserción de elementos funcionales ausentes en el genoma de un individuo. Vectores para terapia génica como los alfavirus han sido objeto de numerosos estudios preclínicos en la terapia del cáncer y el desarrollo de vacunas (Lundstrom, 2015).

---

Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación<sup>18</sup> (descontaminación biológica): eliminación de residuos orgánicos, químicos, metales pesados e hidrocarburos.</li> <li>• Biolixiviado<sup>19</sup> (<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>) y bioabsorción (eliminación de cianuro asociado al oro).</li> <li>• Biosensores<sup>20</sup></li> </ul>
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles modificados para la industria del papel (más celulosa y menos lignina).</li> <li>• Nuevos materiales producidos en bacterias o plantas: aceites, fibras y polímeros.</li> <li>• Minería por biolixiviación.</li> <li>• Combustibles alternativos al petróleo<sup>21</sup>.</li> </ul>

---

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de los OGM introducidos en el medio ambiente corresponde a cultivos agrícolas, en relación con las demás aplicaciones en sectores como el ambiental, la medicina, el industrial y el bélico. La mayoría de la I + D en los cultivos GM se ha centrado en la inclusión de características favorables para la agricultura industrial (Pray y Naseem, 2007), específicamente en soya, maíz, algodón y colza para tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos (Brooks y Barfort, 2010). En consecuencia, la mayor parte de los cultivos comerciales GM son sistemas productivos de monocultivo a gran escala, característicos de la agricultura industrial, con impactos negativos en ecosistemas y poblaciones humanas (IAASTD, 2009).

---

<sup>17</sup> La empresa de biotecnología Oxford Insect Technology (Oxitec) desarrolló un díptero GM (OX513A) de *Aedes aegypti* (vector del dengue) como herramienta de salud pública para reducir su población (GeneWatch, 2015). Estos insectos GM han sido liberados en las Islas Caimán, Malasia y Brasil a pesar que aún se desconocen los riesgos a nivel ecológico. El proyecto denominado Vahax (sigla de la expresión inglesa Vaccine Against Human Antrax, vacuna contra el ántrax humano) consiste en extraer de la bacteria patógena (*Bacillus anthracis*) el material genético que genera la protección y transferirlo a otra bacteria inocua, que al reproducirse genera el antígeno.

<sup>18</sup> Descontaminación de suelos con mercurio (Jingying *et al.*, 2014). Fitorremediación (Ibáñez *et al.*, 2015). Metabolismo de hidrocarburos aromáticos policíclicos (Rihe *et al.*, 2014). Fitorremediación de explosivos (Katarzyna y Korneliusz, 2012). Plantas transgénicas de tabaco que expresan el gen humano *CYP2E1* para descontaminación por lindano  $\gamma$ -hexachlorocyclohexano (Singh *et al.*, 2011). Son algunos de los ejemplos que se reportan en la literatura científica de Biorremediación a partir de OGM.

<sup>19</sup> Es una práctica minera que engloba a la biolixiviación. La bacteria *T. ferrooxidans* se utiliza en minas para oxidar minerales sulfurados y liberar cobre, uranio y oro (Blasco y Castillo, 2014).

<sup>20</sup> Un microorganismo biosensor debe ser capaz de transformar el compuesto a detectar en otra molécula fácil de medir, o debe responder a su presencia activando la expresión de algún gen. Las técnicas de genética molecular permiten explotar esa respuesta manipulando el sistema genético para que el proceso de activación se acople a la expresión de un gen que codifique para una proteína cuya cantidad sea fácil de medir, por ejemplo porque sea fluorescente o luminiscente (Sebiot, 2004).

<sup>21</sup> Producción de combustibles a partir de microorganismos fotosintéticos (Lamonica, 2014). Genes presentes en las cianobacterias que codifican enzimas para la síntesis de alcanos. Genes de algas verdes que codifican enzimas para la síntesis de isoprenoides (Antama, 2012). Producción de etanol a partir de maíz transgénico.

### **1.3 Estado Actual de los Cultivos Genéticamente Modificados en el Mundo**

El modelo propuesto por la biotecnología moderna surge en un entorno mundial de interdependencia signado por la histórica subordinación de los países pobres en relación con aquellos que poseen el poder económico, militar y político del planeta, hecho que lleva consigo bastantes polémicas relacionadas tanto con el origen de este modelo como con sus probables efectos en los ecosistemas y en las culturas. El desarrollo e introducción comercial de OGM está en constante crecimiento en todo el mundo y su introducción en los sistemas naturales y sociales puede generar efectos adversos no evaluados a largo plazo en el medio ambiente, la salud y las condiciones socioeconómicas de algunos sectores de la población.

Globalmente los cultivos GM son promovidos por sus desarrolladores como tecnologías que protegen el medio ambiente mediante la reducción del uso de plaguicidas e insumos, disminución en mano de obra para el control de plagas, mitigación del cambio climático mediante el uso de fuentes de energía de origen vegetal (cultivos modificados para agrocombustibles) y aumento del valor nutricional de los alimentos. Sostienen además que ésta aplicación de la biotecnología moderna permitirá disminuir la pobreza al aumentar la oferta alimentaria, principalmente en los países más pobres (Shapiro, 1999; Monsanto, 2006; Qaim, 2009). No obstante, este tipo de alternativas que hacen parte del modelo productivo agroindustrial, según afirma Lee (2009), presentan falencias cuando intentan resolver problemas como el hambre o la pobreza mediante la aplicación de soluciones tecnológicas.

Luego de varias décadas de implementación de los cultivos GM aún existe escepticismo sobre el alcance de los beneficios citados, ya que contrariamente, los resultados demuestran que se han agudizado los problemas existentes y se desconocen los posibles efectos negativos en el tiempo a nivel ecológico, social, económico, político y legal (IAASTD, 2009; Then, 2010; Lu *et al.*, 2010; Pengue, 2004; Heinemann, 2009; Glover, 2010). El comportamiento de los cultivos GM no solo depende de su interacción con los factores ambientales, también deriva del acceso a los factores de producción y las condiciones socioeconómicas y políticas propias de cada región (Brooks y Barfort, 2010; Glover, 2010). Lo anterior suscita en una problemática ambiental por la relación

conflictiva entre el sistema cultural (paradigma tecnológico, símbolos y relaciones socio-económico-políticas) y los ecosistemas.

Según el *International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications* (ISAAA), en el año 2014 se sembraron 181,5 millones de hectáreas con cultivos GM a una tasa de crecimiento anual entre el 3 y 4%, es decir aumentó 6,3 millones de hectáreas con respecto a 2013. El área sembrada con cultivos GM ha aumentado en más del 100%, de 1,7 millones de hectáreas en 1996 a 181,5 millones de hectáreas en 2014, lo cual muestra un acelerado crecimiento a nivel mundial. De acuerdo con esta misma fuente, en 19 años desde la introducción de los primeros cultivos GM, 18 millones de agricultores en casi 30 países sembraron cultivos GM, de los cuales el 90% son pequeños agricultores de escasos recursos, cifra que, no obstante, ha sido puesta en duda, porque la mayor parte de los productores de maíz, soya y canola GM corresponde a propietarios de altos ingresos de países como EE.UU., Argentina, Brasil y Canadá.

De los 28 países que sembraron cultivos GM en 2014, 20 son países en desarrollo y sólo 8 son países industrializados (Tabla 1-2). Este crecimiento acelerado genera incertidumbre acerca de los efectos a futuro en la agricultura mundial y de las implicaciones imprevisibles, no solo en la naturaleza, sino en las comunidades campesinas que dependen de las semillas nativas y los recursos fitogenéticos mejorados por ellos a través de técnicas convencionales por miles de años.

Tabla 1-2: Área sembrada a nivel mundial con cultivos GM (2014).

#	País	Área (Millones de hectáreas**)	Cultivos GM
1	USA*	73,1	Maíz, Soya, Algodón, Colza, Remolacha azucarera, Alfalfa, Papaya, Calabaza
2	Brasil*	42,2	Soya, Maíz, Algodón
3	Argentina*	24,3	Soya, Maíz, Algodón
4	India*	11,6	Algodón
5	Canadá*	11,6	Colza, Maíz, Soya, Remolacha azucarera
6	China*	3,9	Algodón, Papaya, Álamo, Tomate, Pimienta dulce
7	Paraguay*	3,9	Soya, Maíz Algodón
8	Pakistán*	2,9	Algodón
9	Sudáfrica*	2,7	Maíz, Soya, Algodón
10	Uruguay*	1,6	Soya, Maíz
11	Bolivia*	1,0	Soya
12	Filipinas*	0,8	Maíz
13	Australia*	0,5	Algodón, Colza
14	Burkina Faso*	0,5	Algodón
15	Birmania*	0,3	Algodón
16	México*	0,2	Algodón, Soya
17	España*	0,1	Maíz
18	Colombia*	0,1	Algodón, Maíz, Clavel azul
19	Sudán*	0,1	Algodón
20	Honduras	<0,1	Maíz

21	Chile	<0,1	Maíz, Soya, Colza
22	Portugal	<0,1	Maíz
23	Cuba	<0,1	Maíz
24	República Checa	<0,1	Maíz
25	Rumania	<0,1	Maíz
26	Eslovaquia	<0,1	Maíz
27	Costa Rica	<0,1	Algodón, Soya
28	Bangladesh	<0,1	Berenjena
<b>Total</b>		<b>181,4</b>	

\* 19 países sembraron más de 50.000 hectáreas

\*\* Redondeado a cientos de miles

Fuente: Adaptado de Clive, 2014.

Los principales cultivos a los que se han introducido características GM son: soya, algodón, maíz y colza. Estados Unidos es el primer productor de cultivos GM con 73,1 millones de hectáreas, que corresponden al 40% del total mundial de cultivos GM. En Europa, a pesar de las moratorias y legislaciones<sup>22</sup> para restringir el cultivo de OGM, existen cinco países (España, Portugal, Rumania, República Checa y Eslovaquia) que han permitido la siembra de 148 mil hectáreas de maíz con resistencia a insectos. Los cinco primeros productores de los países en desarrollo son Brasil, Argentina, India, China y Paraguay, que representan el 47% de la producción mundial con cultivos GM. Con relación al uso de los cultivos GM en los países en desarrollo, Brasil es el segundo país en el mundo con 42,2 millones de hectáreas, es decir el 23% de la producción mundial de cultivos GM (Clive, 2014 adaptado de Chaparro-Giraldo, 2015).

En la Figura 1-1 se muestra el área global en hectáreas de cultivos GM por año, para el período 1996-2014.

<sup>22</sup> La legislación de la Unión Europea (UE) regula el uso de OGMs a través de la siguiente normatividad: 1) Directiva 2009/41: relativo al uso confinado de microorganismos GM. 2) Directiva 2001/18/CE: relativo a la liberación de OGMs al medio ambiente. 3) Reglamento 1830/2003: relativo a trazabilidad y etiquetado. 4) Directiva (UE) 2015/412: relativo a restringir o prohibir el cultivo de OGMs (MAGRAMA, 2016). Las razones de la Directiva (UE) 2015/412 incluyen: políticas agrarias nacionales, la ordenación territorial, el uso del suelo, riesgo para el medio ambiente o la salud humana e incluso razones socioeconómicas (Antama, 2015).

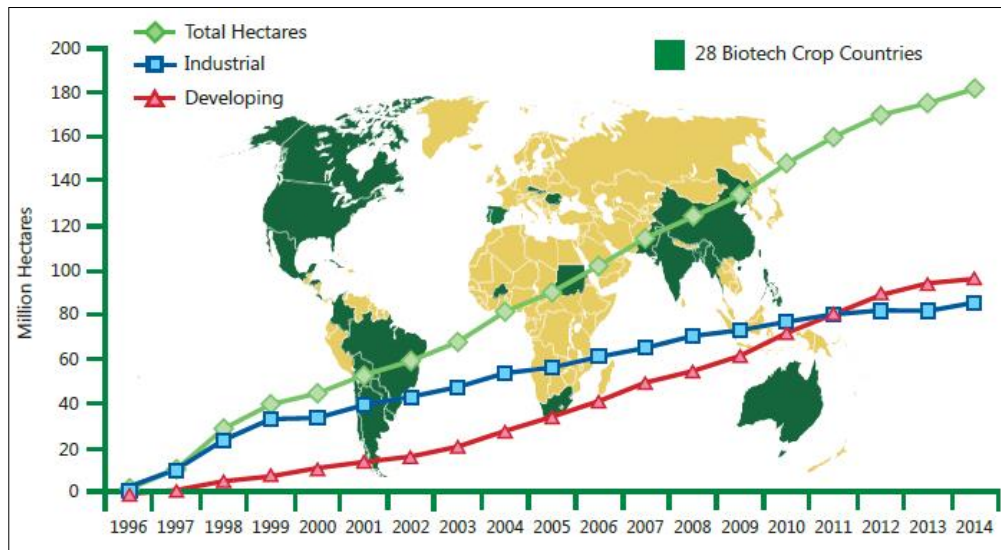


Figura 1-1: Comportamiento del área sembrada con cultivos GM a nivel mundial (1996-2014). Área en millones de hectáreas. Fuente: Tomado de Clive (2014).

De 1994 a 2014, un total de 38 países han otorgado autorizaciones regulatorias a los cultivos GM para su uso como alimento humano, alimento animal o para la introducción al medio ambiente. En estos países, 3.083 aprobaciones regulatorias han sido emitidas por las autoridades competentes en 27 cultivos GM y 357 eventos<sup>23</sup>. El 47,2% o 1.458 aprobaciones son para uso alimentario (consumo directo o para registro), el 31% o 958 son para consumo animal (consumo directo o para procesamiento) y el 21,6% o 667 son para la siembra o introducción al medio ambiente (AGROBIO, 2015).

El maíz sigue teniendo el mayor número de eventos (136 eventos en 29 países), seguido por el algodón (52 eventos en 21 países), colza (32 eventos en 13 países), papa (31 eventos en 10 países) y soya (30 eventos en 28 países) (AGROBIO, 2015). No obstante, estas legislaciones que autorizan el uso de OGM en los países han sido objeto de muchos cuestionamientos sobre su legitimidad y han estado influenciadas por los intereses económicos de las transnacionales que controlan el mercado de las semillas

<sup>23</sup> No es el cultivo el que recibe la autorización, sino el evento de transformación genética, o simplemente "evento". Se define evento como "la inserción en el genoma vegetal en forma estable y conjunta, de uno o más genes que forman parte de una construcción definida". Los eventos de transformación son únicos, y difieren en los elementos y genes insertados, los sitios de inserción en el genoma de la planta, el número de copias del inserto, los patrones y niveles de expresión de las proteínas de interés. Los eventos pueden además acumularse por cruzamiento convencional, para obtener fácilmente plantas con varias características combinadas.

patentadas, los cuales se imponen sobre los intereses comunes y colectivos, generando conflictos ambientales por los posibles riesgos en la salud humana, la economía campesina, la contaminación genética, el desequilibrio ecológico y demás consecuencias sin precedentes asociadas a la tecnología.

En Colombia la historia no ha sido distinta al resto de países que han permitido el uso de cultivos GM, ya que los procesos que llevaron a las autorizaciones y regulaciones normativas a favor de los OGM, revelan que el país tiene poca independencia en relación con poderes supranacionales que se imponen frente a las necesidades y realidades, específicamente del sector agrario.

Desde el año 1998 la voluntad política del gobierno nacional se centró en realizar cambios sustanciales en la legislación para permitir que el país ingresara a la lista de las naciones con cultivos GM. En 2002, el ICA aprobó la siembra comercial del primer cultivo de algodón transgénico, mediante procedimientos irregulares y sin evaluaciones de campo rigurosas que permitieran descartar consecuencias ambientales desde el enfoque *sociedad-naturaleza* (León, 2014). A partir de la introducción del primer cultivo en el país, el área sembrada ha aumentado a pesar de la presión de varias organizaciones de la sociedad civil, del ámbito nacional e internacional, para prohibir el uso de OGM en la agricultura por los riesgos que representa a nivel ecosistémico, social, político y económico.

## **1.4 Estado Actual de los Cultivos Genéticamente Modificados en Colombia**

Colombia a pesar de su alta diversidad biológica y cultural, no fue ajeno a la adopción de la tecnología. En el año 2002, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA autorizó la siembra del primer cultivo transgénico comercial de algodón y posteriormente en 2007, se aprobó la siembra comercial de maíz GM. A partir de entonces, la adopción de la tecnología ha aumentado hasta llegar en 2014 a 118.922 hectáreas sembradas. Actualmente se ha autorizado la investigación en cultivos GM de papa, caña de azúcar, pastos, soya, café, arroz y yuca (Grupo Semillas, 2011).

Durante el periodo transcurrido desde la introducción de los primeros cultivos comerciales, se ha cuestionado la manera como se ha adaptado la normatividad a favor



de la biotecnología moderna, toda vez que ha afectado la economía de los pequeños y medianos agricultores, cediendo la soberanía alimentaria a las grandes multinacionales dedicadas al agronegocio.

En la actualidad, con base en documentación teórica y de mitigación hipotética de riesgos, pero ninguna experimentación exigida por la normatividad, se han aprobado por parte del ICA con el asesoramiento del Comité Técnico Nacional de Bioseguridad Agrícola - CTNBio, un total de 73 eventos de transformación genética para la siembra, consumo y comercialización de OGM en el territorio nacional. En la Tabla 1-3 se presenta una lista con las especies vegetales GM aprobadas en Colombia, genes introducidos, número de eventos, compañías desarrolladoras de la biotecnología moderna y usos.

Tabla 1-3: Eventos en cultivos genéticamente modificados aprobados en Colombia (2016).

Cultivo	Característica GM / Genes	Eventos aprobados	Desarrolladores de la tecnología	Uso autorizado
Clavel <i>Dianthus caryophyllus</i>	MC ( <i>dfr</i> , <i>bp40 f3'5'h</i> , <i>sfl (f3'5'h)</i> , <i>cytb5</i> , <i>hfl (f3'5'h)</i> ) TH ( <i>surB</i> )	8	Florigene Pty Ltd, Suntory Limited	Siembra experimental
Algodón <i>Gossypium hirsutum</i> L.	RI ( <i>Genes Cry</i> ) TH ( <i>cp4 epsps</i> , <i>mepsps</i> , <i>bar</i> ) RI x TH	9	Bayer CropScience, Monsanto Company	Siembra comercial, Consumo animal, Consumo humano*
Linaza <i>Linum usitatissimum</i> L.	TH ( <i>als</i> , <i>nos</i> , <i>nptII</i> , <i>bla</i> , <i>spc</i> )	1	Universidad de Saskatchewan	Consumo animal
Maíz <i>Zea mays</i> L.	RI ( <i>Genes Cry</i> ) TH ( <i>cp4 epsps</i> , <i>bar</i> ) RI x TH	39	Monsanto Company, Syngenta, DuPont	Siembra comercial, Consumo animal, Consumo humano
Arroz <i>Oryza sativa</i> L.	TH ( <i>bar</i> )	2	Bayer CropScience	Consumo animal, Consumo humano
Rosa <i>Rosa hybrida</i>	MC (5AT, <i>bp40 f3'5'h</i> )	2	Suntory Limited	Siembra en invernadero para exportación.
Soya <i>Glycine max</i> L.	TH ( <i>cp4 epsps</i> , GAT40609, GM-HRA, AtAHAS, PAT) RI x TH ( <i>cp4 epsps</i> , <i>cry1Ac</i> ) MN (Ácido oleico, Omega 3)	10	Bayer CropScience, Monsanto Company, BASF, DuPont	Siembra comercial, Consumo animal, Consumo humano
Remolacha azucarera <i>Beta vulgaris</i>	TH ( <i>cp4 epsps</i> )	1	Monsanto Company	Consumo animal, Consumo humano
Trigo <i>Triticum aestivum</i>	TH ( <i>cp4 epsps</i> )	1	Monsanto Company	Consumo humano

\*Extracción de aceite para consumo humano.

RI: Resistencia a Insectos; TH: Tolerancia a Herbicidas; MN: Mejoramiento Nutricional; MC: Modificación del Color. Genes *cry*: confieren resistencia a insectos; *cp4 epsps*, GAT40609: confiere tolerancia al herbicida glifosato; *bar/pat*: confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio; AtAHAS: confiere tolerancia a herbicidas imidazolinonas; GM-HRA, *surB*: confiere tolerancia herbicidas ALS; *nos*: cataliza la síntesis de nopalina; *nptII*, *bla*, *spc*: confieren resistencia a antibióticos; *dfr*, 5AT, *bp40 f3'5'h*, *sfl (f3'5'h)*, *cytb5*, *hfl (f3'5'h)*: modifica el color de la flor.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICA, ISAAA (2015) y Chaparro-Giraldo (2015).

Desde 2005 en Colombia se han aprobado varios productos derivados de cultivos GM para el consumo humano, consumo animal y siembra. En total, nueve especies vegetales GM tienen autorización, seis para consumo humano (algodón, maíz, arroz, soya, remolacha y trigo), seis para consumo animal (algodón, linaza, maíz, arroz, soya y remolacha) y cinco para siembra comercial o experimental (clavel, algodón, maíz, rosa y soya). Las modificaciones genéticas autorizadas en orden de importancia son: tolerancia a herbicidas (clavel, algodón, linaza, maíz, arroz, soya, remolacha y trigo), resistencia a insectos (algodón, maíz y soya), modificación del color (clavel y rosa) y mejoramiento nutricional (soya). De acuerdo con Grupo Semillas (2011), los registros sanitarios otorgados por el INVIMA para la comercialización de productos alimentarios, se autorizaron sin realizar rigurosas evaluaciones de bioseguridad en aspectos como toxicidad y alergenicidad en salud humana.

Según AGROBIO (2015) y MADR (2016), en el país en el año 2014 se sembraron 118.922 hectáreas de cultivos GM en 22 departamentos, distribuidos así: 29.838 hectáreas de algodón GM (25% del área total sembrada con cultivos GM), 89.084 hectáreas de maíz GM (74,9%) y 12 hectáreas de flores de corte GM (0,01%). En la

Tabla 1-4 Tabla 1-4 se presentan los datos distribuidos por departamentos.

Tabla 1-4: Área sembrada (en hectáreas) con cultivos genéticamente modificados por departamento (2014).

Departamento	Cultivo		
	Algodón	Maíz	Flores
Antioquia	144	198	-
Arauca	-	9	-
Bolívar	1.359	233	-
Boyacá	-	137	-
Caldas	-	158	-
Casanare	-	788	-
Cauca	-	778	-
Cesar	1.459	2.470	-
Córdoba	14.872	18.724	-
Cundinamarca	278	770	12
Huila	1.695	2.410	-
La Guajira	10	11	-
Magdalena	215	-	-

Meta	-	22.030	-
Norte de Santander	-	3	-
Quindío	-	558	-
Risaralda	-	944	-
Santander	-	519	-
Sucre	325	539	-
Tolima	9.118	16.111	-
Valle del Cauca	361	15.385	-
Vichada	-	6.262	-

Fuente: Elaboración propia con datos de AGROBIO (2015) y MADR (2016).

El departamento con mayor área sembrada en cultivos GM es Córdoba con 33.596 hectáreas correspondiente al 28,3%, le sigue Tolima con 21,2%, Meta con 18,5% y Valle del Cauca con 13,2%, respectivamente. Estos cuatro departamentos de tradición e importancia en la producción agrícola, participan con el 81,3% del área total sembrada en el país con cultivos GM (MADR, 2016).

En la Figura 1-2 se presenta el comportamiento del área sembrada a nivel nacional de los cultivos de algodón, maíz y flores GM aprobados para la siembra en Colombia.

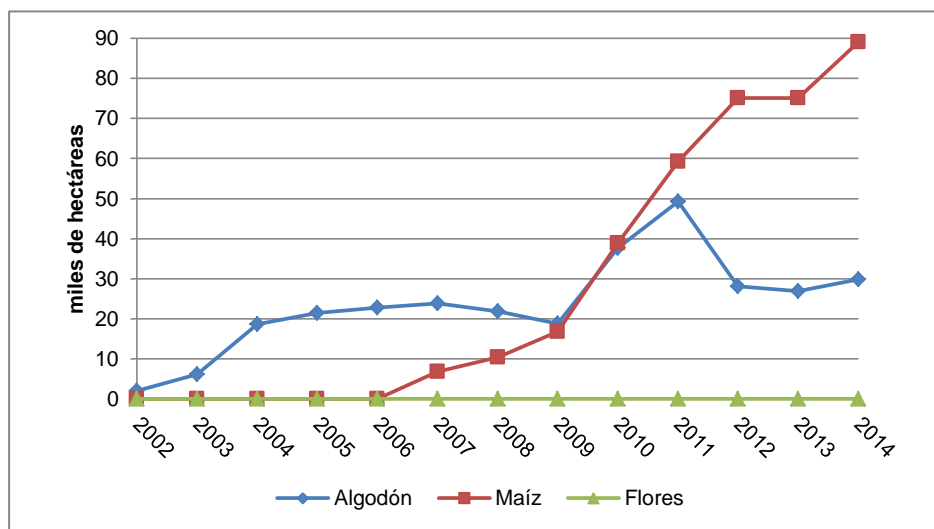


Figura 1-2: Comportamiento del área sembrada con cultivos GM en Colombia. Fuente: Elaboración propia a partir de información de MADR (2016).

Mediante las resoluciones 464 y 465 de 2007 el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA autorizó la siembra de las primeras variedades de maíz GM (RI y TH) en los departamentos de Córdoba, Sucre, Huila y Tolima (ICA, 2012). En 2016 en Colombia se aprobaron 39 eventos en maíz GM que incluyen resistencia a insectos, tolerancia a

herbicidas y la combinación de ambos rasgos (eventos apilados) para uso en cultivos comerciales, alimento animal y consumo humano (AGROBIO, 2015). Actualmente el cultivo GM de mayor adopción en el país es el maíz, con el 75% del área total sembrada. El maíz GM se siembra en 21 departamentos del territorio nacional dentro de los que se destacan Meta con 24,7%, Córdoba con el 21%, Tolima con 18,1%, Valle del Cauca con 17,3% y el 18,9% restante se distribuye en 17 departamentos productores. El cultivo de maíz GM ha presentado un aumento constante del área sembrada de 6.901 hectáreas en 2007 a 89.084 hectáreas en 2014 (MADR, 2016).

El algodón fue en 2002, el primer cultivo GM sembrado comercialmente autorizado por el ICA. Actualmente el cultivo se siembra en 11 departamentos, aunque los más representativos en términos de área sembrada y participación en la producción a nivel nacional son Córdoba con el 49,8% y Tolima con 30,6% (MADR, 2016). A la fecha se han aprobado un total de 9 eventos en algodón GM que incluyen resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas y la combinación de varios rasgos (eventos apilados) para uso en cultivos comerciales, alimento animal y consumo humano (AGROBIO, 2015).

Las flores de corte como clavel y rosa GM se siembran únicamente en el departamento de Cundinamarca, en un área sembrada constante de 12 hectáreas (MADR, 2016). En Colombia se han aprobado 8 eventos para clavel y 2 para rosa, que incluyen la inserción de genes que modifican el color de la flor, tolerancia a herbicidas y la combinación de los dos rasgos (eventos apilados) para uso en siembra experimental para el caso de clavel y siembra bajo condiciones de invernadero para el cultivo de rosa (AGROBIO, 2015).

Ante la rápida adopción de los cultivos GM en Colombia, han surgido distintos movimientos sociales en oposición al modelo de agricultura agroindustrial que promueve la utilización de estas tecnologías. Con el objetivo de proteger la soberanía alimentaria y las semillas criollas obtenidas por generaciones mediante técnicas tradicionales de mejoramiento, varias comunidades indígenas como los Zenú, los Embera, los Paeces y el resguardo de Mayamangloma, entre otros, han declarado sus territorios libres de transgénicos en respuesta a la amenaza que representa para ellos la pérdida de semillas criollas en su cultura y base alimentaria (Grupo Semillas, 2011).

## 1.5 Marco Normativo de los Cultivos Genéticamente Modificados en Colombia

A partir de la década del noventa, las políticas y leyes de bioseguridad, propiedad intelectual y certificación de semillas promulgadas por el gobierno colombiano vienen ajustándose a las exigencias y compromisos adquiridos en los tratados de libre comercio suscritos por Colombia. Esta situación conduce a que no exista soberanía en la toma de decisiones con respecto a la introducción, uso y consumo de OGMs en el país. Según Grupo Semillas (2015) detrás de estos tratados existen conflictos de interés económico y político por el control de las semillas, como un instrumento de dominio de la cadena productiva agrícola por parte de las empresas dedicadas al agronegocio.

De acuerdo con Hodson y Carrizosa (2007), los principales acuerdos y convenios internacionales suscritos por Colombia relacionados con OGM, son:

- Decisión de 345 - Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales (Comunidad Andina de Naciones - CAN).
- Decisión 391 - Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos (CAN).
- Decisión 486 - Régimen Común sobre Propiedad Industrial (CAN).
- Decisión 523 – Estrategia Regional de Biodiversidad (CAN).
- *Codex Alimentarius* FAO-OMS.
- Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (GATT).
- Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (SPS).
- Convención de Aarhus.
- Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).
- Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio.
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.

En Colombia, el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad está ratificado mediante la Ley 740 de 2002. A partir de esta ley, el Decreto 4525 de 2005 establece el marco normativo de bioseguridad de OGMs. A través de los procesos de toma de decisiones que establecen los comités técnicos de bioseguridad (CTNbio)<sup>24</sup>, se han autorizado

---

<sup>24</sup> Estos comités son: CTNbio Agrícola, a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el cual aprueba transgénicos de uso agrícola; CTNbio Ambiental, a cargo del Ministerio de Ambiente, aprueba transgénicos para uso

OGMs específicos para la siembra y consumo en el país. Una falencia del decreto es que no exige la realización de evaluaciones de bioseguridad integrales, en aspectos ambientales, socioeconómicos y de salud.

En reacción a las irregularidades jurídicas y técnicas, en 2015, miembros de la sociedad civil entablaron una demanda de nulidad ante el Consejo de Estado en contra del Decreto 4525 de 2005, argumentando vulneración de las disposiciones contenidas en el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993 y la Ley 740 de 2002. Los cargos presentados fueron: 1) Falta de competencia de la administración. Exceso en la órbita de competencias de acuerdo con la materia regulada. 2) Infracción de las normas al omitir licencia ambiental para OVM y eliminar evaluaciones de riesgo; y 3) Desconocimiento del derecho de audiencia. Exclusión de la comunidad. Desconocimiento de la participación ciudadana en las decisiones ambientales. Ante la demanda, el Consejo de Estado falló negativamente a las pretensiones (Colombia, Consejo de Estado Sala de lo Contencioso Administrativo. Acción de Nulidad. Expediente 1100-10-32-4000-2008-00367-01. 5 mar. 2015).

Claramente se evidencia que en el proceso de aprobación de cultivos GM, no se realiza consulta previa, ni se considera la participación del público. Además la Ley 1032 de 2006 que modifica el Código Penal, penaliza la *“usurpación de los derechos de obtentores de variedades vegetales protegidos legalmente o similarmente confundibles con uno protegido legalmente, a través de penas que consisten en prisión de cuatro a ocho años y multa de 26.6 a 1.500 salarios mínimos legales mensuales vigentes”* (Grupo Semillas, 2011). Este tipo de normativas claramente demuestran el carácter inequitativo de las leyes de semillas vigentes en el país, que atentan contra la cultura campesina de conservar el germoplasma de las especies cultivadas y amenaza la alimentación de la población.

Al revisar el marco normativo colombiano que reglamenta los OGM (Tabla 1-5), se pueden observar falencias en la regulación y evaluación de los riesgos<sup>25</sup> que se pueden llegar a presentar en los ecosistemas y la sociedad por la introducción y consumo de

---

ambiental, y CTNbio de Salud, a cargo del Ministerio de la Protección Social que aprueba transgénicos de uso para la salud y para alimentación humana.

<sup>25</sup> “Procedimiento por el cual se calculan, cuantitativamente o cualitativamente, los riesgos que presentan los peligros inherentes a determinados procesos o situaciones.” (Royal Society, 1992).

OGM. Según Grupo Semillas (2009), el sistema regulatorio de bioseguridad no exige la evaluación de riesgos a productos derivados de OGM (alimentos, medicamentos, etc.), ni análisis de riesgos a nivel ecológico, cultural, social y económico; los cuales son imprescindibles para la toma de decisiones al momento de autorizar la introducción de un OGM.

Tabla 1-5: Revisión de la normatividad colombiana relacionada con los OGM.

<b>Norma</b>	<b>Alcance de la norma</b>
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Constitución Política de Colombia de 1991	En el Artículo 8, se habla de la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. En el Capítulo III, que trata "de los derechos colectivos y del ambiente", es decir, los Artículos 78, 79, 80, 81 y 82, se enfocan sobre los derechos que tenemos los colombianos a gozar de un ambiente sano.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 101 de 1993	Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero.
Ley 165 de 1994	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992.
Decreto 1840 de 1994	Por el cual se reglamenta el Artículo 65 de la Ley 101 de 1993.
Decisión 391 de 1991 de la CAN	Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos.
Decreto 730 de 1997	Por medio del cual se determina la Autoridad Nacional Competente en materia de acceso a los recursos genéticos.
Resolución 620 de 1997	Por la cual se delegan algunas funciones contenidas en la Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena y se establece el procedimiento interno para tramitar las solicitudes de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados
Resolución ICA 3492 de 1998	Por la cual se reglamenta y se establece el procedimiento para la introducción, producción, liberación y comercialización de Organismos Modificados Genéticamente (OGM) y se dictan otras disposiciones, derogado por la resolución 946 de 2006.
Decreto 309 de 2000	Por el cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.
Ley 740 de 2002	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Montreal en 2000.
Decreto 4525 de 2005	Por el cual se reglamenta la Ley 740 de 2002.
Resolución ICA 1063 de 2005	Por la cual se expiden normas para el registro de personas que realicen actividades de importación, comercialización, investigación, desarrollo biológico y control de calidad de Organismos Modificados Genéticamente (OGM) de interés en salud y producción pecuaria, sus derivados y productos que los contengan.
Ley 1032 de 2006	Esta Ley, que modifica el artículo 306 del Código Penal, hace referencia a la usurpación de derechos de propiedad industrial y derechos de obtentores de variedades vegetales.
Resolución ICA 187 de 2006	Por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos.
Resolución ICA 970 de 2010	Por medio del cual se establecen los requisitos para la producción, acondicionamiento, importación, exportación, almacenamiento, comercialización y/o uso de semillas en el país, su control y se dictan otras disposiciones.
Ley 1518 de 2012	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio Internacional para la protección de las Obtenciones Vegetales", del 2 de diciembre de 1961, revisado en Ginebra el 10 de noviembre de 1972, el 23 de octubre de 1978 y el 19 de marzo de 1991.
Sentencia C-1051 de 2012	Declarar inexecutable la Ley 1518 del 13 de abril de 2012, "Por medio de la cual se aprueba el 'Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales', del 2 de diciembre de 1961, revisado en Ginebra el 10 de noviembre de 1972, el 23 de octubre de 1978 y el 19 de marzo de 1991.
Resolución 3168 de 2015	Por la cual se deroga la Resolución 970 de 2010.
Sentencia C-583 de 2015	Por la cual se pretende modificar la Ley 1480 de 2011, sobre el etiquetado de los alimentos modificados genéticamente o con componentes genéticamente modificados.

