



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y  
TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA  
MUNDIAL

## ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

Presenta:

**BELÉN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

Bajo la supervisión de:

**DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES  
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México. Junio 2018

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE CULTIVOS  
GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO**

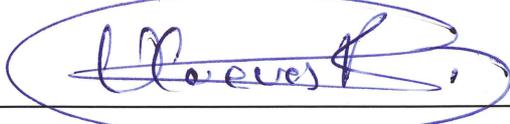
Tesis realizada por **Belén Hernández Hernández**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO-AGROINDUSTRIALES**

DIRECTOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL**

CO-DIRECTOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. VENANCIO CUEVAS REYES**

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. VINICIO HORACIO SANTOYO CORTÉS**

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. SERGIO ROBERTO MÁRQUEZ BERBER**

LECTOR EXTERNO:

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. SOL ORTIZ GARCÍA**

Chapingo, México. Mayo de 2018.

## CONTENIDO

Índice de cuadros .....	v
Índice de figuras .....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Justificación.....	13
1.2. Objetivo general .....	15
1.2.1. Objetivos específicos.....	15
1.3. Preguntas de investigación.....	16
1.4. Hipótesis.....	17
1.5. Descripción del contenido de la tesis .....	18
II. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	22
2.1. Economía de la innovación.....	22
2.2. Teoría del cambio tecnológico y la agricultura.....	24
2.3. Definición de la tecnología.....	26
2.3.1. Tecnologías apropiadas .....	28
2.4. Campesinado y las lógicas de producción.....	30
2.5. Costos de producción .....	32
III. ANÁLISIS ECONÓMICO Y AGRONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA EN EL ESTADO DE CAMPECHE .....	35
3.1. Resumen .....	35
3.2. Introducción .....	36
3.3. Metodología.....	39
3.4. Resultados y discusión.....	41
3.4.1. Practicas agronómicas y costos de producción por hectárea en las URP .....	41
3.4.2. Ventajas agronómicas .....	44
3.4.3. Ventajas económicas.....	46
3.4.4. Factores de adopción de soya GM.....	49

3.5. Conclusiones .....	50
3.6. Literatura citada.....	51
IV. POTENCIAL DE ADOPCIÓN DEL MAÍZ GENÉTICAMENTE MODIFICADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO .....	53
4.1. Resumen .....	53
4.2. Introducción.....	54
4.3 Metodología.....	59
4.4 Resultados y discusión.....	63
4.4.1 Lógica de producción campesina .....	63
4.4.2 Lógica producción intermedia o de transición.....	66
4.4.3 Lógica de producción empresarial.....	69
4.4.4 Rubros de inversión y lógicas de producción .....	71
4.5 Conclusiones.....	73
4.6 Literatura citada.....	75
V. RETOS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN LA AGRICULTURA DE MÉXICO .....	77
5.1 Dinámica de los OGM en México .....	77
5.1.1 El marco regulatorio de Organismos Genéticamente Modificados y su evolución. ....	77
5.1.2 Liberación al ambiente de cultivos GM en México.....	80
5.1.3 La suspensión de siembra de maíz y soya GM en México.....	83
5.2 Tecnología y problemas productivos .....	84
5.3 Retos y perspectivas del uso de cultivos genéticamente modificados en México.....	87
VI. CONCLUSIONES GENERALES .....	91
VII. LITERATURA CITADA.....	93
ANEXOS .....	98

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Características de las Unidades Representativas de Producción de soya analizadas en el estado de Campeche. ....	40
Cuadro 2. Rubros de inversión y costos de producción por hectárea en URP de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.....	43
Cuadro 3. Mano de obra y labores de cultivo en la producción de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.....	45
Cuadro 4. Mano de obra y costos en la producción de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.....	46
Cuadro 5. Precios y productos empleados en el control de malezas en URP de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.....	48
Cuadro 6. Características descriptivas de las Unidades Representativas de Producción o sistemas de producción de maíz analizadas en México.....	60
Cuadro 7. Estructura de costos de producción de las URP de maíz bajo una lógica de producción campesina.....	64
Cuadro 8. Estructura de costos de producción de las URP de maíz bajo una lógica de producción intermedia o de transición.....	67
Cuadro 9. Estructura de costos de producción de las URP de maíz bajo una lógica de producción empresarial. ....	69

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura de la investigación. ....	19
Figura 2. Proporción de las inversiones en URP de soya convencional y GM según rubros de inversión en la producción el estado de Campeche.....	50
Figura 3. Comparación de los rubros de inversión de las diferentes lógicas de producción. ....	72

## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño y amor a mis hijos Santiago, Fernando y Emiliano, quienes son y serán lo más importante en mi vida.

A mis padres por su amor, cariño, comprensión y que siempre me han impulsado a seguir a delante y concluir con esta meta.

A mi familia que siempre estuvo apoyándome y alentándome en esta etapa de mi vida.

En especial, a mi hijo Emiliano que está en el cielo, pero siempre estará en mi corazón y pensamientos.

A mis amigos y compañeros, por las experiencias vividas juntos y su apoyo brindado durante mis estudios doctorales.

A mis profesores que contribuyeron a mi formación académica y profesional durante el doctorado.

A todas las personas que estuvieron conmigo y comparten este logro en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

- ✓ Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por impulsar la formación de recursos humanos, a través del desarrollo académico y educación de los agentes de cambio que construirán el México del futuro.
- ✓ A la Universidad Autónoma Chapingo y el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) por darme la gran oportunidad de construir mi formación académica en tan noble institución.
- ✓ Al Comité Asesor por su dedicación y esfuerzo en la culminación de esta etapa profesional, pero sobre todo por su acertada dirección en el trabajo de investigación doctoral.
- ✓ Al Dr. Roberto Rendón Medel por su amistad y valioso apoyo a lo largo de mi formación profesional en el CIESTAAM.
- ✓ Al Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortes por sus acertadas sugerencias y contribuciones al presente trabajo de investigación.
- ✓ A la Dra. Sol Ortiz García por compartir su experiencia para con este trabajo.
- ✓ Al Dr. Sergio Roberto Márquez Berber por su apoyo y valiosos comentarios al documento de tesis.
- ✓ Al Dr. Venancio Cuevas Reyes por sus aportes y sugerencias.
- ✓ A los productores de México que de manera directa e indirecta contribuyeron a la generación de información para la conclusión de este trabajo de tesis.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

Nació el 13 de marzo de 1981 en Candelaria, Campeche. De 1999 al 2004 realizó estudios como Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, y del 2006 al 2007 concluyó sus estudios como Maestro en Ciencias en Protección Vegetal en el Departamento de Parasitología Agrícola. Durante su formación como Doctor en Problemas Económico-Agroindustriales en el Centro de Investigaciones, Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo, realizó la publicación tres artículos científicos y un capítulo de libro, siendo el artículo más relevante el titulado “Potencial económico y agronómico de la adopción de semillas de maíz genéticamente modificado en México”.

En los últimos catorce años de experiencia laboral se ha desempeñado tanto en el servicio público como privado. En el primero de ellos, en 2005, tomó el cargo de Gerente del Consejo Nacional de Productores Mango (CONPROMANGO, A.C.), posteriormente en 2008, fue Jefe de Departamento y Subdirector de Regulación de Organismos Genéticamente Modificados del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Durante este encargo, tuvo participaciones destacadas a nivel nacional e internacional, formando parte del Grupo de Trabajo “Trilateral Técnica de Reguladores” México-Estados Unidos-Canadá y de la Iniciativa en Biotecnología para América del Norte (NABI por sus siglas en inglés) en materia de Organismos Genéticamente Modificados.

Fungió como Secretario Técnico del Subcomité de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados del Comité Nacional de Normalización de Protección Fitozoosanitaria (CONAPROF); miembro del Grupo de Trabajo SAGARPA-SEMARNAT para la Determinación de Centros de Origen y Diversidad Genética del Maíz en México y Líder de Proyecto, Coordinador y Coodesarrollador del Sistema de Información para el Seguimiento de Organismos Genéticamente Modificados de uso Agroalimentario (SISOGEM) del SENASICA, entre otros.

En la actualidad se desempeña como Director General y socio fundador de Red de Innovación y Competitividad Agroalimentaria, SC. (REDICA), empresa cuya orientación en el Sector Agroalimentario se centra en la oferta servicios especializados de investigación, gestión de la innovación, transferencia de tecnología, consultoría, extensión, capacitación, asistencia técnica y planes de negocio; así como evaluación de planes y programas de desarrollo institucional.

# ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO

## ECONOMIC ANALYSIS OF THE ADOPTION OF GENETICALLY MODIFIED CROPS IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF MEXICO

Belén Hernández Hernández<sup>1</sup>, Dr. Roberto Rendón Medel<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar los factores económicos y agronómicos que favorecen la adopción de los cultivos genéticamente modificados (GM) en el sector agrícola de México, a partir de un estudio conjunto en maíz convencional y soya GM, para brindar información relevante para la toma de decisiones en su eventual adopción en los sistemas de producción agrícola mexicanos. La investigación se integró por dos estudios: el primero de ellos analizó económica y agronómicamente los factores que favorecen la adopción de soya GM en el estado de Campeche, en contraste con la soya convencional; y el segundo, analiza la posible adopción de maíz GM en diferentes sistemas de producción en México. La información fue obtenida mediante la técnica de paneles con productores. Así, en el año 2013 se realizaron cuatro paneles con productores de soya GM y convencional en el estado de Campeche; y en los años 2014 y 2015 se realizaron 12 paneles de productores de maíz convencional en diferentes lógicas de producción en los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche Durango y Sinaloa. Los resultados mostraron que los sistemas de producción que utilizan soya GM presentaron una disminución en los costos de producción, debido a una menor inversión en el control de malezas y la reducción de labores agronómicas. En el caso del maíz, no se observan incentivos económicos ni agronómicos asociados a la tecnología que pudieran favorecer su adopción en los diferentes sistemas de producción analizados.

**Palabras Clave:** adopción de tecnología, transgénicos, maíz, soya, México.

### ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the economic and agronomic factors that favor the adoption of genetically modified (GM) crops in the agricultural sector of Mexico, from a joint study in conventional corn and GM soybean, with the purpose of contributing with evidence and to provide relevant information for decision making in its adoption in agricultural production systems. The research was integrated by two studies: the first one analyzed economically and agronomically the factors that favor the adoption of GM soybean in the state of Campeche, in contrast to conventional soybean; and the second one, analyzes the possible adoption of GM corn in the different production systems in Mexico. The information was obtained through the technique of panels with producers. In 2013, four panels were made with GM and conventional soy producers in the state of Campeche; and in the years 2014 and 2015, 12 panels of conventional corn producers were made with different production logics in the states of Chiapas, Oaxaca, Campeche, Durango and Sinaloa. The results showed that the production systems that use GM soybean had a decrease in production costs, due to a lower investment in the control of weeds and the reduction of labor. In the case of corn, there are no economic or agronomic incentives associated with the technology that may favor their adoption in the different production systems analyzed.

**Keywords:** adoption of technology, agriculture, transgenics, corn, soybean, México.

---

<sup>1</sup> Doctorando

<sup>2</sup> Director de Tesis

## I. INTRODUCCIÓN

La liberación comercial de los cultivos genéticamente modificados (GM), transgénicos o también denominados “cultivos biotecnológicos” tuvo sus inicios en el año de 1996 en los Estados Unidos de América (Massieu, 2009). A más de veinte años de su liberación en el mercado global, hoy en día millones de agricultores de casi 30 países en todo el mundo han adoptado los cultivos biotecnológicos a tasas sin precedentes (James, 2014). Los cinco principales países productores de cultivos genéticamente modificados son: los Estados Unidos, seguidos de Brasil, Argentina, India y Canadá, que cubren casi el 90% de la superficie total. Sin embargo, en los países en desarrollo han crecido más los cultivos transgénicos globales (53%) que en los países industrializados con el 47%(OECD, 2006).

En la actualidad, los cultivos biotecnológicos son la tecnología agrícola de más rápida adopción en el mundo, pasando de 1.7 millones de hectáreas en 1996 a 181.5 millones en el 2014. Esta impresionante tasa de adopción se debe a los importantes beneficios que han experimentado los 18 millones de agricultores, cabe decir, que 90% fueron agricultores de escasos recursos (James, 2014). En el mercado existen principalmente cuatro tipos de cultivos biotecnológicos: maíz, algodón, soya y canola, que se siembran a nivel comercial en varios países. Las transformaciones genéticas presentes en estas variedades comerciales son básicamente dos: resistencia a herbicidas y resistencia a insectos (Massieu, 2009).

Los cultivos GM juegan un papel importante en la producción de alimentos del siglo XXI; sin embargo, la revolución potencial que hacen posible estos cultivos en la agricultura ha creado una división internacional de las políticas hacia esta tecnología (Paarlberg, 2003). Esta división de opiniones respecto al uso de los cultivos GM se da en un entorno de desafíos y retos de la agricultura del siglo XXI, por un lado, se deben producir más alimentos ante una población creciente con una mano de obra menor, adoptar métodos de producción eficaces y sostenibles y adaptarse al cambio climático (OCDE-FAO, 2014).

Las proyecciones estimadas muestran que para alimentar a una población de 9,100 millones de personas en el 2050 será necesario aumentar la producción de alimentos en un 70% entre el 2005 y el 2050; por lo que la producción en los países en desarrollo casi tendría que duplicarse. Para lograr lo anterior, se requiere un crecimiento del 90% de la producción agrícola a nivel mundial (80% en países en desarrollo) a través de rendimientos más altos y a la intensificación de cultivos, y el resto a la ampliación de la superficie cultivada (FAO, 2009).

Para hacer frente a los retos mencionados se tendrían que abrir las fronteras a las nuevas tecnologías, y facilitar el acceso a la tecnología ya existente entre los pequeños agricultores en los países en desarrollo. Además, de acuerdo con la FAO (2009) superar algunas cuestiones fundamentales, como el acceso de los agricultores a los incentivos económicos necesarios para adoptar técnicas de cultivo, semillas e insumos que le permitan aumentar sus rendimientos, infraestructura deficiente, instituciones débiles y políticas agrícolas desfavorables, tecnologías disponibles adaptadas a las condiciones locales,

mejora de los vínculos entre la investigación, la extensión y los agricultores; y políticas adecuadas para estimular la adopción de tecnologías que reduzcan los costos y mejoren la productividad y que, por lo tanto aumenten los ingresos agrícolas. Hoy en día todas estas suponen obstáculos para solventar los problemas tecnológicos en las explotaciones agrícolas.

Bajo el contexto anterior y ante el escenario que enfrenta la agricultura del siglo XXI, no se trata entonces únicamente de la aprobación o desaprobación de los cultivos GM en México y el mundo. En el caso particular de México, la adopción de este tipo de cultivos deberá al menos considerar seis importantes aspectos relacionados con la tecnología: el posible riesgo al medioambiente; la propiedad intelectual; la seguridad de los alimentos; el comercio de los productos GM; la política pública de investigación y desarrollo y; finalmente, dimensionar los posibles beneficios de la tecnología en la agricultura (Massieu, 2009).

De esta manera, en el presente trabajo se identifican los aspectos agronómicos propios de la tecnología, y se realiza un análisis económico de la adopción de este tipo de cultivos en comparación con los tradicionales, con el fin de contribuir con información empírica en México sobre la misma y sumar a la evidencia internacional sobre sus posibles beneficios. El estudio se llevó a cabo en los cultivos maíz y soya, el primero fue elegido por su importancia económica, social y cultural en México, y el segundo, por su estatus regulatorio y la experiencia generada como cultivo transgénico. Además, ambos representan una fuente importante de alimento e ingresos para las familias rurales en el ámbito nacional.

## **1.1. Justificación**

De acuerdo, con el informe del International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA por sus siglas en inglés). México es uno de los 28 países en el mundo que siembra cultivos genéticamente modificados (James, 2014). Según el Registro Nacional de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados de la CIBIOGEM, durante el periodo comprendido entre el año 2007 al 2015 fueron otorgados por el SENASICA: 526 Permisos de Liberación al Ambiente de cultivos genéticamente modificados y 104 solicitudes se encuentran en procedimiento de resolución, de los cuales 252 de ellos correspondieron al cultivo de algodón, 195 para maíz, 33 de soya, 41 para trigo y 5 más para otros cultivos (SENASICA, 2015).

Desde 2009 y hasta la fecha los promoventes han solicitado liberar maíz GM en 225 ocasiones en México, 178 en etapa experimental, y 47 en etapa piloto. De aquellas que se han liberado se han obtenido resultados de protocolos planteados en las mismas solicitudes en relación a malezas, organismos no blanco, aspectos puntuales de flujo génico, estudios agronómicos, de equivalencia agronómica y de costo-beneficio (Conabio, 2012). Sin embargo, estas parecen insuficientes pruebas de campo para tomar una decisión técnica y científica sobre la viabilidad de uso de la tecnología como una herramienta de fomento a la productividad, rentabilidad y competitividad en tan importante cultivo.

Las liberaciones de maíz genéticamente modificado quedaron suspendidas temporalmente el 17 de septiembre de 2013, cuando fue solicitada por la

Colectividad de Titulares del Derecho Humano al Medio Ambiente Sano para el Desarrollo y Bienestar de las Personas una “medida precautoria” a fin de que se “suspenda cualquier acto por el que se otorgue permiso alguno de liberación al ambiente de maíz genéticamente modificado, ya sea de tipo experimental, programa piloto y comercial”. La medida cautelar quedó sin efecto en agosto del 2015, permitiendo la reanudación que impedía la evaluación de nuevas solicitudes de permisos de liberación al ambiente de maíz genéticamente modificado en el territorio nacional (González, 2008).

