



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES
RELACIONES INTERNACIONALES

Perspectivas internacionales frente a los riesgos ambientales de la biotecnología en la agricultura, otras alternativas para el sector agrícola y la situación en México durante la última década.

T E S I S

Que para obtener el título de:

Licenciada en Relaciones Internacionales

Presenta:

MARÍA FERNANDA NAVARRO GONZÁLEZ

Director de tesis:

DR. ANDRÉS ÁVILA AKERBERG

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

Agradezco a la vida, que me ha dejado llegar a este momento, en el que culmino mis estudios de licenciatura.

A Martha González y Marco Navarro, que han sabido ser padres ejemplares guiándome por el buen camino e inculcándome valores que me han servido para ser mejor persona. Les agradezco mucho la confianza que han tenido en mi y por el empuje que me dieron para poder terminar mi tesis. Les doy gracias por todo el cariño y amor que, desde que tengo memoria, me han brindado; sé que difícilmente podré compensar todo lo que han dado y hecho por mí, así que solamente puedo decirles que seguiré el ejemplo que me han dado y que sepan que es un orgullo y bendición tenerlos a mi lado.

A Toño, por ser mi hermano pequeño que tuvo el detalle de estar atento al proceso de mi tesis. Hermano, espero puedas lograr todo lo que te propones y que sepas que siempre estaré apoyándote.

A mi abuelita Juanita, que me dio y me sigue dando posada en su casa. Sin ella, seguramente hubiera sido más difícil haber concluido. Gracias abuelita por abrimme las puertas de tu casa y de tu corazón, por escucharme y esperarme siempre que llegaba tarde, este esfuerzo es para que veas que gracias a tu apoyo, por fin terminé mi tesis; eres un ejemplo de vida y quiero que estés orgullosa de mi tanto como yo de ti.

A Martín, que juntos como colegas, amigos y novios, pudimos concluir este proceso. Gracias por tu apoyo, por el tiempo que me ahorraste yendo por mí, por hacer menos tedioso el tiempo que destinábamos para escribir y por estar ahí cuando necesitaba algún consejo.

A mi director de tesis el Doctor Andrés Ávila, especialmente por su paciencia, tiempo y conocimiento, pues a pesar de que en algunos momentos hubo intermitencias, nunca negó su ayuda a la elaboración de esta investigación, sino al contrario, siempre me apoyó para lograr el objetivo final: concluir la tesis.

Y por supuesto, a mi querida Universidad, porque gracias a lo que aprendí en tus aulas desde la preparatoria, he forjado mi personalidad orientándola a ser un mejor individuo para la sociedad, con valores que solamente en tus recintos se aprenden y aprehenden. Me siento tan afortunada y agradecida de haber formado parte de esta institución, sin duda, fue la etapa más bonita de mi vida estudiantil y sé que a donde quiera que vaya, con la cabeza muy en alto diré "soy orgullosamente UNAM".

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

Vandana Shiva.

Introducción

1. Los riesgos ambientales de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética en el cultivo de semillas genéticamente modificadas	1
1.1. Conceptos básicos sobre la aplicación de la ingeniería genética	3
1.2. Los riesgos ambientales del cultivo de semillas genéticamente modificadas.....	5
1.2.1. Erosión genética	9
1.2.2. Probabilidad de comportarse como malezas o invasores.....	11
1.2.3. Efectos en organismos no blanco (diversidad de especies)	14
1.2.4. Efectos no esperados del “paquete tecnológico”	16
2. La aplicación de la agrobiotecnología; una perspectiva a nivel internacional y nacional.....	19
2.1. Ranking mundial de los países con mayor número de hectáreas destinadas al cultivo de OGM's.....	28
2.2. Panorama general del país que mayor número de hectáreas destina al cultivo de OGM: Estados Unidos.....	29
2.3. Posturas de actores internacionales respecto al uso de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética para la producción de cultivos transgénicos.....	38
2.3.1. Postura de los organismos internacionales gubernamentales ante la siembra de semillas transgénicas.....	40
2.3.1.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).....	41
2.3.1.2. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).....	45
2.3.2. Organismos no gubernamentales.....	48
2.3.2.1. Greenpeace.....	48
2.3.2.2. Fundación Semillas de Vida.....	50
2.3.2.3. Grupo de Estudios Ambientales, A.C. (GEA).....	50
2.3.3. Empresas transnacionales.....	53
2.3.3.1. Monsanto.....	53
2.3.3.2. Syngenta.....	56
2.4. El cultivo de transgénicos en México.....	59