Fuente: Elaboración propia a partir de la normatividad colombiana en OGM.

De acuerdo con Colorado (2014), los aspectos jurídicos y la capacidad técnica para cumplir con el principio de precaución son cuestionados en Colombia, por la manera en que han sido autorizados los OGM y los riesgos no evaluados en la salud pública, la economía de los agricultores y la soberanía alimentaria.

La normatividad que reglamenta los cultivos GM en Colombia, desconoce y subestima los procesos desarrollados a través del tiempo por las comunidades campesinas en la selección, mejoramiento y uso de semillas criollas y nativas. No obstante, promueve el mercado de las semillas comerciales, afectando la seguridad y soberanía alimentaria, reduciendo la diversidad biológica y cultural, generando dependencia económica mediante la compra continua de insumos externos al sistema de producción, aumentando los costos y disminuyendo el ingreso del agricultor.

Esta situación representa una amenaza en los ecosistemas y las culturas por los posibles efectos a corto y largo plazo como: disminución de la biodiversidad agrícola, restricción en el uso de semillas, desigualdad entre países en desarrollo y países industrializados, contaminación genética, inseguridad alimentaria, I+D a favor de intereses económicos privados, apropiación de los recursos fitogenéticos y dependencia tecnológica de los agricultores.

## **1.6 La Tecnología del Algodón Genéticamente Modificado**

Taxonómicamente el algodón pertenece a la familia Malvaceae género *Gossypium*. En Asia y África las especies más cultivadas comercialmente son *G. herbaceum* y *G. arboreum* y en América son *G. hirsutum* y *G. barbadense*, las cuales aportan el 98% de la producción de fibra a nivel mundial. El uso principal del algodón es la producción de fibra vegetal para la industria textil y como subproductos se obtiene aceite para consumo humano y torta para la elaboración de concentrados de animales (Silva, 2005).

Las técnicas de fitomejoramiento convencional han permitido mejorar las variedades comerciales de algodón mediante cruzamientos con otras especies del mismo género, con el objetivo de incorporar cualidades deseables desde el punto de vista agronómico e industrial, tales como calidad de fibra, uniformidad en la producción, arquitectura de la planta, precocidad y resistencia a estrés biótico (Silva, 2005). Sin embargo, los



programas de mejoramiento pueden tardar muchos años y en ocasiones es imposible introducir estas características deseables por los métodos convencionales (Mendoza, 2000).

Desde hace 25 años, la ingeniería genética se está aplicando para obtener plantas de algodón GM, resistentes a insectos y tolerantes a herbicidas (Silva, 2005). Sin embargo, luego de dos décadas de implementación del algodón GM, en varios países se ha evidenciado falta de eficacia en la tecnología al desarrollar resistencia a los herbicidas “súper malezas” (Waltz, 2010) y nuevas plagas en cultivos RI (Stone, 2011). “Esto conduce al surgimiento de problemas adicionales derivados de la introducción de la tecnología GM (Stone, 2011), como mayores costos de producción, menor adaptación local de las tecnologías, dependencia tecnológica, mayor uso de plaguicidas, pérdida de diversidad y debilitada autosostenibilidad (Heinemann, 2009; IAASTD, 2009; Mascarenhas y Busch, 2006)” (Catacora-Vargas, 2011, p.28-29).

Las diferencias entre las técnicas utilizadas por la ingeniería genética y el fitomejoramiento convencional, es que en la primera el material genético del organismo es modificado de manera artificial en una sola generación ya sea por cisgénesis, intragénesis y/o transgénesis (Holme *et al.*, 2013). Mientras que la segunda se fundamenta en los principios genéticos clásicos, en el que cada progenitor transmite a los descendientes la mitad de su información genética y el mejoramiento se realiza a través de sucesivas generaciones de cruzamientos.

### 1.6.1 Algodón Resistente a Insectos

El algodón resistente a insectos (RI) fue desarrollado por ingeniería genética mediante la inserción de un gen o genes de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* (Bt) al genoma de la planta, para conferirle la producción de la proteína Cry  $\delta$ -endotoxina que es el principal factor de toxicidad para ciertos insectos (Portela *et al.*, 2013).

Los primeros materiales que se sembraron en el país de algodón GM correspondían al nombre comercial Bollgard® y tenía inserta la proteína Cry1Ac proveniente de *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*, que ofrecía control contra insectos del orden lepidóptera. En Colombia, las principales plagas de importancia económica en algodón son: el gusano bellotero (*Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea*), el gusano Rosado Colombiano (*Sacadotes pyralis*), el gusano Rosado de la India (*Pectinophora gossypiella*), el gusano

de las Hojas (*Alabama argillaceae*) y parcialmente en el gusano Falso Bellotero (*Spodoptera* spp.) (Silva, 2005). Sin embargo, la tecnología Bt no ofrece protección contra el Picudo del Algodonero (*A. grandis*) y *Spodoptera*.

El mecanismo de acción de la proteína Cry cuando es ingerida por el insecto “se solubiliza debido al alto pH (alcalino) y se degrada hasta quedar el núcleo proteico que genera la actividad tóxica. El núcleo de la proteína se une a receptores específicos en el intestino medio de insectos lepidópteros, se inserta dentro de la membrana y forma poros que rompen el flujo de iones existentes en el tubo digestivo” (Silva, 2005, p.10). Debido a la infección de la proteína, el insecto presenta cese de alimentación, parálisis en la digestión, descompensación osmótica y la muerte (Vachon *et al.*, 2012).

### 1.6.2 Algodón Tolerante a Herbicidas

En el modelo de agricultura agroindustrial de monocultivo, las arvenses o “malezas<sup>26</sup>” constituyen una limitante para la producción de algodón ya que compiten con el cultivo, principalmente en los estados iniciales de crecimiento. El paquete tecnológico convencional fomenta la utilización de herbicidas químicos para minimizar el efecto de competencia de las arvenses.

La ingeniería genética, al igual que con el algodón RI, ha modificado genéticamente plantas de algodón para tolerar herbicidas como el glifosato, sulfonilurea, oxinil y glufosinato de amonio. El objetivo de esta tecnología es eliminar las arvenses de los cultivos mediante aplicaciones de herbicidas de manera generalizada sin que haya una afectación en el algodón (Silva, 2005).

El mecanismo de acción del algodón GM tolerante a glifosato consiste en la síntesis de la proteína CP4 EPSPS proveniente de *Agrobacterium* sp. cepa CP4, una bacteria que de forma natural es tolerante al herbicida. De esta forma se inhibe el efecto de la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), que es el ingrediente activo del glifosato (Silva, 2005).

---

<sup>26</sup> Son todas aquellas plantas que compiten por recursos (agua, luz, nutrientes y espacio) con los cultivos y reducen tanto los rendimientos como la calidad de la cosecha. También son llamadas arvenses o malas hierbas.

El algodón GM tolerante a los herbicidas oxinil, bromoxinil y ioxinil se le introdujo el gen *bxn*, proveniente de la bacteria *Klebsiella pneumoniae* sbsp. *Ozaenae*, el cual codifica para la enzima nitrilasa que hidroliza el herbicida en compuestos no tóxicos para la planta. El mecanismo de acción de estos herbicidas en plantas de algodón sin modificar, consiste en bloquear el transporte de electrones en la fotosíntesis inhibiendo la respiración celular (Agbios, 2002).

El algodón GM tolerante a glufosinato de amonio contiene un gen que codifica para la enzima fosfotricina acetiltransferasa (PAT), procedente de la bacteria *Streptomyces viridochromogenes*, la cual le confiere tolerancia por detoxificación al herbicida. El mecanismo de acción del herbicida es inhibir la glutaminosintetasa, enzima que regula el metabolismo del nitrógeno (Calderón *et al.*, 1991; ISAAA, 2002).

El algodón GM tolerante al herbicida sulfonilurea “fue desarrollado introduciéndole una forma del gen ALS tolerante al herbicida, el cual codifica la enzima acetolactato sintetasa (ALS). La enzima ALS producida, en el algodón genéticamente modificado, es una forma resistente de una enzima similar presente en todas las plantas, bacterias y hongos, y de esta manera confiere la resistencia al herbicida (Agbios, 2002)” (Silva, 2005, p.14).

Actualmente la tecnología del algodón RI y TH ha sido desarrollada combinando ambos rasgos (genes apilados). El algodón con tecnologías conjuntas (RI + TH) fue obtenido por mejoramiento convencional mediante el cruzamiento de plantas GM con estas características (Silva, 2005).

## 1.7 El Cultivo de Algodón en Colombia

Los primeros registros del cultivo de algodón en Colombia datan de la época precolombina, a partir de los cuales las comunidades indígenas se abastecían de fibra vegetal para la elaboración de prendas de vestir y artesanías. Luego de la conquista, los cultivos de algodón se extendieron gradualmente, principalmente en las zonas bajas de la región Caribe y Andina (Soler, 2007).

A principios del siglo XX, el desarrollo industrial, las transformaciones técnicas y el proceso de urbanización impulsaron la expansión de cultivos como el café, el algodón, la caña de azúcar, el arroz y el trigo (Melo, 2007). En la segunda mitad del siglo XX, el algodón fue el protagonista junto con el cultivo del café, del desarrollo agrícola del país,

ya que fue uno de los primeros productos de exportación atrayendo progreso a departamentos como Cesar, Córdoba, Meta, Atlántico, Bolívar y Magdalena (PNUD, 2011). En esta época de auge y bonanza, al algodón se le consideró el “oro blanco” por la riqueza que generó en el sector agrícola (Soler, 2007).

A partir de 1951 el área sembrada y la producción de algodón aumentaron rápidamente (Figura 1-3).

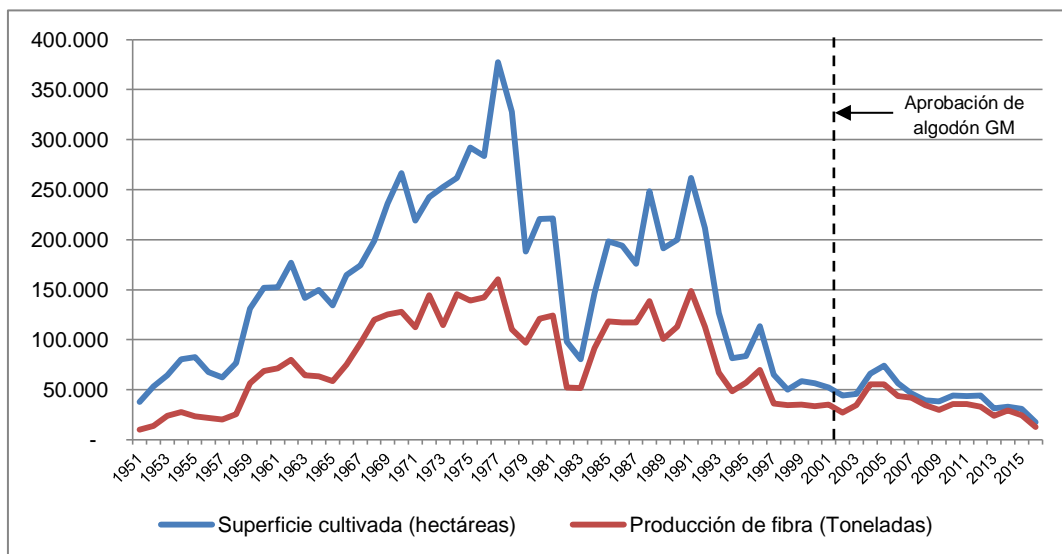


Figura 1-3. Comportamiento del área sembrada y la producción de algodón en Colombia (1951-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de CONALGODON.

Entre 1951 y 1977 el área sembrada creció al 8,3 por ciento anual, de 37.900 a 377.246 hectáreas, mientras que la producción de algodón creció al 11,4 por ciento anual, de 10.363 a 160.287 toneladas de fibra.

“El aumento en la producción surgió principalmente de un aumento en el área sembrada y en menor medida de un aumento importante del rendimiento (kg/ha) del 2,8% anual. Entre 1951 y 1977 la productividad en el cultivo del algodón aumentó más rápidamente que en el resto de la producción agropecuaria o el de los cultivos transitorios, permanentes y semipermanentes de la agricultura colombiana. Ese aumento en el área sembrada produjo un gran aumento en el empleo agrícola, el cual se estima que pasó de unas 43.000 personas en 1950 a unas 339.000 personas en 1977, cuando el área sembrada alcanzó su cima.” (García, 2004, p.8).

En el período comprendido entre 1977-1978, sobrevino una de las peores crisis del algodón por la unión de varios factores como la caída de los precios internacionales, condiciones climáticas adversas y ataque de plagas, que condujeron a impactos negativos a nivel económico, social y ecológico (Soler, 2007). En la década de los ochenta, continuó la crisis al caer el área sembrada a 80.332 hectáreas en 1983. En los noventa la superficie sembrada aumentó a 261.939 hectáreas en 1991 (García, 2004).

Sin embargo, a principios del siglo XXI el área sembrada nuevamente cae y el estado colombiano como estrategia para incentivar la siembra de algodón, otorgó un subsidio llamado Precio Mínimo de Garantía (PMG) para estabilizar los precios de la fibra de algodón frente a los precios internacionales y que sigue vigente hoy en día.

En el año 2002, el ICA autorizó la introducción de los primeros materiales de algodón GM con la esperanza de reactivar la economía algodonera, sin embargo hasta la fecha, la crisis del sector algodonero se ha agudizado cada vez más, hasta el punto de casi desaparecer, al registrar la menor área sembrada de toda la historia, 17.600 hectáreas en 2016.

### 1.7.1 Regiones Algodoneras en Colombia

Como se observa en la Tabla 1-6, Córdoba y Tolima poseen las mayores áreas sembradas de algodón en Colombia, lo cual significa que son una muestra representativa de las dos zonas en que se encuentra dividida la producción en el país (Región Caribe y Región Interior, respectivamente). Además son las regiones de mayor importancia en términos de producción, tradición algodonera, experiencia técnica, cultura alrededor del cultivo, número de productores, generación de empleo, presencia de agremiaciones e implementación del paquete tecnológico agroindustrial (convencional y GM).

Tabla 1-6: Superficie sembrada de algodón por departamentos en Colombia (2003-2015).

Departamentos	Temporada												
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Córdoba	18.432	19.000	22.353	20.858	21.971	20.067	23.110	22.549	20.905	22.861	15.725	16.374	16.986
Cesar Norte - Guajira	880	5.202	10.599	5.797	1.616	1.345	2.754	1.429	2.873	6.419	2.431	2.010	2.016
Cesar Sur	3.200	3.552	4.857	3.479	3.426	3.015	3.267	3.367	2.385	4.012	2.279	1.837	236

Bolivar-Sucre	5.010	7.415	12.073	6.776	3.831	3.449	3.561	2.825	3.362	3.552	1.575	1.278	1.985
Vichada	2.431	4.157	4.435	1.960	804	165	107	190	168	210	104	128	111
Antioquia	200	102	65	49	140	57	47	29	7	158	44	44	-
Tolima	11.856	17.963	15.041	14.506	11.649	8.767	4.466	10.922	10.991	5.728	7.512	8.979	7.520
Huila	355	2.011	1.314	1.019	1.455	1.301	808	1.923	2.149	773	1.054	1.953	1.600
Valle	3.305	4.090	1.293	710	401	463	2	758	748	148	262	374	300
Cundinamarca	-	2.481	2.075	1.492	1.007	676	467	416	342	214	593	541	300
<b>Área Total</b>	<b>45.669</b>	<b>65.973</b>	<b>74.106</b>	<b>56.646</b>	<b>46.299</b>	<b>39.303</b>	<b>38.590</b>	<b>44.407</b>	<b>43.931</b>	<b>44.076</b>	<b>31.579</b>	<b>33.517</b>	<b>31.054</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de CONALGODON (2015).

Por esas razones fueron las zonas de estudio seleccionadas para llevar a cabo la presente investigación y analizar las implicaciones ambientales del cultivo de algodón GM, ya que representan el 80,4% del área total sembrada.

## **2. Implicaciones Ambientales del Algodón Genéticamente Modificado**

La biotecnología moderna aplicada a la modificación de organismos vegetales plantea expectativas como la disminución en el uso de plaguicidas químicos y la tolerancia a estrés abiótico, aunque ésta última continúa en fase de investigación y prueba. Existen investigaciones científicas que mencionan que la biotecnología moderna a través de la ingeniería genética ha logrado aumentar los rendimientos de los cultivos.

Sin embargo esta perspectiva no es cierta, ya que según Catacora-Vargas (2014), el rendimiento es una característica altamente influida por varios genes y las condiciones ambientales. Lo que se hace es insertar el 'cassette' GM en una variedad con alto rendimiento obtenida mediante la mejora genética convencional. Este es el caso de la soya GM Intacta RR2 Pro. En esta variedad, su mayor nivel de productividad proviene de una de las líneas parentales convencionales (cultivar A5547 de Asgrow Seed Company) utilizadas en el desarrollo de MON 87701 (con tolerancia a ciertos lepidópteros), la cual a su vez es utilizada como línea parental para la obtención de la variedad Intacta RR2 Pro (Berger y Braga, 2009).

El periodo transcurrido desde que se introdujo el primer cultivo GM, se ha caracterizado por una serie de eventos que no solo ponen en duda la capacidad de satisfacer las expectativas enunciadas, sino también la insuficiencia científica y tecnológica para controlar sus efectos adversos en el ambiente (Matamoros, 2000). Existe incertidumbre ya que se desconocen los posibles efectos a nivel ecosistémico, socioeconómico o político de los cultivos GM, los cuales son sólo un elemento del modelo productivo agroindustrial.

En el campo ecosistémico la literatura reporta algunos efectos o impactos en parientes silvestres o en especies relacionadas, generación de resistencia a herbicidas en arvenses, disminución de poblaciones de insectos no objetivo, transformación de

funciones ecológicas y modificaciones metabólicas o bioquímicas de las plantas GM. León (2007) afirma que la investigación es muy limitada en relación con los cambios en las relaciones económicas o sociales que se generan como consecuencia de la implementación masiva de cultivos GM, del control del mercado de semillas, el impedimento al etiquetado de productos y las disputas contra asociaciones civiles, campesinos e indígenas por la apropiación de los derechos de los genomas.

El uso de cultivos GM genera gran preocupación por los riesgos de pérdida de biodiversidad (agrícola y/o silvestre), contaminación química por el aumento en la aplicación de herbicidas y contaminación genética por flujo genético no controlado hacia otros organismos (Heinemann, 2007). La implementación de OGM en la agricultura profundiza los problemas existentes del modelo agroindustrial del que hace parte e introduce otros que resultan de la modificación genética, de su expresión y la dinámica económico-política que los caracteriza.

De acuerdo con Riechmann (2004), algunos de los riesgos generales derivados de los cultivos GM son:

- Flujo genético de plantas GM hacia especies silvestres y variedades locales.
- Resistencia en plagas a entomopatógenos como *Bacillus thuringiensis*.
- Toxicidad y alergenicidad en organismos vivos no objetivo.
- Alteración de las relaciones interespecíficas en los ecosistemas.
- Pérdida de la calidad nutricional de los alimentos derivados de cultivos GM.
- Disminución de la biodiversidad agrícola por simplificación de los agroecosistemas.
- Usurpación del germoplasma y los recursos fitogenéticos mediante derechos de propiedad y patentes.
- Riesgos a nivel agronómico y económico por inestabilidad genética de los materiales vegetales.
- Aumento en el uso de herbicidas promovidos por los cultivos TH.
- Dependencia tecnológica de los agricultores al paquete tecnológico agroindustrial.

A continuación se presentan algunos de los riesgos derivados del algodón GM de acuerdo con las tecnologías disponibles en el mercado:



## 2.1 Riesgos Derivados del Algodón Resistente a Insectos

De acuerdo con López (2012) para el caso concreto de Colombia, se ha demostrado que la tecnología Bt no controla las principales plagas del cultivo, como son: picudo del algodnero *A. grandis* y el complejo *Spodoptera* sp. Para el control de estas plagas se emplea en promedio el 70% de los costos de insecticidas para un ciclo del cultivo, por lo tanto no resulta provechosa la tecnología Bt, teniendo en cuenta que los problemas fitosanitarios particulares del país son otros diferentes para los cuales fue desarrollado el cultivo GM.

Por otro lado, el costo de la tecnología resulta más alto, puesto que la semilla GM es más costosa que la convencional y genera un vínculo contractual y jurídico con la empresa que desarrolla la tecnología, al obligarse al agricultor a firmar una “Licencia para el Uso de Tecnología Genética” (Ver Anexo F).

A continuación se recopilan algunos de los principales riesgos ecosistémicos y socioeconómicos derivados del algodón RI reportados en la literatura científica:

- Se ha demostrado que las toxinas de *Bacillus thuringiensis* introducidas en los cultivos GM, generan efectos negativos sobre la polinización, ya que afecta a diversas especies de insectos polinizadores y a organismos no objetivo (insectos benéficos, enemigos naturales, parasitoides y depredadores) (Huang *et al.*, 2016).
- Mallory y Zapiola (2008), Kim *et al.* (2008) y Heuberger *et al.* (2010) encontraron contaminación genética por polinización cruzada entre cultivos de algodón Bt y variedades de algodón convencional.
- La exposición continua a las toxinas Bt desarrolla resistencia en los insectos. Hay varias maneras en que se puede desarrollar resistencia a Bt: “cambios en los receptores que no reconocen la toxina Cry, la síntesis de transportadores de membrana para eliminar los péptidos desde el citosol y el desarrollo de mecanismos que alteran la producción de receptores de la toxina” (Melo, 2016, p.1).
- En las zonas aldoneras colombianas los residuos de cosecha de algodón son utilizados como forraje en bovinos y la semilla es utilizada para extracción de aceites para consumo humano y elaboración de concentrados para consumo animal. Según Riechmann (2004) este tipo de prácticas puede generar resistencia

a antibióticos en los organismos consumidores por los marcadores que posee en su construcción genética el algodón Bt.

- Desequilibrio en la población de depredadores y competidores naturales, generando emergencia de plagas de importancia económica (Then, 2010).
- En Colombia, Santos *et al.* (2009) registró mayor daño de las especies del complejo *Spodoptera* en el algodón GM que en el convencional, lo cual evidencia el riesgo potencial de resistencia al algodón Bt.
- Alergenicidad al consumo de alimentos derivados de cultivos Bt en humanos y animales que demuestran inflamación de estómago e intestino, así como daño en tejidos, sangre, hígado y riñones (Schubert, 2013).

## 2.2 Riesgos Derivados del Algodón Tolerante a Herbicidas

En Colombia aproximadamente el 97% del algodón TH tiene la característica de tolerancia a glifosato, por tal razón los riesgos enunciados a continuación se enfocan a este herbicida, empero no implica que las demás tecnologías GM desarrolladas para tolerancia a glufosinato de amonio, oxinil y sulfonilurea carezcan de efecto alguno en el medio ambiente.

En las últimas décadas, el glifosato se ha convertido en uno de los agroquímicos más utilizados por el paquete tecnológico agroindustrial a nivel mundial. Prueba de ello es que:

“Desde 1974, en los EE.UU. se han aplicado más de 1,6 billones de kilogramos de ingrediente activo de glifosato<sup>27</sup>, o el 19% del uso global estimado de glifosato (8,6 billones de kilogramos). Dos tercios del volumen total de glifosato usado en los EE.UU. desde 1974 hasta 2014, ha sido aplicado en los últimos 10 años. En 2014, en EE.UU. se aplicó aproximadamente 1 kg/ha de glifosato en cada hectárea de tierra cultivada y alrededor de 0.53 kg/ha en los campos de cultivo en todo el mundo” (Benbrook, 2016, p.2).

---

<sup>27</sup> El glifosato (N-fosfonometilglicina,  $C_3H_8NO_5P$ , CAS 1071-83-6) es un herbicida sistémico, no selectivo de amplio espectro, desarrollado para la eliminación de arvenses anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y gramíneas. El modo de acción es la inhibición de la EPSP sintasa.

De acuerdo a la Tabla 2-1 en lo referente al Destino Ambiental, el glifosato tiene una solubilidad en agua de 10.500 mg/L, lo cual indica que es altamente soluble. Este valor indica una mayor movilidad en el ambiente a través del agua y por lo tanto un mayor riesgo de contaminación (Anguiano y Montagna, 2012).

Por esa razón, el uso de tecnologías que promuevan el uso de glifosato, como es el caso del algodón TH, genera impactos ambientales negativos en el medio biofísico por el riesgo de contaminación de las fuentes hídricas, afectaciones en las comunidades de fauna y flora asociadas a los ecosistemas, moderada toxicidad en mamíferos, aves, organismos acuáticos, lombrices y abejas.

Tabla 2-1. Propiedades ecotoxicológicas del herbicida glifosato.

	Propiedad	Valor	Interpretación		
Destino Ambiental	Solubilidad - En agua a 20°C (mg l-1)	10500	Alto		
	Octanol-agua coeficiente de partición en pH 7, 20°C	-3.2	Bajo		
	Índice de potencial de lixiviación GUS	-0.25	Baja posibilidad de lixiviación		
Degradación	Degradación de suelo (días) (aerobic)	DT50 (típico) DT50 (laboratorio en 20°C) DT50 (campo)	No persistente No persistente No persistente		
	Absorción del suelo y movilidad	Lineal	Kd Koc	209.4 1424	Móvil un poco
		Freundlich	Kf Kfoc 1/n	226.3 16331 0.86	No Móvil
Ecotoxicología	Factor de la bio-concentración Mamíferos - Agudos oral LD50 (mg kg-1)	BCF (l kg-1)	0.5	Bajo potencial	
	Mamíferos - a corto plazo NOEL	(mg kg-1)	> 2000	Bajo	
	Pájaros/aves - Agudos LD50 (mg kg-1)		150	Moderado	
	Pez - agudo 96 hora LC50 (mg l-1)		> 2250	Bajo	
	Pez - Crónico 21 días NOEC (mg l-1)		38.0	Moderado	
	Invertebrados acuáticos - Agudos 48 hora EC50 (mg l-1)		25	Bajo	
	Invertebrados acuáticos - Crónicos 21 días NOEC (mg l-1)		40	Moderado	
	Crustáceos acuáticos - Agudos 96 hora LC50 (mg l-1)		30	Bajo	
	Plantas acuáticas - Agudos 7 día EC50, biomasa (mg l-1)		40.0	Moderado	
	Algas - Agudos 72 hora EC50, crecimiento (mg l-1)		12	Bajo	
	Algas - Crónicos 96 hora NOEC, crecimiento (mg l-1)		4.4	Moderado	
	Abejas melíferas	Contacto aguda 48 hora LD50 (µg abeja-1) Oral aguda 48 hora LD50 (µg abeja-1)	> 100 100	Bajo Moderado	
	Lombrices - Agudos 14 día LC50 (mg kg-1)		2	Bajo	
	Lombrices - Crónicos 14 día NOEC, reproducción (mg kg-1)		> 5600 > 28.8	Bajo Moderado	

Fuente: Elaboración propia a partir de PPDB (2016).

El uso intensivo de glifosato, ya sea en cultivos GM o convencionales, genera una alta presión de selección en la población de arvenses, lo cual ha dado lugar al desarrollo de resistencia al herbicida en varias especies de importancia económica. La *International Survey of Herbicide-Resistant Weeds* monitorea el desarrollo de resistencia de las

arvenses y reconoce 32 especies con biotipos resistentes al glifosato a 2015. La distribución de estas especies en el mundo se presenta en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2. Especies de arvenses reportadas resistentes a glifosato en el mundo.

Arvense	Nombre común	País
<i>Amaranthus hybridus</i>		Argentina
<i>Amaranthus palmeri</i>	Palmera amaranto	EE.UU. Brasil
<i>Amaranthus spinosus</i>	Amaranto o bleo espinoso	EE.UU.
<i>Amaranthus tuberculatus</i>	Cáñamo común	EE.UU.
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Ambrosía común	EE.UU., Canadá
<i>Ambrosia trifida</i>	Ambrosía gigante	EE.UU., Canadá
<i>Bidens pilosa</i>		México
<i>Brachiaria eruciformis</i>		Australia
<i>Bromus diandrus</i>	Bromo frágil	Australia
<i>Bromus Rubens</i>		Australia
<i>Chloris elata</i>		Brasil
<i>Chloris truncata</i>	Pasto pangola australiano	Australia
<i>Conyza bonariensis</i>	Rama negra	EE.UU., Brasil, Colombia, España, Grecia, Israel, Portugal, Australia, Sudáfrica
<i>Conyza canadensis</i>	Cola de caballo o erigeron	EE.UU., Canadá, Brasil, España, República Checa, Polonia, Italia, China, Japón
<i>Conyza sumatrensis</i>	Rama negra	Brasil, España, Francia, Grecia
<i>Cynodon hirsutus</i>	Gramilla mansa	Argentina
<i>Digitaria insularis</i>	Pasto amargo	Brasil, Paraguay
<i>Echinochloa colona</i>	Arrocillo	EE.UU., Argentina, Venezuela, Australia
<i>Eleusine indica</i>	Pasto pata de ganso	EE.UU., Argentina, Bolivia, Costa Rica, Colombia, China, Japón, Malasia
<i>Hedyotis verticillata</i>		Malasia
<i>Kochia scoparia</i>	Coquia	EE.UU., Canadá
<i>Leptochloa virgata</i>	Pasto moro tropical	México
<i>Lolium multiflorum</i>	Ryegrass italiano	EE.UU., Argentina, Brasil, Chile, España, Italia, Japón, Nueva Zelanda
<i>Lolium perenne</i>	Ryegrass perenne	Argentina, Portugal, Nueva Zelanda
<i>Lolium rigidum</i>	Ryegrass rígido	EE.UU., Francia, España, Israel, Italia, Australia, Sudáfrica
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Escoba amarga	EE.UU., Colombia
<i>Plantago lanceolata</i>	Llantén, llantén menor	Sudáfrica
<i>Poa anual</i>	Pasto azul anual	EE.UU.
<i>Raphanus raphanistrum</i>		Australia
<i>Sonchus oleraceus</i>		Australia
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo de Alepo	EE.UU., Argentina
<i>Urochloa panicoides</i>	Pasto africano	Australia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Weed Science (2016).

Se observa una amplia distribución a nivel mundial de especies resistentes a glifosato. La resistencia de arvenses al glifosato permite abrir la discusión acerca de las implicaciones y riesgos a nivel ecológico del uso, no solo de los cultivos GM, sino de los cultivos convencionales que también hacen parte de los sistemas de producción agroindustrial.

Los riesgos que representa el uso de materiales GM tolerantes a herbicidas, están ampliamente documentados en la literatura científica y se resumen a continuación:

- El paquete tecnológico agroindustrial impulsado por las empresas que desarrollan las semillas GM y los agroquímicos, favorecen el uso de glifosato para aumentar sus ingresos económicos (ETC Group, 2013a).
- Benbrook (2016) en el periodo de 1996 a 2011, estudia el uso de agroquímicos en soya, maíz y algodón GM en EE.UU. y comprueba que los cultivos TH incrementaron el uso de herbicidas en 239 millones de kg.
- El aumento en el número de especies de arvenses resistentes a glifosato está asociado con el incremento del área sembrada de cultivos GM tolerantes a herbicidas, con repercusiones socioeconómicas por la pérdida de productividad (Weed Science, 2016).
- En 2002, se reportó un biotipo resistente al glifosato de *Sorghum halepense* que actualmente afecta a la mayoría de cultivos de soya en Argentina (Binimelis *et al.*, 2010), generando sobrecostos en el manejo y afectando la dinámica de los agroecosistemas.
- La resistencia de arvenses a glifosato conlleva a que se utilicen otros herbicidas para su control (Van Acker *et al.*, 2004), generando biotipos resistentes a varios herbicidas (Heinemann y Kurenbach, 2008).
- Paganelli *et al.* (2010) demostró que el glifosato produce efectos teratogénicos en vertebrados al afectar la señalización del ácido retinoico.



## **3.Objetivos y Metodología**

A continuación se presentan los objetivos de este trabajo de investigación y las estrategias metodológicas que se llevaron a cabo para su alcance.

### **3.1 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar las implicaciones ambientales de la siembra de algodón transgénico en Colombia, utilizando como casos de estudio los sistemas productivos de los departamentos de Tolima y Córdoba.

#### **Objetivos específicos**

1. Describir las principales características ecosistémicas y culturales de los sistemas productivos de algodón en las zonas seleccionadas.
2. Evaluar de manera comparativa el desempeño económico de la producción de algodón genéticamente modificado y algodón convencional en términos de rendimiento y rentabilidad en las zonas de estudio.
3. Determinar los factores que influyen en las variaciones registradas en la producción de algodón genéticamente modificado en las zonas de estudio.
4. Identificar las razones por las cuales los agricultores continúan sembrando algodón genéticamente modificado.

### **3.2 Metodología**

Para cumplir con los objetivos propuestos se llevó a cabo la siguiente metodología:

1. Se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de identificar el estado actual de los cultivos GM a nivel mundial y nacional, en lo referente a área sembrada,

producción, países productores, marco normativo, actores y demás información relevante.