Actualmente, México confirma que cuenta con una regulación basta y sólida para continuar con el proceso de adopción de biotecnología agrícola, sobre todo en el caso del maíz, grano básico del que anualmente se importan más de 10 millones de toneladas (AgroBio México, 2015). Así también, se tiene la convicción, que la adopción de biotecnología agrícola permitirá a los productores agrícolas mexicanos hacer frente a varios problemas de plagas, insectos y malezas que enfrentan, incrementando así su productividad, rentabilidad y competitividad.

La Ley de Bioseguridad prevé que para pasar de una etapa de liberación a otra deben ser evaluados los resultados en la etapa previa, por lo que se asume existe información que respalda el avance regulatorio al menos hasta la etapa piloto; sin embargo, los reportes de resultados publicados por el SENASICA y elaborados por los particulares únicamente reportan el cumplimiento de medidas de bioseguridad, sin ofrecer información técnica que permita valorar los impactos económicos y productivos de la tecnología en relación con su oferta tecnológica.

Por lo que, resulta fundamental realizar un análisis de la tecnología que permita tomar decisiones regulatorias en el futuro desde el punto de vista técnico y económico. Por tal razón, en la presente investigación se ha planteado analizar la estructura de costos de la producción de maíz en México y los factores que restringen su productividad, a fin de asociarla con la oferta tecnológica del maíz genéticamente modificado y evaluar su posible adopción comercial en los diferentes sistemas de producción estudiados.

## **1.2. Objetivo general**

Analizar los factores económicos, agronómicos y productivos que pudieran favorecer la adopción de cultivos genéticamente modificados en el sector agrícola de México, a partir de su estudio en los cultivos de maíz convencional y soya genéticamente modificada, con el fin de contribuir con evidencia y brindar información relevante para la toma de decisiones en su adopción en los sistemas de producción agrícola.

### **1.2.1. Objetivos específicos**

- Analizar las ventajas agronómicas y económicas derivadas de la adopción de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche; y los factores que favorecieron su adopción en contraparte de la soya convencional, a fin de valorar su aporte tecnológico en el sistema de producción.

- Analizar la posible adopción comercial del maíz genéticamente modificado en diferentes sistemas de producción, a través del análisis de los beneficios agronómicos y económicas que tendrían los productores derivados de uso, a fin de proveer información relevante y contribuir a la discusión empírica sobre el uso de maíz genéticamente modificado en el sector agrícola de México.
- Proponer elementos técnicos, económicos y productivos de decisión para la adopción y difusión de los cultivos genéticamente modificados en el sector agrícola en México.

### **1.3. Preguntas de investigación**

Para responder y alcanzar los objetivos específicos planteados en el apartado anterior, fueron estructuradas las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué elementos económicos y agronómicos permitieron la adopción del cultivo de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche en relación con su contraparte convencional?
2. ¿Es la tecnología transgénica apropiada para los sistemas de producción existentes en el territorio nacional? ¿La oferta tecnológica del maíz genéticamente modificado puede contribuir a mejorar la problemática productiva del cultivo?

3. ¿Cuáles son los retos y perspectivas para fomentar un uso apropiado de los cultivos genéticamente modificados en los sistemas de producción agrícola de México?

#### **1.4. Hipótesis**

Acorde los objetivos específicos y preguntas de investigación fueron planteadas las siguientes hipótesis (H):

**H1.** Los factores que determinan la adopción de soya genéticamente modificada se deben principalmente a cuestiones agronómicas y económicas. El factor agronómico asociado a la tecnología (tolerancia a glifosato) facilita el manejo de malezas, por lo que disminuyen los costos de producción en la soya genéticamente modificada a diferencia de la soya convencional.

**H2.** La adopción potencial de semillas de maíz genéticamente modificado es más probable en sistemas de producción con lógicas de producción empresariales e intermedia, pero no en las campesinas, en donde las restricciones productivas y económicas son mayores, predomina el uso de semillas criolla y existe una baja inversión en las prácticas agronómicas control de plagas y malezas.

**H3.** La información generada para la toma de decisiones en los avances regulatorios no privilegia las características de los cultivos genéticamente modificados liberados, es decir, existe un desbalance entre la información generada sobre los posibles riesgos y no considera los beneficios agronómicos y

económicos, que son los principales propósitos para lo que estos cultivos han sido diseñados.

### **1.5. Descripción del contenido de la tesis**

El trabajo de investigación bajo el título “Análisis económico de la adopción de cultivos genéticamente modificados en el sector agrícola de México” es una investigación Doctoral estructurada de tal manera que, permite analizar las posibles ventajas agronómicas y económicas de la adopción de los cultivos genéticamente modificados en México, desde la perspectiva de su valor tecnológico y su aporte en los procesos productivos, esencialmente focalizando su análisis en la diversidad de sistemas de producción existentes en México y, con ello valorar adecuadamente las decisiones de política pública que se diseñen sobre la tecnología en el sector agrícola.

El trabajo de investigación está estructurado por cinco capítulos y un apartado de conclusiones. Cada capítulo está asociado a cada uno de los objetivos específicos, preguntas e hipótesis de investigación planteadas con anterioridad. Para mayor referencia y comprensión, en la Figura 1 se muestra la estructura que guarda este documento de investigación.

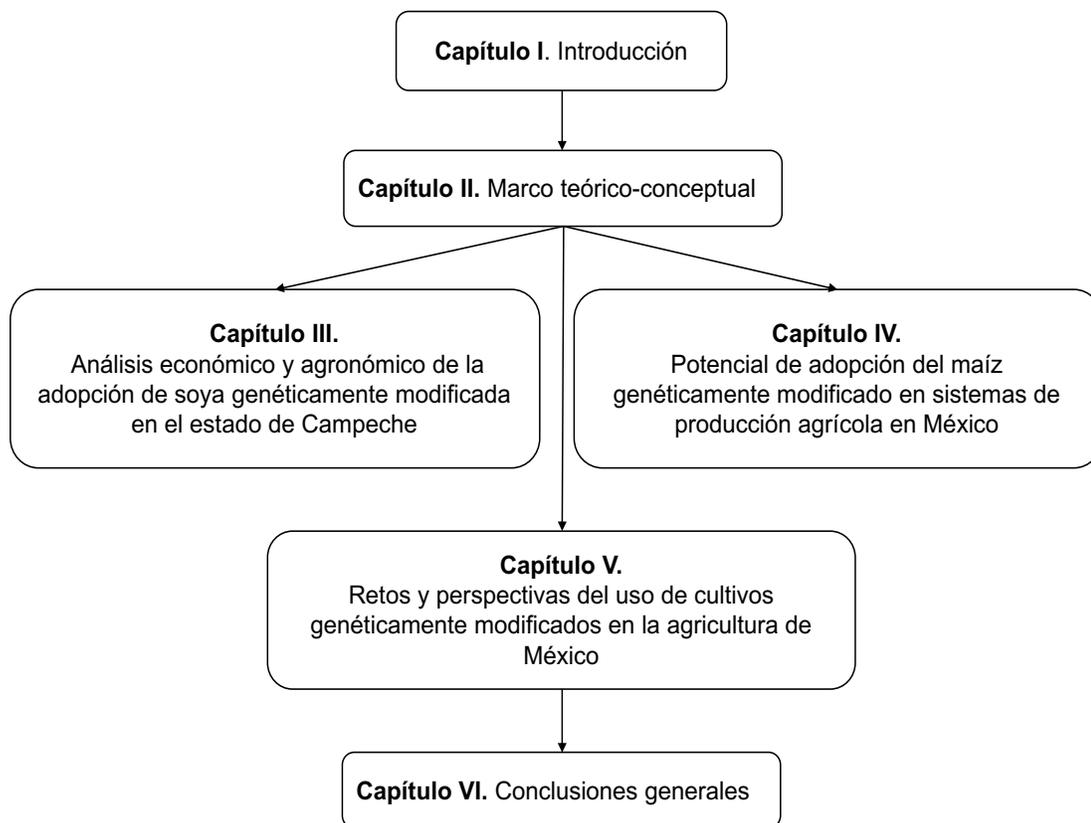


Figura 1. Estructura de la investigación.

En el **Capítulo 1**, se precisa el problema de la investigación y se establece la importancia de los cultivos genéticamente modificados. En el **Capítulo 2** se introduce al lector sobre los principales conceptos que son discutidos y analizados a lo largo del documento, principalmente como un respaldo teórico que sustenta los hallazgos reportados en los resultados de cada capítulo. En él se hace una descripción y análisis de los conceptos de tecnología, innovación tecnológica, tecnologías apropiadas y lógicas de producción, entre otros.

Los dos capítulos siguientes (tercero y cuarto) se estructuraron en forma de artículo científico, y cada uno de ellos se relaciona con un objetivo específico de la investigación. El **Capítulo 3**, denominado “Análisis económico y agronómico

de la adopción de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche” se realizaron paneles con productores en Unidades Representativas de Producción (URP) de soya genéticamente modificada (tolerante al herbicida glifosato) y convencional, el propósito del capítulo versó principalmente en la identificación de los factores que favorecieron la adopción de soya GM en contraparte a su convencional.

En el **Capítulo 4**, se realizó un análisis de la estructura de costos en los diferentes sistemas de producción del cultivo maíz, sus factores restrictivos y la potencial adopción del maíz genéticamente modificado. Se analizan los principales rubros de inversión de las unidades de producción, semillas, control de plagas y malezas, nutrición, entre otros. Para el caso de los sistemas con una lógica de producción campesina se prevé que difícilmente podrían adoptar semillas de maíz genéticamente modificadas puesto que no atienden las principales necesidades en las unidades de producción.

Por lo que respecta al **Capítulo 5**, en él se hace una reflexión sobre los resultados obtenidos en los dos capítulos previos, a partir de los cuales se proponen una serie de elementos para orientar el uso apropiado de los cultivos genéticamente modificados en México.

Finalmente, el **Capítulo 6** que refiere a las conclusiones generales de la investigación, integra los resultados y hallazgos analizados en cada capítulo. El primero de ellos, sobre la necesidad de generar información de la tecnología, y el segundo, sobre la orientación de la investigación en materia biotecnológica para el sector agrícola, principalmente para sistemas de producción cuya

vocación no necesariamente es empresarial y guardan una lógica de producción diferente a ésta.

## **II. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL**

En este apartado se detallan las principales categorías teóricas y conceptuales asociadas a la investigación. Se busca establecer una racionalidad analítica de los resultados y hallazgos plasmados en los capítulos que le preceden, y sobre todo facilitar al lector un análisis crítico de los resultados de investigación.

Dado que la investigación aborda el tema del uso de soya genéticamente modificada y la posibilidad de adopción en el caso del cultivo maíz en el sector agrícola de México, se describe un marco institucional específico, y se realiza una discusión teórica del concepto de tecnología y la innovación como ejes centrales de la investigación. Se inicia exponiendo la visión general de la economía de la innovación; posteriormente un análisis de la teoría del cambio tecnológico, del concepto de tecnología apropiada, lógicas de producción campesina y la relevancia de la tecnología de los cultivos genéticamente modificados y su efecto sobre los costos de producción para la toma de decisiones de quienes utilizan dicha tecnología.

### **2.1. Economía de la innovación**

La importancia de la tecnología para el crecimiento y el desarrollo económico no es una discusión reciente, ha sido subrayada por grandes economistas a lo largo de la historia reciente en diversas investigaciones teóricas y empíricas (Keynes, 1936; Malthus, 1964; Ricardo, 1921). En ellas, se destaca la importancia central de la innovación como factor relevante para impulsar el crecimiento económico y

el bienestar social de un país, una región o las empresas. Es así, que la innovación ha sido referida como un factor clave para el desarrollo y el crecimiento económico (Smith, 1776; Schumpeter, 1939; Solow, 1956) .

De la misma manera, la tecnología y la innovación han sido consideradas como posibles agentes dinamizadores para el desarrollo del sector agrícola de México. Recientemente, FAO & SAGARPA (2012) llevó a cabo el análisis de la problemática que enfrenta el sector rural y pesquero del país, delineando sus principales causales y efectos, permitiendo así concluir que dicho sector “no se encuentra desarrollado sustentablemente<sup>2</sup>”. Una de las causales tal situación, es el bajo crecimiento de las actividades agropecuarias, que se explica por insuficiente innovación tecnológica, situación que no permite acelerar el ritmo de crecimiento de las actividades agropecuarias en general. En parte, refiere el diagnóstico, por una desvinculación de la investigación, validación y transferencia de tecnología con la innovación, pero también por una estrategia inadecuada de innovación agropecuaria y por el desinterés de las instancias privadas en la producción de nuevas tecnologías e innovaciones.

En el sentido anterior, tanto la innovación como la tecnología son esenciales para el desarrollo económico desde una perspectiva teórica y práctica. Sin embargo, la tecnología “no es neutral”, puesto que tiene un alto contenido social y expresa la forma particular de entender el mundo, por tal motivo, el desarrollo e incorporación de una tecnología dependen de las bases sociales y políticas de

---

<sup>2</sup>**Causas del desarrollo no Sustentable del Sector Rural y Pesquero:** i) Actividades agropecuarias y pesqueras con bajo crecimiento, ii) Pobreza de las familias rurales, iii) Degradación de los recursos naturales, iv) Entorno económico desfavorable y v) Marco institucional débil.

una sociedad determinada (Cáceres, 1999). Un ejemplo de este tipo de tecnología es el caso de los cultivos genéticamente modificados, en los que su generación y aplicación siempre involucra crisis y tensión social.

Si bien la innovación y el cambio tecnológico, es un camino para que un país pueda generar, en el largo plazo, una mejor posición competitividad y un crecimiento económico sostenible; también es importante considerar que ésta puede ofrecer soluciones parciales a diferentes problemáticas. Dicho de otra forma; no puede ignorarse el contenido social de la tecnología, quienes promueven dichas tecnologías deben tomar en cuenta el entorno de su aplicación, mismo que en ocasiones conduce a estrategias de desarrollo agropecuario equivocadas como refiere el diagnóstico del sector rural y pesquero de México (FAO & SAGARPA, 2012).

## **2.2. Teoría del cambio tecnológico y la agricultura**

En el paradigma Keynesiano se consideró al cambio tecnológico, sólo como progreso técnico al interior de la función de producción, es decir, sólo como una tendencia en el tiempo, sin lograr de esta manera plantear en su real dimensión la relación entre productividad y cambio tecnológico (Olaya, 2008). En cambio, para la teoría neoclásica del crecimiento, cuando se introdujo el progreso técnico en su análisis, también se incorporó implícitamente el supuesto de que dicho progreso puede expresarse en términos de una tasa global, en la forma de un factor exógeno que aparece reflejado en términos residuales (Solow, 1956).

Al considerar al progreso técnico como origen diferenciador del crecimiento de la productividad y describir como una difusión irregular del mismo entre distintas

industrias lleva a un crecimiento diferencial de la productividad, pero sin lograr explicar la relación del progreso técnico con otras variables económicas, fue considerado como un factor exógeno del sistema económico (Salter, 1960). Es decir, si el crecimiento económico no puede ser explicado por otras variables económicas, después de contemplar los efectos del trabajo y el capital, se le atribuye entonces al “cambio tecnológico” (Rip & Kemp, 1998).

De esta manera se plantea así, como centro explicativo del crecimiento económico, las variables relacionadas con el progreso tecnológico. La educación, investigación y desarrollo experimental e innovación, se convirtieron en elementos centrales en la explicación de dicho crecimiento, relegando el papel de las inversiones de capital a un segundo plano (Romer, 1986).

En este contexto y para que dichas ganancias económicas se capitalicen a partir del cambio tecnológico, Freeman (1998) analizó el aprendizaje tecnológico, a partir de fuentes externas, es decir, los diferentes mecanismos a través de los cuales las empresas adquieren conocimientos científicos, tecnológicos o de cualquier otro tipo que facilitan el proceso de innovación.

Freeman en primer lugar, destaca el papel del conocimiento científico en la innovación, es decir, el conocimiento científico no es exógeno al proceso innovador, sino al contrario, cada vez existe una mayor interacción entre la ciencia y la tecnología. Refiere que la innovación debe considerarse como un proceso interactivo en el que la empresa, además de adquirir conocimientos mediante su propia experiencia, en los procesos de diseño, desarrollo, producción y comercialización, aprende constantemente de sus relaciones con

diversas fuentes externas, entre las que se encuentran sus proveedores, los consumidores y diversas instituciones (Freeman, 1998).

En la agricultura, la aplicación del conocimiento científico tiene sus inicios en el siglo XIX. Durante este periodo se desarrollan importantes hallazgos relacionados principalmente con la síntesis de fertilizantes químicos, la comprensión de la microbiología del suelo y de las leyes de la herencia, entre otros. Durante el siguiente siglo, el descubrimiento de la molécula de ADN y la mejor comprensión de la genética clásica permiten romper de manera relativa la incapacidad de extrapolar la tecnología de una región a otra con distintas condiciones de clima, suelo y biota (Turrent-Fernández & Cortés-Flores, 2005).

En términos generales y fuera de las discusiones teóricas que se han realizado entorno al cambio tecnológico, para este documento, se asume una relación directa entre cambio tecnológico y la productividad, así como su relación con el éxito microeconómico de los sistemas de producción analizados en este documento.