3. Alternativas aplicadas al sector agrícola.....	67
3.1. Agricultura de precisión.....	68
3.1.1. El caso de Argentina.....	73
3.1.2. Agricultura de precisión en México.....	76
3.2. Agricultura urbana.....	80
3.2.1. El caso de Cuba.....	80
3.2.2. Agricultura urbana en México.....	88
Conclusión.....	94
Fuentes consultadas.....	100

Índice de cuadros

Cuadro 1 Ilustración que muestra cómo actúan las enzimas de restricción y ligasa.....	4
Cuadro 2 Gráfica del producción total de cereales.....	21
Cuadro 3 Gráfica de rendimientos por hectárea.....	21
Cuadro 4 Gráfica del porcentaje del PIB que designan países para investigación y desarrollo.....	24
Cuadro 5 Imagen del aumento del área cultivada con transgénicos a nivel Global.....	25
Cuadro 6 Gráfica del área global de OGM, por cultivo.....	26
Cuadro 7 Imagen de los cultivos Bt en el mundo.....	27
Cuadro 8 Gráfica del financiamiento biotecnológico en Estados Unidos.....	31
Cuadro 9 Gráfica de la adopción de los cultivos genéticamente modificados en Estados Unidos. De 1996 al 2014	34
Cuadro 10 Porcentaje del número de hectáreas cultivadas.....	35
Cuadro 11 Solicitudes recibidas para autorizaciones y liberaciones al ambiente de cultivos GM entre 2009 y 2012.....	60
Cuadro 12 Datos de cultivo, superficie solicitada y superficie permitida de cultivos genéticamente modificados entre 2009 y 2012.....	60
Cuadro 13. Imagen del ciclo básico de la agricultura de precisión.....	69
Cuadro 14 Porcentaje del PIB en México en comparación con otros países latinoamericanos.....	73
Cuadro 15 Imagen de la organización de la agricultura urbana en Cuba.....	79
Cuadro 16 Subprogramas de cultivos, pecuarios y de apoyo.....	80

Introducción

La innovación tecnológica se presenta con la finalidad de emprender un nuevo modelo que permita optimizar procesos, formas, aparatos, etc. Sin embargo, para considerar que la nueva herramienta tecnológica mejorará los modelos que ya existían, es necesario que se lleven a cabo pruebas a corto, mediano y largo plazo que garanticen su correcta funcionalidad. Y si hablamos que dichas innovaciones están diseñadas para que el ser humano y su entorno sigan coexistiendo en el planeta Tierra, es todavía más importante aún certificar que sean seguras y efectivas.

Las expectativas que genera la tecnología son altas pues se busca una transformación real. No obstante, es necesario que la sociedad civil tenga la capacidad de decidir si las herramientas tecnológicas que se implementan, son adecuadas según criterios ambientales socioculturales y económicos.

Durante las últimas tres décadas se ha presenciado una revolución tecnológica que ha cambiado paradigmas y formas de vivir. Dicha revolución tiene como vectores las tecnologías de la información, la nanotecnología, la biomedicina y la biotecnología.

Debido al rápido progreso que ha tenido la biotecnología, se le ha nombrado "Revolución Genética" a la oleada de innovaciones derivadas de ésta, comparándola con la Revolución Verde que aconteció en los años sesenta y setenta. La uso de la biotecnología se ha implementado en varios sectores entre los que destacan: la medicina (enfocada principalmente en el sector farmacéutico) el sector químico y el sector agrícola.

La biotecnología aplicada a la agricultura consiste en la manipulación del genoma de distintas especies que, de forma natural, no es posible su combinación; toma genes de una o varias especies para recombinarlas e insertarlas en las células de otras especies. Es por medio de esta tecnología que se crean organismos genéticamente modificados (OGM) con distintas peculiaridades como puede ser resistencia a compuestos tóxicos o a insectos.