2. A partir de la revisión se identificaron los principales actores involucrados en la producción de algodón y se definieron las zonas de estudio, seleccionando las dos regiones algodonerías más representativas del país para desarrollar la investigación, como fueron la región del Interior que corresponde al departamento de Tolima y la región de la Costa Caribe en el departamento de Córdoba. Se definieron estas zonas de estudio, ya que históricamente han sido las más importantes en términos de superficie sembrada, producción, tradición algodonería, experiencia, número de agricultores, siembra de cultivos GM y condiciones ecofisiológicas aptas para la siembra de algodón.
3. Teniendo en cuenta la dispersión de las unidades productivas en las dos regiones y con el propósito de establecer una muestra representativa en cada departamento, se seleccionó el municipio más importante en términos productivos y se escogieron como sitios de muestreo a El Espinal en Tolima y a Cereté en Córdoba.
4. Para definir el tamaño de la muestra, se partió de un modelo de distribución binomial (Mendenhall *et al.*, 2010). La variable de interés fue que el agricultor hubiese sembrado algodón transgénico al menos una vez en los últimos 5 años, lo que se asumió como la probabilidad de éxito  $p$ . Y la probabilidad de fracaso  $q$ , que no hubiera sembrado algodón transgénico en los últimos 5 años ( $q = 1 - p$ ) (Tabla 3-1).

Tabla 3-1. Distribución binomial para determinar el tamaño de la muestra.

	Cereté (Córdoba)	Espinal (Tolima)
$Z_{\alpha/2}$	1,44	1,44
$p$ (Siembra transgénico)*	0,81	0,89
$q$ (Siembra convencional)*	0,19	0,11
$E$	0,15	0,15
$N$	14,2	9,0

\* Corresponde al porcentaje de lotes sembrados con algodón transgénico y convencional en las zonas de estudio (CONALGODON, 2015).

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño de la muestra  $n$  se calculó a partir de la siguiente ecuación (Walpole *et al.*, 2012):



$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sqrt{pq}}{E} \right)^2$$

Dónde:  
*E*: Error  
*p*: Probabilidad de éxito  
*q*: Probabilidad de fracaso  
*Z*<sub>α/2</sub>: Valor *Z* para el error

De acuerdo a los datos obtenidos del tamaño de la muestra (Tabla 3-1), en total se realizaron 23 encuestas, 14 en Córdoba y 9 en el Espinal, con un error del 15% y una confianza del 85%. Se eligió este error, ya que con un error del 5% y una confianza del 95% el número de muestras era muy grande (236 en Córdoba y 150 en Tolima) e implicaba mayores costos para desarrollar la investigación.

- Una vez definido el tamaño de la muestra, se aplicó un muestreo estratificado (Mendenhall *et al.*, 2010), de acuerdo a la proporción de lotes pequeños (<10 hectáreas), medianos (entre 10 y 50 hectáreas) y grandes (>50 hectáreas) a incluir en el estudio (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Proporción de lotes de algodón según tamaño en las zonas de estudio.

Municipio	Tamaño	Nº total de lotes	%
Cereté (Córdoba)	Pequeños	525	86
	Medianos	68	11
	Grandes	14	2
Espinal (Tolima)	Pequeños	256	73
	Medianos	93	26
	Grandes	3	1

Fuente: Elaboración propia a partir de CONALGODON (2015).

De acuerdo al tamaño de la muestra y a la proporción de lotes por tamaño, se obtuvo el número de encuestas a realizar en cada sitio de estudio (Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Número de encuestas realizadas en los sitios de estudio según el tamaño de los lotes.

Tipo	Cereté (Córdoba)	Espinal (Tolima)	Total
Pequeños	12	7	19
Medianos	2	2	4
Grandes	0	0	0
Total	14	9	23

Fuente: Elaboración propia.

En Córdoba se aplicaron 12 encuestas a agricultores con lotes pequeños y 2 a medianos. En Tolima se aplicaron 7 encuestas a pequeños y 2 a medianos. En total se realizaron 23 encuestas en las dos zonas de estudio.

6. Después de definir los sitios de muestreo y el tamaño de la muestra, se estableció contacto con los agricultores y las agremiaciones de algodón a través de la Confederación Colombiana del Algodón – CONALGODON.
7. Para el levantamiento de información primaria, se elaboró un banco de preguntas dirigidas a los diferentes actores relacionados con la producción algodонера, que sirvió para construir los instrumentos de recolección de datos a través de entrevistas estructuradas y la encuesta “Sistema de Producción de Algodón en Colombia” (Anexo: Instrumentos de recolección de información primaria.). La encuesta recopiló datos de los componentes socioeconómicos, técnico-productivos y ecosistémicos que permitieron comparar el algodón GM y convencional en las zonas de estudio.
8. Luego de concretar las citas con agricultores y agremiaciones algodoneiras, se realizaron las visitas de campo<sup>28</sup> a cada sitio de muestreo. Estas visitas permitieron realizar recorridos por los campos de cultivo y recopilar información primaria a través de entrevistas personales a funcionarios gubernamentales<sup>29</sup>, investigadores, agremiaciones<sup>30</sup> y funcionarios de CONALGODON<sup>31</sup> y la aplicación de la encuesta a agricultores y asistentes técnicos. Estos instrumentos permitieron recolectar datos de los aspectos sociales, económicos, técnicos, productivos y ecosistémicos referentes a los sistemas productivos de algodón. En el Anexo: Datos de contacto de las personas encuestadas y entrevistadas en las zonas de estudio. se relacionan los datos generales de las personas entrevistadas y encuestadas en las zonas de estudio.

---

<sup>28</sup> La recolección de información primaria en el municipio de Cereté en Córdoba se realizó del 10 al 21 de agosto de 2015. En el municipio de El Espinal en Tolima se realizó del 2 al 13 de noviembre de 2015. La metodología de trabajo en campo fue mediante visitas a las unidades productivas y citas coordinadas en las agremiaciones algodoneiras de cada zona.

<sup>29</sup> En Córdoba a Fernando Machado López, ex funcionario del ICA.

<sup>30</sup> En Córdoba se estableció comunicación con Alejandro Polo de la agremiación Coopdiagros Ltda. y a Hernando Hernández gerente de Agrovot de la Costa Ltda. En Tolima a Aníbal Cortes Carvajal de la agremiación Agrinsa S.A., Guillermo Guzmán de Coopral Ltda., Álvaro Plata García y Luis Ramos de Remolino S.A.

<sup>31</sup> Martín Gutiérrez Gómez, Víctor García, Giovanni Andrade y Rodolfo Álvarez Arrieta.

9. Las respuestas de las encuestas fueron tabuladas en el programa Microsoft Excel 2013® y procesadas mediante el uso de estadística descriptiva e histogramas para las variables cuantitativas y análisis de las frecuencias para las variables cualitativas. Los datos recopilados a partir de la encuesta en las zonas de estudio y analizados estadísticamente se presentan en el Anexo C y D.
10. Se consultaron fuentes primarias y secundarias que permitieron establecer las diferencias del medio biofísico (edafoclimáticas, ecorregiones, diversidad biológica, paisaje, etc.) y las características socioeconómicas de los agricultores aldoneros. La revisión permitió describir las principales características ecosistémicas y culturales de los sistemas productivos de algodón en las zonas seleccionadas.
11. Con base en los datos recolectados en campo y la revisión de fuentes bibliográficas de CONALGODON, agremiaciones aldoneras, Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, se realizó la comparación del área sembrada y el rendimiento de los cultivos de algodón GM vs. convencional en las zonas de estudio. Los resultados se presentan en la sección 4.3.
12. Para determinar la rentabilidad del cultivo de algodón GM en las zonas de estudio se revisaron datos históricos<sup>32</sup> de costos de producción, rendimientos, ingresos obtenidos por la venta de la cosecha y utilidad, para el período 2002 - 2016. A partir de estos resultados se realizaron pruebas de Análisis de Varianza (ANAVA) en el programa SAS 9.0®, con el fin de determinar diferencias estadísticas para estas 4 variables por localidad (departamento) y tamaño de productor. Para todas las pruebas se empleó un valor alfa de 0.05 por lo que la confiabilidad de los resultados es del 95%. Los resultados se presentan en la sección 4.4.
13. Para determinar los factores que influyeron en las variaciones registradas en la producción de algodón GM en las zonas de estudio, se realizó una comparación entre la información suministrada por los actores en las visitas de campo y las

---

<sup>32</sup> Chegwin (2006), CCI *et al.* (2011), MADR (2013), MADR (2014), FEDESARROLLO (2013) y CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b y 2016).

fuentes bibliográficas que reportan el comportamiento histórico del área sembrada, rendimiento, número de agricultores, factores climáticos, calidad de las semillas y adaptación de los materiales vegetales a las zonas algodonerías. Los resultados se presentan en el capítulo 4.5.

14. Mediante las entrevistas y las encuestas aplicadas a los diferentes actores se identificaron las principales razones por las cuales algunos productores continúan sembrando algodón GM a pesar de las pérdidas económicas que se reportan en la revisión bibliográfica. Los resultados se presentan en el capítulo 4.6.

15. Al final del documento se realizó una discusión acerca de las implicaciones de sembrar algodón GM en Colombia desde un enfoque ambiental (ecosistema - cultura) a partir del análisis desarrollado en los capítulos anteriores y de las percepciones de los diferentes actores involucrados en el sector algodonerío.

## **4. Análisis de resultados**

Para identificar las implicaciones ambientales de la siembra de algodón transgénico en Colombia, se llevaron a cabo los siguientes análisis para cada zona de estudio:

- Características del entorno biofísico en las zonas de estudio.
- Los sistemas de productivos de algodón GM y convencional.
- Variaciones del área sembrada y rendimientos de los cultivos de algodón GM vs. convencional.
- Rentabilidad de los sistemas productivos de algodón GM y convencional.
- Factores incidentes en la variación de los rendimientos, producción y área sembrada del algodón GM y convencional.
- Persistencia de los agricultores en la siembra de algodón GM.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la investigación que permitieron alcanzar los objetivos propuestos:

### **4.1 Características del Entorno Biofísico en las Zonas de Estudio**

Colombia es un país megadiverso desde el punto de vista de diversidad biológica. Presenta marcados contrastes climáticos, aunque el 80% del país se ubica en el piso térmico cálido (León, 2007), clima favorable para el desarrollo del algodón.

Las condiciones agroecológicas aptas para el cultivo de algodón son: altitud entre 0 - 1000 m.s.n.m., temperatura entre 24° - 31°C y precipitación entre 750 - 1800 mm al año. A nivel edáfico se recomiendan suelos profundos, sueltos, con buen contenido de materia orgánica y buena capacidad de retención de humedad. El pH óptimo oscila entre 6 y 7 (Sánchez, 1982).

A continuación se presentan las principales características del entorno biofísico, que permiten realizar una descripción de los ecosistemas de las zonas algodonerías de estudio (Tabla 4-1).

Tabla 4-1. Características generales del entorno biofísico de las zonas de estudio productoras de algodón en Colombia.

<b>Características</b>	<b>Cereté (Córdoba)</b>	<b>Espinal (Tolima)</b>
<b>Ubicación geográfica</b>	W 75°42', N 8°50'	W 74° 53', N 4° 09'
<b>Relieve</b>	Valle medio del Sinú y valle aluvial	Valle del Magdalena
<b>Paisaje predominante</b>	Planicie	Piedemonte
<b>Región biogeográfica</b>	Caribe	Andina
<b>Altitud (m.s.n.m.)</b>	12	323
<b>Ecorregión<sup>33</sup></b>	Bosques secos del valle de Sinú	Bosques secos del valle del Magdalena
<b>Pendiente media</b>	<7%	<12%
<b>Clasificación de suelos (IGAC, 2016)</b>	Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Mollisoles	Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Mollisoles, Histosoles, Vertisoles
<b>Uso del suelo (IGAC, 2016)</b>	Pastoreo extensivo y cultivos transitorios intensivos	Agricultura intensiva con especies anuales como arroz, algodón, sorgo, maíz y frijol, entre otros.
<b>Cobertura</b>	Cultivos, pastos, rastrojos, matorrales y relictos de bosque no muy significativos.	Cultivos
<b>Cuencas hidrográficas</b>	Río Sinú	Río Magdalena y Río Coello
<b>Temperatura media (°C)</b>	29,7	29
<b>Precipitación media (mm/año)</b>	1320	1766
<b>Régimen de lluvias</b>	Monomodal	Bimodal
<b>Humedad Relativa (%)</b>	80,1	40

<sup>33</sup> Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).

<b>Clasificación del clima</b>	Cálido seco	Cálido seco
<b>Cobertura vegetal actual</b>	Cultivos, pastos, rastrojos, matorrales y relictos de bosque no muy significativos.	Cultivos
<b>Diversidad biológica (riqueza en especies<sup>34</sup>)</b>	Vegetación: 55 Invertebrados coprófagos: 17 Invertebrados hormigas: 38 Aves: 10	Vegetación: 60 Invertebrados coprófagos: 19 Invertebrados hormigas: 39
<b>Clasificación ecosistemas<sup>35</sup></b>	Área rural intervenida no diferenciada (<20% de ecosistemas originales remanentes).	Área rural intervenida no diferenciada (<20% de ecosistemas originales remanentes).

Fuente: Elaboración propia con base en las fuentes citadas.

En la Tabla 4-1 se observa que las principales diferencias entre una región y la otra son: la ubicación geográfica (Córdoba en la región Caribe y Tolima en la región Andina), el paisaje predominante (plano en Córdoba y piedemonte en Tolima), la altitud (es mayor en Tolima con una diferencia de 311 m.s.n.m.), la precipitación (es más lluvioso en Tolima), el régimen de lluvias (un pico de lluvias al año en Córdoba y dos picos de lluvias en Tolima) y la humedad relativa (más húmedo en Córdoba).

Las características biofísicas de relieve, pendiente, clasificación de suelos, uso del suelo y cobertura vegetal no muestran diferencias significativas. La ecorregión<sup>36</sup> que se distingue en las dos localidades corresponde a bosque seco, en Cereté ubicado en el valle del río Sinú y en Espinal en el valle del río Magdalena. Al comparar estas diferencias con las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo, es posible concluir que ambas zonas son aptas para el desarrollo del cultivo a pesar que no tienen las mismas características.

En lo que respecta a la diversidad biológica, se observa que en Espinal existe un mayor número de especies vegetales e invertebrados con respecto a Cereté, según lo reportado por el Instituto Alexander von Humboldt (1998). Sin embargo, la información es escasa ya que existen pocos estudios relacionados con inventarios de biodiversidad en el país. De acuerdo a la clasificación de los ecosistemas, las dos regiones son consideradas como áreas rurales intervenidas con menos del 20% de ecosistemas naturales, lo cual permite

<sup>34</sup> Es el número total de especies que se encuentran en un hábitat, ecosistema, paisaje, área o región determinado.

<sup>35</sup> Clasificación según el IAvH (1998).

<sup>36</sup> Según WWF se define como una gran unidad de tierra o agua que contiene una mezcla geográficamente distintiva de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales.

inferir que son regiones altamente transformadas por actividades antrópicas, principalmente por ganadería y agricultura según lo observado en los recorridos realizados en campo.

## 4.2 Los Sistemas Productivos de Algodón Genéticamente Modificado y Convencional

El análisis de los sistemas productivos de algodón GM y convencional tiene dos componentes: el primero son las características generales de los productores aldoneros y el segundo hace énfasis en los sistemas de producción en cada zona de estudio. A continuación, en los capítulos 4.2.1 y 4.2.2 se presentan los análisis de los sistemas productivos:

### 4.2.1 Características Generales de los Productores

Los productores aldoneros en Colombia presentan características propias que dependen del grado de adopción de tecnología, acceso a servicios públicos y privados, nivel educativo, tenencia de la tierra, actividades económicas y arraigo a las costumbres propias de cada región. La Tabla 4-2 presenta la comparación entre las características de los productores de algodón del municipio de Cereté en Córdoba y el Espinal en Tolima. A partir de ella se pueden hacer las siguientes consideraciones:

Tabla 4-2. Características generales de los productores de algodón GM y convencional en dos zonas productoras de Colombia.

Características		Cereté (Córdoba)	Espinal (Tolima)
<b>Número de agricultores aldoneros<sup>37</sup></b>		310	188
<b>Nivel educativo<sup>38</sup></b>	<b>Primaria</b>	60%	85,7%
	<b>Secundaria</b>	26,7%	14,3%
	<b>Universitario</b>	6,7%	0%
	<b>Otros</b>	6,7%	0%
<b>Tenencia de la tierra</b>	<b>Propietarios</b>	94 (30,3%)	36 (19,1%)

<sup>37</sup> Fuente: CONALGODON, 2015.

<sup>38</sup> Fuente: Información obtenida en las zonas de estudio.



	<b>Arrendatarios</b>	216 (69,7%)	152 (80,9%)
<b>Número de predios rurales</b>		9785	5546
<b>Cobertura de servicios públicos en zona rural</b> <sup>39</sup>	<b>Acueducto</b>	47,6%	50,9%
	<b>Alcantarillado</b>	0,9%	31,3%
	<b>Energía eléctrica</b>	94,4%	93,8%
<b>Infraestructura vial</b>		1 vía primaria de acceso en buen estado	4 vías primarias de acceso en buen estado
<b>Sistemas productivos agropecuarios</b>		Cultivos de maíz, arroz, algodón y ganadería extensiva	Cultivos de arroz, algodón, sorgo, soya, maíz y tabaco. Piscicultura. Molinería de arroz.

Fuente: Elaboración propia a partir de información primaria levantada en campo e información secundaria según las fuentes citadas.

**Número de agricultores algodoneiros.** Según CONALGODON (2015), en Colombia existen 1.801 productores de algodón, principalmente en los departamentos de Córdoba, Tolima, Sucre, Bolívar y Cesar, organizados alrededor de 46 agremiaciones que prestan servicios de alquiler de maquinaria, venta de insumos, financiación de cultivos, asistencia técnica, comercialización de cosechas, desmote y clasificación. A nivel nacional, el 77% (1.388) son pequeños productores ya que siembran hasta 10 hectáreas de algodón, el 20% (361) son medianos productores al cultivar lotes entre 10 y 50 hectáreas y sólo el 3% (52) son grandes productores con lotes mayores a 50 hectáreas. Este rango demuestra que la mayoría de la producción de algodón a nivel nacional es ejercida por pequeños productores, que en su mayoría son arrendatarios de tierras.

No obstante, a nivel nacional el número de productores de algodón se ha visto reducido a través del tiempo, tal como se observa en la Figura 4-1, principalmente por las siguientes razones: baja rentabilidad económica, mayor presión de plagas y enfermedades, altos costos de insumos, bajos rendimientos de fibra y baja adaptabilidad de los materiales GM.

<sup>39</sup> Fuente: Federación Colombiana de Municipios, 2015.

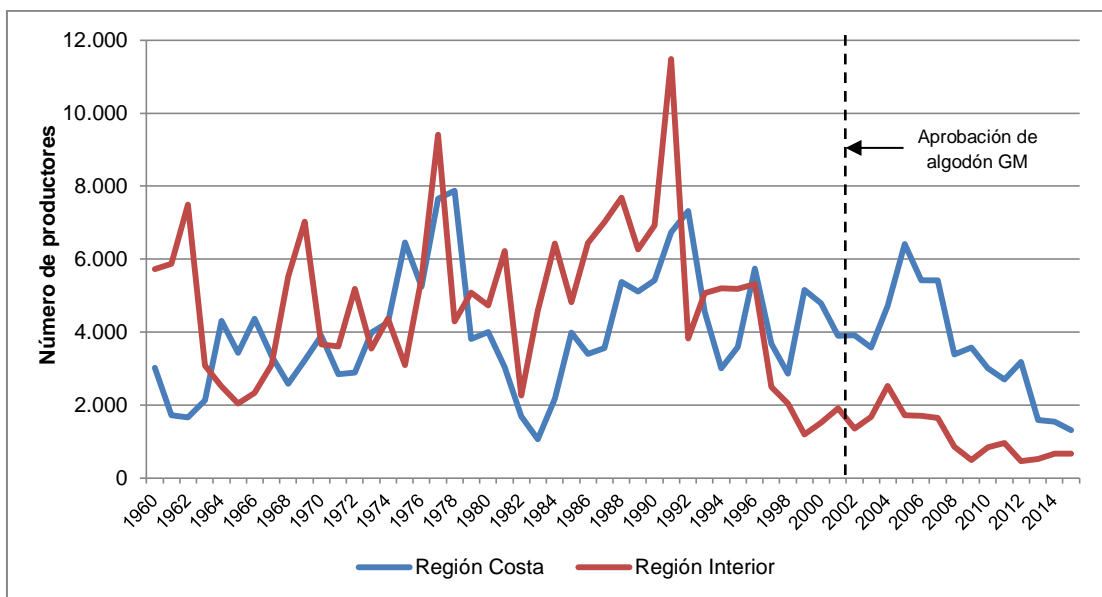


Figura 4-1. Número de productores de algodón de la región de la Costa Caribe y el Interior en Colombia (1960-2015). Fuente: Datos históricos de CONALGODON (2015).

Actualmente, en Cereté existen 310 productores algodoneiros, que equivalen al 17,2% del total de productores en el país, mientras que en Espinal hay 188 productores que corresponden al 10,4%. El porcentaje de productores que siembran algodón GM en Cereté es 95% y en Espinal es 97%, lo cual evidencia una participación importante de las variedades GM en la producción de algodón a nivel nacional, teniendo en cuenta que estos dos municipios participan con más de una cuarta parte de los productores del país.

Para los objetivos de la presente investigación estos municipios representan el panorama general de la situación actual del sector algodoneiro colombiano, ya que permiten auscultar sobre las diferentes experiencias y percepciones de los actores de la cadena productiva en relación con los cultivos GM.

**Nivel educativo.** En lo referente al nivel educativo de los productores algodoneiros, en las dos zonas de estudio se presenta una misma tendencia: la mayoría solo cuentan con estudios de primaria (60% en Cereté y 86% en Espinal), seguido por secundaria (27 y 14% respectivamente) y una minoría con estudios a nivel universitario (7 y 0% respectivamente), que por lo general son asistentes técnicos profesionales del agro que siembran algodón para aumentar sus ingresos.

No obstante, la mayoría de los productores de algodón en ambas zonas de estudio, se caracterizan por ser campesinos con bajos niveles de escolaridad dedicados a otras actividades agrícolas, principalmente cultivadores de maíz y cultivos de autoconsumo en la región de la Costa Caribe y sembradores de arroz en la región del Interior.

**Tenencia de la tierra.** La tenencia de la tierra que predomina a nivel nacional en el cultivo de algodón es el arrendamiento de lotes. En Cereté se observa un mayor número de productores propietarios de tierra con un 30,3%, mientras que en el Espinal tan solo el 19,1% tiene tierra propia. El predominio del arrendamiento en el cultivo de algodón es el resultado de aspectos como la expansión de la frontera agrícola, la concentración de tierras en una proporción reducida de productores y la preferencia de los pequeños productores en arrendar sus tierras como una fuente de ingresos más segura que cultivarlas ellos mismos.

La dinámica del arrendamiento de tierras en la agricultura, ha generado no solo en el cultivo de algodón sino en otros cultivos, un uso intensivo del suelo y sobreexplotación de los recursos naturales. En las regiones rurales del país, el arrendamiento ha desencadenado procesos de degradación de suelos por erosión, salinización, compactación, contaminación química, pérdida de fertilidad, procesos de desertización y expansión de la frontera agrícola hacia zonas de bosques y hábitats naturales (FEDEPAPA, 2004).

En los recursos hídricos ha generado pérdida de biodiversidad por contaminación con agroquímicos y agotamiento por el uso excesivo de agua, como es el caso del cultivo de arroz sembrado en rotación con algodón en el municipio del Espinal en Tolima. Para los productores arrendatarios de lotes, el mayor interés es obtener la mayor producción y retribución económica posible, dejando de lado las externalidades negativas y pasivos ambientales que pueda generar su actividad sobre el entorno biofísico y equilibrio ecológico de los ecosistemas asociados (López, 2012).

**Cobertura de servicios públicos en zona rural.** En ambas zonas de estudio aproximadamente la mitad de los predios cuenta con servicio de acueducto (Federación Colombiana de Municipios, 2015).

Para el servicio de alcantarillado rural, en Cereté la cobertura es muy baja, con menos del 1%, lo cual representa un riesgo por las posibles inundaciones en épocas de mayores

precipitaciones, la contaminación de los acuíferos subterráneos por infiltración en el suelo de aguas servidas y la descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento al río Sinú, que afecta a las poblaciones que se abastecen aguas abajo (Alcaldía Municipal de Cereté, 2012). En el Espinal el servicio de alcantarillado rural tiene una cobertura del 31,3%, lo cual representa una ventaja frente a Cereté en términos sanitarios.

La energía eléctrica rural en ambos municipios tiene una cobertura del 94%. Según la Alcaldía Municipal de Cereté (2012) la empresa Electricaribe S.A. presta el servicio en regulares condiciones por baja carga y mala distribución debido a la antigüedad de las redes y de los transformadores. En el Espinal los servicios de energía eléctrica son prestados por la empresa Enertolima S.A. (Alcaldía Municipal de El Espinal, 2012).

**Infraestructura vial.** El municipio de Cereté se encuentra ubicado en la zona denominada medio Sinú, por lo que su ubicación lo hace epicentro de intercomunicación y centro de interconexión vial, ya que por el municipio atraviesa la troncal de occidente que le permite conectar con los municipios de Montería, San Pelayo y Lórica. En el registro INVIAS, el número de kilómetros de vías terciarias rurales de Cereté es de 54,5. El municipio del Espinal cuenta con cuatro vías de acceso en buen estado, una del Espinal que conduce a Ibagué, otra Espinal – Guamo – Neiva, Espinal - Coello y la última Espinal – Bogotá.

**Sistemas productivos agropecuarios.** Los sistemas de producción agrícola en las zonas de estudio de Espinal y Cereté tienen en común la presencia de cultivos transitorios de arroz, maíz y algodón. En el Espinal, el algodón se siembra durante el primer semestre del año y en el segundo semestre se rota con arroz<sup>40</sup>, que es el cultivo de mayor importancia socioeconómica en el municipio. Así mismo, la industria de la molinería de arroz ocupa un lugar relevante en la economía, ya que el departamento del Tolima es el primer productor de arroz a nivel nacional con cerca del 40% de la producción y un área sembrada de 54.627 hectáreas (DANE y FEDEARROZ, 2015). Adicionalmente, en el municipio de Espinal se destaca la siembra de cultivos industriales de sorgo, soya y tabaco y actividades pecuarias como la piscicultura (Alcaldía Municipal de El Espinal, 2012).

---

<sup>40</sup> Es importante mencionar que el cultivo de arroz riego y secano en la zona, utiliza gran cantidad de agroquímicos, generando contaminación en el aire, suelo, agua y afectando la vida silvestre, la salud humana y a otros cultivos.

En Cereté, el algodón es el cultivo de mayor importancia en términos sociales y económicos. Se cultiva entre los meses de agosto y enero y luego se rota con maíz, por lo general maíz GM resistente a insectos y tolerante a herbicidas. Esta práctica de rotación entre cultivos GM ha generado un desequilibrio ecológico por el aumento de las poblaciones de las principales plagas del cultivo que no son controladas por la tecnología, como *Spodoptera* sp. y picudo del algodonerero *A. grandis*, desarrollando resistencia por la alta presión de selección y promoviendo el uso excesivo de insecticidas de amplio espectro que disminuyen la fauna benéfica y afectan a organismos no objetivo (Santos *et al.*, 2009; Catacora-Vargas, 2011).

El cultivo de arroz en Cereté no tiene la misma importancia económica como en el Espinal, ya que el departamento de Córdoba tan solo aporta el 4% de la producción nacional (DANE y FEDEARROZ, 2015). La práctica pecuaria de la ganadería extensiva ha sido una de las principales causas del aumento de la frontera agrícola en la región Caribe, lo cual ha conllevado según Márquez (2001), a la casi total transformación de los bosques y sabanas, puesto que más del 80% del territorio está ocupado por potreros, con una reducción considerable del ecosistema de Bosque Seco Tropical que predominaba en la región.

#### **4.2.2 Sistemas de Producción de Algodón en cada Zona de Estudio**

Para desarrollar el análisis de los sistemas de producción de algodón en Colombia, a continuación se presenta la Tabla 4-3 que resume las principales características de las zonas algodonerías de estudio en lo referente a superficie sembrada, número de lotes, tamaño de los cultivos, áreas propias y en arriendo, uso de la finca y experiencia en el cultivo de algodón. A partir de dicha tabla se realiza una discusión que permite caracterizar las condiciones actuales de los sistemas de producción de algodón en las zonas más representativas del país.

Es importante aclarar que en las dos zonas predominan los cultivos de algodón GM sobre los convencionales, por lo tanto el análisis que se presenta a continuación corresponde a variedades GM. Sin embargo, el algodón GM al igual que el convencional, por las características de los sistemas de producción, hacen parte del mismo modelo de agricultura agroindustrial. Los cultivos GM además de profundizar los riesgos y deterioro

a nivel ecológico del sistema convencional, introducen otros que resultan de la modificación genética, de su expresión y la dinámica económico-política sobre la que se basan.

Tabla 4-3. Sistemas de producción de algodón GM en dos zonas productoras de Colombia.

Características		Cereté (Córdoba)	Espinal (Tolima)
Superficie sembrada de algodón (hectáreas) <sup>41</sup>		3669	2739
Numero de lotes sembrados con algodón		607	352
Tamaño de los cultivos	0-10 hectáreas	525	256
	10-50 hectáreas	68	93
	>50 hectáreas	14	3
Área propia (hectáreas)		929 (25%)	290 (10,6%)
Área en arriendo (hectáreas)		2740 (75%)	2449 (89,4%)
Uso de la finca <sup>42</sup>	Agrícola	73%	57%
	Agrícola - Pecuario	13%	0%
	Otros usos	13%	43%
Experiencia como productor algodónero	1 a 5 años	7%	14%
	6 a 10 años	20%	14%
	11 a 15 años	13%	15%
	16 a 20 años	13%	20%
	Más de 20 años	47%	36%
Experiencia en la producción de algodón GM (Número de siembras/productor)	1 y 2 siembras	13%	8%
	3 y 4 siembras	7%	3%
	5 y 6 siembras	27%	29%
	7 y 8 siembras	7%	8%
	9 y 10 siembras	23%	26%
	Más de 10 siembras	24%	26%

Fuente: Elaboración propia a partir de información primaria levantada en campo e información secundaria.

<sup>41</sup> Datos suministrados por CONALGODON (2015).

<sup>42</sup> Información obtenida en la investigación.

**Superficie sembrada de algodón.** Tal como se observa en la tabla anterior, el municipio de Cereté presentó una superficie sembrada de 3.669 hectáreas (CONALGODON, 2015), lo cual corresponde al 11,8% del área total sembrada en el país, mientras que el Espinal participó con el 8,8% del área total sembrada. Es decir, estos dos municipios algodoneiros aportaron una quinta parte (20,6%) de las 31.054 hectáreas de algodón que se reportaron en la temporada de 2015. En el ranking nacional de área sembrada, el primer lugar correspondió a Cereté seguido por San Pelayo, ambos municipios del departamento de Córdoba y en la tercera posición se ubicó el Espinal en el departamento de Tolima.

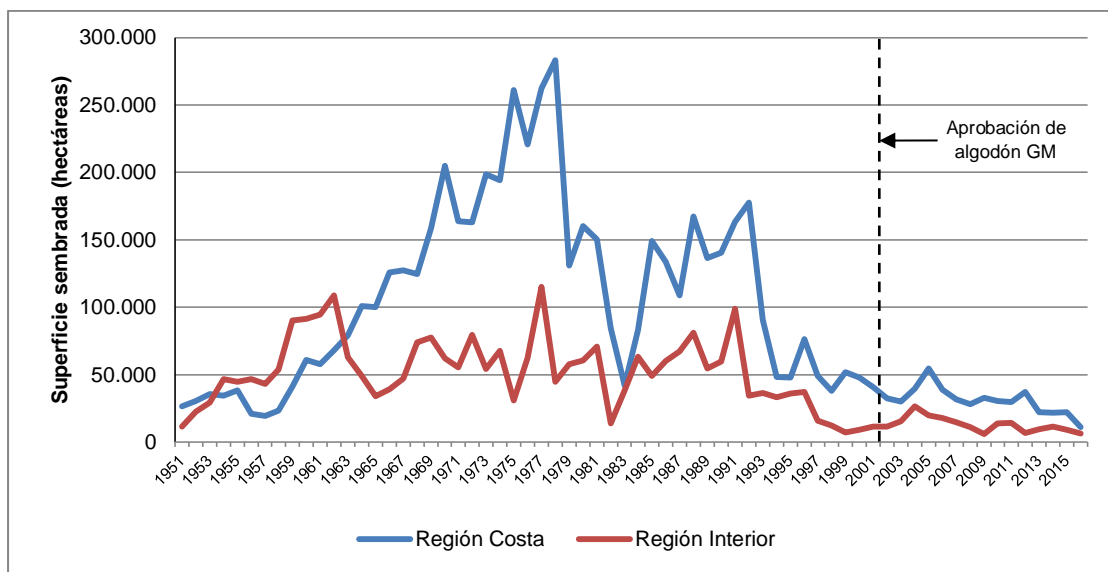


Figura 4-2. Superficie sembrada de algodón en la región de la Costa Caribe y el Interior en Colombia (1951-2016). Fuente: Datos históricos suministrados por CONALGODON (2015).

En la Figura 4-2 se observa el comportamiento del área sembrada del cultivo de algodón para el periodo 1951 a 2016 en Colombia.

En el año 1977 se llegó a cultivar hasta 377.246 hectáreas de algodón y hoy en día se siembran 17.600 hectáreas, es decir, ha disminuido en un 95,3% la siembra de algodón desde aquella época. Cabe destacar que a pesar de la introducción en 2002 de las primeras variedades transgénicas, el comportamiento a la baja siguió predominando en ambas regiones algodoneiras, lo cual indica que la siembra de algodón GM no tuvo los resultados esperados atribuidos en un principio a la tecnología.