### **2.3. Definición de la tecnología**

La concepción artefactual o instrumentista considera que las tecnologías son simples herramientas o dispositivos contruidos para una diversidad de tareas (González et al., 1996). Sin embargo, dicha definición simplista no considera que la tecnología está lejos de ser neutral, dado que tiene un contenido social y responde a una manera particular de entender el mundo, por tal motivo, el desarrollo y la incorporación de la tecnología dependen de las bases sociales y políticas de una sociedad determinada.

Esto explica por qué la generación de nuevas tecnologías siempre involucra crisis y tensión (Cáceres, 1999). La tecnología lleva el código de la sociedad en la que fue desarrollada y tiende a replicar la sociedad que le dio origen siempre y cuando existan las condiciones adecuadas (Reddy, 1979).

En este sentido, dado que la tecnología está basada esencialmente en los valores de la sociedad que la genera es importante tener en cuenta que, cuando se importan tecnologías, se importan formas culturales, modos de relación humana, entre otras (Herrera, 1979). Bajo tal consideración, la extrapolación de tecnología de una sociedad a otra confronta a la cultura emisora y receptora dado que sus intereses pueden no ser coincidentes, lo que genera la posibilidad de que aparezcan conflictos sociales.

En síntesis, el conocimiento científico puede generar varios tipos de tecnología, pero la tecnología que se adopte es aquella que está de acuerdo con los valores de la sociedad que la produce (Herrera, 1979) o por lo menos con una parte de ella que los comparte y que tiene una posición de poder sobre los otros sectores sociales. Según Schumacher (1973), el lugar donde se emplea la misma tecnología la gente se comporta de modo muy similar, y se va uniformizando progresivamente.

En el caso de los cultivos genéticamente modificados o transgénicos, existe disyuntiva tecnológica, es decir, momentos en los que existen diversas opciones técnicas a seguir. Las controversias generadas en torno a la tecnología sobre pasaron los límites de las comunidades de expertos –científicos y tecnólogos-, devienen públicas y llegan, cada vez con más insistencia, a los medios de comunicación y las agendas políticas de los gobiernos (Aibar, 2002).

La novedad actual en este tipo de controversias reside en el número de agentes y ámbitos sociales implicados (economía, derecho, política, ética, relaciones internacionales, etc.) y la complejidad de su dinámica y clausura (Aibar, 2002). Algunos autores mencionan que las controversias científicas son anomalías que, deben resolverse de una manera rápida y fácil –casi incontrovertida- podría decirse Brante (1993). No obstante, en estos casos se muestra de forma clara cómo las decisiones tomadas a favor de una opción no son, en muchos casos, explicables a partir, únicamente, de consideraciones puramente técnicas.

El abanico de factores no técnicos que intervienen en la configuración del cambio tecnológico es muy heterogéneo. En ocasiones se trata de relaciones de poder entre clases o grupos sociales; en otras, de los intereses de distintos grupos de usuarios, de las relaciones de competencia entre empresas, de las diversas culturas ingenieriles involucradas, de la estructura organizativa de una empresa (Bijker & Law, 1992).

### **2.3.1. Tecnologías apropiadas**

La tecnología que predomina en una sociedad refleja el paradigma dominante y el dominio de su modelo tecnológico, esto no implica que no pueda desarrollarse en su interior un modelo alternativo, sin embargo, para que se dé la sustitución de un paradigma tecnológico es necesario que se produzcan cambios importantes en la sociedad. Las tecnologías apropiadas surgen como una forma más adecuada de hacer frente a los procesos productivos en situaciones de limitaciones estructurales y escasos de recursos en donde la tecnología moderna convencional simplemente no es viable (Cáceres, 1999).

Una tecnología moderna hace referencia a aquella creada en países industrializados y que tiene como característica principal el incremento de la productividad del trabajo basándose en el uso intensivo del capital. Cuando este tipo de tecnologías se transfieren a países subdesarrollados no funcionan igual dado que los problemas que trata de resolver son de naturaleza completamente distinta (Cáceres, 1999). En ese sentido, Schumacher (1973) agrega que las tecnologías que exigen grandes inversiones de capital son tecnologías excluyentes dado que no son accesibles y condenan a los países pobres a la dependencia.

A finales de los años sesenta y a partir de la crítica a la revolución verde y al paradigma tecnológico dominante, se comienza a discutir la necesidad de tecnologías apropiadas a las condiciones socio-productivas de los países subdesarrollados. Las tecnologías apropiadas tienen como características su pequeña magnitud, su sencillez, bajo costo de capital y que no son violentas con la naturaleza Schumacher (1973). Por su parte Jary y Jary (1991) afirman que bajo una concepción de mayor amplitud consideran que las tecnologías apropiadas son aquellas que utilizan mejor los recursos, las habilidades y las destrezas disponibles en una sociedad determinada.

Las distintas concepciones de las tecnologías apropiadas destacan la importancia de su generación a través de procesos endógenos con la participación de actores, sin embargo, la utilización exclusiva de conocimiento local no garantiza la obtención de un producto tecnológico apropiado. Por tal motivo, la creación de tecnologías apropiadas demanda la operación en campo de equipos multidisciplinarios para que estén hechas a la medida. Esta idea es

totalmente contraria al supuesto que subyace en las tecnologías modernas que implica que es la unidad de producción debe adaptarse a la nueva tecnología y no al revés (Cáceres, 1999).

#### **2.4. Campesinado y las lógicas de producción**

A diferencia de la agricultura empresarial, para las teorías económicas derivadas de una perspectiva ricardiana, el campesino como tal era un resabio de precapitalista que estaba destinado a desaparecer. Por su parte, la corriente neoclásica considera que la unidad campesina no debe constituirse como un sujeto de análisis diferente a la empresa (agrícola o de otro tipo). Sin embargo, algunos estudios que han examinado la lógica de producción de unidades familiares campesinas y han encontrado que se rigen por esquemas diferentes a la racionalidad económica empresarial (Schejtman, 1980; Shanin, 1976).

Las actividades económicas de las unidades campesinas se organizan en función del aprovechamiento de la mano de obra familiar y se encuentran íntimamente ligadas a los ritmos de la vida familiar (Landini, 2012; Shanin, 1976). La unidad campesina tiene objetivos distintos a los puramente económicos, según Schejtman (1980) la economía campesina tiene por objeto la reproducción de las condiciones de vida y de trabajo de la familia campesina lo que implica la necesidad de generar “medios de sostenimiento biológico” y un fondo destinado a la reposición de los medios de producción y a cubrir las eventualidades que se presenten como enfermedades o gastos ceremoniales. Las actividades como la engorda de animales, los multicultivos y la intensidad del uso de los recursos lejos de los

óptimos económicos, son prueba de que las unidades campesinas tienen una racionalidad distinta a la empresarial.

La economía campesina tiene como rasgos distintivos el “autoempleo extensivo”, el control de los propios medios de producción, el autoconsumo y la diversidad ocupacional y es al mismo tiempo una unidad de producción (Shanin, 1979). Las condiciones de la producción campesina dependen del ecosistema y de un equilibrio entre la agricultura, la producción animal y las labores artesanales. Cuando se evalúa por uno o varios ciclos a una unidad económica campesina, desde la óptica de los costos de factores, se puede llegar a la conclusión de que generalmente incurren en pérdidas (Schejtman, 1980). Sin embargo, las unidades campesinas pueden continuar operando y más aún, pueden incluso utilizar parte del producto generado para reinvertir (Shanin, 1976).

El análisis económico de las unidades campesinas bajo los supuestos convencionales de la contabilidad de la agricultura empresarial es una evaluación ficticia, dado que “imputar valores de mercado” al esfuerzo invertido por el campesino y su familia, le da al campesino una doble naturaleza de empresario irracional (dado que renuncia a pagarse una renta y no percibe un salario por su trabajo). La unidad campesina tiene la capacidad de aprovechar fuerza de trabajo de niños, ancianos y mujeres que en “otros contextos productivos” no podría usarse para crear valor; y puede valorizar también el tiempo sobrante del jefe de familia y de los hijos adultos. Es por esta razón que el campesino está dispuesto a ofrecer en el mercado estos productos a un menor precio al que lo haría un productor capitalista (Schejtman, 1980).

Las unidades campesinas dependen en cierto grado, de intercambios con el mercado para adquirir insumos tanto para su actividad económica como para consumo de la familia, por lo tanto, no pueden considerarse como sistemas cerrados de pleno autoconsumo. Este tipo de unidades, se ven obligadas a vincularse con el mercado como oferente de “productos y/o fuerza de trabajo” (Schejtman, 1980).

De acuerdo con Shanin (1976), los repetidos errores de los especialistas occidentales que han fomentado cierto tipo de tecnología y recomendado el abandono de las tradiciones productivas campesinas, han generado una suspicacia en el campesino ante las innovaciones. Además, dado que la mano de obra no asalariada es su recurso más abundante, las unidades campesinas usan tecnología intensiva en mano de obra y tratan de reducir al mínimo la adquisición de insumos y medios de producción (Schejtman, 1980). En este sentido, el cómo producir se determina por el criterio de cómo maximizar la fuerza de trabajo y cómo minimizar el uso de insumos y medios de producción comprados y rentados.

## **2.5. Costos de producción**

Las tecnologías y los procesos basados en el conocimiento cobran importancia, porque permiten a la agricultura reaccionar de manera constructiva ante las dificultades y aprovechar al máximo los beneficios potenciales de una economía abierta. Estas reducen los costos de producción y aumentan la productividad y la competitividad, también permiten el acceso a nuevos mercados e inducen la creación y adaptación de nuevos productos (McMahon & Valdés, 2011).

A pesar de lo anterior, la estimación o formación de costos de producción agropecuaria es uno de los aspectos a los que menos atención se les presta; y menos en la toma de decisiones, mismas que se caracterizan por ser asumidas en un contexto de incertidumbre y riesgos; los productores en su mayoría actúan intuitivamente con base en su experiencia, sin utilizar técnicas e información que le permitan la optimizar los resultados de su actividad productiva (Osorio, 1995).

De manera general, los costos de producción de un cultivo agrícola se constituyen por la suma de las erogaciones monetarias relacionadas con la utilización de los activos fijos tangibles, insumos, energía y fuerza de trabajo empleados en el proceso de producción; así como, de los gastos administrativos y financieros. El costo de producción expresa la magnitud de los recursos materiales, laborales y financieros necesarios para obtener una unidad de producción con el uso de una tecnología de producción específica (Estévez, 2016).

En años recientes, las tecnologías transgénicas están dando origen también a nuevas formas de organización de la producción, como la siembra directa, que elimina la fase de preparación del suelo y la sustituye por la aplicación de herbicidas, con la consiguiente reducción de costos y de uso de mano de obra (Katz & Bárcena, 2004). Por esta razón, al obtener información precisa de los costos de producción de la tecnología en específico, en los diferentes cultivos y actividades proporcionará al sector una información detallada y útil para la gestión económica de las explotaciones agrarias (Estévez, 2016). Dicha información invariablemente orientará la toma de decisiones en las explotaciones agrícolas en relación con la tecnología empleada.

De acuerdo con FAO (1998), por un lado, el ingreso por ventas está asociado al sector de comercialización de la empresa (unidades de producción agrícola para este documento), y por el otro, el costo de producción está relacionado con el sector tecnológico. Los costos de producción tienen dos características: la primera, es que para producir bienes se debe gastar; esto significa generar un costo, y la segunda, deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible o eliminados los innecesarios. Bajo este contexto, los costos de producción es un concepto que no puede perderse de vista al momento de tomar decisiones en las actividades productivas en los diferentes sistemas de producción, en particular para la selección de la tecnología y en la búsqueda de la mayor renta económica derivada del cambio tecnológico.

### **III. ANÁLISIS ECONÓMICO Y AGRONÓMICO DE LA ADOPCIÓN DE SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA EN EL ESTADO DE CAMPECHE<sup>3</sup>**

#### **3.1. Resumen**

El objetivo de este estudio es analizar las ventajas agronómicas y económicas derivadas de la adopción de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche; y los factores que favorecen a su adopción en contraparte de la soya convencional, a fin de valorar su aporte tecnológico en el sistema de producción. En el año 2013 se realizaron cuatro paneles con productores soya en el estado de Campeche, dos con soya genéticamente modificada y dos del tipo convencional. Se definieron Unidades Representativas de Producción (URP), según la superficie sembrada con soya y el tipo de semilla que empleaba en la producción (modificada o convencional). Entre los resultados se encontró que las URP establecidas con soya GM mostraron ventajas agronómicas en comparación con la soya convencional al requerir una menor cantidad de jornales para el control de malezas y labores del cultivo. Así también, presentaron una disminución en los costos debido a la cantidad y precio de los productos empleados para el control de malezas. Se concluye que la adopción de soya genéticamente modificada en México es favorecida por factores agronómicos y económicos como resultado de la tecnología, por el problema productivo (control

---

<sup>3</sup> Parte del contenido de este artículo fue publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Especial (15): 2899-3152.

de maleza) que ayuda resolver en el sistema de producción y los rasgos agronómicos propios que tienen las semillas genéticamente modificadas.

**Palabras clave:** costos de producción, control de malezas, soya.

### **3.2. Introducción**

El cultivo de soya representa a nivel mundial la séptima especie más importante por el valor de su producción, únicamente por debajo del trigo y algunos tipos de carnes, inclusive supera al cultivo maíz, que ocupa el décimo sitio en el mundo (FAOSTAT, 2014). La importancia económica de este cultivo radica en que es una de las fuentes principales de aceite, harina para consumo humano y animal, así como un papel importante en la producción de biocombustibles (Homrich, Wiebke-Strohm, Weber, & Bodanese-Zanettini, 2012).

En el 2011, Estados Unidos lideró la producción de soya con 84 millones de toneladas anuales, seguido de Brasil y Argentina en el orden de 74 y 48 millones de toneladas, respectivamente. Estados Unidos de América es el principal productor de soya con una participación del 32% de la cantidad producida, equivalente a 89 millones de toneladas, seguido de Brasil con el 29%, que representó una producción de 81 millones de toneladas y de Argentina con 18% con una producción de 49 millones de toneladas; estos tres países producen el 80% de soya a nivel mundial (FAOSTAT, 2014).

México ocupa la posición 19 como productor de soya y tan solo produce anualmente poco más de 200 mil toneladas de soya, concentra principalmente en cuatro estados Tamaulipas, San Luis Potosí, Campeche y Chiapas, los cuales aportan el 91% de la producción total en el país (SIAP, 2014). Con este nivel de

producción, el país ocupa la posición setenta como exportador, y el segundo lugar como importador con alrededor de 3.5 millones de toneladas anualmente (FAOSTAT, 2014).

En México, la demanda de pasta de soya ha tenido un importante crecimiento tanto en la industria de alimentos balanceados y como materia prima en la elaboración de productos de consumo humano (Fundación Produce Chiapas, A.C. y Tecnológico de Monterrey, 2013). A pesar del crecimiento de la demanda de soya la producción ha disminuido, ya que durante el periodo 1990-2013 tuvo una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) negativa del -4%, pasando de 575 mil toneladas en el año de 1990 a 239 mil toneladas en el año 2013. Al igual, la superficie sembrada ha tenido un comportamiento similar, durante el mismo periodo presentó una disminución con una TCMA del -3%, pasando 296 mil hectáreas en 1990 a 178 mil hectáreas en el año 2013. Este mismo escenario caracteriza al rendimiento, con una TCMA de -0.83%, teniendo en el año 2013 un rendimiento de 1.5 toneladas por hectárea, mientras que en el año de 1990 era de 2.0 toneladas por hectárea (SIAP, 2014). Una posible solución a la baja productividad del cultivo es a través del uso de semilla mejorada o soya GM en las unidades de producción.

Cabe mencionar, que la soya transgénica ocupa alrededor del 47% de la superficie total sembrada con cultivos genéticamente modificados en el mundo. En el 2017, se establecieron 79 millones de hectáreas con este cultivo, cuya principal característica es la tolerancia al herbicida glifosato. México es uno de los 28 países en el mundo que siembra cultivos genéticamente modificados. De acuerdo con el informe del International Service for the Acquisition of Agri-biotech

Applications (ISAAA por sus siglas en inglés) en el 2015 en el territorio nacional se establecieron 200 mil hectáreas de soya y algodón GM, ocupando así el décimo sexto lugar en el Mundo (James, 2014).

En el caso de México, los permisos de liberación comercial de soya GM fueron otorgados por SENASICA en el año 2012, con dos características principales conferidas al cultivo de la soya como parte de la oferta tecnológica: *i) tolerancia a herbicidas, y ii) cambio en el contenido de ácidos o grasos y; en su caso, una combinación de éstas* (Greenpeace, 2012).

De esta manera, al ser la soya GM diseñada para tolerar herbicidas, como es el caso del evento MON-Ø4Ø32-6 (tolerante al herbicida glifosato) liberado comercialmente en México a partir del 2012. Se espera que el efecto de la tecnología sobre el proceso productivo esté asociado sobre las labores relacionadas al control de malezas; siendo este uno de los factores biológicos (plagas, enfermedades y malezas) causantes de la baja producción y rentabilidad de la soya en el país. Además de los climatológicos (disponibilidad de agua) y socioeconómicos, en este último destacan los altos costos de producción y baja adopción de nuevas tecnologías que impactan en la pérdida de competitividad del cultivo (Maldonado et al., 2007).