Derivado de lo anterior, se ha generado un debate internacional en el que se muestran distintas posturas respecto de la biotecnología aplicada al sector agrícola. Las posturas van dirigidas a varios ámbitos, el económico y las ventajas productivas que trae consigo, el social y la dependencia de los agricultores hacia semillas OGM creadas por grandes transnacionales, el cultural y la pérdida de semillas originarias contaminadas por OGM's, y la ambiental, que señala los riesgos al entorno con la presencia de semillas que alteran ecosistemas, la creación de nuevas plantas que no son naturales, sino que fueron modificadas con genes que les brindan características específicas como la resistencia a herbicidas, a determinados insectos, a enfermedades causadas por hongos, bacterias o virus, entre otros.

Debido a que las consecuencias de la aplicación de la biotecnología a través de la ingeniería genética en el sector agrícola para la producción de semillas genéticamente modificadas no son certeras para ningún país, el tema es discutido a nivel internacional por diversos actores, entre ellos, organismos internacionales gubernamentales, organismos no gubernamentales, Estados y empresas transnacionales.

En la presente investigación, abordaremos el ámbito ambiental por ser uno de los más preocupantes y del cual se desprenden grandes debates entre actores internacionales que señalan si existe o no un riesgo inminente para el entorno y su relación con el ser humano. Para eso es importante tener en cuenta la postura de los actores principales que participan en esta discusión, lo anterior para entender el alcance y las consecuencias que tiene la biotecnología aplicada en la agricultura.

Con la creación de semillas OGM surgen diversas opiniones de actores internacionales, que rodean y cuestionan su cultivo. Los organismos internacionales gubernamentales y los organismos no gubernamentales son dos actores que destacan el tema ambiental como uno de los ámbitos más controversiales donde las preocupaciones se centran en las consecuencias que pueda tener la producción y uso de los transgénicos, ya que la interacción de la

semilla modificada genéticamente, con su entorno físico, puede llegar a intercambiar su material genético con cultivos convencionales y parientes silvestres emparentados. Es decir, la contaminación que se generaría por el inevitable flujo genético, podría afectar a otros cultivos y especies silvestres causando alteraciones impredecibles en la biodiversidad; de igual forma se tiene la preocupación por cubrir la demanda de productos agrícolas sin llegar a la deforestación.

Ahora bien, uno de los actores más importantes en la creación y el desarrollo de OGM son las empresas proveedoras de tecnologías y productos para la agricultura. De las más importantes a nivel global se encuentra Monsanto quien argumenta junto con otras empresas del sector, que a través de la innovación tecnológica los alimentos pueden ser más baratos y por otra parte, las semillas son creadas con propiedades que les permiten ser más resistentes y productivas. Es decir, los beneficios directos que se obtienen son económicos pues permite una mayor productividad, en un menor tiempo, a un bajo costo; no obstante, a pesar de su discurso, existe la discusión de si cultivar semillas genéticamente modificadas trae ventajas a los campesinos que las compran o si sólo representan enormes ganancias para las empresas que las producen. Este hecho a su vez, ha generado otra cuestión: la aparición de oligopolios en el sector agrícola y generación de la práctica de la especulación que deviene en mayor dependencia alimentaria.

En cuanto a las contribuciones al medioambiente, los beneficios que esas empresas transnacionales dedicadas a la biotecnología destacan, son que la introducción de esos cultivos reducirían o incluso eliminarían las enormes pérdidas de cosechas debido a las malas hierbas, plagas de insectos y patógenos. Las compañías argumentan que el uso de sus cultivos añadirían efectos benéficos al ambiente pues tendrían una reducción significativa en el uso de agroquímicos.¹ Sin embargo, existe evidencia que sugiere que tanto los cultivos resistentes a

¹ Miguel A. Altieri, et. al. Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture, México, United Nations Environment Programme, 2005, p. 53

herbicidas como a insecticidas, no están realmente enfocados a los problemas para los que fueron designados.²

Por lo anteriormente expuesto, esta investigación tiene por objetivo conocer cuáles son los riesgos medioambientales del uso de la biotecnología en la agricultura, las posturas de los principales actores internacionales relacionados en este tema, investigar otras alternativas que, sin descartar el uso de tecnologías, han implementado algunos países, para aterrizarlo y analizar el caso de México y así ser capaz de conocer cuál ha sido su situación y si es posible que se puedan implementar o si ya se están implementando otras formas agrícolas alternas al uso de los OGM.