Por el contrario, ha agudizado aún más la crisis del sector algodonero al incrementar los costos de las semillas, aumentar el uso de glifosato en los cultivos, generar mayor presión de plagas y enfermedades, incrementar las aplicaciones de insecticidas para el control de picudo con respecto a las variedades convencionales (Zambrano *et al.*, 2009). López (2012) por su parte reporta pérdidas económicas a los productores, dependencia tecnológica<sup>43</sup>, desarrollo de resistencia en insectos a los cultivos GM, tolerancia de las arvenses a glifosato, resurgencia de plagas, afectación en organismos no objetivo, desequilibrio en la cadena trófica de los ecosistemas, pérdida de variedades convencionales adaptadas a las regiones e impactos negativos a nivel ecológico aún sin identificar.

**Número de lotes sembrados con algodón.** En Cereté existen 607 lotes destinados a la siembra de algodón. De allí radica la importancia socioeconómica del cultivo de algodón en el municipio de Cereté, conocido como “La Capital del Oro Blanco”. En el Espinal existen 352 lotes dedicados a la siembra de algodón. Estos dos municipios son los más representativos en términos de producción a nivel nacional.

**Tamaño de los cultivos.** En Colombia, la mayoría de los cultivos de algodón se caracterizan por ser pequeños, con áreas sembradas menores a 10 hectáreas y cultivados principalmente por campesinos en minifundios arrendados. En Cereté el 86,5% de los cultivos de algodón son menores a 10 hectáreas, el 11,2% son cultivos medianos entre 10 y 50 hectáreas y el 2,3% restante corresponde a grandes plantaciones de más de 50 hectáreas. En el Espinal el 72,7% son cultivos pequeños menores de 10 hectáreas, el 26,4% son medianos entre 1 y 50 hectáreas y tan solo el 0,85% son grandes cultivos mayores de 50 hectáreas.

Si se comparan las dos zonas de estudio se observa la misma tendencia: los lotes pequeños predominan en número sobre los grandes, pero al analizar las diferencias socioeconómicas entre los productores, se observa que los que siembran lotes pequeños son agricultores de economía campesina-familiar, mientras que los que siembran lotes grandes son agricultores industriales con economías de escala, que hacen un uso intensivo de insumos y maquinaria agrícola, con acceso a créditos bancarios y en algunos casos propietarios de latifundios.

---

<sup>43</sup> Ver anexo F, Licencia para el Uso de la Tecnología Genética, cláusula 3.



**Área propia y en arriendo.** De las 3.669 hectáreas registradas en Cereté para la siembra de 2015, el 25,3% del área corresponde a cultivos sembrados en tierras que son propiedad de los productores de algodón y en el Espinal equivale al 10,6% de las 2.739 hectáreas sembradas. Se observa que la mayoría del área sembrada de algodón en las dos zonas de estudio se realiza en lotes arrendados (75 y 89% respectivamente), lo cual ha generado problemas ambientales como resultado de la intensificación de la producción agrícola: erosión del suelo, salinización de suelos, uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, agotamiento de acuíferos, pérdida de diversidad genética y deforestación (Soler, 2007).

**Uso de la finca.** La mayoría de los productores algodoneros dedican sus fincas a realizar actividades de tipo agrícola. Los pequeños agricultores de la Costa siembran además de algodón otras especies para el autoconsumo tales como yuca, maíz, ñame, frutales y otros cultivos de clima cálido. El 13% también desarrollan actividades de tipo pecuario mediante la cría y levante de ganado bovino de las razas Cebú, Gyr, Simmental, Pardo Suizo y razas criollas como el Romosinuano propio de la región. En el Espinal, los productores algodoneros no realizan actividades pecuarias y se han especializado en cultivos transitorios agroindustriales como el algodón, arroz y en menor proporción en maíz. En otros usos se destaca la piscicultura y la agroindustria de la molinería de arroz.

**Experiencia como productor algodonero.** La mayor proporción de productores encuestados tenían una experiencia superior a 20 años (47% en la Costa y 36% en el Interior) y el grupo más pequeño correspondió a agricultores con una experiencia inferior a 5 años. Los datos de caracterización de la muestra permitieron tener una visión amplia de los productores de algodón GM, al incluir pequeños, medianos y grandes productores, ubicados en los departamentos más importantes en términos de área sembrada. Adicionalmente la amplia experiencia de los agricultores en el cultivo brinda mayor confianza a los resultados y permite deducir que la mayoría tienen experiencia tanto en algodón convencional como en GM.

**Experiencia en la producción de algodón GM.** Al analizar la experiencia de los productores encuestados con el cultivo GM en las dos zonas algodoneras, se estableció que el promedio de experiencia fue de 8,8 siembras, con una desviación estándar de 3,7 siembras. Los datos indican que la muestra incluyó tanto a productores con poca experiencia (con mínimo 1 siembra) como a productores que han sembrado algodón GM

desde que se introdujo al país en 2002 (de hasta 13 siembras). Se pudo establecer que el 81% de los productores en Córdoba y el 89% en Tolima han sembrado algodón GM en 5 o más temporadas. A partir de dicha experiencia fue posible analizar las implicaciones ambientales del cultivo, asumiendo que son los productores algodoneeros los que poseen los elementos de juicio para evaluar el paquete tecnológico GM.

La comparación en el manejo agronómico de los cultivos de algodón GM y convencional se muestran en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Principales rasgos del manejo agronómico de los cultivos de algodón GM en dos zonas productoras de Colombia.

<b>Práctica/Tecnología</b>	<b>Cereté (Córdoba)</b>	<b>Espinal (Tolima)</b>
<b>Distrito de riego</b>	No	Si (USOCOELLO)
<b>Tipo de riego</b>	Lluvia	Gravedad
<b>Análisis de suelos</b>	No	Si
<b>Preparación de suelos</b>	No (Labranza cero)	Si (Mecánica)
<b>Tipo de recolección</b>	Manual	Mecánica
<b>Número de aplicaciones de insecticidas por ciclo</b>	13	5
<b>Número de aplicaciones de fungicidas por ciclo</b>	2	1
<b>Número de aplicaciones de herbicidas por ciclo</b>	3	2
<b>Proveedor de semillas</b>	Bayer Cropscience	Bayer Cropscience
<b>Cultivos de rotación</b>	Maíz GM y convencional	Arroz
<b>Destrucción de socas</b>	Aéreo	Aéreo (Rastra)
<b>Número total de jornales</b>	43	25

Fuente: Elaboración propia a partir de información primaria levantada en campo e información secundaria.

**Distrito de riego.** La zona rural de Cereté y demás municipios algodoneros de la Costa no cuentan con distrito de riego para la irrigación de los cultivos. Por lo general los agricultores programan las siembras y estados de mayor demanda hídrica de los cultivos con las épocas de mayor precipitación, que para Cereté según Climate-Data<sup>44</sup> corresponde a los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Esta condición de la zona algodonera de la Costa representa una desventaja a nivel productivo frente al Espinal, que cuenta con el distrito de riego USOCOELLO. Este distrito se abastece de los ríos Cucuana y Coello, tiene capacidad para riego de 25.600 hectáreas y una cobertura de 1.800 usuarios de los municipios de Guamo, Flandes, San Luis y Espinal. Actualmente el mayor uso consuntivo proviene de los cultivos de arroz, riego, algodón, sorgo y maíz y en menor importancia maní, tabaco, plantas ornamentales, frutales permanentes y piscicultura (USOCOELLO, 2013). La alta demanda hídrica de la agricultura intensiva en esta región del Tolima y el elevado uso de agroquímicos son las principales causas de los conflictos ambientales por desabastecimiento, pérdida de calidad y contaminación del agua (Márquez, 2001).

**Tipo de riego.** En Cereté la mayoría de los cultivos de algodón no cuentan con sistemas de riego, por lo que el 74,6% de los lotes sembrados suplen las necesidades hídricas de las lluvias, lo que incrementa el riesgo de pérdida de la cosecha y la disminución sensible de los rendimientos, cuando se presenta estrés hídrico en eventos climáticos como el Fenómeno del Niño. El 12,7% de los lotes presentan riego por gravedad<sup>45</sup> y el 10,9% tienen sistemas de riego por aspersión<sup>46</sup>. El 1,8% restante presenta riego por goteo<sup>47</sup> y pivote central<sup>48</sup>.

En el Espinal el 98,6% de los cultivos de algodón utiliza riego por gravedad. Sin embargo, este sistema de riego genera impactos negativos desde el punto de vista ambiental debido a que requiere mayor consumo de agua por unidad de superficie cultivada con respecto a riegos por aspersión y goteo. Además genera problemas de drenaje y

---

<sup>44</sup> <http://es.climate-data.org/location/50081/>

<sup>45</sup> Consiste en conducir una corriente de agua desde una fuente abastecedora hacia los campos de cultivo y aplicarla directamente a la superficie del suelo por gravedad cubriendo total o parcialmente el suelo.

<sup>46</sup> Sistema de riego superficial que se produce asperjando el agua en un rociado de pequeñas gotas sobre o entre las plantas, imitando el agua de lluvia.

<sup>47</sup> Sistema de riego que se caracteriza por una aplicación de agua en forma de gotas y localizada a la planta.

<sup>48</sup> Sistema de riego que consiste en una tubería montada sobre ruedas, la cual gira en un desplazamiento radial con centro en un punto fijo y recibe el agua de una motobomba.

salinidad por acumulación de agua en el subsuelo, erosión por escorrentía superficial y pérdidas de nutrientes por lixiviación lo que provoca un deterioro de las aguas de drenaje cuando éstas retornan al regadío (Israelsen y Hansen, 2003).

Un estudio realizado por Orphal (2005), demuestra que las variedades de algodón GM presentan mejores rendimientos en condiciones de riego que bajo condiciones de secano. Con base en los resultados de este estudio, la productividad del algodón GM bajo condiciones de lluvia en Karnataka (India) era incluso menor que las variedades convencionales. En Colombia, estas condiciones favorables se aplican únicamente a los cultivos de Tolima que cuentan con distrito de riego.

**Análisis de suelos.** La producción de algodón (GM y convencional) pertenece a un sistema productivo agroindustrial. En éste, la aplicación de fertilizantes sintéticos hace parte del paquete tecnológico del que depende, y generalmente requiere de un análisis de suelo para determinar la cantidad, épocas y tipos de fertilizantes por aplicar. Sin embargo, según la información obtenida en las zonas de estudio, los productores en Córdoba no acostumbran a realizar análisis de suelos y foliares para el manejo de la fertilidad debido a que no lo consideran necesario y aumenta los costos de producción. Por tal razón se realizan aplicaciones de fertilizantes sin conocer los contenidos de nutrientes existentes en el suelo, generando costos adicionales y efectos a nivel edáfico por acumulación de sales y procesos de desertificación.

En cambio en Tolima, se realizan análisis de suelos y foliares en cada ciclo productivo, tanto en algodón como en arroz que es el cultivo de rotación. El manejo agronómico de estos sistemas de producción agroindustrial obedece al enfoque de la agricultura convencional con alta demanda de insumos agrícolas. No obstante, ésta práctica es probablemente una de las causas de que los rendimientos promedio sean más altos en Tolima en comparación con Córdoba.

**Preparación de suelos.** Esta labor consiste en la adecuación del terreno para la siembra de las semillas en el suelo y el mantenimiento del cultivo. En Córdoba la mayoría de productores no realizan labores de preparación de suelos previas a la siembra de la semilla, una práctica denominada labranza cero. La preparación de los suelos se realiza únicamente al momento de la siembra del cultivo de maíz con el cual se rota el algodón, es decir, la mecanización del suelo se realiza al finalizar la destrucción de socas del algodón. Los pocos productores de Córdoba que reportaron labores al suelo en algodón

realizan por lo general un pase de rastra y ocasionalmente utilizan cincel para descompactar el suelo.

La producción de cultivos tecnificados de maíz y algodón en el Valle del Sinú en Córdoba ha originado procesos de degradación de suelos que se han constituido en la principal causa de caída de la productividad agrícola, pérdida de diversidad biológica y disminución del recurso hídrico, en calidad y cantidad. La erosión, el lavado y degradación de suelos, y la pérdida de productividad de los sistemas agrícolas, unidos a factores sociales como la concentración de la riqueza, han contribuido a disminuir los índices de calidad de vida de los campesinos (CORPOICA, 2009).

A diferencia del sistema productivo de algodón en Córdoba, la mayoría de productores de Tolima preparan el suelo al inicio de cada ciclo de cultivo de algodón. La preparación del suelo o mecanización mediante tractor consiste en realizar dos o tres pases de rastra, uno de rastrillo y una embalconada<sup>49</sup>.

**Tipo de recolección.** La recolección o cosecha consiste en retirar las cápsulas o semillas con fibra de las plantas de algodón. Esta operación puede realizarse de forma manual o mecánica dependiendo del nivel de tecnificación del sistema productivo de la zona aldonera. En Córdoba los pequeños y medianos productores realizan esta labor de forma manual utilizando mano de obra contratada, a un precio de \$330 (USD 0,12) por kilo de algodón semilla recolectado y un promedio de 27 jornales por hectárea. Sin embargo, actualmente en la región Caribe es crítica la situación por la baja disponibilidad de mano de obra agrícola. Los grandes productores realizan esta actividad de forma mecánica utilizando cosechadoras de algodón alquiladas. En Tolima prevalece la recolección mecánica a un costo de \$720.000 (USD 262) por hectárea y un promedio de 7 jornales.

Existe una amplia diferencia entre los dos tipos de recolección, ya que la cosecha manual resulta más costosa con un incremento del 37,5% por hectárea con respecto a la recolección mecánica y además existe la dificultad de conseguir mano de obra calificada. No obstante, muchos de los pequeños y medianos productores de la Costa no tienen

---

<sup>49</sup> Es un sistema de preparación del suelo en el cual las semillas se siembran en las partes más elevadas del suelo para de esta manera canalizar el flujo de agua y evitar la humedad (Comentario personal ingeniero Aníbal Cortés).

acceso al alquiler de maquinaria agrícola y culturalmente prefieren realizar esta labor manualmente.

**Número de aplicaciones de insecticidas.** El manejo integrado de plagas en el cultivo de algodón (GM y convencional) incluye diversas estrategias como el control legal con vedas reglamentadas por el ICA, control cultural a través de la destrucción de socas, control etológico con el uso de trampas<sup>50</sup> para picudo *A. grandis* y control químico. Sin embargo, en las zonas de estudio la estrategia de primera implementación es el control químico mediante la utilización de insecticidas de diferentes grupos químicos.

El uso inadecuado del control químico en las zonas algodoneras del país ha generado incremento en la población de las plagas más importantes del cultivo, como son: el picudo del algodonoero *A. grandis* y *Spodoptera* sp.. Esta problemática fitosanitaria se acentúa en la región Caribe colombiana, ya que el cultivo de algodón se rota con el de maíz, el cual tiene como plaga principal a *Spodoptera* sp., lo que ocasiona que el ciclo de vida del insecto no se interrumpa y aumenten las poblaciones a umbrales de daño que generan pérdidas económicas por detrimento en los rendimientos. El incremento en las poblaciones de picudo ha generado la pérdida de sostenibilidad y el debilitamiento de la actividad, hasta el punto de reducir las áreas de 300.000 hectáreas en la década de 1950 a menos de 17.600 hectáreas en el año 2016 (ICA, 2012).

La tecnología del algodón GM no constituye una alternativa viable para solucionar los problemas fitosanitarios del país, ya que no controla las principales plagas del cultivo, en el largo plazo no reduce el uso de insecticidas y aumenta los costos de producción por el alto precio de la semilla. Durante los últimos años se ha incrementado el uso de insecticidas hasta el punto que hoy en día, se están realizando hasta 13 aplicaciones en Córdoba y 5 en Tolima por ciclo productivo para el control de plagas. Es por eso que ante la pregunta ¿Hay una reducción en el uso de insecticidas con el algodón GM? la mayoría de los productores encuestados (76,5%) manifestó que no.

En la Tabla 4-5 se listan los insecticidas más utilizados en las zonas algodoneras para el control de plagas. Se observa que la mayoría de los insecticidas presentan categorías

---

<sup>50</sup> Utilización de sustancias que alteran el comportamiento de los insectos, encontrándose dentro de ellas las feromonas, tanto de agregación como de confusión, repelentes, inhibidores de alimentación y todos aquellos que tengan efectos similares.

toxicológicas Ib y II, lo cual indica un alto riesgo de contaminación del medio ambiente y afectación a organismos acuáticos, aves, invertebrados, seres humanos y demás mamíferos.

Tabla 4-5. Principales insecticidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia.

Nombre comercial	Grupo químico	Control	Categoría toxicológica*	Ecotoxicidad
Cypermtrina	Piretroide	<i>Spodoptera</i> sp., gusano bellotero ( <i>Heliothis virescens</i> )	II	Tóxico para peces y organismos acuáticos, abejas y animales.
Proteus	Nitroguanidina y Piretroide	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ), gusano rosado ( <i>Sacadoses pyralis</i> ), pulgón ( <i>Aphis gossypii</i> )	II	Muy tóxico para peces. Ligeramente tóxico para abejas
Fipronil	Fenil Pirazole	Picudo ( <i>Anthonomus grandis</i> )	Ib	Muy tóxico para aves, peces, abejas e invertebrados acuáticos. Carcinógeno del Grupo C en humanos.
Engeo	Piretroide y Nitroguanidina	Picudo ( <i>A. grandis</i> ), mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) y chinche ( <i>Dysdercus</i> sp.)	II	Muy tóxico para aves y abejas
Proclaim	Avermectina	Gusano de la hoja ( <i>Alabama argillacea</i> ), gusano bellotero ( <i>Heliothis virescens</i> )	III	Muy toxico para peces y organismos acuáticos
ISQ	Benzoylurea	Gusano de la hoja ( <i>Alabama argillacea</i> ), gusano bellotero ( <i>Heliothis virescens</i> )	III	Levemente toxico para mamíferos
Larvin	Carbamato	<i>Spodoptera</i> sp., gusano bellotero ( <i>Heliothis virescens</i> )	II	Toxico para abejas y organismos acuáticos
Imidacloprid	Neonicotinoide	Pulgón ( <i>Aphis gossypii</i> ), mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ), chinche ( <i>Dysdercus</i> sp.)	II	Extremadamente tóxico para organismos acuáticos, abejas y polinizadores

\*Según la OMS<sup>51</sup>:  
 Ia: Extremadamente peligrosa  
 Ib: Altamente peligrosa  
 II: Moderadamente peligrosa  
 III: Ligeramente peligrosa

<sup>51</sup> Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL50) aguda, por vía oral o dérmica. Sin embargo, un producto con una baja dosis letal media (DL50) puede causar efectos crónicos por exposición prolongada.

Fuente: Elaboración propia a partir de registros de insecticidas comercializados por agremiaciones algodonerías e información toxicológica de Pesticides Properties DataBase - University of Hertfordshire.

Cabe resaltar que el insecticida Fipronil® es el más tóxico de la tabla anterior y de uso más extendido en el cultivo de algodón, lo cual evidencia el peligro que representa para los ecosistemas y la salud de los productores al ser carcinógeno. De acuerdo al ICA (2012), la exposición a este tipo de insecticidas representa un riesgo alto de intoxicaciones crónicas y agudas en seres humanos, ya que el 60% de ellas se hace con fumigadora de espalda sobre algodones de porte medio y alto.

A nivel ecológico se induce una alta presión de selección sobre los insectos plaga lo que acelera el desarrollo de resistencia y disminuye las poblaciones de organismos benéficos (Snow *et al.*, 2008). Según lo expuesto por varios investigadores y cultivadores<sup>52</sup>, esto genera un desequilibrio en las poblaciones de enemigos naturales con la consecuente pérdida de diversidad y aumento en el ataque de plagas secundarias o emergentes como mosca blanca *Bemisia tabaci*, cochinilla *Dactylopius coccus*, trips *Frankliniella occidentalis*, áfidos *Aphis gossypii* y chinche de encaje *Dictyla monotropidia*.

**Número de aplicaciones de fungicidas.** El uso de fungicidas va dirigido al control de enfermedades patógenas de origen fungoso. En las zonas algodonerías se ha observado mayor susceptibilidad de los materiales GM en comparación con los convencionales. El aumento en incidencia y severidad de enfermedades en los cultivos ha conducido a los productores a realizar más aplicaciones de fungicidas, incrementando los costos de producción y la liberación de sustancias contaminantes al ambiente (Pengue, 2005).

En la Tabla 4-6 se presenta un listado de los fungicidas utilizados para el control de enfermedades en el cultivo de algodón. Al igual que los insecticidas, estos productos producen toxicidad en organismos no objetivo como peces, aves, crustáceos, artrópodos, abejas y lombrices de tierra. Las categorías toxicológicas de los productos van de moderadamente a ligeramente peligrosos.

---

<sup>52</sup> Comentarios personales realizados por I.A. Luis Eduardo Guzmán, I.A. Alejandro Polo, Álvaro Plata y Rafael Sierra Morales.



Tabla 4-6. Principales fungicidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia.

Nombre comercial	Grupo químico	Control	Categoría toxicológica	Ecotoxicidad
Amistar Top	Metoxicrilatos y Triazoles	<i>Ramularia areola</i>	II	Tóxico para organismos acuáticos
Benlate	Benzimidazoles	<i>Ramularia areola</i> , antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> sp.)	III	Levemente tóxico para aves. Ligeramente tóxico para peces y micro crustáceos acuáticos.
Carbendazim	Benzimidazoles	<i>Ramularia areola</i>	III	Moderadamente toxico para peces, organismos acuáticos y aves
Nativo	Estrobirulinas y Triazoles	<i>Ramularia areola</i>	III	Muy toxico para peces. Poco toxico para aves y abejas.
Top Gun	Estrobirulinas y Morfolinas	<i>Rhizoctonia solani</i> , antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> sp.)	II	Muy toxico para aves, organismos acuáticos, abejas y lombriz de tierra.
Difenoconazole	Triazoles	<i>Ramularia areola</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	III	Tóxico para los organismos acuáticos y artrópodos benéficos

\*Según la OMS<sup>53</sup>:  
Ia: Extremadamente peligrosa  
Ib: Altamente peligrosa  
II: Moderadamente peligrosa  
III: Ligeramente peligrosa

Fuente: Elaboración propia a partir de registros de fungicidas comercializados por agremiaciones algodonerías e información toxicológica de Pesticides Properties DataBase - University of Hertfordshire.

El número promedio de aplicaciones de fungicidas en Córdoba es de 2, mientras que para Tolima es de 1. Sin embargo las aplicaciones dependen de la presión de inóculo y las condiciones ambientales favorables para que se produzca la enfermedad. Las aplicaciones por lo general se realizan con fumigadoras de espalda.

**Número de aplicaciones de herbicidas.** Los herbicidas son la principal estrategia para el control de arvenses en el cultivo de algodón en las zonas de estudio. Los materiales GM de algodón TH como el glifosato, demuestran ser efectivos en el control de arvenses

<sup>53</sup> Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL50) aguda, por vía oral o dérmica. Sin embargo, un producto con una baja dosis letal media (DL50) puede causar efectos crónicos por exposición prolongada.

y en la reducción del número de jornales para esta labor. Sin embargo, ha incentivado a que se haga masivo e indispensable el uso de glifosato en el manejo del cultivo, generando contaminación y dependencia de los productores a la compra de agroquímicos.

Si bien el herbicida glifosato es de amplio espectro, eliminando tanto hierbas dicotiledóneas como monocotiledóneas, se da el caso de arvenses que se vuelven resistentes a las dosis recomendadas, ya sea por el espacio libre que queda ante la desaparición de otras plantas o por resistencia genética que pueden trasladarse a las nuevas generaciones.

En la Tabla 4-7 se muestran los herbicidas de mayor uso en el cultivo de algodón GM. El uso de glifosato presenta un constante incremento, tanto en el número de aplicaciones como en las dosis de producto utilizadas.

Tabla 4-7. Principales herbicidas utilizados en el cultivo de algodón GM y convencional en Colombia.

Nombre comercial	Grupo químico	Control	Categoría toxicológica	Toxicidad
Round up® - Glifosato	Derivado de la Glicina	Control de arvenses anuales y perennes; presiembra de cultivos.	III	Moderadamente toxico para peces y lombrices
Glufosinato de amonio	Órgano fosforado	Control de arvenses anuales de hoja ancha y gramíneas.	II	Moderadamente toxico para peces y lombrices

\*Según la OMS<sup>54</sup>:  
 Ia: Extremadamente peligrosa  
 Ib: Altamente peligrosa  
 II: Moderadamente peligrosa  
 III: Ligeramente peligrosa

Fuente: Elaboración propia a partir de registros de herbicidas comercializados por agremiaciones algodonerías e información toxicológica de Pesticides Properties DataBase - University of Hertfordshire.

En Córdoba en promedio se realizan 3 aplicaciones de glifosato durante el ciclo productivo del cultivo, mientras que en Tolima se realizan 2 aplicaciones. Desde la introducción de los cultivos GM se ha incrementado el consumo de glifosato a nivel mundial (Benbrook, 2016) y está documentada la existencia de al menos 32 arvenses o

<sup>54</sup> Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL50) aguda, por vía oral o dérmica de las ratas. Sin embargo, un producto con una baja dosis letal media (DL50) puede causar efectos crónicos por exposición prolongada.

hierbas invasoras resistentes a glifosato, resultado directo del aumento masivo de su uso. De acuerdo a la *International Survey of Herbicide-Resistant Weeds*, en Colombia existen 3 especies resistentes a glifosato reportadas: *Parthenium hysterophorus*, *Conyza bonariensis* y *Eleusine indica*, ésta última asociada al cultivo de algodón (Weed Science, 2016).

Un estudio realizado en EE.UU. señala que existen arvenses resistentes a herbicidas en el 50% de las fincas agrícolas y se encuentran una o más arvenses resistentes a glifosato en el 92% de los cultivos (Union of Concerned Scientists, 2013). Situaciones similares se repiten en Argentina, Brasil e India, donde las arvenses resistentes son un problema cada vez mayor, tanto en cantidad de especies como en distribución geográfica (Primavesi *et al.*, 2014). En Colombia existe poca investigación relacionada con resistencia a herbicidas. Sin embargo algunos productores algodoneiros<sup>55</sup> y asistentes técnicos<sup>56</sup> de Córdoba y Tolima manifiestan que deben incrementar cada vez más las dosis de glifosato para ejercer un control sobre las arvenses.

De acuerdo al análisis del uso de agroquímicos (insecticidas, fungicidas y herbicidas) tanto en algodón GM como en convencional, es posible inferir que no existen diferencias en cuanto al tipo de agroquímicos aplicados, ya que ambos están basados en el paquete tecnológico del modelo productivo agroindustrial que promueve sistemas agrícolas insostenibles y dependientes de insumos.

### **4.3 Variaciones del Área Sembrada y Rendimientos de los Cultivos de Algodón Genéticamente Modificado vs. Convencional**

A continuación se presenta el análisis comparativo del área sembrada y el rendimiento de los cultivos de algodón GM y convencional en las zonas de estudio, que corresponde al segundo objetivo específico de la presente investigación. Es importante resaltar que el análisis se realiza a nivel nacional, ya que no existe información oficial del ICA o del

---

<sup>55</sup> Comentarios personales de los productores Fernando Zabala, Manuel Argel y Quirino Martínez en Córdoba. Hernán Medina y Aníbal Cortes en Tolima.

<sup>56</sup> Comentarios personales de los ingenieros agrónomos Alejandro Polo, Luis Eduardo Guzmán, Ramiro Ramos y Álvaro Plata.

gremio productivo, con respecto al área sembrada y los rendimientos discriminados según variedad (GM o convencional) por zona de estudio.

La comparación del área sembrada y el rendimiento de los cultivos de algodón GM y convencional tiene dos componentes: el primero es la variación del área sembrada y el segundo hace énfasis en la variación de los rendimientos para cada tipo de sistema productivo.

### 4.3.1 Variación del Área Sembrada

Tanto en la región de la Costa Caribe como en el Interior, la superficie sembrada con variedades GM es muy superior en comparación con las variedades convencionales. De acuerdo con datos del MADR *et al.* (2014), en Tolima el 97% del área fue sembrada con variedades GM y sólo el 3% con convencionales, mientras que en Córdoba el 95% del área fue sembrada con variedades GM y el 5% con convencionales.

No obstante, la alta adopción de la tecnología transgénica en el cultivo de algodón no obedece a mejores resultados económicos y/o productivos, la disponibilidad de semillas convencionales es muy poca porque han sido retiradas del mercado y se han perdido variedades locales mejoradas por los agricultores. Esta situación ha desestimulado la siembra de materiales convencionales dejando sin alternativas a los productores (Colorado, 2014).

En la Tabla 4-8 se presenta el comportamiento del área sembrada a nivel nacional de los materiales convencionales y GM de algodón. A partir de estos datos históricos fue posible comparar por regiones el área sembrada de los dos sistemas productivos.

Tabla 4-8. Variación del área sembrada (en hectáreas) de algodón GM y convencional en Colombia (2002-2016).

Región	Sistema productivo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Costa Caribe	Convencional	30.579	21.584	41.149	36.408	25.312	16.918	12.733	13.941	9.878	2.414	707	3.523	1.005	1.493	1.110
	GM	2.000	8.569	13.438	9.474	9.349	12.168	21.300	16.602	20.079	34.665	21.407	18.145	19.095	19.841	9.990

<b>Convencional</b>	11.531	13.762	3.044	6.931	5.120	1.601	921	635	963	1.717	174	187	355	405	650
<b>Interior</b>															
<b>GM</b>	-	1.754	8.342	11.992	13.385	12.910	10.565	5.367	13.149	12.646	6.721	9.234	11.491	9.725	5.850
<b>AREA TOTAL</b>	44.110	45.669	65.973	64.805	53.166	43.597	45.519	36.545	44.069	51.442	29.009	31.089	31.946	31.464	17.600

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MADR *et al.* (2014) y CONALGODON (2016).

En el año 2002 se sembraron en la Costa Caribe los primeros materiales de algodón GM, con un área inicial de 2.000 hectáreas. A partir de entonces, tal como se observa en la Figura 4-3, la tendencia general en ambas regiones algodoneras para el periodo 2002-2016, es el crecimiento de la superficie sembrada con algodón GM y la disminución paulatina de la siembra de variedades convencionales.

No obstante el citado incremento no ha sido constante y sostenido en las dos regiones. Como puede observarse en las respectivas gráficas de la Figura 4-3, en la Costa Caribe la superficie sembrada bajó en 2005, 2009, 2012, 2013 y 2016 en relación con los años inmediatamente anteriores y este comportamiento también se observa en el Interior, en los años 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2015 y 2016.

A nivel nacional, luego de un periodo sostenido de crecimiento del algodón GM entre 2002 y 2008, en 2009 se presenta una reducción de 8.974 hectáreas (19,7%). Entre 2010 y 2011, debido al incremento de la superficie sembrada en los departamentos de la región de la Costa (Córdoba) y el Interior (Valle, Huila, Tolima y Vichada), se logró alcanzar un pico de 51.442 hectáreas con una cobertura del 92% en algodón GM (47.311 hectáreas). Luego de 2011, la superficie cayó de manera constante hasta llegar a 17.600 hectáreas en 2016, el menor registro en la historia del cultivo de algodón en Colombia.

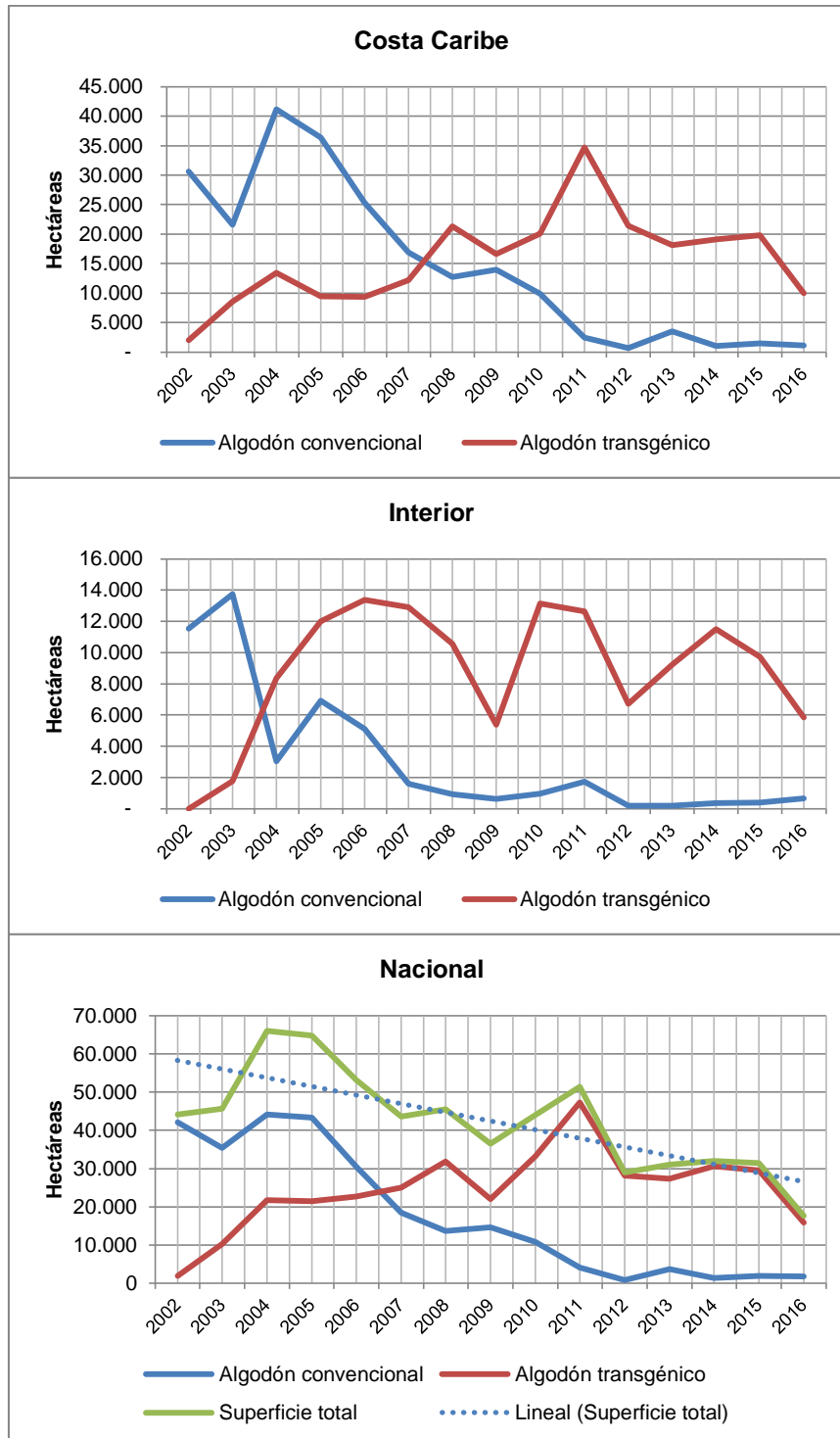


Figura 4-3. Comportamiento del área sembrada de algodón GM y convencional en la región de la Costa Caribe, el Interior y a nivel nacional en Colombia (2002-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AGROBIO (2015), MADR *et al.* (2014), MADR (2016) y CONALGODON (2016).