En el sentido anterior, el objetivo de este estudio es analizar las ventajas agronómicas y económicas derivadas de la adopción de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche; y los factores que favorecieron su adopción en contraparte de la soya convencional, a fin de valorar su aporte tecnológico en el sistema de producción.

### **3.3. Metodología**

Para llevar a cabo el estudio, en el año 2013 se realizaron cuatro paneles con productores soya en el estado de Campeche, dos con soya genéticamente modificada y dos del tipo convencional. La técnica de paneles con productores consiste en construir Unidades Representativas de Producción (URP) modeladas que representan a los panelistas y a otros productores de la región, las cuales no representan las unidades de producción particulares; sin embargo, éstos conocen las diferencias existentes entre su unidad de producción y la unidad modelada (Sagarnaga et al., 2014).

Cada panel fue integrado por entre ocho y doce productores con experiencia en la producción de soya transgénica o convencional en los municipios de Campeche y Hopelchén del estado de Campeche, siendo estos las fuentes de información directa.

Para lograr la representatividad requerida de la información obtenida de las actividades productivas realizadas en la región sobre el cultivo, se conformaron Unidades Representativas de Producción (URP), que simbolizaron a una unidad de producción común en la región, definida principalmente por la superficie de siembra y el tipo de semilla que empleaba en la producción, ya sea genéticamente modificada o convencional.

En el Cuadro 1 se describen las principales características de las URP analizadas, a las cuales se les asignó una clave como identificador compuesto de seis letras y un número, el primer par de letras indican el estado donde se realizó el panel, el segundo par corresponde al tipo de cultivo; el tercero

corresponde a la característica distintiva asociada a la semilla y finalmente, el número corresponde a la escala de producción analizada

Cuadro 1. Características de las Unidades Representativas de Producción de soya analizadas en el estado de Campeche.

Identificación URP <sup>§</sup>	Características de las URP analizadas
CMSYCV30	Producción de temporal, mecanizado y uso de semilla convencional
CMSYGM30	Producción de temporal, mecanizado y uso de semilla genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato.
CMSYCV100	Producción de temporal, maquinaria propia y uso de semilla convencional
CMSYGM100	Producción de temporal, maquinaria propia y uso de semilla genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato.

<sup>§</sup> Corresponde a la URP la siguiente descripción: **Donde:** **CM:** Campeche; **SY:** Soya; **CV:** Convencional; **GM:** Genéticamente Modificada. El número representa la escala o superficie de producción analizada en hectáreas.

En los cuatro paneles se analizó la estructura de costos de producción y prácticas agronómicas realizadas en la URP, entre las que se incluyeron: *i) Preparación del terreno; ii) Costo de las semillas; iii) Siembra; iv) Control de plagas y enfermedades; v) Control de malezas; vi) Fertilización; vii) Cosecha y viii) Seguro agrícola.* No obstante, la importancia de todas las prácticas agrícolas realizadas

en el cultivo de soya, el análisis fundamental se centró en encontrar las diferencias en: *i) El número de labores agrícolas realizadas; ii) Costo de la semilla y iii) Costo del control de malezas* existente entre la soya GM y la convencional. La razón por las que se eligieron estas últimas tres variables en el análisis comparativo entre la soya GM y convencional, obedece a que la tecnología transgénica con “tolerancia al herbicida glifosato”, cuya característica adquirida únicamente podría tener efectos tecnológicos sobre los costos de la semilla y el control de malezas, incluida dentro de este las labores culturales realizadas cuando se usa la semilla.

### **3.4. Resultados y discusión**

#### **3.4.1. Practicas agronómicas y costos de producción por hectárea en las URP**

En general, algunas de las principales ventajas que ha fomentado el uso de productos biotecnológicos disponibles en el mercado es: (i) la demanda de los agricultores de técnicas que faciliten su trabajo, (ii) la reducción de las pérdidas de producción, y (iii) la reducción de las cantidades de productos químicos utilizados en los cultivos o el uso de productos menos tóxicos (Job, 2002; James, 2014). En este estudio las URP que emplearon semilla GM en el proceso productivo, mostraron una reducción de los costos totales de producción entre el 19.5 y 24.9% respectivamente, en comparación con las URP que utilizaron semilla convencional (Cuadro 2).

La disminución en los costos totales de producción en URP estuvo afectada por los rubros de inversión asociados al “**costo de la semilla**” y al “**control de malezas**”. En el primero de los casos se observó que la inversión en semilla GM fue mayor en un 26.4% en la URP de escala 30 hectáreas, mientras que en la unidad de 100 hectáreas se apreció una disminución del costo de la semilla del 3.4%. Esta variación se debió principalmente a que la densidad de siembra de las semillas utilizadas en ambas URP es variable y dependiente de cada productor; sin embargo, usualmente las semillas GM son más caras porque son predominantemente vendidas por compañías privadas(Qaim, 2009).

El control de malezas es el segundo factor que influyó en la disminución de los costos totales de producción de las URP que sembraron soya GM en ambas escalas de producción. En comparación con las unidades que sembraron soya convencional, estas disminuyeron entre un 72.7% y 76.4% los costos de producción en el control de malezas. Esta diferencia del costo asociado en el control de malezas se debió principalmente a la diferencia que existe en el precio de los productos químicos empleados en el control de la maleza. La soya GM es una semilla diseñada para tolerar aplicaciones del herbicida glifosato sin ser afectada, y en contraparte eliminar un amplio espectro de malezas que interfieren con el cultivo durante su crecimiento.

Por otro lado, la semilla de soya convencional es una variedad que no tolera la aplicación de herbicidas de amplio espectro como el glifosato, por lo que requiere para un control adecuado de las malezas en el proceso de producción recurrir al uso de herbicidas selectivos, es decir, aquellos que pueden controlar de manera

selectiva las malezas sin afectar al cultivo; sin embargo, este tipo de herbicidas son en proporción mucho más caros que el glifosato.

Cuadro 2. Rubros de inversión y costos de producción por hectárea en URP de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.

Rubros de inversión	de SYCV30	SYGM30	Diferencia (\$)	SYCV100	SYGM 100	Diferencia (\$)
Preparación del terreno	1,200.0	1,200.0	0.0	1,050.0	1,050.0	0.0
Siembra	400.0	400.0	0.0	350.0	350.0	0.0
<b>Semilla</b>	<b>805.0</b>	<b>1,020.0</b>	<b>215.0</b>	<b>880.0</b>	<b>850.0</b>	<b>30.0</b>
Control de plagas y enfermedades	1,176.0	1,176.0	0.0	1,821.7	1,821.7	0.0
<b>Control de malezas</b>	<b>3,476.0</b>	<b>820.0</b>	<b>2,656.0</b>	<b>2,461.0</b>	<b>670.0</b>	<b>1,791.0</b>
Fertilización	1,272.0	1,272.0	0.0	1,442.0	1,442.0	0.0
Cosecha	750.0	750.0	0.0	800.0	800.0	0.0
Seguro agrícola	692.0	692.0	0.0	530.0	530.0	0.0
Costo total	9,771.0	7,330.0	2,441.0	9,334.7	7,513.7	1,821.0

**Fuente:** Elaboración propia con información de campo, 2013.

Donde: **SY:** Soya; **CV:** Convencional; **GM:** Genéticamente Modificada; **Numero:** Escala de producción en hectáreas.

Los resultados mostrados son coincidentes con diversos estudios que han analizado el uso de cultivos GM en diferentes países, especialmente sobre el uso de agroquímicos, producción y ganancias generadas por la adopción de este tipo de cultivos en la agricultura (Qaim, 2009). Por otra parte, difieren de (Qaim & Klümper, 2014) que encontraron que los costos totales de producción asociados al uso de cultivos genéticamente modificados con tolerancia a herbicidas (TH) únicamente disminuyeron en un 6.8%; sin embargo, si se observó una disminución significativa en el costo de los pesticidas (25%). Adicionalmente, el meta-análisis muestra que la producción incrementó en un 21%; la cantidad de pesticidas disminuyó en 36%, mientras que el costo de los pesticidas registró una disminución del orden del 39%.

#### **3.4.2. Ventajas agronómicas**

La facilidad para la realización de las actividades productivas es uno de los principales factores que ha favorecido la adopción de cultivos GM (Job, 2002; James, 2014), especialmente de aquellos que poseen TH. Este factor está estrechamente relacionado con la oportunidad con que se realizan las actividades agronómicas requeridas por el cultivo de soya (periodo crítico de competencia), sea esta convencional o GM, ya que es determinante de la productividad final. No obstante, bajo condiciones de temporal, los niveles de producción de las URP pueden ser variables dependiendo de las condiciones de temporal prevalecientes durante el ciclo agrícola.

En este contexto, las URP establecidas con soya GM en escalas de 30 y 100 hectáreas mostraron ventajas agronómicas en comparación con la soya convencional al ofrecer mayor facilidad en la realización del control de malezas. Esto es, el mayor número de jornales empleados en el control de malezas por URP fue observado con soya convencional en ambas escalas de producción con 68 y 104 jornales totales, lo que representó un 79.0 y 78.7% del total de los jornales empleados en la URP, respectivamente.

El uso de semillas de soya GM en las URP en ambas escalas de producción disminuyó el número de jornales destinados al control de malezas en 18 y 12%, respectivamente, lo que sugiere el efecto de la tecnología en el control de las malas hierbas. En el mismo sentido, las labores de cultivo disminuyeron de cuatro a tres con el uso de soya GM (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mano de obra y labores de cultivo en la producción de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.

URPY	Jornales URP	Jornales/control malezas URP	% Jornales/control de malezas	Labores de cultivo
SYCV30	86	68	79.0	4
SYGM30	22	4	18.0	3
SYCV100	132	104	78.7	4
SYGM100	32	4	12.5	3

**Fuente:** Elaboración propia con datos de campo 2013.

YDonde: **SY**: Soya; **CV**: Convencional; **GM**: Genéticamente Modificada; **Numero**: Escala de producción.

### 3.4.3. Ventajas económicas

Las ventajas agronómicas observadas de la adopción de semillas GM como la disminución de mano de obra y reducción de labores de cultivo, además de facilitar las actividades productivas, representa beneficios económicos para el agricultor. Las URP en escala de 30 y 100 hectáreas sembradas con soya GM también presentaron los menores costos de producción en el control de malezas, mientras que las sembradas con semilla convencional tuvieron los costos más elevados. En definitiva, el uso de semillas de soya GM en las URP tuvo una disminución de poco más del 72% de los costos totales en el control de malezas (5 y 7), razón suficiente para ser elegida por los agricultores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Mano de obra y costos en la producción de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.

URPY	Jornales URP	Jornales/ control malezas URP	Costo control de malezas/ha (\$)
SYCV30	86	68	3,476.0
SYGM30	22	4	820.0
SYCV100	132	104	2,461.0
SYGM100	32	4	670.0

**Fuente:** Elaboración propia con datos de campo 2013.

Y Donde: **SY**: Soya; **CV**: Convencional; **GM**: Genéticamente Modificada;  
**Numero**: Escala de producción.

La disminución de mano de obra y reducción de las labores de cultivo es una ventaja agronómica que facilita las actividades productivas de las URP sembradas con soya GM. No obstante, la disminución más importante en los costos asociados al control de malezas está relacionado con la cantidad y precio de los productos empleados para el control de estas especies. En el Cuadro 5, se puede observar que las URP que usan semilla convencional emplean una mayor diversidad de productos químicos y destinan mayores recursos económicos para el control efectivo de malezas, mientras que en las URP sembradas con soya GM puede reducirse únicamente al uso del herbicida glifosato.

La tolerancia al herbicida glifosato que tiene la soya por la modificación genética permite combatir un amplio espectro de malezas a un menor costo, en tanto que, en el cultivo de soya convencional para lograr un control efectivo de las malas hierbas es necesario recurrir a la adquisición de herbicidas “selectivos” como el Fusiflex<sup>®</sup>, cuyo valor en el mercado es elevado en comparación con el glifosato. En el caso de la soya convencional el uso diversificado de herbicidas busca ampliar el espectro de control de malezas incurriendo en mayores costos para la actividad, lo que representa una desventaja cuando se compara con el uso de semillas de soya genéticamente modificada que requieren una menor inversión en el control de las malas hierbas.

Cuadro 5. Precios y productos empleados en el control de malezas en URP de soya convencional y genéticamente modificada en el estado de Campeche.

URPY	Producto comercial	Unidades	Cantidad/ha	Precio unitario (\$)	Costo total/ha (\$)
SYCV30	Boral	Litros	0.3	870.0	261.0
	Glifosato	Litros	2	105.0	210.0
	Fusiflex	Litros	2	950.0	1,900.0
	Paraquat	Litros	1	85.0	85.0
	Costo de		2	500.0	1000.0
<b>Total</b>					<b>3,456.00</b>
SYGM30	Glifosato	Litros	4	105.0	420.0
	Costo de		1	400.0	400.0
<b>Total</b>					<b>820.00</b>
SYCV100	Boral	Litros	0.3	670	201
	Glifosato	Litros	2	105	210
	Fusiflex	Litros	1	950	950
	Cultivadora	Pasos	2	500.00	1,000.00
<b>Total</b>					<b>2,361.00</b>
SYGM100	Glifosato	Litros	4	105	420.0
	Cultivadora	Pasos	1	250	250.0
<b>Total</b>					<b>670.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos de campo, 2013.

YDonde: **SY:** Soya; **CV:** Convencional; **GM:** Genéticamente Modificada; **Numero:** Escala de producción.

#### **3.4.4. Factores de adopción de soya GM**

En esta investigación se encontró que existen tres factores fundamentales que favorecieron a la adopción de soya GM. El primero, es la importancia económica que representa el control de malezas en el sistema de producción convencional; segundo, los rasgos agronómicos que tienen las semillas genéticamente modificadas en relación con el principal problema en el proceso productivo y; tercero, las ventajas agronómicas y económicas que resultan de la adopción de la tecnología para mejorar los ingresos de la unidad de producción.

En el primer factor, la Figura 2 muestra que en ambos casos el mayor rubro de inversión en la producción de soya está asociado al control de malezas, especialmente cuando no se usa semilla GM en las URP, con un 35.6 y 26.4% de las inversiones totales de los costos de producción de la unidad de producción. Así también, las URP emplean semillas GM en sus procesos productivos, éstas lograron reducir de un 35.6 a 11.2% y de 26.4 a 8.9% la proporción de los costos inversión en el control de malezas, respectivamente.

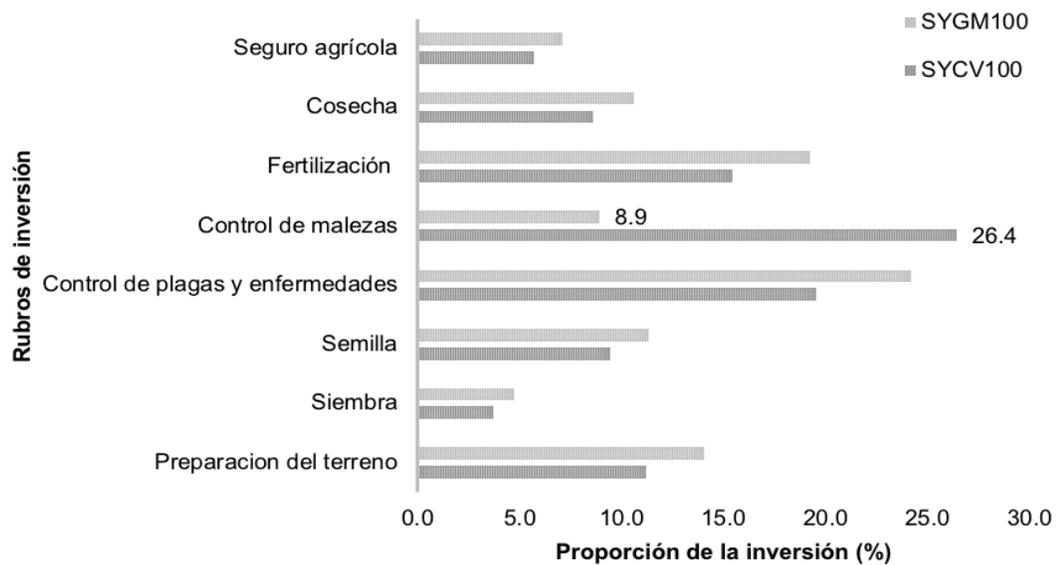
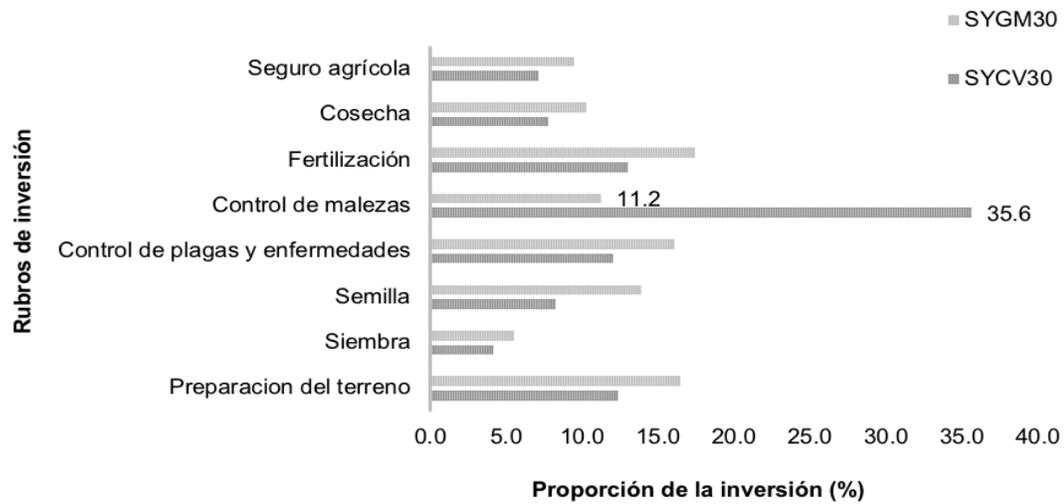


Figura 2. Proporción de las inversiones en URP de soya convencional y GM según rubros de inversión en la producción el estado de Campeche.