En este sentido, se busca demostrar la hipótesis de que si la biotecnología aplicada al sector agrícola no garantiza la preservación del medio ambiente, entonces es necesario buscar alternativas que, sin desacreditar el uso tecnológico, puedan satisfacer la demanda de alimentos al mismo ritmo de crecimiento de la población sin afectar el entorno ambiental.

Para tal efecto, primero se estudiarán los conceptos básicos sobre la aplicación de la ingeniería genética y cuáles son los riesgos ambientales del cultivo de semillas genéticamente modificadas, tales como la erosión genética, la probabilidad de comportarse como malezas o invasores, los efectos en organismos no blanco (diversidad de especies) y los efectos no esperados del paquete tecnológico. Posteriormente, se examinará la aplicación de la agrobiotecnología a nivel internacional y nacional, en donde se revisará de forma general el caso de Estados Unidos, país que mayor número de hectáreas destina al cultivo de transgénicos y donde se creó la empresa más grande del mercado en este ámbito, Monsanto.

Asimismo, se analizará las distintas posturas de actores internacionales, tales como organismos internacionales gubernamentales en donde revisaremos a la FAO y a la OCDE; organismos no gubernamentales donde se investigará la

² *Ibid.*, p. 54

postura de Greenpeace, Fundación Semillas de Vida y al Grupo de Estudios Ambientales, A.C., y a las empresas transnacionales, específicamente a Monsanto y Syngenta. Cerraremos este capítulo analizando el caso de México, conociendo cuál ha sido el desarrollo de la aplicación de la biotecnología en el sector agrícola de nuestro país.

Finalmente, explicaremos algunas otras alternativas aplicadas al sector agrícola distintas al cultivo de transgénicos, en donde describiremos la agricultura de precisión, exponiendo el caso de Argentina para después explicar si resulta conveniente su aplicación en México. Posteriormente, analizaremos el caso de la agricultura urbana en Cuba y su uso en nuestro país como alternativa a los cultivos genéticamente modificados. En ambos casos, la agricultura de precisión y la agricultura urbana, se examinarán cuáles son los beneficios y desventajas de estas alternativas, así como qué oportunidades y debilidades presenta nuestro país para la implementación de las mismas.

1. Los riesgos ambientales de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética en el cultivo de semillas genéticamente modificadas.

A lo largo del tiempo, la diversidad biológica siempre se ha visto amenazada por una serie de factores como la deforestación, los incendios, la invasión de especies exóticas y otros. Sin embargo, desde hace poco más de tres décadas, la biotecnología es considerada como una de las amenazas al medio ambiente, más preocupante para ciertos sectores sociales.

Siendo parte del abanico de innovaciones que ha desplegado la llamada Tercera Revolución Científico-tecnológica³, la biotecnología ha causado gran controversia dando lugar a diferentes opiniones sobre su aplicación a la ingeniería genética en la creación de semillas genéticamente modificadas utilizadas para cultivo. Las opiniones que se han vertido involucran distintos temas que van desde el económico hasta el cultural, pasando por el sector salud, el político y el ambiental donde, de acuerdo a cada perspectiva, las posturas apuntan hacia un beneficio o un perjuicio para la humanidad.

Debemos comenzar sabiendo que el sector agrícola ha tenido diversas transformaciones e implementaciones a lo largo de la historia. En los años ochenta, comenzó una de las innovaciones más importantes que siguen desarrollándose hasta la actualidad: la utilización de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética para la modificación de genes en semillas.