En la temporada 2008-2009 se presentaron pérdidas económicas en los cultivos de algodón GM en la región Interior y en la Costa que dieron lugar a demandas legales de CONALGODON a la multinacional Monsanto (Fonseca, 2009). Según el Grupo Semillas (2011), durante esa temporada en Tolima, la variedad transgénica DP 455 BG/RR generó una disminución entre el 50 y el 75% de la producción y cerca de 1.000 productores se vieron afectados con pérdidas que ascendieron los 20 mil millones de pesos (USD 9,27 millones<sup>57</sup>). En la región Caribe se afectó el 15% de la producción y 2.400 agricultores tuvieron pérdidas por más de 21 mil millones de pesos (USD 9,74 millones). El algodón GM obtuvo un rendimiento promedio de 1.762 kg/ha, mientras que el algodón convencional fue de 2.027 kg/ha. Los agricultores consideraron que las causas obedecieron a la baja calidad de la semilla, dando como resultado el marchitamiento de las plantas a los 90 días, malformaciones de las cápsulas<sup>58</sup> y ataque de *Spodoptera* sp.

Según la información recolectada en las visitas realizadas a las zonas de estudio, se pudo evidenciar que en la Costa en la temporada 2015, los rendimientos en campo del algodón GM estuvieron por debajo del promedio, registrando valores entre 800 y 1.200 kg/ha de algodón semilla. Con estos rendimientos no se alcanzó el punto de equilibrio y los productores tuvieron pérdidas económicas porque la venta de la cosecha no cubrió los costos de producción. Así mismo, varios productores encuestados en la Costa afirmaron no tener la intención de sembrar algodón en la temporada 2016-2017 debido a los malos resultados obtenidos en el cultivo, lo cual se reflejó en la disminución del área sembrada a nivel nacional para el periodo en mención.

Este análisis permite inferir que la disminución en el área sembrada del cultivo de algodón está directamente relacionada con la insostenibilidad a nivel socioeconómico del sistema productivo, lo que ha obligado a los agricultores a cambiar de actividad económica.

### 4.3.2 Variación de los Rendimientos

Para analizar la variación a través del tiempo de los rendimientos promedio se realizó un análisis de los datos históricos suministrados por CONALGODON, que no discriminan los

---

<sup>57</sup> Calculado a partir de la TRM promedio año 2009 (\$2.156,29). Banco de la República de Colombia.

<sup>58</sup> Solo se desarrollaron tres de los cinco lóculos en los que se almacena la fibra de algodón.

rendimientos por tipo de semilla, es decir de algodón GM y convencional. Por tal razón y con el objetivo de contrastar los rendimientos del algodón convencional con el GM, se analizó el comportamiento antes y después de la introducción de la tecnología GM en el período comprendido entre 2002 y 2016 (Figura 4-4).

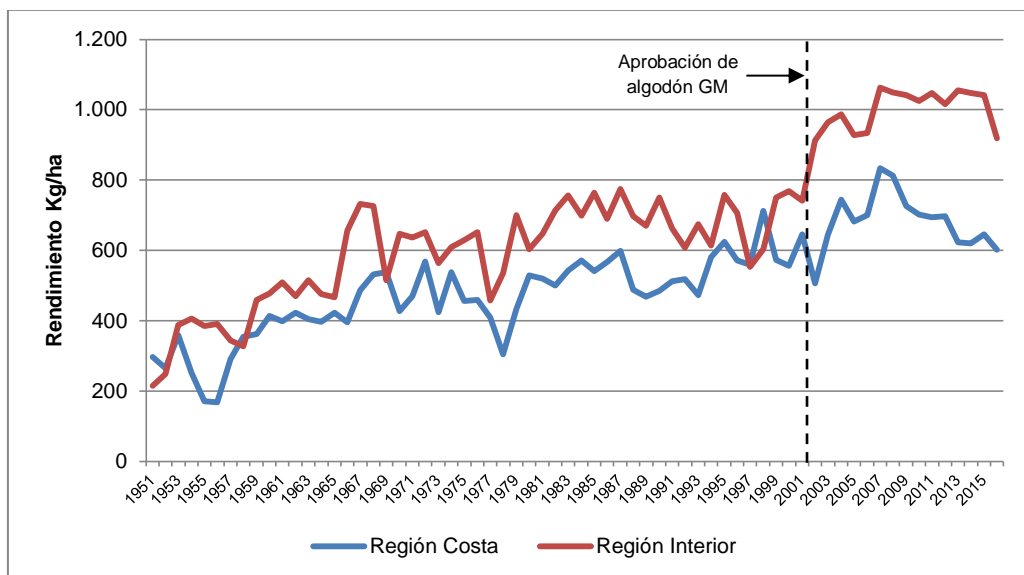


Figura 4-4. Comportamiento del rendimiento promedio de fibra de algodón en Colombia (1951-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de CONALGODON (2015).

Entre 1951 y 2016 se observa una tendencia de incremento gradual de los rendimientos promedio de fibra de algodón en las regiones a través del tiempo, debido principalmente al mejoramiento genético de las semillas (convencional e ingeniería genética), adaptabilidad de los materiales a las condiciones agroecológicas, experiencia de los productores, mayor grado de tecnificación en las labores agrícolas, utilización de sistemas de riego para el caso de la región del Interior, mejoramiento de las técnicas agronómicas en los diferentes estadios del cultivo y demás factores asociados a la producción (García, 2004). Cabe destacar que independiente de la introducción del algodón GM, el cultivo ha mostrado un aumento de los rendimientos en fibra, incluso cuando la producción se sustentaba en variedades convencionales.

En la Tabla 4-9 se muestran los datos de la variación del rendimiento promedio de fibra a partir de 2002, que fue el año en que se sembraron los primeros cultivos de algodón GM.



Tabla 4-9. Variación del rendimiento promedio de fibra de algodón (kg/ha) en Colombia (2002-2016).

Región algodonera	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Costa Caribe</b>	506	645	745	683	701	834	813	726	702	694	698	624	620	646	602
<b>Interior</b>	913	965	987	928	934	1.063	1.049	1.042	1.025	1.048	1.016	1.056	1.048	1.041	919

Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de CONALGODON (2015).

Desde 2002, en la región Interior se observa una ligera tendencia de aumento en los rendimientos (Figura 4-5). Por el contrario, en la región Costa se observa una leve tendencia a la disminución de los rendimientos en fibra desde la introducción de las variedades GM, que pasó de 645 kg/ha en 2003 a 602 kg/ha en 2016.

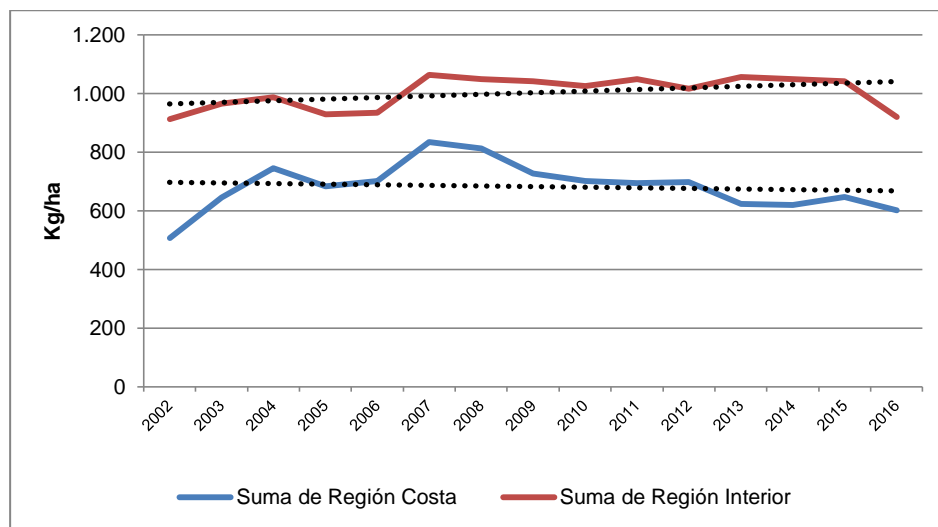


Figura 4-5. Tendencia del rendimiento promedio de fibra de algodón GM en las zonas de estudio (2002-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de CONALGODON (2015).

Según la información suministrada por el 86% de los productores en Córdoba, los ingresos obtenidos por los rendimientos no alcanzan a cubrir los costos de producción del cultivo GM debido a: altos precios de las semillas, mayor uso de insecticidas para el control de picudo, *Spodoptera* sp. y plagas emergentes, mayor susceptibilidad a

enfermedades, ausencia de riego, baja adaptabilidad de los materiales GM y mayor demanda de mano de obra para labores como la recolección. En concordancia con lo expuesto por Chegwin (2006), resulta evidente que es más rentable para el algodónero utilizar la semilla convencional cuando los factores de producción son limitados.

## 4.4 Rentabilidad de los Sistemas Productivos de Algodón Genéticamente Modificado y Convencional

A continuación se presentan los costos de producción, los ingresos recibidos y la variación en el tiempo de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional en las zonas de estudio.

Para obtener el valor de los ingresos por hectárea se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Ingresos por hectárea} = (\text{rendimiento fibra} * \text{PMG}^{59}) + (\text{rendimiento semilla} * \text{precio semilla})$$

Luego se calcula la utilidad por hectárea:

$$\text{Utilidad por hectárea} = \text{ingreso por hectárea} - \text{costos de producción por hectárea}$$

Finalmente, el índice de rentabilidad se obtiene de:

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\text{ingreso por hectárea}}{\text{costos de producción por hectárea}}$$

### 4.4.1 Costos de Producción

A partir de la información suministrada por los productores, se elaboró la estructura de costos para el cultivo de algodón GM por departamento. Los resultados se muestran en la Tabla 4-10.

Tabla 4-10. Costos e ingresos por hectárea del cultivo de algodón GM en Colombia (2015).

	CÓRDOBA	%	TOLIMA	%
<b>Actividad e insumo</b>	<b>3.754.180</b>	<b>80,3%</b>	<b>4.812.023</b>	<b>77,5%</b>
Abonamiento	115.867	2,5%	74.571	1,2%
Control de arvenses	29.556	0,6%	49.500	0,8%
Fertilizantes, abonos orgánicos, enmiendas, etc.	386.733	8,3%	1.110.714	17,9%
Fungicidas, bactericidas, etc.	235.933	5,0%	47.857	0,8%

<sup>59</sup> El Precio Mínimo de Garantía es el ingreso fijo que recibe el productor por cada tonelada de fibra de algodón. El PMG es un subsidio que ofrece el gobierno colombiano para incentivar la producción de esta materia prima.

Herbicidas	70.133	1,5%	100.857	1,6%
Insecticidas, trampeo, etc.	475.033	10,2%	440.334	7,1%
Manejo de enfermedades	49.600	1,1%	11.429	0,2%
Manejo de plagas	157.333	3,4%	104.082	1,7%
Otros costos	60.178	1,3%	56.770	0,9%
Preparación de suelos	61.333	1,3%	295.000	4,8%
Recolección y destrucción de socas	669.400	14,3%	940.000	15,1%
Regulación de crecimiento y labores previas a la recolección	103.333	2,2%	77.957	1,3%
Riego y drenajes	51.333	1,1%	205.714	3,3%
Semilla GM	601.747	12,9%	484.809	7,8%
Siembra, resiembra y raleo	130.000	2,8%	115.286	1,9%
Tierra	556.667	11,9%	697.143	11,2%
<b>Costos</b>	<b>921.845</b>	<b>19,7%</b>	<b>1.393.714</b>	<b>22,5%</b>
Administrador	58.667	1,3%	114.347	1,8%
Asistencia técnica	80.000	1,7%	82.857	1,3%
Comercialización (mercadeo, clasificación, logística, etc.)	279.267	6,0%	254.679	4,1%
Desmote	378.427	8,1%	725.200	11,7%
Intereses por anticipos o préstamos	33.248	0,7%	80.614	1,3%
Transporte del algodón semilla	80.807	1,7%	113.214	1,8%
Trasvaseo	11.431	0,2%	22.803	0,4%
<b>Ingreso</b>	<b>4.362.930</b>	<b>100,0%</b>	<b>6.988.638</b>	<b>100,0%</b>
Prima por calidad de fibra nacional	112.605	2,6%	188.860	2,7%
Valor de venta de la fibra	3.778.436	86,6%	6.066.252	86,8%
Valor de venta de la semilla	471.890	10,8%	733.526	10,5%
<b>Costo total (\$/ha)</b>	<b>4.676.025</b>		<b>6.205.737</b>	
<b>Ingreso total (\$/ha)</b>	<b>4.362.930</b>		<b>6.988.638</b>	
<b>Utilidad (\$/ha)</b>	<b>-313.095</b>		<b>782.901</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en las zonas de estudio.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en Tolima los productores incurren en costos superiores que son compensados con mayores ingresos, lo que les permitió tener una utilidad promedio de \$782.901 (USD 285)<sup>60</sup> por hectárea para la temporada 2015. Por su parte los productores de Córdoba perdieron en promedio \$313.095 (USD 114) por hectárea en la temporada 2014-2015 a pesar de tener menores costos de producción.

En Córdoba los cuatro rubros en orden de importancia son: recolección manual y destrucción de socas, semillas GM, tierra e insecticidas y trampeo, lo cual representa el 49,2% de sus costos de producción, mientras que en Tolima los cuatro rubros principales son: fertilizantes, abonos orgánicos, enmiendas, recolección mecánica y destrucción de socas, desmote y tierra, sumando el 56% de sus costos de producción (Figura 4-6).

<sup>60</sup> Calculado a partir de la TRM promedio año 2015 (\$2.746,47). Banco de la República de Colombia.

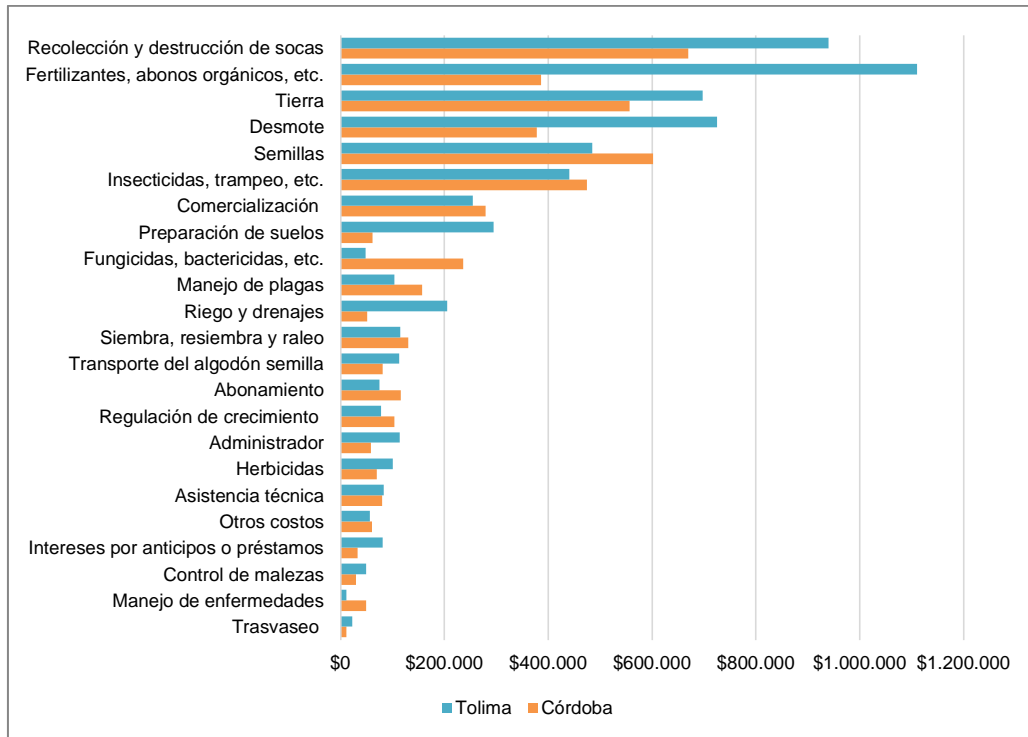


Figura 4-6. Distribución de los costos de producción de algodón GM por zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en las zonas de estudio.

Esta tendencia contrasta con los resultados obtenidos por Chegwin (2006), quién encontró que los costos de producción e ingresos en el cultivo de algodón GM muestran diferencias entre la región de la Costa y el Interior. Según FEDESARROLLO (2013) estas variaciones en los costos de producción entre regiones son consecuencia de factores externos como variaciones climáticas, ataque de plagas y enfermedades, adaptabilidad de la semilla GM, políticas de comercialización, costo de los insumos y competitividad del sector.

#### 4.4.2 Ingresos Recibidos

Al analizar los resultados de la estadística descriptiva para los ingresos calculados por zona de estudio en la temporada 2015 (Anexo D), se pudo determinar que para los productores de Córdoba los ingresos son inferiores a los costos de producción, razón por la cual pierden en promedio \$313.095 (USD 114) por hectárea. Si se considera que el valor mínimo reportado es de \$-1.918.650 (-USD 698) por hectárea, es posible afirmar que las pérdidas en este departamento pueden llegar a ser de hasta 2 millones de pesos (USD 728) por hectárea, para un ciclo del cultivo.

Por su parte los productores del departamento de Tolima obtienen un ingreso promedio de \$782.900 (USD 285) por hectárea. Esto implica que tienen ganancias más altas [como se puede apreciar en el valor máximo de \$2.278.462 (USD 829) por hectárea] y en caso de que se presenten pérdidas, éstas son de menor cuantía [como se puede apreciar con el valor mínimo de -\$504.100 (-USD 183) por hectárea].

### 4.4.3 Rentabilidad

A partir de la revisión de informes y anuarios estadísticos de instituciones privadas y gubernamentales como el MADR, el ICA, CONALGODON, Corporación Colombia Internacional, Bolsa Mercantil de Colombia, DANE y FEDESARROLLO, se recopiló la información necesaria para construir la Tabla 4-11, que presenta la variación en el tiempo de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional para la región de la Costa e Interior. En el Anexo E se encuentra la base de datos completa a partir de la cual se calcularon los índices de rentabilidad.

Tabla 4-11. Variación de la rentabilidad del cultivo de algodón en Colombia (2002-2016).

Región	Sistema de producción	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Costa Caribe	GM	-4,9%	2,2%	2,9%	-9,5%	6,9%	11,2%	13,0%	-6,0%	-8,4%	-5,1%	-16,6%	-20,3%	-7,5%	-16,6%	-31,2%
	Convencional	4,2%	12,1%	12,8%	-0,8%	17,1%	21,9%	23,8%	3,1%	0,4%	4,0%	-8,6%	-12,7%	1,4%	-8,6%	-24,6%
Interior	GM		-8,6%	-4,6%	-15,6%	-13,0%	-3,6%	-8,4%	3,0%	3,9%	-4,8%	-5,5%	-2,5%	0,7%	5,3%	-16,8%
	Convencional	-22,2%	-6,1%	-2,1%	-13,3%	-10,7%	-1,1%	-5,9%	5,7%	6,7%	-2,3%	-3,0%	0,1%	3,4%	8,1%	-14,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de Chegwin (2006), CCI *et al.* (2011), MADR (2013), MADR (2014), FEDESARROLLO (2013) y CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b y 2016).

En términos generales, la variación en el periodo 2002 - 2016 demuestra baja rentabilidad del cultivo de algodón en Colombia.

En la Costa Caribe se observa que entre 2002 y 2008 los cultivos convencionales reportaron índices de rentabilidad más altos que los GM, a excepción de 2005 donde ambos sistemas productivos arrojaron pérdidas. A partir de 2009, la tendencia en la rentabilidad fue negativa para cultivos convencionales y GM, que presentaron pérdidas económicas hasta del -31% (Figura 4-7).

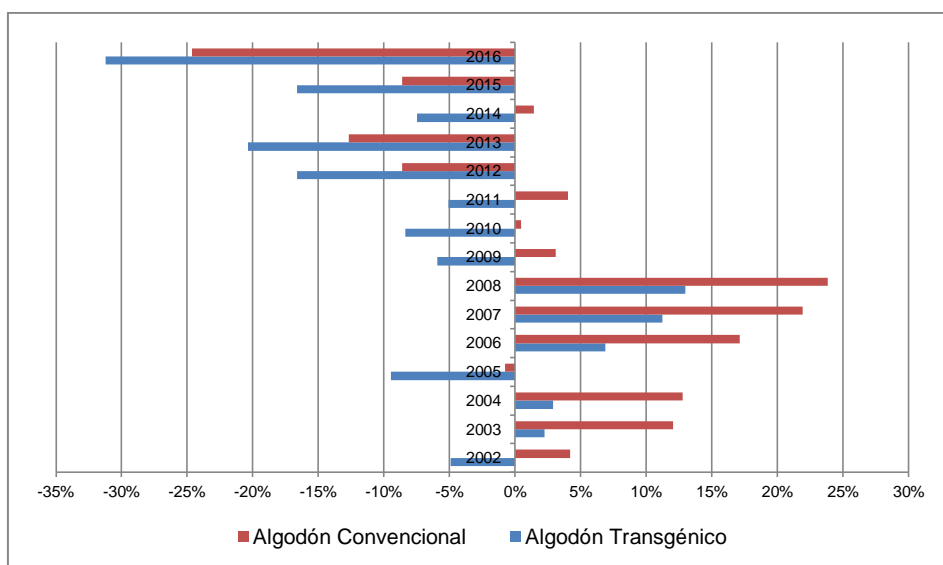


Figura 4-7. Comportamiento de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional en la región de la Costa Caribe (2002-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de Chegwin (2006), CCI et al. (2011), MADR (2013), MADR (2014), FEDESARROLLO (2013) y CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b y 2016).

La causa principal de la baja rentabilidad del cultivo de algodón en Córdoba y en general en la Costa, se debe al elevado costo de los insumos (al igual que en el Interior), baja adaptabilidad de los materiales GM a las condiciones agroecológicas de la región, alta inestabilidad genética, ausencia de mecanización, altos requerimientos de mano de obra con respecto a la escasa oferta de la región y problemas de asociatividad. De acuerdo a FEDESARROLLO (2013) la rentabilidad de la producción de algodón en la región se ha agudizado desde que se empezó a utilizar semilla GM.

Según el 64% de los productores entrevistados, esta situación se ha ido acentuando, cuando por disposiciones legales se estableció la prohibición del uso de otro tipo de semillas distintas a las autorizadas por el ICA de acuerdo a la Ley 1032 de 2006. Los agricultores y asistentes técnicos<sup>61</sup> resaltan los problemas derivados de la ausencia de un centro de investigaciones especializado para el algodón, que realice pruebas de las semillas en contextos regionales.

<sup>61</sup> Comentarios personales de: Alejandro Polo, investigador y funcionario de la Agronomía Coopdiagros Ltda. en Cereté – Córdoba. Álvaro Plata, ingeniero agrónomo y funcionario de la Agronomía Remolino S.A. en Espinal – Tolima.

Con respecto a los datos estadísticos reportados en boletines técnicos del gremio algodonero, es posible observar la baja rentabilidad del cultivo en la región del Interior (Figura 4-8).

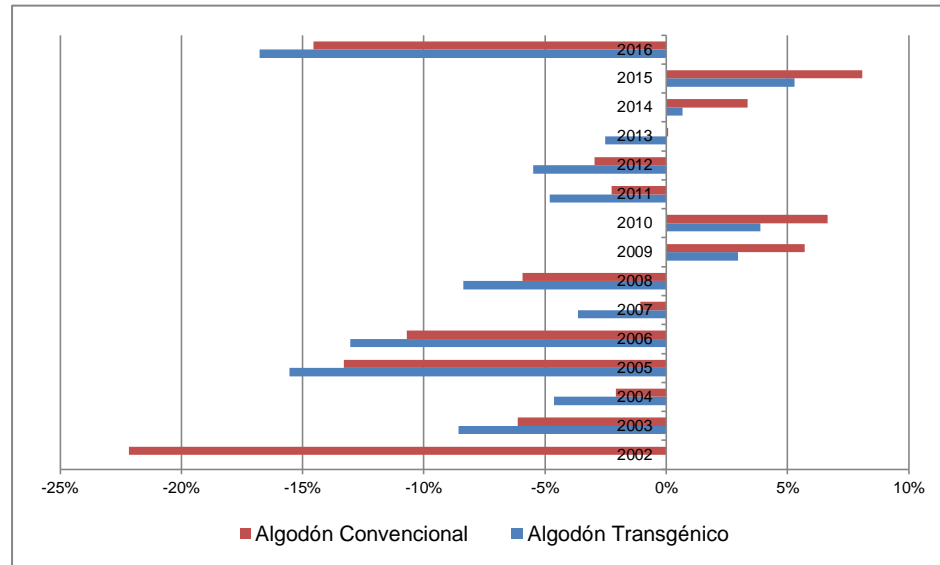


Figura 4-8. Comportamiento de la rentabilidad del cultivo de algodón GM y convencional en la región del Interior (2002-2016). Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de Chegwin (2006), CCI *et al.* (2011), MADR (2013), MADR (2014), FEDESARROLLO (2013) y CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b y 2016).

En el Interior, entre 2002 y 2008 se observa que la rentabilidad fue negativa para los cultivos convencionales hasta del -22% y desde 2003 para los cultivos GM. En 2009 y 2010 se recupera la producción y se reportan ganancias en ambos sistemas productivos. Luego en 2011 y 2012 nuevamente se reportan pérdidas y en 2013 los cultivos de algodón GM presentan pérdidas del -2,5%, mientras que los convencionales llegan al punto de equilibrio sin presentar pérdidas ni ganancias. El 2014 y 2015 se observan las rentabilidades más altas registradas en el periodo de estudio (5,3% y 8,1 para GM y convencional, respectivamente). En 2016 caen los rendimientos en fibra a 919 kg/ha, lo que ocasiona nuevamente pérdidas económicas a los agricultores al reportarse una rentabilidad de -16,8% en cultivos GM.

En Tolima y demás departamentos del Interior, al igual que en la Costa, los principales factores controversiales en términos de costos son: la tierra y los insumos. El problema de la tierra corresponde a la competencia con otras actividades, concretamente la

construcción y la urbanización. Pero existe un factor agravante y es el elevado costo para acceder a tierras con riego, lo cual ha afectado el uso del suelo y la estructura de costos (FEDESARROLLO, 2013).

Otro aspecto evidenciado en la zona es que la actividad se realiza a través de procesos mecanizados. Por ello, el porcentaje de mano de obra no calificada requerida para las labores del cultivo es menor y solo representa entre el 15% y el 20% del total de mano de obra empleada. Según el DANE y FEDEARROZ (2015) la producción de algodón en Tolima se caracteriza por hacer un uso intensivo de insumos químicos y maquinaria, debido a la transferencia de tecnología derivada del cultivo de arroz. Sin embargo, se evidencia una escasez de mano de obra calificada como consecuencia del desinterés generalizado en la actividad agrícola. Este último constituye un problema relacionado con la asistencia técnica, que escasea y favorece principalmente a los que tienen riego.

A partir de los datos cuantitativos de las encuestas y la información recolectada en las zonas de estudio, es posible concluir que las pérdidas económicas que ocasiona el cultivo de algodón en Colombia se deben principalmente a los altos costos de producción, bajos rendimientos, alta presión de plagas y enfermedades, baja adaptabilidad de las semillas GM a las condiciones ecofisiológicas, pérdida de variedades convencionales adaptadas al medio, falta de sistemas de riego, baja tecnificación sobre todo en la Costa Caribe y prevalencia de pequeños y medianos productores de economía campesina con acceso limitado a los factores de producción.

#### **4.5 Factores Incidentes en la Variación de los Rendimientos, Producción y Área Sembrada del Algodón Genéticamente Modificado y Convencional**

A continuación en la Tabla 4-12 se presentan los principales factores que, según los actores encuestados, son las principales causas que han incidido en la disminución del área sembrada, la producción y los rendimientos a nivel nacional y que permiten explicar la situación actual que atraviesa el cultivo de algodón en Colombia.



Tabla 4-12. Factores incidentes en la variación de los rendimientos, producción y área sembrada del algodón GM y convencional en las zonas de estudio.

Factor	Córdoba	Tolima
Factores climáticos adversos	23,3%	60%
Baja adaptabilidad del material vegetal GM	18,6%	0%
Problemas fitosanitarios (plagas y enfermedades)	16,3%	0%
Semilla de mala calidad	16,3%	0%
Baja producción (rendimiento)	9,3%	0%
Altos costos de producción	7%	20%
Manejo agronómico inadecuado	2,3%	20%
Otros	7%	0%

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en las zonas de estudio.

En las dos zonas de estudio coinciden en afirmar que el principal factor incidente en la disminución del área sembrada y la baja producción del cultivo de algodón obedece a factores climáticos adversos. En Córdoba, en orden de importancia le sigue la baja adaptabilidad de las variedades GM a las condiciones edafoclimáticas (23,3%), los problemas fitosanitarios causados por plagas y enfermedades (16,3%), semilla GM de mala calidad (16,3%), bajos rendimientos de fibra (9,3%), manejo agronómico inadecuado (2,3%) y en otros (7%) los productores destacaron el incremento de plagas emergentes o secundarias que han pasado a ser importantes económicamente debido al daño que causan principalmente en los cultivos GM. Adicionalmente, los actores encuestados afirman que los costos de producción hacen insostenible el cultivo por los altos costos de la semilla GM y los agroquímicos que exceden los ingresos obtenidos por las cosechas.

En Tolima, el segundo factor que incide en la variación corresponde a los altos costos de producción (20%), ya que utilizan maquinaria para las labores de siembra y recolección, hacen análisis de suelos, utilizan más fertilizantes y cuentan con sistemas de riego, factores que incrementan los costos con respecto a Córdoba. También atribuyen al manejo agronómico inadecuado los desequilibrios causados en los agroecosistemas por la reducción de organismos benéficos, arvenses tolerantes a herbicidas e incremento de plagas como picudo y *Spodoptera* sp., que han generado que se tenga que hacer un uso cada vez mayor de agroquímicos.

En la Figura 4-9 se muestra la comparación entre el algodón GM y convencional según la percepción de los diferentes actores encuestados en las zonas de estudio. La interpretación de los datos se realiza de acuerdo con el porcentaje que considera el factor favorable o desfavorable para algodón GM, algodón convencional o igual si no varía entre una variedad y la otra.

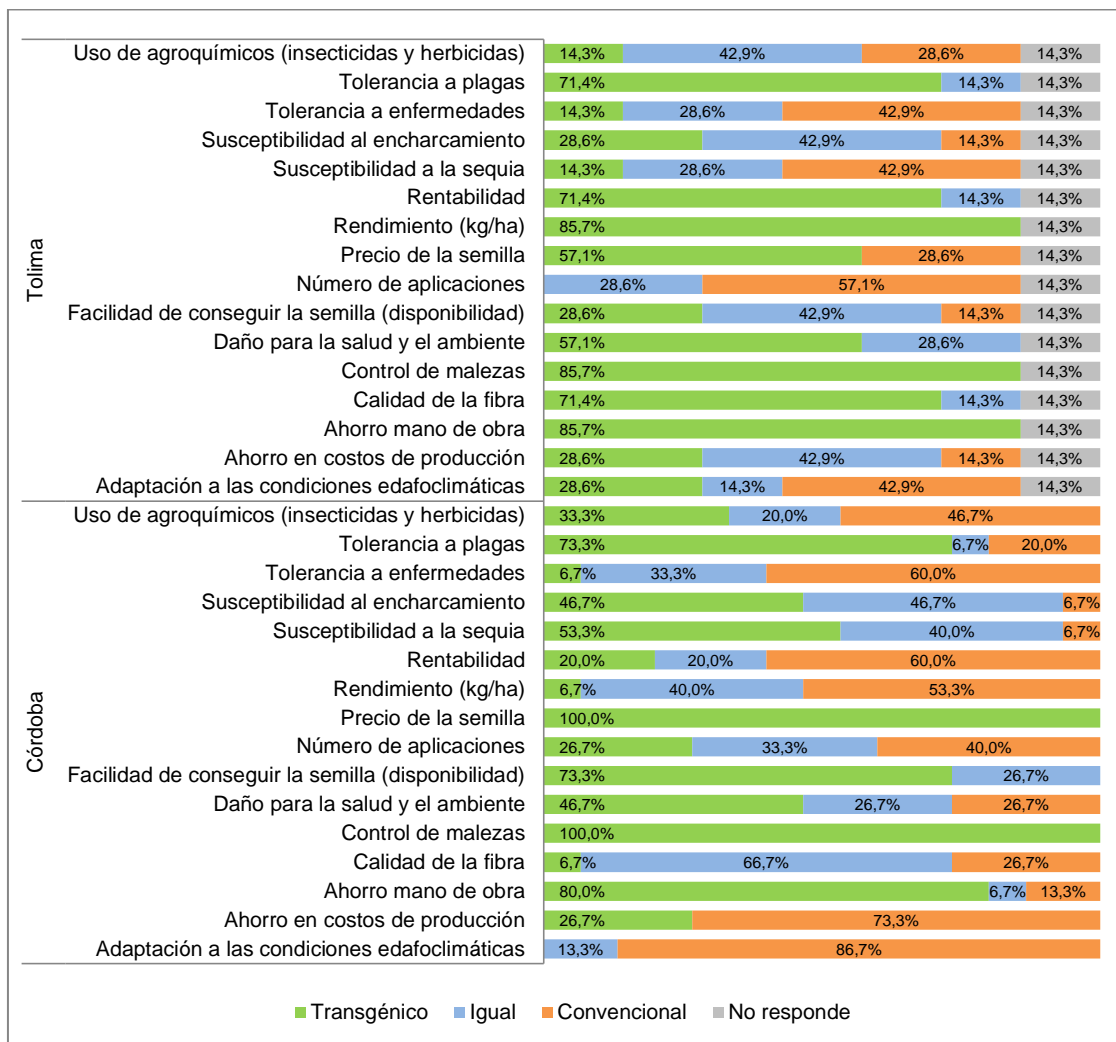


Figura 4-9. Comparación entre algodón transgénico y convencional según factores incidentes en la variación del área sembrada, producción y rendimientos en las zonas de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en las zonas de estudio.