### 3.5. Conclusiones

La adopción de soya genéticamente modificada en México es favorecida por factores agronómicos y económicos resultado del uso de la tecnología, por el problema productivo (control de maleza) que resuelve en el sistema de

producción y los rasgos agronómicos propios que tienen las semillas genéticamente modificadas. De esta forma, su adopción tiene efectos económicos relacionados con una disminución en los costos de producción, específicamente en la práctica de control de malezas, y a la vez que facilita el proceso productivo con la reducción de las labores agronómicas.

En el sentido anterior y dada la importancia de la practica agronómica que representa el control de malezas en las estructuras de costos de las URP, tiene especial relevancia la adopción de soya GM en los sistemas de producción. Los resultados mostraron que las URP que empleaban soya GM, es decir, semillas con modificación genética presentaron ventajas agronómicas que permiten un mejor manejo del control de malezas durante las actividades agrícolas, mismas que derivan, al mismo tiempo, en ventajas económicas permitiendo a los agricultores que las usan obtener mejores ingresos.

### **3.6. Literatura citada**

FAOSTAT. (2014). Estadísticas sobre la producción mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [en línea] [fecha de consulta: 25 de octubre, 2013] Disponible en: <http://faostat.fao.org>

Greenpeace. (2012). Bio (in) seguridad en México. Permiso de soya transgénica para monsanto y la siembra ilegal de soya en el estado de Campeche. México.

Homrich, M. S., Wiebke-Strohm, B., Weber, R. L. M., & Bodanese-Zanettini, M. H. (2012). Soybean genetic transformation: A valuable tool for the

- functional study of genes and the production of agronomically improved plants. *Genetics and Molecular Biology*, 35(4), 998–1010. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600015>
- James, C. (2014). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014*. Ithaca, NY.
- Job, D. (2002). Plant biotechnology in agriculture. *Biochimie*, 84, 1105–1110.
- Maldonado, M. N., Ascencio, L., & Ávila, V. J. (2007). *Guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. Folleto para Productores Núm. 2. Campo. Altamira, Tampico, México.*
- Qaim, M. (2009). The economics of genetically modified crops. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 1, 665–694. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.03.004>
- Qaim, M., & Klümper, W. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLOS ONE*, 9(11), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>
- Sagarnaga, V. M. L., Salas, G. J. M., & Aguilar, Á. J. (2014). *Ingresos y costos de producción 2013. Unidades Representativas de Producción Trópico Húmedo y Mesa Central - Paneles de productores. México: Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).*
- SIAP. (2014). *Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).* [en línea] [fecha de consulta: 14 de junio, 2013]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>.

## **IV. POTENCIAL DE ADOPCIÓN DEL MAÍZ GENÉTICAMENTE MODIFICADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO<sup>4</sup>**

### **4.1. Resumen**

El propósito de la investigación fue determinar la potencial adopción de semillas de maíz genéticamente modificadas (GM) en diferentes sistemas de producción en México, a través del análisis de los beneficios agronómicos y económicos que tendrían los productores derivados de uso, con el fin de contribuir con informaron relevante a la discusión empírica sobre el maíz GM. Para ello, se realizaron 12 paneles con productores de maíz con tres diferentes lógicas de producción: campesina, intermedia y empresarial en los estados Chiapas, Oaxaca, Campeche, Durango y Sinaloa. Los resultados mostraron que, en la producción de maíz, la proporción de inversión económica destinada al control de plagas, enfermedades y malezas es baja en todas las lógicas de producción, en comparación de otras prácticas agronómicas realizadas en el cultivo, por lo que el uso de semillas genéticamente modificadas no contribuirá a resolver los problemas reales de productividad en el cultivo, ni una disminución significativa de los costos de producción derivados de su adopción con la actual oferta tecnológica. Por el contrario, se esperaría un incremento de los costos de

---

<sup>4</sup> Este artículo se encuentra en fase final de revisión para ser enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

producción debido a la inversión económica destinada a la compra de semilla transgénica. Finalmente, la adopción potencial del maíz genéticamente modificado es mayor en los sistemas de producción de nivel tecnológico intermedio y empresarial, mientras que en los sistemas de producción campesina es poco probable y tecnológicamente inapropiada; sin embargo, se esperaría que los mayores beneficios económicos y agronómicos derivados de la adopción del maíz GM se dieran en sistemas de producción intermedios, principalmente por una disminución en los costos de producción.

**Palabras clave:** costos de producción, sistemas de producción, maíz transgénico.

#### **4.2. Introducción**

En 2014, aproximadamente 18 millones de agricultores sembraron cultivos biotecnológicos o genéticamente modificados (GM) en el mundo, de los cuales alrededor del 90%, es decir, 16,5 millones, son pequeños productores, en situación pobreza y localizados en países industrializados.

De acuerdo con James (2014), los agricultores que han usado los cultivos GM han obtenido importantes ganancias económicas; reducción en alrededor del 50% en la cantidad de aplicaciones de insecticidas y han contribuido a una mayor sustentabilidad del medio ambiente y a una mejor calidad de vida.

Tal ha sido el éxito de esta tecnología en los diferentes países en los que ha sido utilizada, que en menos de 10 años la superficie mundial sembrada con variedades GM, principalmente de cultivos como la soya, maíz y algodón, alcanzó los 52 millones de hectáreas; concentradas principalmente en Argentina, Canadá

y los Estados Unidos. Esta expansión exitosa de la superficie sembrada con cultivos biotecnológicos se debe a las ventajas (altos rendimientos, ahorro de trabajo y otros insumos, y el favorable impacto ambiental) que se atribuyen a los cultivos genéticamente modificados (Bárcena et al., 2004).

No obstante dichas ventajas referidas en diversos escritos, en México únicamente se siembran alrededor de 100 mil hectáreas con este tipo de especies, principalmente de soya y algodón, con características genéticas de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas, ocupando el lugar 17 en la adopción de esta tecnología a nivel mundial (James, 2013).

En este sentido, en México, para liberar un cultivo genéticamente modificado, éste debe ser evaluado “*caso por caso*” y “*paso a paso*” de acuerdo con la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), y que básicamente consiste en evaluar cada modificación genética (eventos genéticos) en tres etapas, dos previas (experimental y programa piloto) hasta llegar a la fase comercial. Así, en el territorio nacional, a diferencia de la soya y el algodón, el maíz no ha sido liberado comercialmente.

Esto es, si en México se cuenta con un amplio y consolidado marco regulatorio en la materia y a la fecha han sido otorgados 202 permisos de liberación al ambiente de maíz genéticamente modificado en etapa experimental y programa piloto por el gobierno mexicano, ¿por qué los cultivos GM, especialmente el maíz, no se encuentra disponible para los agricultores de manera comercial?, ¿acaso las decenas de liberaciones ocurridas hasta 2013 no fueron suficientes pruebas de campo para tomar una decisión técnica y científica sobre la viabilidad de uso de la tecnología como una herramienta de fomento a la productividad, mejora de

la rentabilidad y competitividad en tan importante cultivo? ¿cuáles son los factores que han restringido este avance regulatorio para la liberación comercial del cultivo?

Las anteriores y muchas otras interrogantes, han sido centrales en la discusión sobre la viabilidad de la introducción del maíz GM al campo mexicano. Por un lado, una de las razones que más han restringido su introducción, es la oposición de los ambientalistas sobre los posibles riesgos ambientales que ocasionaría la introgresión de genes a las variedades locales por la adopción de maíz genéticamente modificado en un país centro de origen y de diversidad genética del maíz (Cristina & Trigo, 2005; Mercer & Waingwright, 2008); y por otro, la incertidumbre de si su adopción representará estrategias y oportunidades para mejorar la producción de maíz en México (Mercer et al., 2012).

Ambas posiciones son válidas y requieren de un análisis profundo de la tecnología en dichos contextos; sin embargo, en este documento centramos la atención del uso de la tecnología desde el punto de vista de la productividad del cultivo de maíz en México, para el cual, en los últimos 24 años tan solo ha registrado una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) en el rendimiento del 2,1%; de la producción 1,5% y de la superficie del -0,24% (FAOSTAT, 2014).

Esta baja tasa de crecimiento en la productividad contrasta con los requerimientos de abasto nacional del grano, recurriendo a las importaciones, mismas que en ocasiones son abastecidas con maíz transgénico proveniente del exterior. La referida situación de baja productividad se encuentra asociada a una diversidad de problemas que ocasionan el bajo crecimiento y productividad en los cultivos (Ayala et al., 2010). Algunas de estas causas son: *i*) el bajo desarrollo

de capacidades técnicas, productivas y empresariales de los productores; *ii*) insuficiente innovaciones tecnológicas; *iii*) bajo nivel de productividad de las Unidades Económicas Rurales; *iv*) acceso limitado al mercado de productos agropecuarios e *v*) insuficiente financiamiento para la actividad agropecuaria (FAO & SAGARPA, 2012).

Ahora bien, en un país en donde existe una gran diversidad de sistemas de producción, particularmente en el caso del maíz (Warman, 1985); y en el cual, cada uno de ellos se gestiona de manera diferente en función de los recursos disponibles en el entorno social, económico e institucional (Dixon *et al.*, 2001), surge entonces la pregunta si el maíz GM resolvería los problemas productivos en dichos sistemas o en su caso, qué sistemas productivos se verían más beneficiados con la adopción de la tecnología en función de la oferta tecnológica actual.

En este contexto, la liberación comercial de la tecnología no puede perder de vista que en México existen entre 5,3 y 5,4 millones de Unidades Económicas Rurales (UER), de las cuales el 24% son de subsistencia sin vinculación a mercado; 50,6% familiares con vinculación al mercado; 8,3% en transición; 9,9% empresarial con rentabilidad frágil; 8,4% empresarial pujante y 0,3% empresarial dinámico. Esto es, el 82,9% de las UER en México son unidades de producción que se encuentran afectadas por una baja productividad y que cuyas causas han sido referidas en párrafos anteriores (FAO & SAGARPA, 2012).

De esta manera, el fomento de la adopción de semillas de maíz GM para la producción en México, no debe ignorar la existencia de una gran diversidad de sistemas de producción; las necesidades tecnológicas particulares de cada

sistema, pero sobre todo la oferta tecnológica asociada a las semillas transgénicas. En este último caso, es importante destacar que, en el territorio nacional hasta el año 2013, se habían liberado en etapa experimental y programa piloto alrededor 20 eventos genéticos de maíz con dos características principales: *i) resistencia a insectos y ii) tolerancia a herbicidas* (Anexo 2). Esto significa que la oferta tecnológica del maíz GM está orientada básicamente a facilitar el proceso productivo en el manejo de malezas y el control de plagas del cultivo únicamente (SENASICA, 2014).

En este contraste de sistemas de producción y tecnología GM disponible para solucionar problemas de rendimiento y productividad en maíz, algunos consideran que dichos déficits pueden ser superados usando tecnologías y conocimientos disponibles sin recurrir al maíz GM (Turrent, Wise, & Garvey, 2012), siendo éstas las tecnologías más apropiadas en las unidades de producción agrícola.

Por otro lado, Qaim & Kouser (2013) sostienen que, desde una perspectiva más amplia, los cultivos GM pueden contribuir a aumentos de la producción de alimentos y una mayor disponibilidad de estos. Sobre todo si se considera que en algunos estudios se ha observado que los costos de la tecnología transgénica favorece la estructura de costos, por la reducción del uso de pesticidas (insecticidas y herbicidas), así como un incremento de los rendimientos (Ávila et al., 2012); y otros beneficios económicos asociados al uso de semillas de maíz genéticamente modificado tolerante al herbicida glifosato (Tillie et al., 2014).

Así, a pesar de las liberaciones preliminares en etapa experimental y programa piloto de maíz GM realizadas en el territorio nacional y la basta evidencia

científica precedente, en México no existen estudios que muestren claramente los beneficios de la adopción comercial de maíz GM para mejorar la rentabilidad y productividad del cultivo, en caso de relajarse las restricciones legales. Por esta razón, en este documento se busca identificar los factores que determinan el potencial de adopción de maíz genéticamente modificado en diferentes sistemas de producción, a través del análisis de los posibles beneficios agronómicos y económicos asociados a la oferta tecnológica y del propio entorno productivo, sin perder de vista lo apropiado que dicha tecnología pueda resultar, en términos de la gestión de los propios sistemas de producción analizados, a fin de proveer de información relevante y contribuir a la discusión empírica sobre el uso de maíz genéticamente modificado en el sector agrícola de México.

### **4.3 Metodología**

La investigación se llevó a cabo durante los años 2014 y 2015 en cinco estados y once municipios productores de maíz, ubicados en los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche Durango y Sinaloa. Para la obtención de la información se realizaron 12 paneles de productores de maíz convencional con lógicas de producción diferentes (Cuadro 6). Cada panel estuvo integrado por al menos 8 y hasta 15 productores con experiencia en el manejo de la producción del cultivo. La técnica de paneles, empleada consiste en construir Unidades Representativas de Producción (URP) modeladas, mismas que representan a los panelistas y a otros productores de la región, las cuales no representan necesariamente a las unidades de producción de un productor en particular; sin embargo, los panelistas

conocen las diferencias existentes entre su unidad de producción y la unidad modelada (Sagarnaga et al., 2014).

En cada panel se modeló una Unidad Representativa de Producción o URP, la cual se caracterizó principalmente por su escala de producción y nivel tecnológico. Una vez modeladas las URP, éstas fueron ubicadas en una lógica de producción, sean estas campesina, transición y empresarial.

De manera complementaria para la definición de las URP o sistemas de producción se consideraron algunas de las variables utilizadas por Warman (1982) en la caracterización de los sistemas de producción de maíz en México, como son: *a) el nivel tecnológico, caracterizado por el uso de maquinaria; b) las condiciones de disponibilidad de agua usada en la producción; y c) el destino de la producción.* De esta manera, las URP modeladas representan un sistema específico de producción analizado.

Cuadro 6. Características descriptivas de las Unidades Representativas de Producción o sistemas de producción de maíz analizadas en México.

Estado	URP§	Municipio	Lógica de producción	Principales características de la URP
Chiapas	CHMZR04	Frontera Comalapa	Intermedia	-Producción de maíz para grano, producción bajo riego, semilla mejorada y maquinaria rentada.
	CHMZR03	Chiapa de Corzo	Intermedia	-Producción de maíz para elote, producción con riego rodado, semilla mejorada, siembra manual (espeque) y maquinaria rentada.

Estado	URP§	Municipio	Lógica de producción	Principales características de la URP
	CHMZT05	Parral	Intermedia	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla mejorada, siembra manual (espeque) y maquinaria rentada.
	CHMZT03	Concordia	Intermedia	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla mejorada, maquinaria rentada y siembra manual (espeque).
	CHMZT02	Copainalá	Campesina	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla criolla, sin maquinaria (trabajo vivo) y producción autoconsumo.
	OAMZT03	Zimatlán	Campesina	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla criolla, semi-mecanizada (trabajo vivo) y producción (50% autoconsumo y 50% venta local).
Oaxaca	OAMZT02	Pinotepa Nacional	Campesina	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla criolla, sin maquinaria (trabajo vivo), producción (70% autoconsumo y 30% venta local).
	OAMZT01	Juchitán	Campesina	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla

Estado	URP§	Municipio	Lógica de producción	Principales características de la URP
				criolla, producción semi-mecanizada (trabajo vivo), producción (80% autoconsumo y 20% venta local).
Campeche	CMMZR20	Hopelchén	Empresarial	-Producción de maíz para grano, producción bajo riego, semilla mejorada y maquinaria rentada.
	CMMZT10	Hopelchén	Empresarial	-Producción de maíz para grano, producción de temporal, semilla mejorada y maquinaria rentada.
Durango	DGMZR05	Lerdo	Empresarial	-Producción de maíz para forraje, riego rodado, semilla mejorada y maquinaria rentada.
Sinaloa	SNMZR20	Guasave	Empresarial	-Producción de maíz para grano, producción bajo riego rodado, semilla mejorada y maquinaria propia.

§ Corresponde a la URP a la siguiente descripción: El primer par de letras significan el estado donde se realizó el panel; el segundo, al cultivo; la letra siguiente a la disponibilidad de uso de agua en el sistema de producción y; finalmente el número indica la escala de producción analizada. **Donde: CM:** Campeche; **DG:** Durango; **CH:** Chiapas y **SN:** Sinaloa; **MZ:** Maíz; **T:** Temporal y **R:** Riego. **URP:** Unidad Representativa de Producción.

Fuente: Elaboración propia con información de campo 2014 y 2015.

El análisis y presentación de los resultados de las URP o sistemas de producción fue realizado de forma agrupada según la lógica de producción en cuestión. De ello, se obtuvo la estructura y costos de producción de los principales rubros de inversión en el cultivo de maíz; una vez obtenido los costos de producción, se procedió al cálculo de la proporción de las inversiones de cada rubro con respecto del costo total de producción, destacando en cada cuadro analítico presentado: *i)* la proporción de inversión en el control de plagas y enfermedades y *ii)* la proporción de inversión en el control de malezas.