"En la década de 1970, el desarrollo de la biotecnología estuvo íntimamente ligado al de la ingeniería genética de microorganismos."⁴ Sin embargo, fue hasta 1983

³ Yolanda Massieu Trigo, *et al.*, "Consecuencias de la biotecnología en México: el caso de los cultivos transgénicos", *Sociológica*, año 15, número 44, CONACYT, septiembre-diciembre, 2000, p. 136.

Otros autores señalan que es la sexta revolución tecnológica del inicio del siglo XXI en la que convergen cuatro áreas de la ciencia: las nanociencias; la biotecnología y la ingeniería genética; las tecnologías de la información y las comunicaciones; y la ciencia cognitiva en asociación con las neurociencias. Fuente: Martha C. Domínguez y Felipe García-Vallejo, "La sexta revolución tecnológica: El camino hacia la singularidad en el siglo XXI", [en línea], Colombia, *El hombre y la máquina*, vol. XXI, núm. 33, julio-diciembre, 2009, Dirección URL: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=47812225002>, [consulta: 9 de agosto de 2012]

⁴ Alicia Bárcena, Jorge Katz, *et al.*, *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Chile, CEPAL, Naciones Unidas, 2004, p. 46.

que se produjeron las primeras plantas transgénicas⁵ y con ello, tuvo lugar un debate que actualmente sigue despertando diferentes opiniones en el ámbito internacional.

Por un lado, están quienes opinan que el uso de cultivos transgénicos representa un gran avance en la ciencia para contravenir los problemas que provocan las plagas y la hambruna en el medio ambiente y en la salud humana. Por otro lado, hay quienes piensan que si bien el desarrollo de estas prácticas significan un gran progreso en la biotecnología, su aplicación tanto en los cultivos dirigidos al consumo humano como en las plantas que están en contacto con otras especies, también representan un riesgo para el ser humano y una amenaza para el medio ambiente ya que no se sabe con exactitud las consecuencias derivadas del consumo a largo plazo de alimentos derivados de los cultivos transgénicos⁶, así como tampoco se tiene la certidumbre de que no ocurran cambios en los ciclos biológicos de los ecosistemas al permitir el flujo de genes de los cultivos GM a través del polen.

Es a partir de estas últimas opiniones donde se tiene la idea de que la biotecnología puede representar enormes riesgos al medio ambiente; diversos científicos han dedicado sus investigaciones en conocer cuáles son las mayores amenazas que enfrentaría el entorno con los cultivos diseñados a partir de la ingeniería genética.

A lo largo de este primer capítulo presentaremos los conceptos básicos necesarios para entender el proceso de la aplicación de la biotecnología en la ingeniería genética para posteriormente explicar la problemática que se abordará a lo largo de la investigación: los riesgos que corre el medio ambiente con el cultivo de organismos genéticamente modificados. A continuación, señalaremos las investigaciones que se han distinguido por ser las más preocupantes y relevantes para la sociedad internacional en el ámbito ambiental.

⁵ *Ibid.*, p. 47

⁶ Carlos A. Blanco, Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana, México, Fondo de Cultura Económica, 2008, p. 49

1.1 Conceptos básicos sobre la aplicación de la ingeniería genética

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define a la biotecnología como: "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos."⁷ Ahora bien, una de las herramientas más importantes para el desarrollo de la biotecnología es la ingeniería genética, la cual puede definirse como "[...] un conjunto de técnicas y de estrategias que permiten aislar genes y modificar el programa genético de las células."⁸ En otras palabras es "[...] un conjunto de manipulaciones que nos permiten combinar genes de distinta procedencia, amplificarlos y transferirlos de una célula a otra."⁹ La aplicación de la biotecnología en el área agrícola se conoce como agrobiotecnología la cual "[...]utiliza toda una gama de herramientas derivadas de investigaciones en biología molecular, entre las que destacan la micropropagación y el cultivo de células y tejidos; la fusión de protoplasmas; el cultivo de polen, y la transferencia de genes."¹⁰

Todos los organismos están constituidos por células y cada una de ellas tiene un núcleo donde alberga la información genética la cual está contenida en una o varias moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN). El ADN "[...] está constituido por dos cadenas paralelas unidas entre sí mediante puentes moleculares que se establecen entre pares de moléculas conocidas como bases nitrogenadas [...]"¹¹ las cuales son conocidas comúnmente como bases y pueden ser de cuatro tipos diferentes: adenina, timina, guanina y citosina. "La información genética contenida en el ADN está dada por la secuencia en la que se distribuyen las cuatro bases."¹²