Para analizar los factores incidentes en la variación del área sembrada, producción y rendimientos entre algodón GM y convencional en las zonas de estudio, a continuación

se presenta una discusión desde los diferentes puntos de vista y percepciones de los actores de la cadena algodonera:

**Uso de agroquímicos.** De acuerdo a la percepción que tienen los agricultores y los asistentes técnicos, en Tolima el 43% considera que el uso de agroquímicos es igual tanto para algodón GM como para convencional y argumentan que no existe una reducción en el número de aplicaciones de insecticidas, debido a que la tecnología Bt no controla la principal plaga del algodón (picudo del algodonero *A. grandis*).

Tal como lo afirma Benbrook (2016), el algodón TH no reduce el uso de glifosato, por el contrario, el uso de glifosato ha aumentado 15 veces a nivel mundial, desde la introducción en 1996 de los primeros cultivos comerciales<sup>62</sup>. Los cultivos TH son responsables de aproximadamente el 56% de uso de glifosato global. El glifosato seguirá siendo probablemente el agroquímico más utilizado en el mundo y por tal razón es importante cuantificar los impactos sobre las interacciones ecológicas y la salud humana.

La tecnología de algodón RI y el uso inadecuado del control químico presiona el desarrollo de resistencia y genera un desequilibrio ecológico entre la población de insectos benéficos y la población de plagas (Zhao *et al.*, 2010). Este desequilibrio ha generado un incremento en la población de la principal plaga del algodón picudo *A. grandis* y el aumento de plagas secundarias o emergentes como: *Spodoptera* sp., mosca blanca *Bemisia tabaci*, cochinilla *Dactylopius coccus*, trips *Frankliniella occidentalis*, áfidos *Aphis gossypii* y chinche de encaje *Dictyla monotropidia* (Santos *et al.*, 2009 y Zenner *et al.*, 2008).

Al igual que en Colombia, la aparición de plagas secundarias ha sido reportado en otros países productores como la India, que desde la introducción del algodón RI, ha traído graves consecuencias. En algunas regiones desde 2002, el aumento en la formación de resistencias y el ataque de plagas secundarias ha venido causando enormes pérdidas en las cosechas. En Sudáfrica, los campesinos tienen que aplicar insecticidas en los cultivos de algodón RI contra las plagas secundarias, tales como pulgones y chicharras (NABU, 2009).

---

<sup>62</sup> El nombre comercial *Roundup Ready* (RR) patentado por Monsanto Company, hace referencia a la tecnología de cultivos GM tolerantes a glifosato tales como: soya, maíz, sorgo, colza, alfalfa, algodón y trigo. Los cultivos RR permiten controlar las arvenses, ya que la aplicación de glifosato no afecta a las plantas genéticamente modificadas.

Esta problemática fitosanitaria se acentúa en la región de la Costa Caribe colombiana, ya que el cultivo de algodón se rota con el de maíz GM, el cual tiene como principal plaga a *Spodoptera* sp., lo que facilita que el ciclo de vida del insecto se complete y aumenten las poblaciones a umbrales que generan un daño económico que va en detrimento de la producción y el ingreso del productor algodonero.

**Resistencia a plagas.** Tanto en Tolima (71%) como en Córdoba (73%) atribuyen al algodón GM una mayor resistencia a ciertas plagas de lepidópteros como gusano bellotero (*Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea*), Rosado Colombiano (*Sacadotes pyralis*), Rosado de la India (*Pectinophora gossypiella*) y gusano de las Hojas (*Alabama argillaceae*).

Sin embargo, la tecnología Bt no controla otras plagas de importancia económica como picudo del algodonero *A. grandis*, *Spodoptera* sp. y plagas secundarias como mosca blanca *B. tabaci*. Para el control de estas plagas se emplea en promedio el 70% de los costos de insecticidas, por lo tanto no resulta provechosa la tecnología Bt, teniendo en cuenta que los problemas fitosanitarios particulares del país son otros diferentes para los cuales fue desarrollado el cultivo GM.

Adicionalmente la efectividad de la variedades GM es limitada por la generación de resistencia de las plagas (Singh *et al.*, 2006). “Se han reportado alrededor de 536 especies de artrópodos, 60 géneros de hongos fitopatógenos y 174 especies de arvenses resistentes a algún tipo de herbicida y, más de 17 especies de insectos han desarrollado resistencia contra toxinas Bt aplicadas por aspersion (Andow y Zwahlen, 2006)” (Chaparro-Giraldo, 2011, p. 241).

La información científica de la eficacia del algodón Bt genera incertidumbre sobre el riesgo latente de desarrollar resistencia en insectos e incentivar el uso de plaguicidas cada vez más tóxicos para los ecosistemas y los humanos.

**Tolerancia a enfermedades.** La mayoría de productores y asistentes técnicos en ambas regiones del país (Tolima 43% y Córdoba 60%), atribuyen mayor susceptibilidad de los materiales GM en comparación con los convencionales a enfermedades producidas por hongos como: Damping off (*Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Thielaviopsis* sp., *Phymatotrichum omnivorum*), antracnosis (*Colletotrichum* sp.), ramularia (*Ramularia areola*) y alternaria (*Alternaria alternata*).

Este aumento en incidencia y severidad de enfermedades en los cultivos de algodón ha conducido a los productores a realizar más aplicaciones de fungicidas, incrementando los costos de producción y la liberación de sustancias contaminantes al ambiente (Pengue, 2004). La pérdida de diversidad biológica en el monocultivo de algodón GM y la ausencia de asociaciones con otros cultivos, está mostrando sus efectos en forma acelerada: disminución en la fertilidad y pérdida de estructura en los suelos, mayor desarrollo de enfermedades fúngicas e incremento en la cantidad y agresividad competitiva de algunas hierbas silvestres (Souza, 2004).

**Tolerancia a encharcamiento.** Este factor no presenta diferencias entre el algodón GM y convencional en las zonas de estudio ya que la mayoría de encuestas la consideraron igual (Tolima 43% y Córdoba 47%). El algodón es un cultivo perenne y xerofítico, por lo tanto, no es tolerante a suelos anegados ya que se produce anoxia radicular (Hearn, 1979).

**Tolerancia a sequía.** La tolerancia a sequía es un factor contrastante en las zonas de estudio debido a que en Tolima (43%) consideran que el algodón convencional es menos tolerante a la sequía que el GM, mientras que en Córdoba (53%) creen lo contrario. Sin embargo, es importante señalar que en Tolima los cultivos de algodón cuentan con distrito de riego, lo cual representa una ventaja en términos productivos en relación con Córdoba, que carece de esta infraestructura y depende únicamente de la frecuencia y la intensidad de las lluvias.

**Precio de la semilla.** Ambas regiones coinciden en afirmar que la semilla de algodón GM es más costosa que la convencional (Tolima 57% y Córdoba 100%).

El precio de la semilla GM es superior a la convencional en ambas zonas de estudio, siendo más elevado en Córdoba [\$53.733 (USD 19) por kilo versus \$17.167 (USD 6,2) por kilo], donde llega a superar el valor de la semilla convencional en un 213%. En el Tolima las diferencias son de \$45.167 (USD 16) por kilo para la semilla GM versus \$30.000 (USD 11) por kilo para la convencional, que resultó ser un 75% más costosa respecto a su similar de la Costa (Figura 4-10).

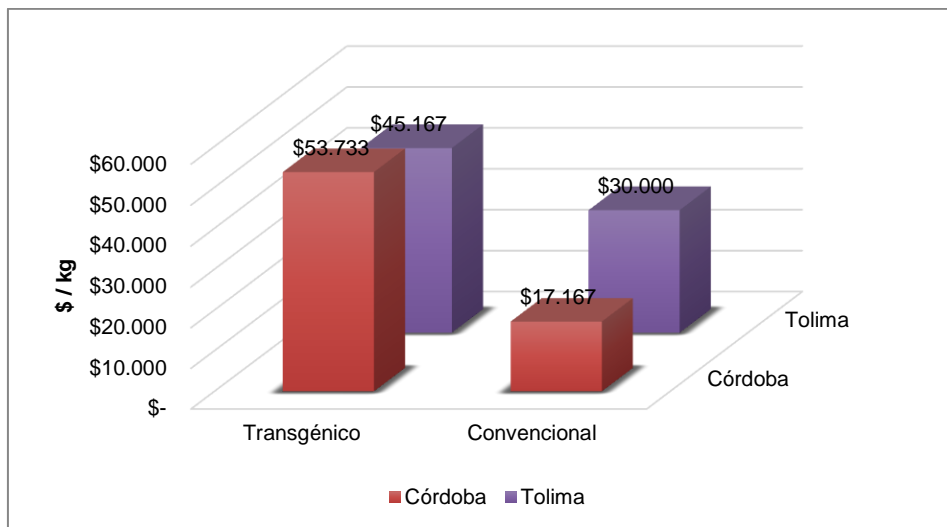


Figura 4-10. Precio de la semilla transgénica y convencional de algodón en Colombia (\$/kg). Fuente: Elaboración propia a partir de precios de venta (2015) de las agremiaciones: Coopiagros Ltda y Agrovet de la Costa Ltda. (región Costa Caribe); Agrinsa S.A. y Remolino S.A. (Región Interior).

El precio de la semilla GM incluye el costo de la semilla, más el costo de la tecnología, es decir, el costo que se paga a la multinacional dueña de estas semillas, debido a que éstas se encuentran protegidas por derechos de propiedad intelectual (López, 2012). De acuerdo a las agremiaciones algodonerías, el único oferente en el país de las semillas GM de algodón es Bayer S.A., que posee la licencia de Monsanto para comercializar las semillas, condición que le ha permitido fijar altos precios en su carácter de monopolio, sin tener competencia en el mercado.

Tal como lo menciona Bunge (2016), el rendimiento de los cultivos GM, en muchos casos, no logra mantener el ritmo del aumento de costo de las semillas, o lo que es lo mismo, las semillas de la biotecnología moderna no están produciendo cosechas lo suficientemente grandes como para justificar su precio.

Este incremento del precio de las semillas frente a los bajos rendimientos explica por qué el 86% de los productores de Córdoba manifestaron su intención de volver a sembrar semillas convencionales. Lo anterior suscita un debate en torno a la necesidad de recuperar e incentivar la investigación en el desarrollo de variedades de algodón adaptadas a las condiciones específicas de cada región.

De acuerdo con García (2004), a través de la historia del cultivo de algodón en el país, la investigación de nuevas variedades convencionales ha sido muy limitada y el desarrollo tecnológico del sector consistió en importar variedades desarrolladas para otras condiciones climáticas. Ello, quizás más que cualquier otra cosa, impidió desarrollar variedades que permitieran adaptarse mejor a las condiciones ecológicas locales y a las capacidades productivas de los agricultores.

**Número de aplicaciones de agroquímicos.** En el capítulo 4.2.2. se realiza el análisis más detallado con datos históricos de CONALGODON, discriminado por tipo de agroquímico (insecticidas, fungicidas y herbicidas, respectivamente).

**Facilidad de conseguir semilla.** En Tolima existe oferta tanto de semillas GM como de convencionales (43%), mientras que en Córdoba los productores y agremiaciones (73%) afirman que la oferta de semilla convencional es reducida y en ocasiones deben utilizar semillas GM porque son la única opción que ofrece el mercado de insumos agrícolas. Primavesi (2014) afirma que esta situación se acentúa en los países agroindustriales de mayor producción en cultivos GM, como son EE.UU., Canadá, Brasil, India y Argentina, en los cuales las corporaciones de agronegocios controlan el mercado y deciden cuales semillas colocar a disposición de la agricultura.

Las transnacionales que controlan el 100% de las semillas GM a nivel global son: Monsanto, Syngenta, DuPont, Dow Agrosiences, Bayer y Basf. Estas corporaciones controlan el 76% del mercado mundial de producción de agroquímicos y el 60% de semillas de todo tipo. Además, dominan el 75% de la investigación en biotecnología moderna sobre cultivos (ETC Group 2013a y 2013b). Para el caso del algodón en Colombia, es posible concluir que la ausencia de investigación en fitomejoramiento y el desplazamiento de variedades convencionales por semillas GM, ha generado pérdida de recursos fitogenéticos y reducción en la biodiversidad agrícola.

**Daño para la salud y el ambiente.** En ambas zonas de estudio (Tolima 57% y Córdoba 47%) los agricultores, agremiaciones y asistentes técnicos tienen la percepción que existe un mayor riesgo de daños para la salud humana y los ecosistemas con el uso de algodón GM.

En la literatura científica se mencionan diversas afectaciones en la salud y el ambiente causadas por los OGM (en particular cultivos RI y TH), que respaldan la percepción de

los actores involucrados en la producción de algodón GM en las zonas de estudio. De acuerdo al reporte de Catacora-Vargas (2011) que recopila las investigaciones de varios autores, en el caso de la salud en animales y humanos, el consumo de ciertos alimentos GM pueden dar lugar a la acumulación de toxinas en la cadena trófica. Se ha demostrado posibles efectos tóxicos en animales a nivel hepático, pancreático, renal o reproductivo y alteraciones de los parámetros hematológicos, bioquímicos e inmunológicos. Dentro de los posibles efectos en la salud humana, se destacan por ejemplo, la carcinogénesis y mutagénesis como resultado de utilizar ADN viral para insertar los genes, resistencia antibiótica y exposición a nuevas proteínas con la capacidad de generar reacciones alérgicas.

Así mismo, Catacora-Vargas (2011) resume algunos de los posibles riesgos a nivel ecosistémico del uso de cultivos GM, como son el desarrollo de resistencia a herbicidas en arvenses, aparición de plagas emergentes, incremento en el uso de plaguicidas, reducción de la agrobiodiversidad, contaminación genética por flujo de genes vía semilla desde cultivos de algodón Bt hacia variedades convencionales de algodón, propagación de transgenes a especies silvestres por hibridación sexual, efectos adversos en organismos no objetivo, afectación de fauna silvestre y cambios en el uso del suelo y sistemas de producción agrícola.

Lo anterior demuestra que la utilización de cultivos GM genera impactos ambientales negativos. Es por eso que es importante profundizar en la discusión acerca de las implicaciones y riesgos derivados del uso de los cultivos GM en los sistemas de producción agrícola en Colombia.

**Control de arvenses.** El 86% en Tolima y el 100% en Córdoba consideran que el algodón GM tolerante a herbicidas permite disminuir los costos en mano de obra al reducirse el número de jornales requeridos para el control de arvenses.

No obstante, esta ventaja ha causado un aumento sin precedentes del uso de glifosato en las regiones algodonerías. De acuerdo a la información suministrada por las agremiaciones algodonerías que comercializan insumos agrícolas en Tolima<sup>63</sup>, la venta de herbicidas con ingredientes activos diferentes a glifosato se redujo desde que se

---

<sup>63</sup> Información primaria suministrada por Agrinsa S.A., Coopral Ltda. y Remolino S.A. (Espinal – Tolima).



implementó el algodón tolerante a glifosato, sin embargo el uso de glifosato aumentó de 3L/ha a 5L/ha. Al igual que en Tolima, las agremiaciones de Córdoba<sup>64</sup> ratifican el aumento en ventas de glifosato para el control de arvenses en algodón GM.

Este incremento contrasta con los informes de costos publicados por CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a y 2015b). Si bien puede haber ocasionalmente una reducción del uso de herbicidas en los primeros años del cultivo GM, este período suele ser breve debido a la formación de nuevas resistencias en arvenses (NABU, 2009).

**Calidad de la fibra.** El 71% en Tolima considera que el algodón GM presenta mejor calidad<sup>65</sup> de fibra que el convencional. En Córdoba el 67% considera que la calidad es igual para los dos tipos de cultivos.

**Ahorro en mano de obra.** Tanto en Tolima (86%) como en Córdoba (80%) coinciden que el algodón GM tolerante a herbicidas representa un ahorro de mano de obra, principalmente por la disminución en el número de jornales para el manejo de arvenses. Esta ventaja aparente en la reducción de mano de obra ha permitido que el uso de glifosato asociado al paquete tecnológico transgénico haya aumentado en Colombia, al igual que otros países adoptantes de la tecnología.

Brasil usa aproximadamente 850 millones de litros anuales de agroquímicos, equivalente al 20% de la producción mundial. Desde 2003 el consumo aumento en 200% desde que se introdujeron los primeros cultivos, con un incremento anual del 15%. El índice de consumo de agroquímicos se estima en 5.2 kilos de ingrediente activo por hectárea (Menten, 2008). Por su parte Argentina, tiene 23 millones de hectáreas sembradas con cultivos GM, lo cual produjo un aumento en el uso de glifosato. Se consumen 250 millones de litros de glifosato por año y 600 millones de litros totales de agroquímicos. El índice de consumo de agroquímicos es de 6 litros de glifosato y 10 litros de agroquímicos por habitante (Primavesi *et al.*, 2014).

---

<sup>64</sup> Información primaria suministrada por Coopiajeros Ltda. y Agroveterinaria de la Costa Ltda. (Cereté – Córdoba).

<sup>65</sup> Hace referencia a atributos físicos de la fibra de algodón que afectan la calidad del producto terminado y/o la eficiencia manufacturera. La clasificación consiste en determinaciones de longitud de fibra, uniformidad de la longitud, resistencia, Micronaire, color, preparación, hoja y materias extrañas (USDA, 1999).

Estas cifras demuestran que los cultivos GM han significado en un aumento sin precedentes en el uso de herbicidas. Esto se traduce en graves problemas ambientales y de salud pública aún sin identificar.

**Ahorro en costos de producción.** En Tolima, el 43% considera que los costos de producción del algodón GM y convencional son iguales, el 29% mayor ahorro con transgénico y el 14% con convencional. En Córdoba, el 73% considera que hay mayor ahorro con el convencional y el 27% restante cree que hay mayor ahorro con transgénico. Según esta información, es posible deducir que el algodón GM no representa un ahorro en los costos de producción del cultivo. Sin embargo, el análisis a esta variable se realiza en el capítulo 4.4.1.

**Adaptación a las condiciones edafoclimáticas.** El 43% en Tolima considera que el algodón convencional se adapta mejor a las condiciones climáticas y de suelos de la región y el 29% considera que las variedades GM se adaptan mejor. En Córdoba, el 87% considera que el algodón convencional se adapta mejor y el 13% restante, que la adaptación es igual para ambos tipos de algodón. Los agricultores coinciden en que una de las posibles explicaciones de la baja productividad, es la dificultad de los materiales GM a adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de las regiones algodonerías.

En concordancia con lo expuesto, FEDESARROLLO (2013) menciona que la implementación de la tecnología del algodón GM ha traído dificultades en términos sociales y económicos debido a la disminución de los rendimientos, derivados de la baja adaptabilidad de los cultivos a las condiciones edafoclimáticas en las zonas algodonerías colombianas. El algodón GM ha sido creado en condiciones de laboratorio, en países de zonas templadas y en contextos que se encuentran alejados de la realidad del país, no sólo en lo cultural sino en lo ecosistémico (López, 2012).

En la medida en que países como Colombia pretendan adoptar tecnologías ajustadas a contextos agrícolas, culturales, económicos y productivos diferentes, se corre un mayor riesgo de generar impactos indeseados, especialmente porque no tienen las condiciones de infraestructura requerida para manejar esas tecnologías y menos un marco regulatorio que atenúe los impactos ambientales, principalmente por las particularidades agronómicas, ecológicas y de diversidad agrícola que presenta el país (León, 2007).

Es posible que se hayan presentado fallas en el proceso de evaluación de las variedades GM, porque no se realizaron pruebas suficientes para observar su adaptabilidad y respuesta al medio en el largo plazo.

## **4.6 Persistencia de los Agricultores en la Siembra de Algodón Genéticamente Modificado**

A pesar de los impactos ambientales a nivel cultural y ecosistémico del cultivo de algodón GM, los productores del Interior y la Costa persisten en la siembra de algodón con la esperanza de obtener utilidades en cada temporada. Sin embargo, el algodón GM se comporta diferente en las dos regiones y por lo tanto las percepciones y realidades varían de acuerdo a las experiencias que se hayan tenido en cada ciclo productivo.

Las diferencias entre una zona y otra, obedecen al modelo de agricultura agroindustrial predominante en cada región. En Tolima la producción agrícola se caracteriza por ser un modelo de agricultura convencional de revolución verde con sistemas productivos de monocultivo, dependientes de insumos y acceso a maquinaria agrícola y riego. Los productores son arrendatarios de tierras, empresarios del campo procedentes de distintas regiones del país, cuya actividad económica es el agro y en su mayoría carecen de arraigo a las costumbres de la cultura campesina (FEDESARROLLO, 2013).

En Córdoba predomina la agricultura campesina-familiar descrita por Nicholls y Altieri (2012), caracterizada por minifundios en los cuales los agricultores producen a pequeña escala otros cultivos y productos de origen animal que aportan ingresos adicionales a aquellos que se producen en el sistema de monocultivo del algodón. Los productores son campesinos de la región que dependen económicamente de la producción agropecuaria, tienen bajo acceso a maquinaria y el aporte de mano de obra para las labores del campo es familiar. La propiedad familiar oscila entre 0,5 y 2 hectáreas de tierra, sin embargo, la mayoría de habitantes no dispone de tierras cultivables, por lo que en muchos casos funciona el laboreo comunitario o familiar “cosecha al partir” en cultivos de maíz, algodón, frijol, yuca, ñame, arroz y plátano (Babilonia, 2014).

A continuación se presentan las principales razones por las cuales los agricultores de Tolima y Córdoba continúan sembrando algodón GM (Figura 4-11).

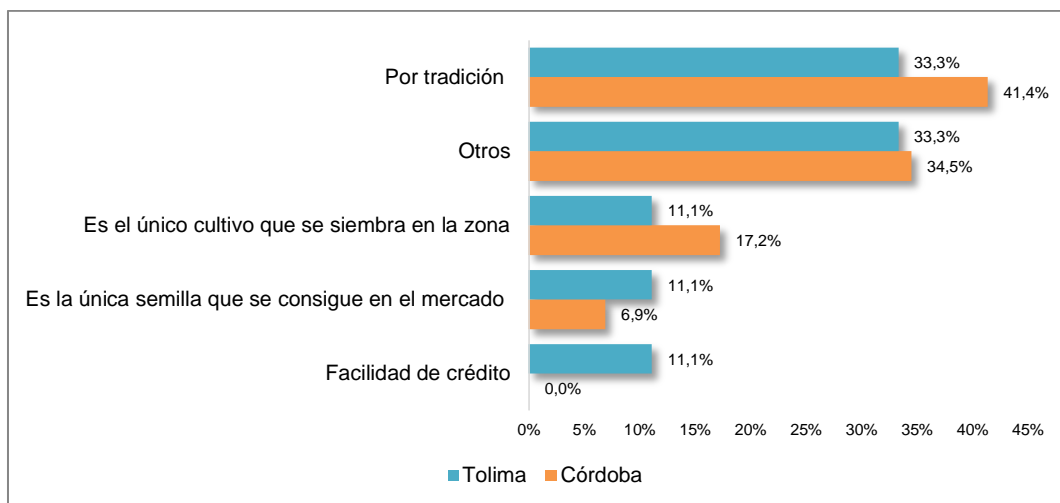


Figura 4-11. Razones de los productores de Tolima y Córdoba en persistir en la siembra de algodón GM. Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en las zonas de estudio.

Al indagar sobre las razones por las cuales los productores continúan sembrando algodón GM, la respuesta más frecuente en Córdoba fue por tradición (41%), haciendo referencia a que es la única especie que saben cultivar y que hace parte de su cultura campesina-familiar. El 35% contestó que es el único cultivo que garantiza el precio de venta<sup>66</sup>, y por tanto representa una ventaja frente a las fluctuaciones que tienen los precios de los productos agrícolas en el mercado. El 17% consideró que es el único cultivo comercial que se siembra en la región, junto con el maíz y por tal razón es una de las actividades socioeconómicas que más genera empleos e ingresos a las familias campesinas. El 7% restante considera que es la única semilla que se consigue en el mercado y por tal razón se ven obligados a sembrar variedades GM. El 89% de los productores de la Costa manifestaron su intención de no sembrar algodón en la temporada 2016, hasta tanto no disminuyan los precios de los insumos y mejoren las condiciones del cultivo, ya que han tenido malos resultados productivos y económicos en las últimas 8 cosechas.

Estas diferencias permiten inferir que el modelo agroindustrial derivado de la biotecnología moderna fracasa cuando es ejercido por la agricultura campesina-familiar, porque no satisface las necesidades sociales y económicas, genera dependencia

<sup>66</sup> Precio Mínimo de Garantía - PMG

tecnológica, el acceso a los factores de producción es restringido e incentiva el sistema de monocultivo, que va en contravía de la diversidad agrícola, que es una característica de la agricultura campesina-familiar que permite que sean agroecosistemas mas resilientes ante cambios ecosistémicos y culturales (Nicholls y Altieri, 2012).

Por su parte en Tolima, consideran que el comportamiento del algodón GM ha sido variable en el tiempo, debido a eventos climáticos como el Niño<sup>67</sup> y la Niña, ataque de plagas y enfermedades y adaptabilidad de las semillas a las condiciones de la región. No obstante, persisten en la siembra de algodón GM por su tradición y experiencia en el cultivo (33%), ya que tienen la esperanza que la actividad mejore a futuro y el gobierno sostenga el Precio Mínimo de Garantía. El 33% mencionó que siguen cultivando algodón GM a pesar de los fracasos, porque les gusta y es la única labor que saben hacer. El 11% afirmó que la siembra de variedades GM facilita el acceso a crédito que otorgan las agremiaciones algodoneras. El 11% restante, consideró que es la única semilla que comercializan las agremiaciones y por esa razón y por el acceso al crédito, su única opción es sembrar algodón GM.

A pesar de que las opiniones están divididas, lo cierto es que la agricultura basada en variedades GM es insostenible como política agraria del Gobierno y no representa una solución a la crisis del cultivo de algodón en Colombia. Dentro de este esquema ha primado una visión de corto plazo que privilegia la supuesta obtención de rendimientos, sin tener en cuenta el deterioro de los ecosistemas, ni la pérdida de capacidad productiva a futuro.

---

<sup>67</sup> El Niño-Oscilación del Sur, ENOS, es un patrón climático que consiste en la oscilación de los parámetros meteorológicos del Pacífico ecuatorial cada cierto número de años. Cuando existe un régimen de vientos alisios fuertes desde el oeste, las temperaturas ecuatoriales disminuyen y comienza la fase fría o La Niña. Cuando la intensidad de los alisios disminuye, las temperaturas superficiales del mar aumentan y comienza la fase cálida, El Niño.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- La disminución en el área sembrada del cultivo de algodón GM está directamente relacionada con la insostenibilidad a nivel socioeconómico del sistema productivo, lo cual ha obligado a los agricultores a cambiar de actividad económica. En la Costa Caribe la superficie sembrada bajó en 2005, 2009, 2012, 2013 y 2016 en relación con los años inmediatamente anteriores y este comportamiento también se observa en el Interior, en los años 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2015 y 2016.
- Los ingresos obtenidos no alcanzan a cubrir los costos de producción del cultivo GM debido a: altos precios de las semillas, mayor uso de insecticidas para el control de picudo, *Spodoptera* sp. y plagas emergentes, mayor susceptibilidad a enfermedades y baja adaptabilidad a las regiones algodoneras.
- El rendimiento de los cultivos no logra mantener la tasa de aumento del costo de las semillas. Las semillas GM no producen cosechas lo suficientemente grandes como para justificar su precio.
- La variación en el periodo 2002 - 2016 demuestra baja rentabilidad del cultivo de algodón en Colombia. En la Costa Caribe se observa que entre 2002 y 2008 los cultivos convencionales reportaron índices de rentabilidad más altos que los GM, a excepción de 2005 donde ambos sistemas productivos arrojaron pérdidas. A partir de 2009, la tendencia en la rentabilidad fue negativa para cultivos convencionales y GM, que presentaron pérdidas económicas hasta del -31%.
- En el Interior, entre 2002 y 2008 se observa que la rentabilidad fue negativa para los cultivos convencionales hasta del -22% y desde 2003 para los cultivos GM. En 2009 y 2010 se recupera la producción y se reportan ganancias en ambos sistemas productivos. Luego en 2011 y 2012 nuevamente se reportan pérdidas y

en 2013 los cultivos de algodón GM presentan pérdidas del -2,5%, mientras que los convencionales llegan al punto de equilibrio sin presentar pérdidas ni ganancias. El 2014 y 2015 se observan las rentabilidades más altas registradas en el periodo de estudio (5,3% y 8,1 para GM y convencional, respectivamente). En 2016 caen los rendimientos en fibra a 919 kg/ha lo que ocasiona nuevamente pérdidas económicas a los agricultores al reportarse una rentabilidad de -16,8% en transgénicos.

- La causa principal de la baja rentabilidad del cultivo de algodón GM en Córdoba se debe al elevado costo de los insumos (al igual que en el Interior), baja adaptabilidad de la semilla GM, falta de mecanización y altos requerimientos de mano de obra con respecto a la escasa oferta de la región.
- Es más rentable para el pequeño y mediano productor algodonero, utilizar semilla convencional cuando los factores de producción son limitados.
- Los principales factores que influyeron en las variaciones registradas en la producción de algodón GM en Córdoba son: factores climáticos adversos, baja adaptabilidad de las variedades transgénicas a las condiciones edafoclimáticas, problemas fitosanitarios causados por plagas y enfermedades, semilla GM de mala calidad, bajos rendimientos de fibra, manejo agronómico inadecuado e incremento de plagas emergentes o secundarias. Los actores encuestados afirman que los costos de producción hacen insostenible el cultivo por los altos costos de la semilla GM y los agroquímicos.
- Los principales factores que influyeron en las variaciones registradas en la producción de algodón GM en Tolima son: factores climáticos adversos y altos costos de producción, ya que utilizan maquinaria para las labores de siembra y recolección, hacen análisis de suelos, utilizan más fertilizantes y cuentan con sistemas de riego, factores que incrementan los costos con respecto a Córdoba.
- Las razones por las cuales los productores de Córdoba continúan sembrando algodón GM, son: por tradición (41%), haciendo referencia a que es la única especie que saben cultivar y que hace parte de su cultura campesina-familiar. El 35% contestó que es el único cultivo que tiene el Precio Mínimo de Garantía. El 17% consideró que es el único cultivo comercial que se siembra en la región, junto con el maíz y por tal razón es una de las actividades socioeconómicas que más genera empleos e ingresos a las familias campesinas. El 7% restante

considera que es la única semilla que se consigue en el mercado, por tal razón se ven obligados a sembrar variedades GM.

- Las razones por las cuales los productores de Tolima continúan sembrando algodón GM, son: por tradición y experiencia en el cultivo (33%). El otro 33% consideró que siguen cultivando algodón GM a pesar de los fracasos porque les gusta y es la única labor que saben hacer. El 11% afirmó que la siembra de variedades GM facilita el acceso a crédito que otorgan las agremiaciones algodonerías. El 11% restante, consideró que es la única semilla que comercializan las agremiaciones y por esa razón, su única opción es sembrar algodón GM.
- La percepción de los productores de Córdoba acerca del algodón GM, es que estas variedades no reducen el uso de insecticidas porque no está diseñado para el control de plagas como *Spodoptera* sp. y picudo del algodón *A. grandis*. Esto implica que la justificación para el uso de esta tecnología (reducción en el uso de agroquímicos) no se cumple en esta región algodonería. El algodón RI no ha logrado reducir la liberación al ambiente de sustancias químicas nocivas para los seres vivos en las zonas de estudio.
- Los materiales GM de algodón TH ha incentivado a que se haga masivo e indispensable el uso de glifosato, generando contaminación del medio ambiente y dependencia de los productores a la compra de agroquímicos. La efectividad del algodón TH, especialmente glifosato, es temporal porque el paquete tecnológico utilizado genera resistencia a herbicidas en arvenses, lo que rompe con el control inicial.
- Los cultivos derivados de la biotecnología moderna no representan una solución a la crisis del algodón en Colombia. Dentro de este esquema ha primado una visión de corto plazo que privilegia la supuesta obtención de rendimientos, sin tener en cuenta el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de capacidad productiva a futuro.




## 5.2 Recomendaciones

- Es necesario iniciar un debate profundo en relación a los cultivos GM, incluyendo variables ecológicas, tecnológicas, económicas y sociales, haciendo énfasis en la diversidad agrícola que presenta Colombia, como centro de origen y diversidad de varias especies de importancia para la agricultura. Este trabajo pretende sensibilizar a los ciudadanos, campesinos, a la academia y demás sectores de la sociedad, para que la experiencia del algodón sirva como marco y fuente de debate en torno a las implicaciones ambientales de los OGMs y sus efectos en la agricultura.
- El ICA como autoridad fitosanitaria debe ejercer el control sobre el mercado de las semillas y las evaluaciones de riesgo que incluyan análisis científicos y análisis socioeconómicos previos a la introducción de los cultivares GM, de forma rigurosa e imparcial obedeciendo al principio de precaución.
- Los países y la sociedad civil deben tener el derecho a decidir sobre la adopción de los cultivos GM y tener la capacidad de promover alternativas sustentables desde el punto de vista ecosistémico y cultural, basadas en principios agroecológicos que protejan la biodiversidad y el bienestar social.