El análisis se centró en estos dos factores debido a que la oferta tecnológica del cultivo de maíz genéticamente modificado, únicamente se orienta hacia la atención de estos aspectos tecnológicos de la producción.

Por último, mediante una comparación de medias a través del análisis ANOVA fueron analizadas las similitudes o diferencias observadas en los principales rubros de inversión agrupados en los tres diferentes tipos de sistemas de producción, campesina, transición y empresarial.

## **4.4 Resultados y discusión**

### **4.4.1 Lógica de producción campesina**

Los sistemas de producción con una lógica de producción campesina tuvieron en promedio un costo total de inversión para la producción de maíz del orden de \$10,297.2 pesos por hectárea. De este costo, en promedio, de acuerdo a la estructura de costos de producción, el mayor porcentaje de inversión se destina

al rubro de la cosecha con un 29.5%, seguido del control de malezas con el 20.6% con respecto del total (Cuadro 7).

Para estos sistemas, la cosecha es uno de los factores que mayor inversión requieren, llegando a representar en el caso de la URP OAMZT03 hasta poco más del 41% de la inversión del costo total. Este elevado costo se debe principalmente a que las actividades de cosecha se realizan de manera manual, sin que se disponga de equipos mecánicos adecuados para facilitar el proceso. Misma situación, prevalece en el control de malezas, alcanzando en la URP CHMZT02 hasta el 35.5% del costo total de inversión.

Cuadro 7. Estructura de costos de producción (\$/ha) y proporción (%) de los principales rubros de inversión de las URP de maíz bajo una lógica de producción campesina.

Rubros de inversión/prácticas	OAMZT03 (%)		OAMZT02 (%)		CHMZT02 (%)		OAMZT01 (%)	
Preparación del terreno	1,800.0	17.9	2,440.0	16.0	950.0	9.0	450.0	8.3
<b>Semilla</b>	<b>160.0</b>	<b>1.6</b>	<b>100.0</b>	<b>0.7</b>	<b>170.0</b>	<b>1.6</b>	<b>100.0</b>	<b>1.9</b>
Siembra	200.0	2.0	900.0	5.9	600.0	5.7	240.0	4.4
<b>Control de plagas y enfermedades</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>815.0</b>	<b>15.1</b>
<b>Control de malezas</b>	<b>1800.0</b>	<b>17.9</b>	<b>3,120.0</b>	<b>20.5</b>	<b>3,732.5</b>	<b>35.5</b>	<b>475.0</b>	<b>8.8</b>
Fertilización	1,040.0	10.3	0.0	0.0	1,640.0	15.6	1,640.0	30.4

Cosecha	4,200.0	41.7	5,400.0	35.5	1,920.0	18.3	1,230.0	22.8
Traslado de insumos y productos	800.0	7.9	3,150.0	20.7	1,400.0	13.3	300.0	5.6
Seguro agrícola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otros	66.67	0.7	100.0	0.7	100.0	1.0	150.0	2.8
Costo total/Ha	10,066.67	100	15,210.0	100.0	10,512.50	100.0	5,400.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2014 y 2015.

Los problemas técnicos y tecnológicos relacionados con la cosecha y el control de malezas en estos sistemas de producción son frecuentes (Shanin, 1979); sin embargo, esta posible desventaja observada desde la racionalidad económica y del manejo del cultivo parece neutralizarse, porque a diferencia de la economía empresarial, la campesina, tiene como rasgos distintivos el autoempleo extensivo no remunerado, el control de los medios de producción, el autoconsumo y la diversidad ocupacional; y finalmente, este tipo de unidades de producción no necesariamente tiene intereses puramente económicos (Schejtman, 1980).

Desde esta perspectiva, la pretensión de la introducción de una nueva tecnología, como lo es el caso del maíz genéticamente modificado, a un sistema de producción en particular, buscaría resolver los principales problemas técnicos productivos que enfrenta dicho sistema. Por lo tanto, la tecnología propuesta debe estar estrechamente relacionada con el problema que se busca resolver, de lo contrario no traería beneficios en la gestión del sistema en cuestión.

En este sentido, la posible introducción del maíz genéticamente modificado con la actual oferta tecnológica, de adoptarse, podría tener impactos favorables en el control de malezas, plagas y algunas enfermedades; sin embargo, la estructura de costos de producción y los rubros de inversión en los sistemas de producción campesina, únicamente muestran un posible efecto favorable en el control de malezas si este se asocia al elevado nivel de inversión, más no así en el control de plagas y enfermedades, debido a que los niveles de inversión son en promedio sólo del 3.5% con respecto del costo total; una fuerte razón económica que no justificaría su adopción para atender un problema de bajo costo en comparación con el costo de la semilla transgénica, que puede alcanzar hasta un 40% del costo total de producción.

Aunado a lo anterior, una de las características distintivas de los sistemas de producción campesina es que, los niveles de inversión económica en la adquisición de semillas son muy bajos o casi nulo (como se observa en las URP analizadas) puesto que existe un proceso de selección de la propia semilla; por lo tanto, para estos sistemas de producción en particular, la adopción de semillas de maíz genéticamente modificada resultaría económicamente imposible, aun cuando se esperan posibles beneficios en el control de malezas.

#### **4.4.2 Lógica producción intermedia o de transición**

A diferencia de los sistemas de producción campesina, los de transición o intermedia invierten en dos factores significativos de la productividad; el uso de

semillas mejoradas y fertilización, lo que refleja entre otros aspectos un mayor nivel tecnológico del sistema (Cuadro 8).

El uso de semillas mejoradas y fertilización, así como la disponibilidad riego en algunas URP analizadas como la CHMZR04 y CHMZR03 pueden contribuir con mayor rapidez y facilidad en la adopción del maíz genéticamente modificado; sin embargo, aun cuando dicha tecnología se ve favorecida por estas ventajas, la estructura de costos de producción en los rubros de inversión asociados a la oferta tecnológica en el control de malezas, plagas y enfermedades no son tan elevados (9.9 y 7.8%, respectivamente), en comparación con la fertilización (29.5%), cosecha (13.6%) y semillas (12.8%) respectivamente.

Cuadro 8. Estructura de costos de producción (\$/ha) y proporción (%) de los principales rubros de inversión de las URP de maíz bajo una lógica de producción intermedia o de transición.

Rubros de inversión/prácticas	CHMZR04 (\$/ha)	CHMZR04 (%)	CHMZR03 (\$/ha)	CHMZR03 (%)	CHMZR05 (\$/ha)	CHMZR05 (%)	CHMZR03 (\$/ha)	CHMZR03 (%)
Preparación del terreno	2,100	11.8	2,240.0	15.2	652.5	5.0	1,770.0	10.4
<b>Semilla</b>	<b>2,250.0</b>	<b>12.6</b>	<b>1,900</b>	<b>12.9</b>	<b>2,000.0</b>	<b>15.3</b>	<b>1,800.0</b>	<b>10.6</b>
Siembra	800.0	4.4	750.0	5.1	1,000.0	7.6	840.0	4.9
<b>Control de plagas y enfermedades</b>	<b>1,894.9</b>	<b>10.6</b>	<b>1,865.0</b>	<b>12.7</b>	<b>320.0</b>	<b>2.4</b>	<b>940.0</b>	<b>5.5</b>

<b>Control de malezas</b>	<b>770.0</b>	<b>4.3</b>	<b>1,480.0</b>	<b>10.1</b>	<b>1,060.0</b>	<b>8.1</b>	<b>2,950.0</b>	<b>17.4</b>
Fertilización	4,560.0	25.6	4,570.0	31.1	5,160.0	39.4	3,770.0	22.2
Cosecha	2000.0	11.2	0.0	0.0	2,900.0	22.2	3,600.0	21.2
Riego	1,862.5	10.4	1,900.0	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Traslado de insumos y productos	900.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,249.98	7.4
Seguro agrícola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otros	660.65	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.3
Costo total/Ha	17,798.14	100.0	14,705.0	100	13,092.5	100.0	16,969.98	100.0

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2014 y 2015.

En este contexto, el potencial de adopción del maíz genéticamente modificado sería analizado desde la perspectiva en el incremento de los niveles de inversión por la adquisición de la semilla transgénica y, por otro lado, los posibles efectos en la reducción de los costos de producción asociados a la tecnología en el control de malezas, plagas y enfermedades.

Esto es, si bien los sistemas de producción intermedios o en transición requieren mejorar su rentabilidad en términos generales, la evidencia de que factores como el uso de semillas mejoradas, disponibilidad de agua y fertilización, no serían factores directamente favorables en la adopción del maíz transgénico, puesto que no tendrían los impactos esperados sobre el control de malezas, plagas y enfermedades, ya que dichos rubros de inversión son bajos en comparación de

otras actividades productivas, poniendo en relieve el alto costo de las semillas genéticamente modificadas y bajo impacto en reducción de costos.

#### 4.4.3 Lógica de producción empresarial

Los sistemas de producción empresariales analizados muestran que, al igual que los de transición o intermedios, sus costos de producción están destinados principalmente a la adquisición insumos como las semillas mejoradas, el uso de fertilizantes y preparación del terreno como factores determinantes de la productividad (Cuadro 9).

En contraste, para todos los sistemas de producción analizados; los rubros de inversión asociados a los posibles efectos favorables de las semillas genéticamente modificadas tendrían sobre el control de malezas, plagas y enfermedades son realmente bajos (6.0 y 8.1%, respectivamente), por lo que la tecnología puede no ser lo suficientemente atractiva aunque el sistema de producción tenga la capacidad económica de absorber un incremento en el costo de la semilla, si los beneficios económicos no resultan lo suficientemente altos.

Cuadro 9. Estructura de costos de producción (\$/ha) y proporción (%) de los principales rubros de inversión de las URP de maíz bajo una lógica de producción empresarial.

---

Rubros de inversión	<b>SNMZR20 (%)</b>	<b>CMMZR20 (%)</b>	<b>DGMZR05 (%)</b>	<b>CMMZT10 (%)</b>
---------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

---

Preparación del terreno	3,200.0	13.1	1,400.0	11.2	6,720.0	42.5	1,000.0	8.4
<b>Semillas</b>	<b>5,550.00</b>	<b>22.7</b>	<b>1,800.0</b>	<b>14.4</b>	<b>2,700</b>	<b>17.1</b>	<b>1,800.0</b>	<b>15.1</b>
Siembra	500.0	2.0	472.50	3.8	500.0	3.2	520.0	4.4
<b>Control de plagas y enfermedades</b>	<b>1,090.0</b>	<b>4.5</b>	<b>1,707.0</b>	<b>13.7</b>	<b>760.0</b>	<b>4.8</b>	<b>1,120.0</b>	<b>9.4</b>
<b>Control de malezas</b>	<b>420.0</b>	<b>1.7</b>	<b>659.25</b>	<b>5.3</b>	<b>500.0</b>	<b>3.2</b>	<b>1,650.0</b>	<b>13.8</b>
Fertilización	6,700.0	27.4	2,012.5	16.1	3,420.0	21.6	2,120.0	17.8
Cosecha	2,200.0	9.0	800.0	6.4	0.0	0.0	820.0	6.9
Riego	2,300.0	9.4	800.0	6.4	1,230.0	7.8	0.0	0.0
Traslado de insumos	0.0	0.0	600.0	4.8	0.0	0.0	700.0	5.9
Manejo poscosecha	0.0	0.0	1,200.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Crédito de avío	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	434.2	3.6
Seguro agrícola	2,490.0	10.2	800.0	6.4	0.0	0.0	1,500.00	12.6
Otros	0.0	0.0	244.26	2.0	0.0	0.0	259.26	2.2
Costo total	24,450.0	100	12,495.51	100	15,830.0	100	11,923.46	100

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2014 y 2015.

En los sistemas de producción comercial de maíz, los bajos niveles de inversión en el control de malezas, plagas y enfermedades podrían tener efectos no favorables en la adopción de la tecnología de semillas de maíz genéticamente modificada, puesto que su uso no eliminaría la realización de dichas prácticas

agronómicas y solo tendría efectos en facilitar los procesos de producción con una sensible baja reducción de los costos de producción.

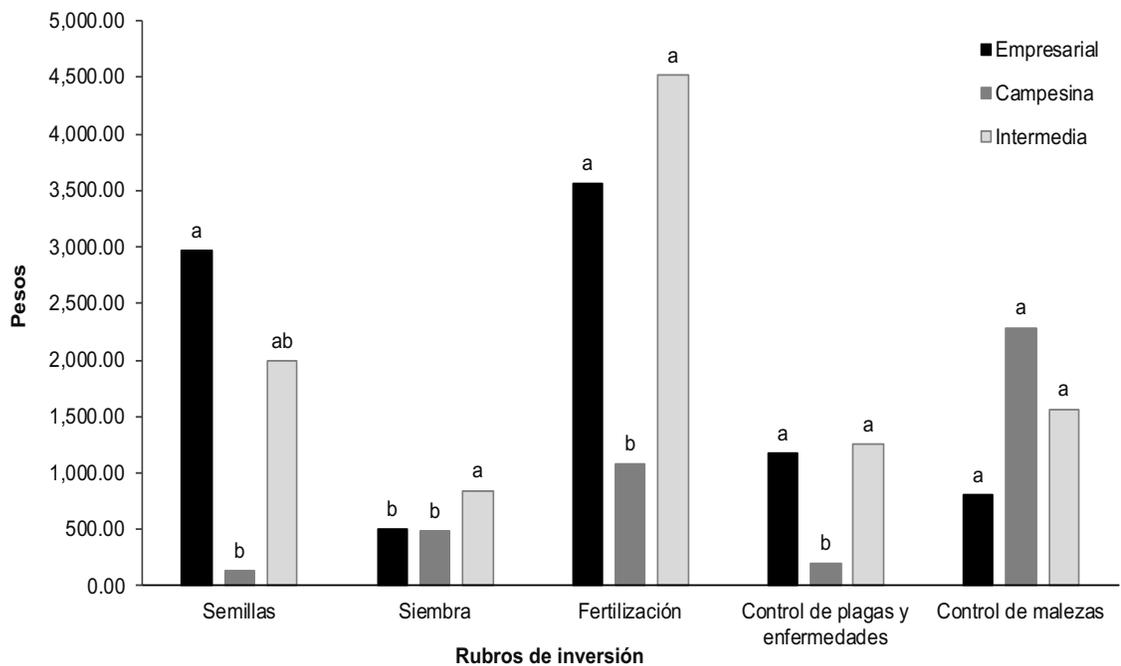
Los resultados también mostraron que la inversión en la práctica agronómica referida al control de plagas y enfermedades es baja en todos los sistemas de producción en comparación de otras actividades (Cuadro 7, 8 y 9), especialmente en los de mayor nivel de mecanización (SNMZR20, CMMZR20, DGMZR05 y CMMZT10) y los sistemas tradicionales o en donde esta práctica no se realiza (CHMZT02, OAMZT03, OAMZT02 y DGMZT05), lo que se traduce en una baja posibilidad en la disminución de las prácticas agronómicas con el uso de semillas genéticamente modificadas que tengan esta característica, adicionalmente esta práctica agronómica no resulta relevante económicamente en la estructura de costos de producción.

#### **4.4.4 Rubros de inversión y lógicas de producción**

Al comparar de forma estadística los diferentes rubros de inversión entre las distintas lógicas de producción, se observó que las inversiones que realizan las URP de la lógica empresarial e intermedia en las diferentes prácticas agronómicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas, excepto en la siembra donde la lógica de producción empresarial tienen una inversión estadísticamente menor debido a que ésta se realiza de forma mecánica, implicando menor costo de inversión que cuando se realiza de manera manual (Figura 3).

Por otro lado, con excepción del control de malezas, la lógica de producción campesina mostró diferencias estadísticamente significativas en todos los rubros

de inversión en comparación de la lógica empresarial e intermedia. De hecho, el control de malezas en la lógica de producción campesina, aunque estadísticamente igual en todos los sistemas, mostró un nivel de inversión económicamente mayor, por lo que el potencial de la tecnología transgénica en reducir el costo de producción en esta actividad en un sistema de producción campesina es más elevado, sin que signifique que la introducción de la tecnología sea apropiada.



\*Medias con diferente literal en el súper índice entre los rubros de inversión de las lógicas de producción indica diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Figura 3. Comparación de los rubros de inversión de las diferentes lógicas de producción.

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2014 y 2015.

En este contexto las tecnologías en los diferentes sistemas de producción deben ser apropiadas, es decir de pequeña magnitud, sencillas de implementar, bajo costo de capital y no sean violentas con la naturaleza (Schumacher, 1979); o en su caso tengan simplicidad organizacional, alta adaptabilidad a los contextos socioculturales.

De esta manera, si se pone énfasis en los beneficios agronómicos y económicos que tendrían los sistemas de producción al utilizar semilla de maíz genéticamente modificada, es decir, tener mayores posibilidades de beneficiarse por una reducción en la mano de obra invertida y disminuir los costos de inversión en las prácticas agronómicas de control de plagas y malezas, las URP con una lógica intermedia podrían tener mayores ventajas económicas por su adopción en comparación de la campesina y empresarial.

En contraste, en los sistemas de producción que operan en una lógica producción de unidades familiares campesinas que se rigen por esquemas diferentes a la racionalidad económica empresarial (Shanin, 1976; Schejtman, 1980), y que las actividades económicas de estas URP se organizan en función del aprovechamiento de la mano de obra familiar; la transición hacia el uso y adopción de esas tecnologías podrían no ser adecuada, debido a que la inversión económica requerida para la adopción de una nueva tecnología es importante al momento de tomar decisiones sobre su uso (Wejnert, 2002).

#### **4.5 Conclusiones**

La oferta tecnológica de las semillas de maíz genéticamente modificadas que han sido liberadas recientemente en México, principalmente están orientadas a

solucionar problemas de control de plagas y malezas en el cultivo. Sin embargo, en las URP analizadas ninguno de estos rubros de inversión tiene mayor importancia económica que otras prácticas agronómicas en los sistemas de producción. Esto significa que este tipo de semillas no atenderían las necesidades primordiales u ofrecerían una solución real a la problemática del cultivo maíz.

En el sentido anterior, debido a que en la producción de maíz la proporción de inversión en el control de plagas, enfermedades y malezas en los sistemas producción analizados representan los menores costos de producción, los incentivos económicos asociados al uso de la tecnología pueden valorarse como menores. En este sentido, en aquellos sistemas donde la inversión destinada a estos rubros sea mayor, como en el caso de sistemas de producción intermedia, la posibilidad de adopción de la tecnología será mayor.

Finalmente, la potencial adopción de las semillas de maíz genéticamente modificadas en las unidades de producción es posible determinarlo a través de dos aspectos: i) los beneficios económicos y agronómicos que traerá para el sistema de producción con su adopción y ii) los factores que favorecen o condicionan la adopción de la tecnología transgénica por la forma de gestionarse de los propios sistemas de producción, es decir, el nivel tecnológico prevaleciente; si usa o no semillas mejoradas; lleva a cabo un proceso de fertilización o si dispone de riego para aprovechar de mejor manera el potencial de la semilla genéticamente modificada.

#### 4.6 Literatura citada

Ávila, M., Chaparro, A., Giovanni, R., & Silva, C. (2012). Production cost analysis and use of pesticides in the transgenic and conventional corn crop (*Zea Mays* L.) in the valley of San Juan (tolima). *Landes Bioscience*, (December 2011), 163–168.

Ayala, A., Sangerman-Jarquín, D., Schwentesius, R., Damían, M., & Juárez, C. (2010). Fortalecimiento de la competitividad del sector agropecuario en hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 233–245.

Bárcena, A., Katz, J., Morales, C., & Schaper, M. (2004). Los transgénicos en América latina y el Caribe: un debate abierto. Santiago de Chile.

Cristina, Y., & Trigo, M. (2005). México y su necesaria ley de bioseguridad: intereses económico- políticos y movimiento social.

FAO, & SAGARPA. (2012). Capítulo II. Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México 2012. México.

FAOSTAT. (2014). Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

James, C. (2010). *Global Status of Commercialized Biotech/GM crops: 2010* (42nd ed.).

James, C. (2014). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014*. Ithaca, NY.

Mercer, K. L., Perales, H. R., & Wainwright, J. D. (2012). *Climate change and the*

transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods , climate justice , and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change*, 22(2), 495–504. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003>

Mercer, K., & Waingwright, J. (2008). Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: An analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(1–3), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.05.007>

Qaim, M., & Kouser, S. (2013). Genetically modified crops and food security. *PloS One*, 8(6), e64879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064879>

Sagarnaga, V. M. L., Salas, G. J. M., & Aguilar, Á. J. (2014). Ingresos y costos de producción 2013. Unidades Representativas de Producción Trópico Húmedo y Mesa Central - Paneles de productores. México: Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).

Tillie, P., Dillen, K., & Rodríguez-Cerezo, E. (2014). Modelling ex-ante the economic and environmental impacts of Genetically Modified Herbicide Tolerant maize cultivation in Europe. *Agricultural Systems*, 127, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.03.004>

Turrent, F. A., Wise, T. A., & Garvey, E. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México.

Wejnert, B. (2002). Integrating models of diffusion of innovations : A Conceptual Framework, 297–326. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.14105>

## **V. RETOS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN LA AGRICULTURA DE MÉXICO**

### **5.1 Dinámica de los OGM en México**

En este capítulo se hace una reflexión basada en la experiencia profesional y evidencia documental sobre la evolución regulatoria; la liberación al ambiente de los cultivos genéticamente modificados; los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación, así como de la problemática que enfrenta la aceptación social de los cultivos genéticamente en el sector agrícola de México. El propósito fundamental, es contextualizar ante la problemática planteada el uso apropiado de la tecnología en los diferentes sistemas de producción mexicanos de los cultivos de soya y maíz.

#### **5.1.1 El marco regulatorio de Organismos Genéticamente Modificados y su evolución.**

Desde 1988, fecha en que el gobierno mexicano recibió la primera solicitud de liberación al ambiente de cultivos genéticamente modificados, se conformó por acuerdo de la hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA) para asesorar la evaluación de solicitudes de Organismos Genéticamente Modificados (OGM) de uso agrícola en México (Massieu, 2005).

Durante 1988 a 1995, CNBA emitió recomendaciones en aspectos científicos, principalmente genéticos y ecológicos, los cuales sirvieron para que la autoridad fitosanitaria (SENASICA) emitiera resoluciones de las solicitudes que recibía; toda vez que la Ley Federal de Sanidad Vegetal de 1994 consideraba que *“la aplicación, uso y manejo de material transgénico en programas experimentales o en el combate de plagas requería del certificado fitosanitario<sup>5</sup>”* puesto que éste era considerado como un insumo fitosanitario (LFSV, 1994).

A partir de 1996, y con la publicación de la “Norma Oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995, en la que se establecieron los requisitos fitosanitarios para la movilización nacional, importación y establecimiento de pruebas de campo de organismos manipulados mediante la aplicación de ingeniería genética”, inicia una nueva etapa de la regulación de los cultivos GM en México, y cuyo objeto fue el control de la movilización dentro del territorio nacional, importación, liberación y evaluación en el medio ambiente o “pruebas experimentales” de organismos manipulados por ingeniería genética para usos agrícolas, y para lo cual eran expedidos certificados de liberación al ambiente (DOF, 1995).

Con el avance importante en la regulación de los cultivos GM, el CNBA se convirtió en el Subcomité Especializado en Agricultura (SEA), mismo que se fortaleció con la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) en 1999 y, además se reconocieron las competencias de diversas Secretarías de Estado en la Regulación de los Organismos Genéticamente Modificados.

---

<sup>5</sup> Para mayor referencia léase el Artículo 43 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal de 1994.

En el mismo año, aun con la NOM-056-FITO-1995 vigente y con la recién conformada Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados, de facto se estableció indefinidamente la “moratoria” para la siembra experimental de maíz en México; mientras tanto se continuó con la liberación al ambiente de otros cultivos genéticamente modificados (GM).

De esta manera, en marzo del año 2005 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) y tres años más tarde, en el año 2008, su Reglamento. Con ambos instrumentos jurídicos vigentes México inició la regulación de la llamada “Biotecnología Moderna” con el propósito fundamental de vigilar la liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de Organismos Genéticamente Modificados<sup>6</sup>.

Finalmente, después de diez años de establecida la moratoria para el cultivo de maíz GM en México, en marzo del año 2009 fue publicado el “Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados”, mismo que a partir de dicha fecha se permite la liberación al ambiente de maíz genéticamente modificado, dando por concluida la moratoria (Conabio, 2012).

Con los instrumentos jurídicos necesarios para la regulación de los cultivos GM, así como, la definición de las competencias para cada una de las Secretarías de

---

<sup>6</sup> Para ampliar información sobre el objeto de la Ley, léase Artículo 1, de la Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. DOF, 2005.

Estado del Gobierno Mexicano involucradas en esta tarea, se establece una nueva etapa de la regulación de los cultivos genéticamente modificados en México, especialmente para aquellas especies que ya habían sido liberadas con anterioridad como el algodón, soya y maíz.

### **5.1.2 Liberación al ambiente de cultivos GM en México.**

El Registro Nacional de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados de la CIBIOGEM<sup>7</sup>, tiene registros que el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), durante el periodo comprendido entre el año 2005 al 2015, otorgó 590 Permisos de Liberación al Ambiente (PLA) de cultivos genéticamente modificados, de los cuales 296 de ellos correspondieron al cultivo de algodón, 202 para maíz, 44 de soya, 41 para trigo y 7 más para otros cultivos.

Del universo de PLA otorgados a las instituciones y empresas públicas y privadas, 466 fueron otorgados en etapa experimental; 113 en programa piloto y sólo 12 en etapa comercial<sup>8</sup>. De estos últimos, 10 fueron para la siembra del cultivo de algodón en estados del Norte de México y 2 para el cultivo de soya a establecerse en los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas, Chiapas y Nayarit.

---

<sup>7</sup><http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/permisos-por-cultivo-durante-este-periodo>.

Fecha de consulta: 8 de marzo de 2017.

<sup>8</sup> La LBOGM en su Artículo 3, Fracciones XVI, XVII y XVIII define tres tipos de liberación al ambiente de Organismos Genéticamente Modificados: Liberación Experimental, Liberación en Programa Piloto y Liberación Comercial.

Las liberaciones, especialmente las comerciales de cultivos GM como el algodón y la soya en el sector agrícola, tuvo como antecedente la aplicación de un marco regulatorio que, en sus inicios fue difuso y poco sólido (especialmente entre de 1988 a 1995) debido a que las instituciones no contaban internamente con una estructura operativa, misma que se fortaleció a partir del 2005 con la publicación de la LBOGM y con la creación de la Dirección de Bioseguridad para Organismos Genéticamente Modificados del SENASICA-SAGARAPA en el 2008.

El hecho de no contar con una estructura operativa rigurosa y regularmente especializada al interior de las instituciones del gobierno mexicano hasta antes de la publicación de la NOM-056-FITO-1995 provocó que, a partir de la entrada en vigor de la Norma, aun cuando esta indicaba que únicamente la liberación de los cultivos GM eran con fines de “*establecimiento de pruebas de campo*” y su certificado de liberación tenía como objetivo la “*investigación o reproducción del material*”, esta consideración no fue del todo atendida de manera institucional puesto que no se generó la información necesaria en estos dos aspectos.

Tan es así, que entre 1996 al 2005 fueron otorgados certificados de liberación al ambiente para los cultivos de soya y algodón para “*pruebas de campo*”, sin considerarse su comercialización. No obstante, los certificados contenían autorizaciones para la liberación de amplias superficies que fueron establecidas como cualquier cultivo comercial, en total desatención de lo previsto en la Norma Oficial Mexicana.

El esquema regulatorio fue inercialmente arrastrado a la implementación de la LBOGM que; aunque ésta considera tres etapas de liberación (experimental, piloto y comercial) cada una de ellas evaluada “caso por caso” y “paso a paso”;

desde la liberación experimental, especialmente de los cultivos de soya y algodón, estos ya eran establecidos de manera comercial al amparo de un “Permiso Experimental”, por lo que, a excepción del maíz dichos cultivos se han sembrado de manera comercial sin importar su estatus regulatorio.

La situación regulatoria trajo consigo que las autoridades competentes en la materia ante la presión pública, especialmente de la anti-transgénica, se centraran merecidamente en el establecimiento de rigurosas “medidas de bioseguridad”, especialmente en la liberación de maíz GM en las etapas experimental y piloto (Solleiro, 2010); con especial atención en los posibles daños que la liberación pudiera causar al medio ambiente, la diversidad biológica, a la salud humana, la sanidad vegetal, animal y acuícola.

En el contexto anterior, la tecnología en el caso del maíz era inadecuada para los diferentes sistemas de producción de México; sumándose a esta situación la falta de generación de información objetiva y oportuna sobre la propuesta de valor de los cultivos GM en relación con su contraparte convencional; sus posibles ventajas agronómicas y económicas como resultado de su aplicación en el sector agrícola por varios años, misma que fue prevista desde la aplicación de la NOM-056-FITO-1995 y la LBOGM.

De manera generalizada, la tecnología transgénica ha sido descalificada, la información debió haberse generado para todos los cultivos liberados al menos desde 1995 con la publicación de la NOM-056-FITO-1995 y posteriormente con la LBOGM, a través de los PLA en cada una de sus etapas previas de liberación e informado mediante los Reportes de Resultados previstos en la Ley para

avanzar en su regulación de una etapa a otra y, para lo cual se dispone actualmente de un marco regulatorio específico.

### **5.1.3 La suspensión de siembra de maíz y soya GM en México.**

La descalificación de la tecnología como inadecuada para México y sus sistemas de producción; la falta de generación de información precisa de los tipos de cultivos GM liberados; los posibles riesgos al medio ambiente y procesos regulatorios difusos e inconclusos en el marco vigente, derivaron en la suspensión de la siembra de maíz transgénico el 17 de septiembre de 2013, a solicitud de la Colectividad de Titulares del Derecho Humano al Medio Ambiente Sano para el Desarrollo y Bienestar de las Personas en contra de la SAGARPA y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como de los permisionarios, a fin de que se *“suspendió cualquier acto por el que se otorgue permiso alguno de liberación al ambiente de maíz genéticamente modificado, ya sea de tipo experimental, programa piloto y comercial”*.

En el mismo sentido, el 4 de noviembre de 2015 la Segunda Sala de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) concedió tres amparos promovidos por comunidades y asociaciones de apicultores en contra del PLA otorgados por la SAGARPA a Monsanto para la siembra en etapa comercial de 253 mil 500 hectáreas de soya GM en siete estados de la república, incluidos los tres de la Península de Yucatán.

La SCJN consideró que se violó el derecho a la consulta libre, previa, informada y culturalmente adecuada. Derecho que se encuentra protegido tanto el artículo 2 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como en el 6 del

Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT); por lo que la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) emitió la recomendación 23/2015 “sobre el caso de vulneración al derecho a una consulta libre, previa e informada en perjuicio de diversas comunidades indígenas”, derivando en la suspensión indefinida de la siembra de soya GM, en tanto no sean realizadas las consultas correspondientes.

## **5.2 Tecnología y problemas productivos**

La compleja situación regulatoria que prevalece en torno a los cultivos genéticamente modificados, derivado de la suspensión de los permisos de liberación al ambiente de maíz y soya genéticamente modificada en el territorio nacional, parece marcar un punto de inflexión en donde las instituciones competentes en la materia deben replantear su papel como reguladores de la tecnología, pero sobre poner en uso el conocimiento y la evidencia técnica científica generada a lo largo de los casi treinta años de experiencia con el uso de cultivos transgénicos.

Por esta razón, y con el propósito de aportar a la referida evidencia técnica y científica, en este apartado se realiza una síntesis analítica de los principales resultados que condujeron la discusión y conclusiones de los dos capítulos anteriores, en ambos casos a fin de prospectar en un horizonte de corto y mediano plazo el uso potencial de la tecnología en los sistemas agrícolas de México, en función de la solución que esta brinda a los problemas que afectan su productividad.

En ese sentido, el análisis económico y agronómico de la adopción de soya genéticamente modificada en el estado de Campeche realizada en el capítulo tres de este documento, mostró tres resultados fundamentales en torno a la tecnología y los sistemas de producción analizados:

- 1) **Oferta tecnológica-problema productivo.** La soya genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato resuelve el principal problema biológico del cultivo (control de malezas), mismo que representa económicamente la mayor proporción de inversión para el sistema de producción en su estructura de costos.
- 2) **Ventaja económica.** Al ser el control de malezas una de las prácticas agronómicas más caras en el sistema de producción convencional de soya, el uso de soya genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato, permite modificar la estructura de costos de producción, al bajar sustancialmente los niveles de inversión en el control de malezas en comparación con su contraparte convencional.
- 3) **Ventaja agronómica.** El uso de soya genéticamente modificada, además de disminuir los costos de producción totales, facilita el proceso productivo del control de malezas, disminuyendo las labores agronómicas asociadas a esta actividad, lo que permite mayores beneficios para el agricultor.

Estas ventajas observadas que derivan directamente de la adopción del cultivo de soya genéticamente modificada muestran que cuando la oferta tecnológica atiende directamente el problema para el cual fue diseñada y, en consecuencia, resulta económicamente importante en el sistema de producción, la tecnología contribuye de manera importante en la competitividad del sistema.

A diferencia en el cultivo maíz, la soya es un cultivo que en su gran mayoría en México se cultiva para un mercado meta perfectamente definido y en donde los sistemas de producción son altamente homogéneos y enfrentan problemas similares en la producción, principalmente el control de malezas. Por ello, la tecnología no enfrenta mayores problemas en su adopción en los diferentes sistemas de producción.

De esta manera, la oferta tecnológica del maíz genéticamente modificado diseñado para favorecer agrónomicamente el control de plagas y malezas en los sistemas de producción analizados en el capítulo cuatro de este documento, muestra que los principales problemas asociados a la productividad del cultivo no se relacionan con la oferta tecnológica del maíz genéticamente modificado, en términos de la posibilidad de reducir los costos de producción en las actividades para el cual fue diseñada la tecnología.

Por un lado, los sistemas de producción de maíz analizados en el territorio nacional muestran una compleja problemática; desde una baja disponibilidad de equipamiento e infraestructura en las lógicas de producción campesina que elevan sus costos de producción y, los altos costos de los insumos y mano de obra en los sistemas intermedios y empresariales. Sin embargo, en todos los casos, la posibilidad de disminuir los costos de producción en el control de plagas y malezas son escasos, pues los niveles de inversión en estas actividades son realmente bajos en comparación de otras actividades como la adquisición de semillas y fertilizantes.