# A. Anexo: Instrumentos de recolección de información primaria.

Formato de la encuesta aplicada a los productores de algodón GM en los departamentos de Córdoba y Tolima:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO  
Instituto de Estudios Ambientales - IDEA  
ENCUESTA: SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALGODÓN EN COLOMBIA

Nombre del encuestador:	Fecha de la encuesta	Día	Mes	Año	Código:
-------------------------	----------------------	-----	-----	-----	---------

**I. INFORMACIÓN GENERAL DEL PRODUCTOR**

- 1) Nombre del agricultor: \_\_\_\_\_
- 2) Edad: \_\_\_\_\_ años.
- 3) Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_
- 4) Nivel de educación: Primaria  Secundaria  Universitaria  Otro  \_\_\_\_\_
- 5) Ubicación geográfica: Departamento: Córdoba  Tolima   
Municipio: \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_
- 6) Georreferenciación:  
N: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_ m.s.n.m.
- 7) Tenencia de tierra. La finca, predio, parcela o lote es:  
 Propia \_\_\_\_\_ ha  
 En arriendo \_\_\_\_\_ ha  
 En aparcería \_\_\_\_\_ ha  
 Otro \_\_\_\_\_ ha
- 8) El uso actual de la finca o predio es:  
 Agrícola  
 Pecuaria  
 Agroindustrial  
 Otro \_\_\_\_\_
- 9) ¿Cuál es su experiencia (en años) como productor algodonero?  
 1 - 5 años  
 6 - 10 años  
 11 - 15 años  
 16 - 20 años  
 Más de 20 años

**II. INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALGODÓN**

- 10) ¿Desde hace cuánto siembra algodón transgénico? \_\_\_\_\_ años
- 11) ¿Cuántas siembras ha realizado de algodón transgénico?  
 1 y 2 siembras  
 3 y 4 siembras  
 5 y 6 siembras  
 7 y 8 siembras  
 9 y 10 siembras  
 Más de 10 siembras
- 12) La superficie que normalmente siembra de algodón transgénico es de: \_\_\_\_\_ ha
- 13) El área sembrada de algodón transgénico en su finca:  
 Aumentó  
 Disminuyó
- 14) ¿Qué semilla (tecnología) de algodón transgénico y convencional ha sembrado?  

<input type="checkbox"/> DP 1048 Bollgard 2 RR Flex*	<input type="checkbox"/> FM 3288 B2F
<input type="checkbox"/> DP 141 Bollgard 2 RR Flex*	<input type="checkbox"/> FM 9162 B2F
<input type="checkbox"/> DP 174 RR Flex	<input type="checkbox"/> FM 9171 B2F
<input type="checkbox"/> DP 433 Bollgard RR	<input type="checkbox"/> FM 966 LL
<input type="checkbox"/> FM 1740 B2F	<input type="checkbox"/> FM 9250 GL
<input type="checkbox"/> FM 2484 B2F	<input type="checkbox"/> ST 5288 B2F

1

ST 51288 BG2/RRF (STONEVILLE)
  DP 90 NACIONAL  
 NUOPAL RR
  CORPOICA M-123  
 SINUANA M-137
  Otra \_\_\_\_\_

15) Última fecha de siembra: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa)

16) ¿Quién es el proveedor de la semilla transgénica? \_\_\_\_\_

17) ¿Con cuál cultivo rota el algodón? \_\_\_\_\_

18) El sistema de riego que utiliza para el cultivo de algodón es:

No tiene  
 Aspersión  
 Goteo  
 Gravedad  
 Cañón  
 Otro \_\_\_\_\_

19) ¿Cuáles son los beneficios o perjuicios de sembrar algodón transgénico?

Beneficios	Perjuicios

20) De las siguientes características, marque con (+) (-) (=) dependiendo el atributo de comparación entre el algodón transgénico y el convencional:

Característica	Transgénico	Convencional
Rendimiento (kg/ha)		
Precio de la semilla		
Uso de agroquímicos (insecticidas y herbicidas)		
Rentabilidad		
Calidad de la fibra		
Ahorro en costos de producción		
Número de aplicaciones		
Tolerancia a plagas		
Control de malezas		
Tolerancia a enfermedades		
Adaptación a las condiciones edafoclimáticas		
Facilidad de conseguir la semilla (disponibilidad)		
Susceptibilidad a la sequía		
Susceptibilidad al encharcamiento		
Ahorro mano de obra		
Daño para la salud y el ambiente		
Otro		

21) En la región ¿Cuál es el rendimiento promedio del cultivo de algodón?

Algodón Transgénico: \_\_\_\_\_ kg/ha (algodón semilla)

Algodón Convencional: \_\_\_\_\_ kg/ha (algodón semilla)

22) ¿Cuánto gasta en los siguientes factores de producción del cultivo?

Actividad e Insumo	Costo total (\$/ha)
Tierra	
Preparación de suelos	
Siembra, resiembra y raleo	
Semillas	
Riego y drenajes	
Control de malezas	
Herbicidas	
Abonamiento	

Fertilizantes, abonos orgánicos, enmiendas, etc.	
Manejo de plagas	
Insecticidas, trampas, etc.	
Manejo de enfermedades	
Fungicidas, bactericidas, etc.	
Regulación de crecimiento y labores previas a la recolección	
Recolección y destrucción de socas	
Otros costos	
<b>Costo</b>	<b>Valor (\$)</b>
Asistencia técnica	
Administrador	
Transporte del algodón semilla	
Trasvaseo	
Desmote	
Comercialización (mercadeo, clasificación, logística, etc.)	
Intereses por anticipos o préstamos	
<b>Ingreso</b>	<b>Valor (\$)</b>
Valor de venta de la fibra	
Valor de venta de la semilla	
Compensación pagada por el gobierno	

- 23) ¿En promedio cuánto gana por hectárea de algodón cultivada?  
 \_\_\_\_\_ \$/ha
- 24) ¿Cuál es el costo de la semilla?  
 Transgénica \_\_\_\_\_ \$/kg  
 Convencional \_\_\_\_\_ \$/kg
- 25) ¿Qué es más rentable, sembrar algodón transgénico o algodón convencional?  
 Transgénico  
 Convencional
- 26) ¿Cuáles fueron las variaciones en producción (rendimiento y calidad) del algodón transgénico frente al convencional durante el periodo 2008-2013?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 27) ¿Hay una reducción en el uso de insecticidas y herbicidas con el algodón transgénico?  
 Sí  
 No  
 ¿De cuánto? \_\_\_\_\_
- 28) ¿Tiene seguro de cosecha?  
 Sí  
 No  
 Cobertura \_\_\_\_\_
- 29) ¿Cuenta con servicio de asistencia técnica para los cultivos de algodón transgénico?  
 Sí  
 No  
 ¿Quién la realiza? \_\_\_\_\_
- 30) El acompañamiento del asistente técnico se dirigió a:  
 Planificación del proyecto productivo y del crédito  
 Administración del proyecto de producción de algodón  
 Manejo del cultivo  
 Manejo de cosecha y postcosecha  
 Venta
- 31) ¿Los cultivos de algodón transgénico que ha sembrado han presentado pérdidas económicas?  
 Sí  
 No  
 En caso de ser afirmativa la respuesta ¿En qué temporada?  
 2003,  2004,  2005,  2006,  2007,  2008,  2009,  2010,  2011,  2012,  2013,  2014,  2015.
- 32) ¿Cuáles fueron los problemas que causaron dichas pérdidas?  
 Semilla de mala calidad

Baja producción (rendimiento)  
 Baja calidad de la fibra  
 Problemas fitosanitarios (plagas y enfermedades)  
 Alta competencia del cultivo con arvenses  
 Manejo agronómico inadecuado  
 Falta de asistencia técnica  
 Factores climáticos  
 Altos costos de producción  
 Falta de maquinaria agrícola  
 Baja adaptabilidad del material vegetal a las condiciones edafoclimáticas de la región  
 Otros: \_\_\_\_\_

33) En promedio, ¿De cuánto fueron las pérdidas económicas por sembrar algodón transgénico?  
 \_\_\_\_\_ (S/ha)

34) En caso de haber presentado pérdidas económicas, ¿Por qué sigue sembrando algodón transgénico?  
 Por tradición (es lo único que sabe cultivar el productor)  
 Es la única semilla que se consigue en el mercado (no hay materiales convencionales disponibles)  
 Buenos precios de la fibra  
 Es el único cultivo que se siembra en la zona  
 Facilidad de crédito  
 Otros: \_\_\_\_\_

35) ¿A qué tipo de obligaciones contractuales o jurídicas se somete el productor algodonero que decide sembrar la tecnología transgénica?  
 \_\_\_\_\_

36) ¿Qué garantía existe en caso de que la baja producción sea atribuida a la calidad de la semilla? ¿Cuál es la responsabilidad de la empresa de semillas?  
 \_\_\_\_\_

37) Ante las pérdidas económicas reportadas en el algodón transgénico, ¿Cuál? ha sido la reacción de:  
 Productores \_\_\_\_\_  
 CONALGODÓN \_\_\_\_\_  
 ICA \_\_\_\_\_  
 MADR \_\_\_\_\_  
 Monsanto y Bayer CropScience \_\_\_\_\_  
 Técnicos agrícolas \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

38) ¿Cuál es su percepción de seguridad o riesgo en la salud humana con respecto a las variedades transgénicas de algodón?  
 Totalmente seguras  
 Seguras  
 Inseguras  
 Totalmente inseguras  
 No sabe

39) La producción e ingresos obtenidos en las cosechas, ¿ha cumplido sus expectativas?  
 Totalmente satisfecho  
 Satisfecho  
 Ni satisfecho ni insatisfecho  
 Insatisfecho  
 Totalmente insatisfecho

40) ¿Cómo ve el panorama del cultivo de algodón a futuro en el país?  
 \_\_\_\_\_

Observaciones:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## B. Anexo: Datos de contacto de las personas encuestadas y entrevistadas en las zonas de estudio.

# encuesta	Departamento	Municipio	Nombre	Teléfono	Actor
1	Córdoba	San Carlos	Milton José Crawford García	3205177789	Productor
2	Córdoba	San Pelayo	Javier Soto	3137998348	Productor
3	Córdoba	San Pelayo	Lucas Miguel Durango Hernández	3145591074	Productor
4	Córdoba	Cereté	Rodolfo Elías Álvarez Arrieta	3135860009	Productor - Funcionario CONALGODON
5	Córdoba	San Pelayo	Manuel Francisco Argel Doria	3145324156	Productor
6	Córdoba	Cereté	Fernando Machado López	3114388892	Exfuncionario ICA
7	Córdoba	Ciénaga de Oro	Fernando Zabala	3107041721	Productor
8	Córdoba	Cereté	Rafael Sierra Morales	3106628960	Asistente técnico
9	Córdoba	Ciénaga de Oro	Quirino Armando Martínez Mestra	3135468892	Productor
10	Córdoba	Cereté - San Pelayo	Ramiro Ramos Ramos	3215729733	Productor - Asistente técnico
11	Córdoba	Cereté - San Pelayo	Alejandro Polo Montes	3126658197	Investigador - Funcionario Agronomía Coopragros Ltda.
12	Córdoba	Cereté	Hernando Hernández	3135721817	Gerente Agronomía Agrovet de la Costa Ltda.
13	Córdoba	Cereté	Mario Mesa Díaz	3215322016	Productor
14	Córdoba	Cereté	Ramón Sánchez	3205449943	Productor
15	Córdoba	San Pelayo	Leonidas Paternina Arizal	3107110270	Productor - Asistente técnico
16	Tolima	Espinal - Guamo	Luis Eduardo Guzmán	3147402632 - 3153204693	Productor - Asistente técnico
17	Tolima	Espinal	Hernán Medina Mallorquín	3106090523	Productor
18	Tolima	Espinal	Aníbal Cortés Carvajal	3118474278	Productor - Funcionario Agronomía Agrinsa S.A.
19	Tolima	Espinal	Guillermo Guzmán	3166406152	Funcionario Agronomía Coopral Ltda.
20	Tolima	Espinal	Álvaro Plata García	3153082960	Investigador - Funcionario Agronomía Remolino S.A.
21	Tolima	Espinal	Luis Eduardo Ramos	3178872416	Funcionario Agronomía Remolino S.A.
22	Tolima	Espinal	Víctor García	3182063997	Funcionario CONALGODON
23	Cundinamarca	Bogotá D.C.	Martín Gutiérrez Gómez	3172999791	Funcionario CONALGODON





## D. Anexo: Estadística descriptiva para los ingresos calculados:

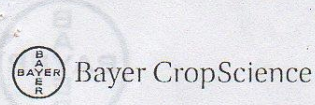
<b>Estadístico</b>	<b>Córdoba</b>	<b>Tolima</b>	<b>General</b>
Media	-313.095,0	782.900,8	35.631,0
Error típico	235.077,4	378.606,9	224.853,7
Mediana	-97.219,5	805.998,0	-97.219,5
Moda	-97.219,5	N/A	-97.219,5
Desviación estándar	910.450,8	1.001.699,6	1.054.657,1
Varianza de la muestra	8,3,E+11	1,0,E+12	1,1,E+12
Curtosis	1,0	-0,9	-0,1
Coefficiente de asimetría	0,3	0,1	0,3
Rango	3.700.328,0	2.782.561,6	4.197.111,6
Mínimo	-1.918.650,0	-504.100,0	-1.918.650,0
Máximo	1.781.678,0	2.278.461,6	2.278.461,6
Suma	-4.696.424,5	5.480.305,5	783.881,0
Cuenta	15	7	22

## E. Anexo:

Región	Variable	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Costa Caribe	Costos de producción GM (\$/ha)	2.534.777	2.764.320	3.378.421	3.456.322	3.623.509	3.814.616	3.900.333	4.598.516	4.048.967	4.779.798	4.815.117	4.468.572	5.111.737	4.159.783	4.901.888	
	Costos de producción convencional (\$/ha)	2.312.731	2.522.166	3.082.471	3.153.548	3.306.090	3.480.456	3.558.664	4.195.686	3.694.278	4.361.088	4.393.312	4.077.125	4.663.949	3.795.386	4.472.483	
	PMG (\$/kg)	3.900	3.900	4.200	4.100	4.250	4.300	4.800	5.000	4.650	5.185	5.185	5.045	5.045	5.045	5.045	
	Precio semilla (\$/kg)	320	320	320	330	330	340	340	350	350	360	360	380	380	400	400	
	% fibra	0,36	0,36	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,37	0,37	0,36	0,35	0,36	
	% semilla	0,57	0,55	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52	0,53	0,52	0,52	0,36	0,28	0,50
	Rendimiento fibra (kg/ha)	547	645	745	683	819	886	834	785	719	795	705	638	872	646	602	
	Utilidad (\$/ha)	(125.002)	61.773	97.642	(327.064)	248.909	428.951	506.503	(273.635)	(338.306)	(242.930)	(799.989)	(909.093)	(381.137)	(691.932)	(1.530.354)	
	Ingreso (\$/ha)	2.409.775	2.826.093	3.476.063	3.129.258	3.872.418	4.243.567	4.406.836	4.324.880	3.710.661	4.536.869	4.015.127	3.559.479	4.730.600	3.467.851	3.371.534	
	Rentabilidad GM	-4,9%	2,2%	2,9%	-9,5%	6,9%	11,2%	13,0%	-6,0%	-8,4%	-5,1%	-16,6%	-20,3%	-7,5%	-16,6%	-31,2%	
Rentabilidad Convencional	4,2%	12,1%	12,8%	-0,8%	17,1%	21,9%	23,8%	3,1%	0,4%	4,0%	-8,6%	-12,7%	1,4%	-8,6%	-24,6%		
Interior	Costos de producción GM (\$/ha)		4.674.731	4.685.320	4.793.418	4.934.275	5.306.616	5.564.053	5.635.915	5.536.984	6.793.436	6.211.510	6.154.294	6.627.680	6.205.737	6.322.483	
	Costos de producción convencional (\$/ha)	4.474.347	4.553.188	4.563.502	4.668.789	4.805.984	5.168.644	5.419.388	5.489.381	5.393.023	6.616.807	6.050.011	5.994.283	6.455.360	6.044.388	6.158.098	
	PMG (\$/kg)	3.300	3.900	4.000	3.800	4.050	4.250	4.300	4.800	5.000	5.000	5.185	5.045	5.045	5.045	5.045	
	Precio semilla (\$/kg)	320	320	320	330	330	340	340	350	350	360	360	380	380	400	400	
	% fibra	0,38	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,37	0,38	0,37	0,38	0,37	0,37	
	% semilla	0,62	0,62	0,62	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,64	0,63	0,62	0,63	0,62	0,63	
	Rendimiento fibra (kg/ha)	913	965	987	928	934	1.063	1.049	1.082	1.025	1.151	1.016	1.056	1.176	1.141	919	
	Utilidad (\$/ha)	(1.110.698)	(400.138)	(216.591)	(745.486)	(642.664)	(192.867)	(466.059)	166.803	215.203	(326.429)	(340.955)	(154.888)	43.939	327.722	(1.060.214)	
	Ingreso (\$/ha)	3.483.087	4.274.593	4.468.729	4.047.932	4.291.612	5.113.750	5.097.994	5.802.718	5.752.187	6.467.007	5.870.556	5.999.407	6.671.619	6.533.459	5.262.269	
	Rentabilidad GM		-8,6%	-4,6%	-15,6%	-13,0%	-3,6%	-8,4%	3,0%	3,9%	-4,8%	-5,5%	-2,5%	0,7%	5,3%	-16,8%	
Rentabilidad Convencional	-22,2%	-6,1%	-2,1%	-13,3%	-10,7%	-1,1%	-5,9%	5,7%	6,7%	-2,3%	-3,0%	0,1%	3,4%	8,1%	-14,5%		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de Chegwin (2006), CCI *et al.* (2011), MADR (2013), MADR (2014), FEDESARROLLO (2013) y CONALGODON (2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b y 2016).

# F. Anexo: Licencia para el Uso de Tecnología Genética



Licencia No. \_\_\_\_\_



Persona Jurídica

Persona Natural

## ACEPTACIÓN DE CONDICIONES DE LICENCIA PARA EL USO DE TECNOLOGIA GENETICA

El suscriptor de este documento (en lo sucesivo, el "Licenciario"), por medio de la firma del mismo, acepta ceñirse en un todo a los términos del mismo y desde ahora acepta y se obliga a no disponer en forma diferente a la que se mencionó en este documento, de la tecnología genética de MONSANTO licenciada a Bayer S.A. en semillas de algodón, (en lo sucesivo, las "Semillas") según se describe en el documento que se adjunta a la presente Aceptación para pasar a formar parte integral de la misma como Anexo "1", bajo las siguientes condiciones.

Condiciones de Licencia:

1. El Licenciario deberá usar las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, las cuales se adquieren en relación con esta Licencia, a fin de llevar a cabo una y solamente una siembra y cosecha de algodón y/o cualquier otro cultivo que contenga la tecnología genética que en un futuro BAYER S.A. comercialice en Colombia, según corresponda.
2. El Licenciario se obliga a usar la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las Semillas de Bayer S.A. de conformidad con las instrucciones e indicaciones que se señalan en el Manual Técnico de Uso de Tecnología, misma que en este acto el Licenciario admite haber recibido y leído, y acepta que conoce y entiende el contenido y alcance de los términos y condiciones del Manual Técnico de Uso de Tecnología, el cual se obliga a cumplir en todo momento.
3. El Licenciario deberá abstenerse de:
  - i) Revender o suministrar las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, adquiridas en relación con esta Licencia, a tercero alguno, ya sea persona física o jurídica;
  - ii) Usar por sí mismo o a través de un tercero y/o vender o disponer de cualquier forma de las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, o del producto derivado de dichas Semillas, con el fin de reproducción, investigación, producción y/o explotación comercial de semilla, reversar la ingeniería o análisis de la configuración genética de las Semillas;
  - iii) Conservar, guardar o almacenar cualesquiera semillas producidas de las Semillas de Bayer S.A. adquiridas y que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, con el fin de utilizarlas para sembrar semillas, o con cualquier otro fin expresamente prohibido en el presente documento;
  - iv) Conservar, guardar o almacenar cualesquiera semillas producidas de las Semillas de Bayer S.A. adquiridas que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, con el fin de venderlas, suministrarlas o disponer de ellas de cualquier forma a favor tercero alguno, ya sea persona física o moral, que vaya a revenderlas, suministrarlas o utilizarlas, directa o indirectamente, para sembrarlas y/o cosecharlas;
  - v) Mantener y/o guardar las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas que no hubieren sido utilizadas en la cosecha para la cual hayan sido adquiridas, para la siembra del siguiente año o años subsecuentes. El Licenciario deberá devolver todas las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas que no hubieren sido utilizadas, al distribuidor de dichas Semillas, o a quien en su defecto



Bayer CropScience



BAYER S.A. indique, dentro de los 15 (quince) días calendario siguiente a la fecha en la que la siembra haya concluido.

La fecha de conclusión de la siembra correspondiente no podrá ser posterior a la fecha oficial establecida por el departamento respectivo por las regionales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como fecha de siembra y cosecha mediante acto administrativo y en desarrollo del Decreto 2645 de 1993 y de las normas que complementen y/o adicione. El distribuidor devolverá sin intereses al Licenciario el importe pagado por éste, por las Semillas de Bayer S.A. adquiridas que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas que no hubieren sido utilizadas y que sean devueltas en su empaque original sellado.

- vi) Transportar o movilizar por cualquier medio, las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas fuera de los municipios autorizados para la liberación, los cuales se encuentran descritos en el plan de trabajo. Cualquier movilización de semilla que no sea para transportarla a los lugares autorizados para la siembra descritos en los planes de trabajo, o bien para transportar la cosecha a las Desmotadoras Autorizadas deberán estar previamente autorizados por escrito de parte de BAYER S.A.. El Licenciario, en este acto, manifiesta que tiene conocimiento de que la movilización de semilla requiere de un permiso especial de las autoridades correspondientes.
- vii) En general, disponer y/o usar de cualquier manera diferente a las previstas en los incisos (i) al (vi) anteriores, las Semillas de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, salvo previo consentimiento por escrito de BAYER S.A..

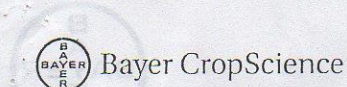
4. En virtud de que las Semillas de algodón de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, únicamente han sido probadas y han demostrado ser tolerantes a los productos Roundup Spectra con Transorb®, ó Roundup® Brio con Transorb®. BAYER S.A. no se hace responsable por el uso de cualquier otro herbicida que no sea Socar®, Roundup®, Roundup® Spectra con Transorb®, ó Roundup® Brio con Transorb®.

5. Previo a la adquisición de las Semillas de algodón de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas, el Licenciario deberá proporcionar al distribuidor de las Semillas y/o a BAYER S.A., la información exacta por escrito respecto de los siguientes puntos:

- i) El número de hectáreas que se sembrarán
- ii) Variedad(es)
- iii) Croquis o mapa que indique la localización de dichas hectáreas (incluyendo municipio);
- iv) Peso total de la semilla (en kilogramos)
- v) Densidad de siembra
- vi) Ubicación de refugios
- vii) El licenciario manifiesta que Semillas de algodón de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO sembrará únicamente en el ciclo agrícola y municipios autorizados por el ICA.

6. El Licenciario reconoce y acepta que la tecnología contenida en las Semillas tiene el carácter de confidencial, es información privilegiada y se encuentra protegida por diversos ordenamientos legales, de manera tal que su aplicación, utilización y/o divulgación sin la debida autorización previa y por escrito de BAYER S.A., puede dar lugar a la responsabilidad civil y penal que corresponda, pudiendo dicha responsabilidad incluso resultar en la privación de la libertad conforme a los artículos 306, 307 y 308 del Código Penal y demás normas pertinentes.

El Licenciario reconoce que la tecnología genética de MONSANTO objeto del presente documento se encuentra protegida bajo patentes, registros, secretos industriales y otras disposiciones legales contenidas en las decisiones 345, 391 (Régimen Común a Los Recursos Genéticos), así como las demás normas civiles, comerciales, penales, administrativas que le sean aplicables en la República de Colombia.



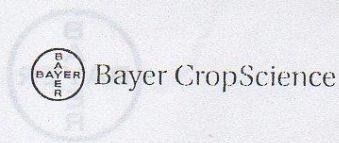
El Licenciatario así mismo reconoce que MONSANTO, COACOL y BAYER S.A. han adoptado medidas suficientes para preservar la confidencialidad de la Tecnología Genética licenciada bajo el presente documento y el acceso restringido a la misma, por lo que tal Tecnología Genética constituye un secreto empresarial de conformidad con lo dispuesto por el artículo 260 de la Decisión 486. Consecuentemente, el Licenciatario se obliga a no revelar a terceros cualquier tecnología proporcionada por BAYER S.A. mediante el presente documento de Aceptación. Esta prohibición se extenderá a toda persona que con motivo de su trabajo, empleo, cargo o puesto tenga acceso a un secreto empresarial en los términos del artículo 265 de la Decisión 486. El Licenciatario se obliga a tomar las medidas que resulten necesarias para que sus empleados y/o trabajadores y dependientes que tengan acceso a la Tecnología Genética licenciada bajo el presente documento la traten como estrictamente confidencial. Consecuentemente, el Licenciatario conviene en no revelar a terceros cualquier tecnología proporcionada por BAYER S.A. mediante el presente documento.

El Licenciatario se obliga a tomar las medidas que resulten necesarias para que sus empleados y/o trabajadores que tengan acceso a la tecnología licenciada bajo el presente documento de Aceptación, la traten como estrictamente confidencial.

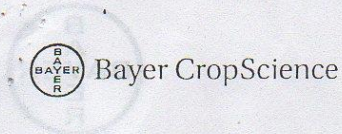
7. Cualquier incumplimiento o violación por parte del Licenciatario a cualquiera de las Condiciones de la Licencia que se le otorga bajo el presente documento dará origen a la terminación de este último en forma inmediata, sin perjuicio de la responsabilidad civil y/o penal que por su incumplimiento le derive al Licenciatario de conformidad con las leyes aplicables. De igual manera, el Licenciatario se obliga a devolver, en forma inmediata, la totalidad de las Semillas que tenga en su poder y que sean materia de este documento de aceptación de condiciones de licencia. En caso de incumplimiento, el Licenciatario, desde ahora y con la firma de la presente Aceptación, otorga una autorización irrevocable para que personas determinadas por el distribuidor y/o por BAYER S.A. puedan entrar a sus instalaciones para destruir el cultivo, sin que por esto se le deba pagar suma alguna. Lo anterior independientemente de que el Licenciatario perderá cualquier derecho a obtener una licencia de BAYER S.A. en el futuro.

Adicionalmente, el Licenciatario reconoce y acepta que BAYER S.A. incurriría en un riesgo sustancial de pérdida de control de la tecnología genética de MONSANTO, pudiendo resultar en drásticos e irreversibles daños a MONSANTO y a BAYER S.A., en caso de que el Licenciatario disponga o de cualquier manera transfiera, a título oneroso o gratuito, Semillas de algodón de Bayer S.A. que contengan la tecnología genética de MONSANTO incorporada en las mismas sin la debida autorización por escrito de BAYER S.A..

8. Las partes reconocen y aceptan que el porcentaje de semillas producidas en relación con las Semillas sembradas es de 120 a 1. Por lo tanto, en caso de incumplimiento a cualesquiera de sus obligaciones bajo el presente documento, el Licenciatario acepta pagar a BAYER S.A. una suma mínima, a título de cláusula penal, como estimación anticipada y mínima de perjuicios, pero no definitiva, equivalente a ciento veinte veces el monto pagado por la Tecnología Genética por el respectivo Licenciatario (tecnología que está incorporada en las Semillas), por el número de hectáreas que se pudieren sembrar con las Semillas transferidas o adquiridas. Esta suma se pagará en forma inmediata contra el simple requerimiento de BAYER S.A. renunciando el Licenciatario a cualquier clase de requerimientos para ser constituido en mora.
9. El Licenciatario otorga a BAYER S.A., a través de sus representantes autorizados, el derecho de inspeccionar, revisar y llevar a cabo las pruebas en todos los campos del Licenciatario sembrados con las Semillas, durante los 3 años siguientes a la siembra correspondiente, a fin de verificar el cumplimiento de las obligaciones del Licenciatario bajo el presente documento de Aceptación de Condiciones de Licencia. Todas las inspecciones y medidas de monitoreo, prevención, control, y seguridad de los posibles riesgos, se llevarán a cabo en horas razonables y, de ser posible, en presencia del Licenciatario. El Licenciatario, asimismo, conviene en proporcionar, a solicitud de BAYER S.A., las ubicaciones de todos los campos sembrados con las Semillas adquiridas de conformidad con los términos y condiciones de este instrumento, durante los siguientes 3 años a la fecha de firma del presente documento.



10. El Licenciario deberá entregar todo el producto de la cosecha derivado de las Semillas de algodón, a cualquiera de las "Desmotadoras Autorizadas" por BAYER S.A. El licenciario deberá solicitar un comprobante de recibo de la Desmotadora y dicho recibo deberá contener todos los requisitos fiscales y proporcionará una copia del mismo a BAYER S.A., mediante el cual acreditará que el peso de la semilla entregada sea coincidente con los informes presentados a BAYER S.A.
11. Todos los avisos que las partes deban de hacerse en relación al presente documento, deberán ser realizados por escrito con acuse de recibo y dirigidos a los domicilios que las partes señalan el presente documento de aceptación de condiciones de Licencia, y en el caso de Bayer cualquier aviso se deberá hacer en la Avenida Américas No. 57-52 de la Ciudad de Bogotá. Asimismo, cualquier modificación a los términos y/o condiciones del presente documento deberá ser notificada al Licenciario por escrito y éste deberá aceptar dicha modificación.
12. El presente Documento de Aceptación de Condiciones de Licencia tendrá una vigencia indeterminada. Cualquiera de las partes podrá dar por terminado los efectos del presente instrumento mediante aviso por escrito dirigido a la otra parte con cuando menos 30 (treinta) días de anticipación a la fecha en que surta efectos la terminación.  
Queda expresamente establecido que las obligaciones que subsistan a la terminación a cargo de las partes, permanecerán vigentes y guardarán toda su fuerza legal hasta que las mismas hayan sido debidamente cumplidas por la parte que corresponda.
13. Este documento se interpretará y regirá de acuerdo con las leyes de la República de Colombia. De manera expresa con la firma del presente documento el Licenciario manifiesta que entiende y acepta que el domicilio contractual de la licencia otorgada por medio del presente Documento es la ciudad de Bogotá. De igual forma el Licenciario entiende y acepta que cualquier diferencia y/o proceso relacionado con la licencia otorgada por el presente documento, será competencia de los jueces civiles de Bogotá D.C. En virtud de lo anterior, en todo lo relativo a la interpretación, terminación, incumplimiento y/o cumplimiento de las condiciones de licencia establecidas en el presente documento, expresamente será sometida a la jurisdicción de los Tribunales y/o jueces competentes de la ciudad de Bogotá, renunciando expresamente a cualquier otra jurisdicción que pudiera corresponderles por razón de domicilios presentes o futuros.
14. Los términos y condiciones de la Licencia otorgada por el presente documento son personales para el Licenciario, serán obligatorios, tendrán plena fuerza y efecto sobre sus herederos, representantes personales, sucesores y cesionarios autorizados del Licenciario, pero los derechos del Licenciario bajo el presente no podrán ser transferidos o cedidos de cualquier otra forma, sin el consentimiento previo, expreso y por escrito de BAYER S.A.. BAYER S.A. podrá transferir o ceder la presente Licencia, en cualquier momento y sin necesidad de consentimiento del Licenciario. BAYER S.A. no utilizará o revelará a terceros cualquier información confidencial del Licenciario proporcionada a BAYER S.A. bajo los términos de esta Licencia, excepto según sea necesario para llevar a cabo los términos de esta Licencia.
15. La omisión de BAYER S.A. en hacer cumplir y exigir el estricto cumplimiento y ejecución de los términos y condiciones del presente documento, no constituye renuncia de dichos términos y condiciones en el futuro, ni impide que dicha parte insista en el estricto cumplimiento y ejecución de dichos términos y condiciones en un momento posterior.
16. En virtud del presente contrato, el Licenciario se obliga a cumplir y a hacer cumplir a sus trabajadores, subordinados y contratistas todas las disposiciones legales en materia de Habeas Data y protección de la información, particularmente las normas establecidas en la Ley 1581 de 2012 y en el Decreto Reglamentario 1377 de 2013, o aquellas normas que las modifiquen, subroguen o sustituyan. Licenciario reconoce y acepta en virtud de la suscripción de este contrato, que el manejo de datos sensibles y datos personales requiere un tratamiento particular con el fin de garantizar la protección de la información a



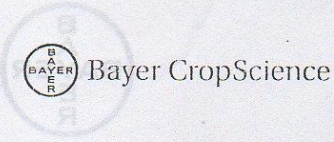
las personas que consten en bases de datos proporcionadas por BAYER y se obliga a no transferir ni transmitir dicha información a terceros sin el previo consentimiento de BAYER. El incumplimiento de la presente cláusula dará lugar a la inmediata terminación de este contrato, sin perjuicio de las multas, sanciones y reclamaciones por indemnización de perjuicios a que hubiere lugar.

17. Las ÚNICAS personas naturales y/o jurídicas autorizadas para recibir la Semilla que contenga la Tecnología Genética son \_\_\_\_\_, cuyo domicilio y ubicación conoce el Licenciatario.

Yo, el suscrito Licenciatario, manifiesto que he leído y entendido los términos y condiciones del presente documento y convengo en quedar obligado de conformidad con los mismos. Entiendo y convengo en que cualquier uso por el Licenciatario de las Semillas de algodón que incorpore la tecnología Genética licenciada para usos diferentes a los establecidos en el presente documento, no está autorizado y por lo tanto, está sujeto a la responsabilidad civil, penal y/o administrativa y demás que resulten de conformidad con las leyes aplicables. Igualmente manifiesto que he recibido los Folletos sobre Manejo Técnico de las variedades y de Bioseguridad.

El presente documento de Aceptación de condiciones de Licencia se firma el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2014 en la ciudad de \_\_\_\_\_.

Nombre Finca: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

La Tecnología Genética de Monsanto que el Licenciatario reconoce haber solicitado y BAYER S.A. le otorga bajo los Términos y Condiciones del presente documento de aceptación de condiciones de Licencia es la que a continuación se indica.

Señalar con (X) en los recuadros correspondientes, la Tecnología Genética de Bayer S.A. Licenciada bajo el presente documento. Esta sección no constituye un compromiso de compra por parte del Licenciatario.

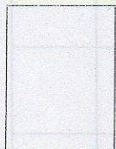
Ha Total: \_\_\_\_\_  
 Ha Tecnología: \_\_\_\_\_  
 Ha Refugio: \_\_\_\_\_  
 Variedad Principal: \_\_\_\_\_  
 Variedad Refugio: \_\_\_\_\_  
 Esquema de Refugio: \_\_\_\_\_  
 Kg de Semilla Tecnología: \_\_\_\_\_  
 Kg de Semilla Refugio: \_\_\_\_\_



Desmotadora Autorizada: \_\_\_\_\_  
 Agremiación donde compra la semilla: \_\_\_\_\_

Se firma el presente documento de aceptación de Condiciones de Licencia número \_\_\_\_\_ el día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ de 2014.

**LICENCIATARIO:**  
 Firma: \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 C.C. \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Ciudad: \_\_\_\_\_



Huella



## Bibliografía

- Agbios. (2002). Biotech crop database: <http://www.agbios.com/main.php>. Acceso febrero 2015.
- Agodi, A., Barchitta, M., Grillo, A. y Sciacca, A. (2006). Detection of genetically modified DNA sequences in milk from The Italian market. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 209: 81–88.
- AGROBIO. (2015). Estadísticas de cultivos GM. Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola. Disponible en <http://www.agrobio.org/transgenicos-en-el-mundo-colombia-region-andina/>.
- Aguilera, M., Reina, Y., Orozco, A., Yabrudy, J. y Barcos, R. (2013). Composición de la economía de la región Caribe de Colombia. *Ensayos sobre Economía Regional – ESER*. 53. Banco de la República. Acceso Junio 27, 2013. [http://www.banrep.gov.co/publicaciones/pub\\_ec\\_reg2.htm](http://www.banrep.gov.co/publicaciones/pub_ec_reg2.htm).
- Alcaldía Municipal de Cereté. (2012). Plan de Desarrollo para el periodo 2012-2015, “Servir es mi Pasión” para Alcanzar la Prosperidad para todos. Acuerdo No. 006 Cereté, Mayo 30 de 2012.
- Alcaldía Municipal de El Espinal. (2012). Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015 Espinal - Tolima, ¡Trabajando Unidos... Gobierno y Progreso para Todos!
- American Institute of Biological Sciences. (2010). La Ingeniería Genética y el Xenotrasplante. Acceso Marzo 28, 2017. <http://www.actionbioscience.org/esp/biotecnologia/grey.html#primer>
- Ángel-Maya, A. (1995). *La Fragilidad Ambiental de la Cultura*. Historia y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ángel-Maya, A. (1996). *El Reto de la Vida*. Ecosistema y Cultura, Una Introducción al Estudio del Medio Ambiente. Primera edición. Serie Construyendo el Futuro N° 4. Ecofondo. Bogotá.
- Anguiano, O. y Montagna, C. (2012). Clasificación y Toxicología de los Plaguicidas. Universidad Nacional del Comahue.
- Antama. (2012). Plantas de tabaco transgénico como fuente de combustible. <http://fundacion-antama.org/plantas-de-tabaco-transgenico-como-fuente-de-combustible/>.
- Antama. (2015). Seis preguntas sobre la nueva directiva de transgénicos de la Unión Europea. Publicado el 3 de marzo de 2015. Consultado el 27 de junio de 2016. En:

<http://fundacion-antama.org/preguntas-y-respuestas-sobre-nueva-directiva-de-transgenicos-union-europea/>

- APHIS. (2014). Determination of Nonregulated Status of Potato Genetically Engineered for Low Acrylamide Potential and Reduced Black Spot Bruise. 19-03-2015, de APHIS Sitio web: [http://www.aphis.usda.gov/brs/fedregister/BRS\\_20141110b.pdf](http://www.aphis.usda.gov/brs/fedregister/BRS_20141110b.pdf)
- Babilonia, R. (2014). *Nueva ruralidad en el Bajo Sinú colombiano, 1990-2012. Caso La Subida, Los Monos y La Peinada*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía. Bogotá, Colombia.
- Bejarano, J. (2007). El Despegue Cafetero (1900-1928). En: J. Ocampo Historia económica de Colombia. Primera edición revisada y actualizada de Editorial Planeta Colombia S.A. Fedesarrollo, Colombia
- Benbrook, C. (2012). "Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the U.S. — The First Sixteen Years." *En Environmental Sciences Europe* 2012. Disponible en <http://www.enveurope.com/content/24/1/24>.
- Benbrook, C. (2016). Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 3. <http://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>.
- Berger, G. y Braga, D. (2009). *Report on Environmental and Food Biosafety of Soybean MON 87701 X MON 89788* [In Portuguese]. Sao Paulo.
- Berrío, M. (2012). Algodón, en un contexto "poco favorable". Publicado en El Mundo el 23 de julio de 2012. [http://www.elmundo.com/portal/noticias/economia/algodonen\\_un\\_contexto\\_poco\\_favorable.php#.VrqHMBjhDIV](http://www.elmundo.com/portal/noticias/economia/algodonen_un_contexto_poco_favorable.php#.VrqHMBjhDIV). Consultado el 9 de febrero de 2016.
- Binimelis, R., Pengue, W. y Monterroso, L. (2010). "Transgenic treadmill": Responses to the emergence and spread of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina a Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona, 08193 Bellaterra (Barcelona), Spain.
- Blasco, R. y Castillo, F. (2014). Acerca de la biotecnología ambiental. *Arbor*, Vol. 190, No 768 doi:10.3989/arbor.2014.768n4011.
- Böll, H. (2014). América Latina: La transgénesis de un continente. Visión crítica de una expansión descontrolada. Fundación Heinrich Böll para el Cono Sur.
- Brooks, G. y Barfort, P. (2010). GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2008 (Dorchester, PG Economics Ltd.), p. 165.
- Bunge, J. (2016). Detrás de la venta de Monsanto, las dudas sobre la revolución transgénica. *The Wall Street Journal*. <http://lat.wsj.com/articles/SB12276218683120244367104582316413803329668>.
- Calderón, A., Roca, W., Jaynes, J. (1991). Ingeniería genética y cultivo de tejidos. In: Cultivo de tejidos en la agricultura fundamentos y aplicaciones. CIAT N° 151. Cali. pp. 733-753.

- Catacora-Vargas, G. (2011). Genetically Modified Organisms. A Summary of Potential Adverse Effects Relevant to Sustainable Development. Biosafety Report 2011/02 GenØk - Centre for Biosafety. Tromsø, Norway.
- Catacora-Vargas, G. (2014). Sustainability Assessment of Genetically Modified Herbicide Tolerant Crops. The Case of Intacta™ Roundup Ready™ 2 Pro Soybean Farming in Brazil in light of the Norwegian Gene Technology Act. Biosafety Report 2014/02. Tromsø, GenØk–Centre for Biosafety.
- CCI, MADR, ICA, CONALGODON y BMC. (2011). Resultados de producción de algodón. Área, producción y rendimiento interior 2011. Proyecto Sistema de Información de la Oferta Agropecuaria de Colombia. Convenio Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional.
- CERA. (2010). GM Crop Database. Center for Environmental Risk Assessment, ILSI Research Foundation, Washington D.C. Cited 9th may 2014. Available from: [http://cera-gmc.org/index.php?action=gm\\_crop\\_database](http://cera-gmc.org/index.php?action=gm_crop_database).
- Chaparro-Giraldo, A. (2005). Elementos básicos para entender la tecnología transgénica. In: Chaparro-Giraldo A, editor. *Introducción a la ingeniería genética de plantas*. Bogotá: Unibiblos. p. 11-22.
- Chaparro-Giraldo, A. (2011). Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*. p. 231-252. ISSN 1900-1649.
- Chaparro-Giraldo, A. (2015). La ingeniería genética de plantas en Colombia: un camino en construcción. *Acta biol. Colomb.*; 20(2): 13-22. Tomado de: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.43412>.
- Chegwin, J. (2006). *Valoración económica de la implementación de tecnología transgénica en el cultivo de algodón versus la tecnología convencional para el departamento de Córdoba*. Tesis de la Facultad De Economía. Universidad De La Salle, Bogotá.
- Clark, A. (2006). Environmental risk of genetic engineering. *Euphytica* 148:47–60.
- Clive, J. (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA Brief No. 49. ISAAA: Ithaca, NY.
- Colorado, J. (2014). *La Implementación de Semillas Transgénicas en Colombia*. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas - Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales, Colombia.
- CONALGODON. (2009). Evaluación de la cosecha de la Costa 2008/2009. Valledupar, junio 5 2009.
- CONALGODON. (2013). Resultados y Análisis de los Costos Unitarios de Producción Cosecha Costa 2012/13. Fondo de Fomento Algodonero.

- CONALGODON. (2014a). Resultados y Análisis de los Costos Unitarios de Producción Cosecha Costa 2013/14. Fondo de Fomento Algodonero.
- CONALGODON. (2014b). Resultados y Análisis de los Costos Unitarios de Producción Cosecha Interior 2013. Fondo de Fomento Algodonero.
- CONALGODON. (2015a). Resultados y Análisis de Costos de Producción Cosecha Costa 2014/15 Informe Costos de Producción. Fondo de Fomento Algodonero.
- CONALGODON. (2015b). Resultados y Análisis de Costos de Producción Cosecha Interior 2014. Fondo de Fomento Algodonero.
- CONALGODON. (2016). Base Maestra Histórico Algodón Nacional. <http://conalgodon.com/estadisticas/#sc-tabs-1475792539449>
- Coronado, C. (2009). Algodón transgénico en 2008 en el Tolima, Fracaso para los indígenas. El Universal, Montería, febrero 19, 2009.
- CORPOICA. (2009). Buenas Prácticas Agrícolas para el Cultivo del Algodón en el Departamento de Córdoba, Boletín Técnico. CI Turipaná - Cereté – Córdoba.
- Croplife International. (2011). Getting a Biotech Crop to Market. [Cited 3rd November 2014]. Disponible en: <http://www.isaaa.org/kc/croplifeupdate/article/default.asp?ID=8731>.
- DANE y FEDEARROZ. (2015). Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado. Boletín Técnico I Semestre de 2015 (Datos definitivos). Disponible en: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol\\_arroz\\_lsem15.pdf?phpMyAdmin=a9ticq8rv198vhk5e8cck52r11](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_lsem15.pdf?phpMyAdmin=a9ticq8rv198vhk5e8cck52r11).
- El Universal. (2012). Algodoneros de la Costa en crisis. 9 de abril. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.co/monteria-y-sincelejo/economica/algodoneros-de-la-Costa-en-crisis-71823>. Consultado en mayo de 2013.
- El Universal. (2013). Algodoneros de Córdoba culpan a Monsanto de pérdidas millonarias. 17 de abril. Disponible en <http://www.eluniversal.com.co/monteria-y-sincelejo/local/algodoneros-de-cordoba-culpan-monsanto-por-perdidas-millonarias-116283>. Consultado en octubre de 2014.
- Espinoza, C., Schlechter, R., Herrera, D., Torres, E., Serrano, A., Medina, C. y Arce, P. (2013). Cisgenesis and Intragenesis: New tools For Improving Crops. *Biological Research*, 46(4), 323-331. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602013000400003>
- ETC Group. (2013a). “Quién nos alimentará, ¿La cadena industrial de producción de alimentos o las redes campesinas de subsistencia?”. Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/quien-nos-alimentara>.
- ETC Group. (2013b). “El carro delante del caballo. Semillas, suelos y campesinos. Quién controla los insumos agrícolas 2013”. Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/el-carro-delante-del-caballo-semillas-suelos-y-campesinos>.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2011). *Ahorrar para crecer: Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala*. Roma.
- FEDEPAPA. (2004). *Guía Ambiental para el Cultivo de la Papa*. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Federación Colombiana de Productores de Papa - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Federación Colombiana de Municipios. (2015). Municipio Cereté. <https://www.fcm.org.co/Publicaciones/Paginas/Documentos.aspx>. Acceso: Junio 2016.
- FEDESARROLLO. (2013). Análisis de la competitividad de la cadena algodón, fibras, textiles y confecciones. <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/204/3/Analisis%20cadena%20algodon.pdf>.
- Fonseca, L. (2009). Balance y Perspectivas del Cultivo. En Presentaciones en evaluación cosecha Costa 2008/9. [http://www.conalgodon.com/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=58&Itemid=9](http://www.conalgodon.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=9). Consultado 18 de enero de 2010.
- García, J. (2004). *El cultivo de algodón en Colombia entre 1953 y 1978: una evaluación de las políticas gubernamentales*. Centro de Estudios Económicos Regionales. Banco de la República. No. 44.
- GeneWatch. (2015). *Genetically Modified Insect Factories: A New Source of Superbugs?*. GeneWatch UK Report February. Publicado en: [http://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/Antibiotic\\_GWbrief\\_fin.pdf](http://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/Antibiotic_GWbrief_fin.pdf)
- Glover, D. (2010). Is Bt Cotton a Pro-Poor Technology? A Review and Critique of the Empirical Record. *Journal of Agrarian Change* 10(4):482–509.
- Grupo Semillas. (2009). El fracaso del algodón transgénico en Colombia. Revista Semillas No. 40/41, agosto de 2009.
- Grupo Semillas. (2011). Los cultivos de maíz y algodón transgénicos en Colombia. Impactos sobre la biodiversidad y la soberanía alimentaria. En: <http://semillas.org.co/>
- Grupo Semillas. (2015). Un artilugio para continuar con el despojo de las semillas de los pueblos en Colombia. La resolución 3168 del ICA de 2015 sobre semillas reemplaza la resolución 970. En: Revista No. 61/62.
- Hearn, A. (1979). Water Relationships in Cotton. *Outlook on Agriculture* 10:159-166.
- Heinemann, J. (2007). A Typology of the Effects of (Trans)Gene Flow on the Conservation and Sustainable Use of Genetic Resources. Background Paper Study No. 35 (Rome, FAO), p. 94. <ftp://ftp.fao.org/ag/cgrfa/bsp/bsp35r1e.pdf> Access date: November 2, 2010.

- Heinemann, J. (2009). Hope not Hype. The future of agriculture as guided by the International Assessment of Agricultural Knowledge, *Science and Technology for Development* (Penang, TWN), p. 160.
- Heinemann, J. y Kurenbach, B. (2008). Special threats to the agroecosystem from the combination of genetically modified crops and glyphosate. *TWN Biosafety Briefing*. August 2008. [www.biosafety-info.net/file\\_dir/4634860148bfa74152746.pdf](http://www.biosafety-info.net/file_dir/4634860148bfa74152746.pdf) Access date: January 23, 2011.
- Heuberger, S., Kirk, C., Tabashnik, B., Carrière, Y. (2010). Pollen and seed mediated transgene flow in commercial cotton seed production fields. *Plos One*. 5(11): 1-8.
- Hodson, E. y Carrizosa, J. (2007). *Normatividad relacionada con bioseguridad de los organismos genéticamente modificados (OGM)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia: 328 p. (ISBN 978-958-8151-93-9).
- Holme, B., Wendt, T. y Holm, B. (2013). Intragenesis and cisgenesis as alternatives to transgenic crop development. *Plant Biotechnology Journal* (11), 395-407. Doi:10.1111/pbi.12055.
- Huang, F., Qureshi, J. A., Head, G. P., Price, P. A., Levy, R., Yang, F., & Niu, Y. (2016). Frequency of *Bacillus thuringiensis* Cry1A.105 resistance alleles in field populations of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Louisiana and Florida. *Crop Protection*, 83, 83–89. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.01.019>.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge Science and Technology for Development). (2009). *Agriculture at Crossroad. Global Report* (Washington D.C., Island Press), p. 590.
- Ibáñez, A. y Muñoz, J. (2011). La persistencia de la concentración de la propiedad en Colombia: ¿Qué pasó entre 2000 y 2010?. *Notas de Política*. Escuela de Gobierno Alberto Lleras Restrepo. Universidad de los Andes (9), 4.
- Ibáñez, S., Talano, M., Ontañón, O., Suman, J., Medina, M., Macek, T. Agostini, E. (2015). Transgenic plants and hairy roots: exploiting the potential of plant species to remediate contaminants. *New Biotechnology*, In Press, Corrected Proof.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2004). Evaluación de los riesgos potenciales para introducir y comercializar semillas de algodón con las tecnologías conjuntas (Bollgard) + (Roundup Ready). Documento de Trabajo. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. 11 p.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2006). Resolución 946 del 17 de abril de 2006. p. 11.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del algodón (*Gossypium Hirsutum*), Medidas para la temporada invernal. Bogotá D.C. Colombia.

- Instituto Alexander von Humboldt. (1998). *El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia*. Programa de Inventario de la Biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications). (2002). Bt insects resistance technology. SeAsiaCenter. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Pockets n° 6. Manila.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications). (2015). Herbicide tolerance technology: Glyphosate & Glufosinate. SeAsiaCenter. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Pockets n° 10. Manila.
- Israelsen, O. y Hansen, V. (2003). *Irrigation Principles and Practices*. Ed. John Wiley and Sons, Inc.
- Jingying, X., Garcia, A., Lagerkvist, A., Bertilsson, S., Sjöblom, R., Kumpiene, J. (2014). Sources and remediation techniques for mercury contaminated soil. Department of Ecology and Genetics, Limnology, University of Uppsala, Sweden Waste Science and Technology, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, Luleå University of Technology, Sweden.
- Katarzyna Panz, Korneliusz Miksch. (2012). Phytoremediation of explosives (TNT, RDX, HMX) by wild-type and transgenic plants. *Journal of Environmental Management*, Volume 113, 30 December 2012, Pages 85-92.
- Kaur, S. (2012). *Bacillus thuringiensis* Biotechnology. (E. Sansinenea, Ed.) *Bacillus thuringiensis* Biotechnology (Vol. 9789400730). Dordrecht: Springer Netherlands. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-3021-2>
- Kim, C., Lee, B., Kim, D., Park, J., Kim, H., Park, K., Yi, H., Jeong, S., Yoon, W., Harn, C. y Kim, H. (2008). Detection of gene flow from GM to non-GM watermelon in a field trial. *Journal of plant biology*. 51(1): 74-77.
- Kratz, A., Mante, C., Hofman, F., Schlechtriemen, U., Kuhn, U., Ober, S., Vögel, R. (2010). Exposure of maize harvest by-products to aquatic ecosystems and protected nature reserves in Branderburg, Germany In Large-area Effects of GM-Crop Cultivation. *Theorie in der Ökologie* 16, B. Breckling and R. Verhoeven, ed. (Frankfurt, Peter Lang), pp. 21-27.
- Kryder, R., Kowalski, S., Krattiger, A. (2000). The Intellectual and Technical Property Components of pro-Vitamin A Rice (GoldenRice™): A Preliminary Freedom-To-Operate Review. ISAAA Briefs No. 20. ISAAA: Ithaca, NY. p. 56.
- Kumar, S. y Kumari, R. (2015). Occurrence of molecularly diverse Bt Cry toxin-resistant mutations in insect pests of Bt+ corn and cotton crops and remedial approaches. *Current Science*, 108(8), 1483–1490. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84929096170&partnerID=tZOtx3y1>

- Lamonica, M. (2014). Los combustibles generados por microorganismos se desploman. <http://www.technologyreview.es/energia/44758/los-combustibles-generados-por-microorganismos-se/>.
- Lee, M. (2009). EU Regulation of GMOs. Law and Decision Making for a New Technology. Biotechnology Regulation Series (Massachusetts, Edward Elgar Publishing, Inc.), p. 274.
- León, T. (2007). Medio Ambiente, Tecnología y Modelos de Agricultura en Colombia – Hombre y Arcilla. Universidad Nacional de Colombia – ECOE Eds. Serie IDEAS No. 8. Bogotá, 287 pp.
- León, T. (2014). Bioseguridad en Colombia: estado de la cuestión. Notas de autor.
- López, E. (2012). El fracaso del algodón transgénico en el campo colombiano, Grupo Semillas. <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=c1a1--&x=20155139g>.
- López, Y. (2015). Ingeniería genómica mediante sistemas CRISPR-Cas. (Tesis pregrado). Universitat A`llicant. Alicante. España.
- Lu, Y.; Wu, K.; Jiang, Y.; Xia, B.; Li, P.; Feng, H.; Wyckhuys, K.A.G.; Guo Y. (2010). Mirid Bug Outbreaks in Multiple Crops Correlated with Wide-Scale Adoption of Bt Cotton in China. *Science* 328:1151-1153.
- Lundstrom, K. (2015). Alphavirus vectors as tools in neuroscience and gene therapy. *Virus Research*, In Press, Corrected Proof, Available online 22 August 2015.
- Machado, N., Téllez, G., Castaño, J. (2006). Monoclonal antibodies: physical development and therapeutic perspectives. En: *Asociación Colombiana de Infectología*. Grupo de Inmunología Molecular, Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), CONALGODON (Confederación Colombiana del Algodón) e ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2013). Informe de Resultados del Proceso de Siembras de Algodón, Región Interior 2013. Oferta Agropecuaria.
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), CONALGODON (Confederación Colombiana del Algodón) e ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2014). Informe de Resultados del Proceso de Siembras de Algodón, Región Costa Llanos 2013-2014. Oferta Agropecuaria.
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). (2016). Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA. Oficina de Planeación y Prospectiva. Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario – AGRONET.
- MAGRAMA. (2016). Legislación Europea sobre Organismos Modificados Genéticamente OGM. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. Consultado el 27 de junio de 2016. En: [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-OGM-/legislacion-general/legislacion\\_europea.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-OGM-/legislacion-general/legislacion_europea.aspx)



- Mallory, S. y Zapiola, M. (2008). Gene flow from glyphosate resistant crops. *Pest Management Science*. 64: 428-440.
- Márquez, G. (2001). *De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia*. En: Palacios, G (ed.), 2001. La Naturaleza en Disputa. Universidad Nacional de Colombia. UNIBIBLOS. Bogotá.
- Mascarenhas, M. y Busch, L. (2006). Seeds of Change: Intellectual Property Rights, Genetically Modified Soybeans and Seed Saving in the United States. *Soc. Ruralis* 46:122-138.
- Matamoros, M. (2000). Consideraciones biológicas y ecológicas sobre cultivos transgénicos. En: Cultivos Transgénicos: Implicaciones Ambientales en Colombia. pg. 23.
- Melo, J. (2007). *Historia económica de Colombia*. Las vicisitudes del modelo liberal (1850-1899). Bogotá D.C. Colombia.
- Melo, A. (2016). *Bacillus thuringiensis*: mechanism of action, resistance, and new applications: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(2), 317–26. <http://doi.org/10.3109/07388551.2014.960793>.
- Mendenhall, W., Beaver, R. y Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. Décima tercera edición.
- Mendoza, O. (2000). Desarrollo de variedades de algodón con alto porcentaje de fibra y productividad. In: Memoria curso manejo integrado del algodónero, Corpoica. Valledupar. pp. 12-18.
- Menten, J. (2008). Safra 2008-2009: Tendencias e desafios defensivos agrícolas. En Associação Nacional de Defesa Vegetal, Brasil:ANDEF. Disponible en [http://abmra.com.br/atividades/2008\\_10\\_safra/palestras/jose-otavio-menten-andef.pdf](http://abmra.com.br/atividades/2008_10_safra/palestras/jose-otavio-menten-andef.pdf).
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Base de Datos de los OGM Autorizados en Colombia para el Consumo Humano. Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/Alimentos-transg%C3%A9nicos.aspx>.
- Monsanto Agricultura España. (2002). Seguridad del algodón Bollgard® evento 531, genéticamente protegido contra las orugas de las cápsulas. Cuaderno Técnico N° 4. Madrid. 44 p.
- Monsanto. (2006). The sum of our commitments. '06 Pledge Report (Missouri, Monsanto Company), p. 48.
- NABU. (2009). Cultivos Transgénicos y Biodiversidad. Impacto mundial de los cultivos modificados genéticamente. NABU-Bundesverband Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. Charitéstraße 3, D-10117 Berlín, Alemania.

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:<https://doi.org/10.17226/23395>.
- Nicholls, C. y Altieri, M. (2012). Modelos Ecológicos y Resilientes de Producción Agrícola para el Siglo XXI. En: *Agroecología* 6: 28-37. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley.
- Norgaard, R. y Sikor, T. (1999). Metodología y Práctica de la Agroecología. En M.A. Altieri, *Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable*. Nordan-Comunidad, Montevideo, p. 337.
- Orphal, J. (2005). Comparative analysis of the economics of Bt and non-Bt cotton production. Pesticide Policy Project. Special Issues Publication Series 8. *A Publication of the Pesticide Policy Project*. Hannover, Germany: Universität Hannover.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H. López, S. y Carrasco, A. (2010). Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling, *Chem. Res. Toxicol.* 23 (2010) 1586–1595.
- Pavone, V., Goven, J. y Guarino, R. (2011). From Risk Assessment to In-context Trajectory Evaluation - GMOs and Their Social Implications. *Environmental Science Europe* 23(3): pp. 1-13.
- Pengue, W. (2004). Environmental and socio economic impacts of transgenic crops in Argentina and South America: An ecological economics approach. In *Risk Hazard Damage. Specification of Criteria to Assess Environmental Impact of Genetically Modified Organisms*, B. Breckling and R. Verhoeven, ed. (Bonn, Federal Agency of Nature Conservation), pp. 49-59.
- Pengue, W. (2005). Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt. *Bulletin of Science Technology & Society*. 25:314-322.
- Pérez, S. (2013). *La legislación nacional en bioseguridad y sus efectos en los retornos sociales de la inversión en biotecnología: El caso de los cultivos genéticamente modificados (GM) en Brasil y Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana. 61 p.
- Pesticide Properties DataBase. (2016). Glyphosate. University of Hertfordshire. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/373.htm#2>.
- PNUD. (2011). "Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011". INDH PNUD, Bogotá, D.C.
- Portafolio. (2009). ICA sancionó a Monsanto por semillas OGM de algodón. Disponible en [http://www.portafolio.com.co/negocios/agronegocios/ARTICULOWEB-NOTA\\_INTERIOR\\_PORTA-7425869.html](http://www.portafolio.com.co/negocios/agronegocios/ARTICULOWEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-7425869.html) [fecha de consulta: 4 de octubre de 2010].
- Portela, D., Chaparro-Giraldo, A. y López, S. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. NOVA Publicación científica en Ciencia Biomédicas. *Scielo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v11n20/v11n20a09.pdf>

- Pray, C. y Naseem, A. (2007). Supplying Crop Biotechnology to the Poor: Opportunities and Constraints. *Journal of Development Studies* 43(1):192-217.
- Primavesi, A., Carrasco, A., Álvarez, E., Mooney, P., Kageyama, P., Nodari, R., Shiva, V. y Pignati, V. (2014). Impacto de los Transgénicos. Por encomienda de la Vía Campesina, este documento fue entregado al Papa Francisco, el 30 de abril de 2014.
- Qaim, M. (2009). The Economics of Genetically Modified Crops. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 1:665-93.
- Riechmann, J. (2004). *Cultivos y Alimentos Transgénicos: Una Guía Crítica*. Ediciones Pensamiento Crítico. Bogotá, Colombia. 343 p.
- Rihe Peng, Xiaoyan Fu, Yongsheng Tian, Wei Zhao, Bo Zhu, Jing Xu, Bo Wang, Lijuan Wang, Quanhong Yao. (2014). Metabolic engineering of Arabidopsis for remediation of different polycyclic aromatic hydrocarbons using a hybrid bacterial dioxygenase complex. *Metabolic Engineering*, Volume 26, November 2014, Pages 100-110.
- Rommens, C., Humara, J., Ye, J., Yan, H., Richael, C., Zhang, L. y Swords, K. (2004). Crop Improvement through Modification of the Plant's Own Genome. *Plant Physiology*, 135(1), 421–431. <http://doi.org/10.1104/pp.104.040949>
- Royal Society. (1992). Risk Analysis, Perception and Management. Londres.
- Sánchez, A. (1982). Cultivos de fibras. 1ª ed. Editorial trillas S.A. México D.F.
- Sanford, C. (1988). The Biolistic Process—a new concept in gene transfer and biological delivery. *Trends Biotechnol*:6:229-302.
- Santos, O., Delgado, O., Argüelles, J. y Aguilera, E. (2009). Evaluación del comportamiento del complejo *Spodoptera* con la introducción de algodón transgénico al Tolima, Colombia. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1), 24-32.
- Schouten, H., Krens, F. y Jacobsen, E. (2006), Cisgenic plants are similar to traditionally bred plants. *EMBO reports*, 7: 750–753. doi:10.1038/sj.embor.7400769
- Schubert, R., Renz, D., Schmitz B. y Doerfler, W. (1997). Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen, and liver via the intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94:961-966.
- Schubert, D. (2013). “Carta al presidente de México” En *Salk Institute for Biological Studies*. Disponible en <http://www.uccs.mx/images/library/file/externos/DSchubertEngl.pdf>
- Sebiot. (2004). *Biotecnología y medio ambiente*. Sociedad Española de Biotecnología.
- Shapiro, R. (1999). How genetic engineering will save our planet. *The Futurist* 33/34:28-29.

- Sherman, J., Choudhuri, S. y Vicini, J. (2015). Transgenic proteins in agricultural biotechnology: The toxicology forum 40th annual summer meeting. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, Volume 73, Issue 3, December 2015, Pages 811-818.
- Silva, C. (2005). *Algodón Genéticamente Modificado*. Primera Edición. Agrobio. Bogotá, Colombia. 49 p.
- Singh, S., Ghai, S., Paul, D., Jain, R. (2006). Genetically Modified Crops: Success, Safety Assessment, and Public Concern. *Appl Microbiol Biotechnol*. 71:598-607.
- Singh, S., Sherkhane, P., Kale, S., Eapen, S. (2011). Expression of a human cytochrome P450E1 in *Nicotiana tabacum* enhances tolerance and remediation of  $\gamma$ -hexachlorocyclohexane. *New Biotechnology*, Volume 28, Issue 4, July 2011, Pages 423-429.
- Snow, A., Andow, D., Gepts, P., Hallerman, E., Power, A., Tiedje, J., Wolfenbarger, L. (2008). Genetically Engineered Organisms and the Environment: Current status and recommendations. *Ecological Applications* 15(2):377-404
- Soler, Y. (2007). *Bonanza y crisis del oro blanco en Colombia 1960-1980*. Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia.
- Souza, J. (2004). *Impacto de los cultivos transgénicos en la estructura agraria y en la alimentación*. Análisis de la Situación en Argentina. CETAAR: Centro de Estudios sobre Tecnologías Apropriadas de la Argentina. RAPAL: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina.
- Stone, G. (2011). Field versus Farm in Warangal: Bt Cotton, Higher Yields, and Larger Questions. *World Development* 39:387- 398.
- Szekacs, A. y Darvas, B. (2012). Environmental assessment of MON 810 maize in the pannonian biogeographical region. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 47(2), 307–319. <http://doi.org/10.1556/APhyt.47.2012.2.11>.
- Tabashnik, B. y Carrière, Y. (2009). Insect resistance to genetically modified crops. In *Environmental Impact of Genetically Modified Crops* (pp. 74–100). *CABI Publishing*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84890157399&partnerID=tZOtx3y1>.
- Then, C. (2010). New pest in crop caused by large scale cultivation of Bt corn In Large-area Effects of GM-Crop Cultivation. *Theorie in der Ökologie* 16, B. Breckling and R. Verhoeven, ed. (Frankfurt, Peter Lang), pp. 94-97.
- Union of Concerned Scientists. (2013). "The Rise of Superweeds and What do About It". En *Union of Concerned Scientists*. Disponible en [http://www.ucsusa.org/assets/documents/food\\_and\\_agriculture/rise-of-superweeds.pdf](http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/rise-of-superweeds.pdf)
- UPOV. (2015). *Miembros de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales*. Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales.

- USDA. (1999). *La Clasificación del Algodón*. Servicio de Comercialización Agrícola, Departamento de Agricultura de los EE.UU. Washington, D.C. 20250.
- USOCOELLO. (2013). *Distrito de riego*. <http://www.usocoello.com/portafolio/usuarios/usuarios.php>. Acceso: Mayo 2016.
- Vachon V., Laprade, R. y Schwartz, J. (2012). Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: A critical review. *J. Invertebr. Pathol.* *In press*.
- Van Acker, P., Brule-Babel, A., Friesen, L. (2004). *Intraspecific gene movement can create environmental risk: The example of Roundup Ready wheat in Western Canada In Risk Hazard Damage*. Specification of Criteria to Assess Environmental Impact of Genetically Modified Organisms, B. Breckling and R. Verhoeven, ed. (Bonn, Federal Agency of Nature Conservation), pp. 37-47.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Novena edición Pearson Educación, México. 816p.
- Waltz, E. (2010). Glyphosate resistance threatens Roundup hegemony. *Nature Biotechnology* 28(6):537-538.
- Weed Science. (2010). Glyphosate-Resistant Weeds Globally – 2010. <http://www.weedscience.org/Maps/GlyphosateMap.htm>. Access date: April, 2011.
- Weed Science. (2016). Glyphosate-Resistant Weeds Globally – 2015. <http://www.weedscience.org/Maps/GlyphosateMap.htm>. Access date: September, 2016.
- Yadav, R. C., Solanke, A. U., Kumar, P., Pattanayak, D., Yadav, N. R. y Kumar, P. (2013). Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops. (C. Kole, Ed.) *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops: Concepts and Strategies* (Vol. 1). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-37045-8>
- Zambrano, P., Fonseca, A., Magalhaes, E., Ruiz, L. y Cardona, I. (2009). *Impacto socioeconómico del algodón Bt en Colombia*. Informe Final. CONALGODON-IFPRI. Bogotá. 36p.
- Zambryski, P., Tempe, J., Schell, J. (1989). *Transfer and function of T-ADN genes from Agrobacterium, Ti and Ri plasmids in plants*. *Cell*. 56:193-201. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0092-8674\(89\)90892-1](http://dx.doi.org/10.1016/0092-8674(89)90892-1).
- Zenner, I., Álvarez, J., Arévalo, H., Mejía, R., Bayona, M. (2008). *Susceptibilidad de cuatro noctuidos plaga (Lepidóptera) al gene Cry1Ac del Bacillus thuringiensis incorporado al algodónero*. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (1): 41-50.
- Zhao, J., Ho, P. y Azadi, H. (2010). Benefits of Bt cotton counterbalanced by secondary pests?. *Perceptions of ecological change in China Department of Agro-biotechnology, China Agricultural University, Beijing, China*. *Environ Monit Assess* (2011) 173:985–994.