En ese contexto, los incentivos económicos relacionados con una posible mejora de la competitividad de los sistemas de producción basados en ventajas

agronómicas y económicas como se observó en el caso de la soya genéticamente modificada en el estado de Campeche son realmente escasos, aun cuando dichos sistemas tengan la posibilidad de adoptar la tecnología, sobre todo en los sistemas de producción intermedio y empresarial.

A pesar de que el cultivo de la soya y el maíz genéticamente modificado tienen en común el mismo tipo de oferta tecnológica (control de malezas) los beneficios económicos y agronómicos derivados de la adopción de la tecnología pueden resultar totalmente diferentes e inclusive contrastantes, debido a la forma en cómo se gestionan los sistemas de producción y los problemas productivos particulares de cada cultivo y sistema enfrenta.

### **5.3 Retos y perspectivas del uso de cultivos genéticamente modificados en México.**

Uno de los problemas fundamentales que hoy en día enfrentan los organismos reguladores de los cultivos genéticamente modificados en México, es sin duda la poca claridad que se tiene sobre su contribución a la mejora de la competitividad de los sistemas de producción en México. En el presente estudio se evidenció que un mismo tipo de oferta tecnológica en diferentes cultivos genéticamente modificados, pueden tener efectos opuestos en lo económico y agronómico de los sistemas de producción; sin embargo, la generalizan de los resultados a todos los tipos de cultivos pueden afectar la competitividad de dichos sistemas por la introducción de una tecnología inapropiada.

Lo anterior, ha sido el centro de la discusión en torno a la tecnología desde el otorgamiento de los permisos para la liberación al ambiente del maíz

genéticamente modificado en el año 2009. Por un lado, en el proceso regulatorio, tanto la SAGARPA como la SEMARNAT, no tuvieron claridad de la información que se pretendía generar con la liberación del maíz genéticamente modificado, cada una en el ámbito de su competencia, por lo que el proceso regulatorio no sólo no generó los resultados esperados, sino que terminó por afectar negativamente la percepción sobre la tecnología.

En ese sentido, no quiere decir que la tecnología sea obsoleta y su contribución a los diferentes sistemas de producción sea nula, al contrario, el eje central de la regulación de los cultivos genéticamente modificados debe orientarse a la obtención de resultados en los diferentes escenarios productivos, sin perder de vista las características de la tecnología y el sistema de producción, sin referirse únicamente a los cultivos genéticamente modificados más comerciales como la soya, algodón y el maíz.

En este contexto, los retos y perspectivas sobre el uso de la tecnología en México desde el punto de vista productivo ante la diversidad de problemas que enfrenta el sector agrícola, deberían ser: en primer lugar, a los cultivos genéticamente modificados se les debe eliminar la etiqueta de herramienta tecnológica, es decir, que solucionará por si misma los problemas productivos existentes en los diferentes sistemas de producción, sino dimensionar sus alcances y limitaciones en la contribución a la resolución de problemas específicos.

Este ejercicio de investigación está previsto en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados; sin embargo, su aplicación estará en función de la orientación, los objetivos y de la información que se desee generar

con las liberaciones subsecuentes en cada una de las diferentes etapas previas a la comercialización de los cultivos transgénicos.

En segundo lugar, la generación de información obtenida por los permisionarios deriva de los protocolos de liberación bajo los cuales se emiten los permisos de liberación al ambiente de los cultivos genéticamente modificados en evaluación. No obstante, en este ejercicio regulatorio se privilegia el cumplimiento estricto de medidas de seguridad, y no de la medición de los aportes tecnológicos que los transgénicos pueden o no tener hacia la mejora de la competitividad de los sistemas de producción.

En tercer lugar, en cuanto a la medición del aporte tecnológico, debe fortalecerse la participación activa de las instituciones de investigación independientes con prestigio nacional e internacional, aportando través de los resultados de campo información para la toma de decisiones institucionales del ejecutivo federal mediante procesos de evaluación tecnológica objetivas; sin embargo, la participación de las instituciones está lejos de suceder en las decisiones regulatorias, puesto que los mecanismos de evaluación corresponden al ejecutivo federal únicamente.

De hecho, las instituciones de investigación como permisionarias ni si quiera han realizado liberaciones experimentales para evaluar a esta tecnología, en gran medida debido a los elevados costos regulatorios en los que se incurre para la realización de dichas pruebas, siendo el marco regulatorio excluyente para aquellas instituciones y empresas que carecen de financiamiento, limitando su capacidad investigativa.

En el mismo sentido, en cuarto lugar, los cultivos genéticamente modificados se han convertido en una innovación tecnológica excluyente y no inclusiva, de tal manera que productores con escasos recursos difícilmente podrían acceder a este tipo de semillas de alto valor en el mercado, más aún si se desconocen con precisión los posibles beneficios que puedan derivar de su adopción.

Finalmente, en el futuro la tarea más difícil está en desarrollar eventos genéticos que contribuyan a solucionar problemas reales de los sistemas de producción agrícola en México, y no en replicar modelos tropicalizados de producción con la tecnología que distan de la realidad del sector agrícola del país, y a la vez, la adopción de los cultivos genéticamente modificados esté arropada e integrada en procesos conjuntos de mejoras en el equipamiento e infraestructura de las unidades de producción, asistencia técnica y capacitación, financiamiento, tecnificación agrícola, adquisición de insumos, entre otros.

## VI. CONCLUSIONES GENERALES

En el presente estudio se demostró que un mismo tipo de oferta tecnológica en diferentes cultivos genéticamente modificados, es posible observar diferentes efectos económicos y agronómicos en los sistemas de producción. En el caso del cultivo soya, la adopción de soya genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato modifica sustancialmente la estructura de costos de las unidades de producción, lo que resulta en una reducción de los costos totales de producción, principalmente asociados al control de malezas.

En adición, se identifican tres factores que favorecen a la adopción comercial de soya genéticamente modificada; I) existe una relación directa entre la oferta tecnológica y el principal problema biológico de la producción (control de malezas), además representa un alto costo de inversión para el sistema de producción; II) la tolerancia de la soya transgénica al herbicida glifosato permite un menor nivel de inversión económica en el control de malezas en comparación de su contraparte convencional, disminuyendo los costos totales de producción y; III) la tecnología facilita el proceso productivo reduciendo el número de labores agronómicas en el control de malezas.

Por otra parte, en el caso del cultivo maíz, de liberarse comercialmente el maíz genéticamente modificado tolerante al herbicida glifosato y resistente a insectos, no contribuiría a la solución de los problemas productivos de los diferentes sistemas de producción en México. De esta manera, no existirían los incentivos económicos ni agronómicos que favorezcan su adopción, debido a que las

actividades de control de plagas y enfermedades asociados a la oferta tecnológica, representan una menor inversión en comparación de otras actividades productivas (fertilización y adquisición de semillas), por lo que la decisión de adoptar maíz genéticamente modificado estaría en función de la valoración económica de la inversión que implica su adopción y de la disminución de los costos en el control de plagas y malezas.

Finalmente, la potencial adopción de las semillas de maíz genéticamente modificadas en las unidades de producción es posible determinarse a través de dos aspectos: i) los beneficios económicos y agronómicos que traerá para el sistema de producción con su adopción y ii) los factores que favorecen o condicionan la adopción de la tecnología transgénica por la forma de gestionarse de los propios sistemas de producción, es decir, el nivel tecnológico prevaeciente, si usa o no semillas mejoradas, si lleva a cabo prácticas de fertilización y si dispone o no de riego para aprovechar de mejor manera las semillas genéticamente modificadas.

## VII. LITERATURA CITADA

- AgroBio México. (2015). México levanta medida judicial contra la siembra de maíz transgénico. México.
- Aibar, E. (2002). El conocimiento científico en las controversias públicas. In E. Aibar & M. A. Quintanilla (Eds.), *Cultura Tecnológica. Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 105–126).
- Bijker, W. E., & Law, J. (1992). *Shaping Technology / Building Society. Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge.
- Brante, T. H. (1993). Reasons for studying scientific and science-based controversies. In S. Fuller & W. Lynch (Eds.), *Controversial science* (pp. 177–192). Nueva York: State University of New York Press.
- Cáceres, D. M. (1999). Tecnología apropiada y desarrollo rural: una revisión crítica. *Población & Sociedad*, (6–7), 197–227.
- Conabio. (2012). Documento base sobre solicitudes de liberación comercial de maíz genéticamente modificado en México. Retrieved, November 8, 2017, [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/ConsideracionesGralesMaizGMComercial\\_fin.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/ConsideracionesGralesMaizGMComercial_fin.pdf)
- DOF. (2005). Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados. México.
- Escobar, M. D. A. (2003). La evolución tecnológica de las semillas de maíz durante el siglo XX. In *Ecología Política* (pp. 79–90). Icaria. Barcelona,

España.

Estévez, Á. (2016). Costos Estimados de Producción de Cultivos Agrícolas y Productos Pecuarios, 2016. Santo Domingo D.N., República Dominicana.

FAO. (1998). Costos de producción. In A. Zugarramurdi & A. Parín, María (Eds.), Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera (p. 351). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s06.htm>

FAO. (2009). High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Fao. Roma.

FAO, & SAGARPA. (2012). Capítulo II. Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México 2012. México.

Freeman, C. (1998). La economía del cambio tecnológico, 403. Retrieved from [https://www.innova.uned.es/webpages/innovaciontecnologica/mod1\\_tema1/estudio17.pdf](https://www.innova.uned.es/webpages/innovaciontecnologica/mod1_tema1/estudio17.pdf)

González, Á. M. A. (2008). Efectos jurídicos del maíz genéticamente modificado en los pueblos indígenas. Universidad Nacional Autónoma de México.

González, M. I., López, J. A., & Luján, J. L. (1996). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología. Madrid, España: Tecnos.

Herrera, A. (1979). Desarrollo, Tecnología y Medio Ambiente” en La Tecnología Latinoamericana. Cuadernos Del CIFCA, (1), 61–72.

- James, C. (2014). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014*. Ithaca, NY.
- Katz, J., & Bárcena, A. (2004). El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico. El caso de los productos transgénicos. In A. Bárcena, J. Katz, C. Morales, & M. Schaper (Eds.), *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto* (Naciones U, pp. 19–31). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Londres, Mac Millan.
- Landini, F. (2012). Problemas en la extensión rural paraguaya: modelos de extensión en la encrucijada, 9(69), 127–149.
- Malthus, T. R. (1964). *Principles of Political Economy* (1ra ed.). New York.
- Massieu, T. C. Y. (2009). Cultivos y alimentos transgénicos en México: El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. *Argumentos*, 22(59), 217–243.
- McMahon, M., & Valdés, A. (2011). Análisis del extensionismo Agrícola en México. 50 Mejores políticas para una vida mejor. Retrieved from [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/extensionismo/estudio ocde extensionismo.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/extensionismo/estudio_ocde_extensionismo.pdf)
- OCDE-FAO. (2014). *Perspectivas Agrícolas 2014 - 2023*. México.
- OECD. (2006). *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 6: OECD Consensus Documents, Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology* (Vol. 6). Paris: OECD Publishing.

- Olaya, D. A. (2008). Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una aproximación teórica desde el pensamiento schumpeteriano. *Revista Ciencias Estratégicas*, 16(20), 237–246.
- Osorio, O. M. (1995). *Los costos y las decisiones en agricultura una actividad olvidada*. Buenos Aires, Argentina.
- Paarlberg, R. L. (2003). *La política de la precaución: cultivos modificados genéticamente en países en desarrollo*. Washington, DC.: International Food Policy Research Institute.
- Reddy, A. K. (1979). National and regional technological groups and institutions. In A. S. Bhalla (Ed.), *Towards Global Action for Appropriate Technology*. Geneva: International Labour Office.
- Ricardo, D. (1921). *On the Principles of Political Economy and Taxation* (third edit). Ontario, Canada.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological Change. In S. Rayner & E. Malone (Eds.), *Human Choice and Climate Change. An International Assessment* (Vol. 2, pp. 327–399). Washington D.C: BatellePress.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Salter, W. (1960). *Productivity and technical change*. Cambridge University Press.
- Schejtman, A. (1980). *Economía campesina: lógica interna, articulación y persistencia*. Santiago de Chile, Naciones Unidas: Revista de la CEPAL.
- Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful - a study of economics as if people*

mattered. New York: Harper & Row.

Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process* (. (McGraw-Hill, Ed.). New York and London.

SENASICA. (2015). Régimen de permisos de liberación al ambiente. Dirección de bioseguridad para organismos genéticamente modificados. Retrieved August 20, 2017, from <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/Eventos/CIBIOGEM/Taller-participativo/Presentaciones/3.SENASICA-PMC1-TP3IN.pdf>

Shanin, T. (1976). *Naturaleza y lógica de la economía campesina*. Anagrama, Barcelona.

Shanin, T. (1979). *Campesinos y sociedades campesinas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Volume I. The Glasgow Edition of the Works and Correspondence of Adam Smith. Indianapolis.

Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth, *Quarterly Journal of Economics* (Vol. 70).

Turrent-Fernández, A., & Cortés-Flores, J. I. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 265–272. Retrieved: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323214>.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Principales características de los eventos genéticos de soya transgénica liberados en México.

Número	Evento genético	Rasgos conferidos§	Etapa de liberación
1	MON-Ø4Ø32-6	Tolerancia al herbicida glifosato	Comercial
2	DP-356Ø43-5	Tolerancia al herbicida glifosato e inhibidores de la ALS	Experimental
3	DP-356Ø43-5 x MON-Ø4Ø32-6	Tolerancia al herbicida glifosato e inhibidores de la ALS	Experimental
4	DP-3Ø5423-1 x MON-Ø4Ø32-6	Alto contenido de ácido oleico y bajo contenido de ácido linoleico; tolerancia al herbicida glifosato	Experimental
5	DP-3Ø5423-1 x MON-Ø4Ø32-6	Tolerancia al herbicida glifosato e inhibidores de la ALS; alto contenido de ácido oleico y bajo contenido de ácido linoleico; tolerancia al herbicida glifosato	Experimental
6	ACS-GMØØ6-4	--	Experimental

Fuente: SENASICA, 2016; §<http://www.cera-gmc.org/GMCropDatabase>.

Fecha de consulta: 11 de febrero de 2017.

**Anexo 2.** Eventos genéticos de maíz genéticamente modificados liberados al ambiente en México.

<b>Núm.</b>	<b>Evento genético</b>	<b>Características<sup>§</sup></b>
1	MON-ØØ6Ø3-6	Tolerancia al herbicida glifosato
2	DAS-Ø15Ø7-1	Resistencia a insectos y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio
3	DAS-59122-7	Resistencia a insectos coleópteros
4	MON-89Ø34-3	Resistencia a insectos lepidópteros
5	MON-88Ø17-3	Tolerancia al herbicida glifosato y resistencia a insectos coleópteros
6	MON-ØØØ21-9	Tolerancia al herbicida glifosato
7	MON-ØØ81Ø-6	Resistencia al barrenador europeo del maíz
8	DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØ6Ø3-6	Resistencia a insectos y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio
9	MON-ØØ81Ø-6 x DAS-59122-7	Resistencia al barrenador europeo del maíz y resistencia a insectos coleópteros
10	MON-89Ø34-3 x MON-ØØ6Ø3-6	Resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia al herbicida glifosato
11	MON-89Ø34-3 x MON-88Ø17-3	Resistencia a insectos lepidópteros, coleópteros y tolerancia al herbicida glifosato
12	DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØ81Ø-6 x MON-ØØ6Ø3-6	Tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio y resistencia a insectos lepidópteros
13	MON-89Ø34-3 x DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØ6Ø3-6	Resistencia a insectos lepidópteros; resistencia a insectos y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio y tolerancia al herbicida glifosato

<b>Núm.</b>	<b>Evento genético</b>	<b>Características<sup>§</sup></b>
14	SYN-BTØ11-1 x SYN-IR162-4 x MON-ØØØ21-9	Resistencia a un amplio rango de insectos lepidópteros y tolerancia al glifosato y glufosinato de amonio
15	SYN-BT-Ø11-1 x SYN-IR6Ø4-5 x MON-ØØØ21-9	Tolerancia al herbicida glifosato, glufosinato de amonio y resistente a insectos lepidópteros
16	SYN-BT-Ø11-1 x SYN-IR162-4 x SYN-IR6Ø4-5 x MON-ØØØ21-9	Resistencia a algunas especies de coleóptero, lepidópteros y tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio
17	SYN-BTØ11-1 x SYN-IR162-4 x DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØØ21-9	Múltiple resistencia a herbicidas e insectos
18	DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØ81Ø-6 x SYN-IR162-4 x MON-ØØ6Ø3-6 SYN-BTØ11-1 x SYN-IR6Ø4-5 x	Tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos
19	DAS-Ø15Ø7-1 x SYN-Ø53Ø7-1 x MON-ØØØ21-9 SYN-BTØ11-1 x SYN-IR162-4 x	Múltiple resistencia a herbicidas e insectos
20	SYN-IR6Ø4-5 x DAS-Ø15Ø7-1 x SYN-Ø53Ø7-1 x MON-ØØØ21-9	Múltiple resistencia a herbicidas e insectos

Fuente: SENASICA, 2014.

§ <http://www.cera-gmc.org/GMCropDatabase>.

Fecha de consulta: el 23 de febrero de 2017.