La ingeniería genética, para realizar la modificación del genoma de un organismo, "[...] se vale de una serie de ingeniosas estrategias que permiten manipular de

⁷ *Convenio sobre la diversidad biológica*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>, [consulta: 3 de abril de 2013]

⁸ Gloria Morcillo, et. al., *Biotecnología y alimentación*, Madrid, UNED, 2005, primera edición, p. 25

⁹ Marta Izquierdo Rojo, *Ingeniería genética y transferencia genética*, s/lugar de edición, Pirámide, Prefacio.

¹⁰ Alicia Bárcena, *op. cit.*, p. 47

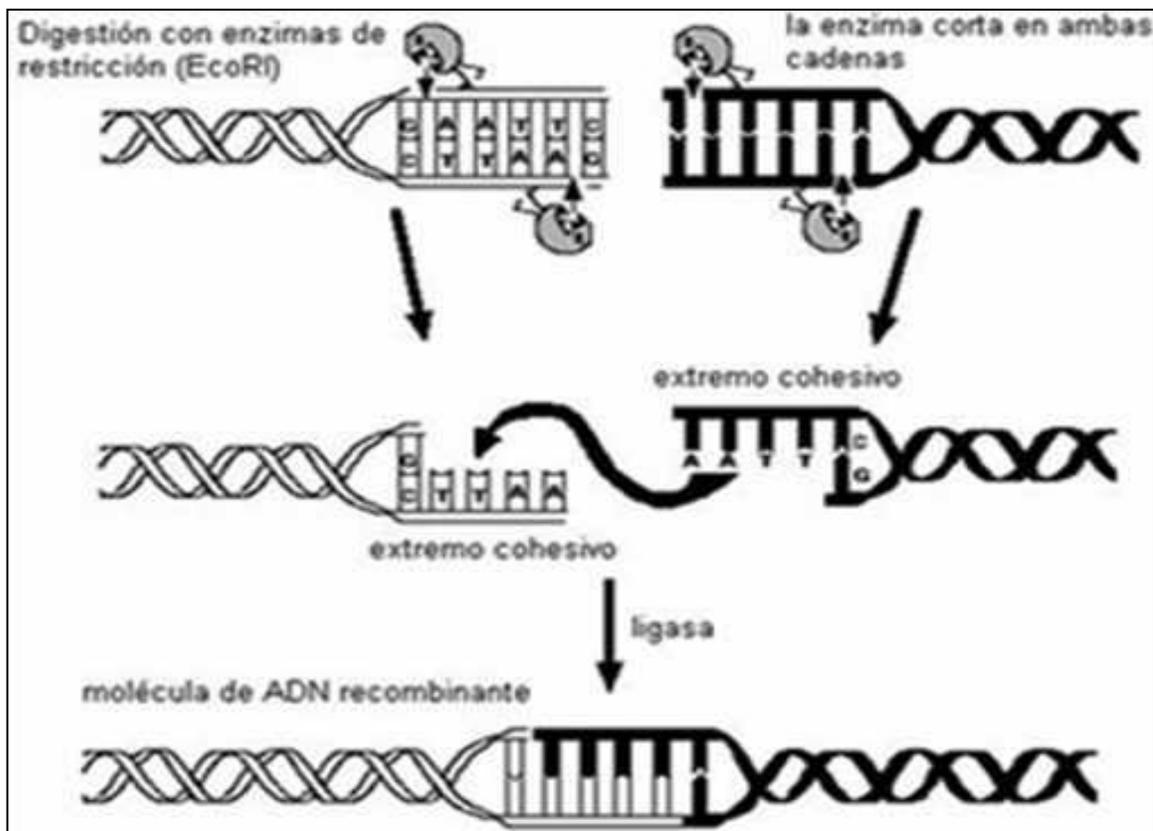
¹¹ Carlos A. Blanco, *op. cit.*, p. 25

¹² *Ibidem*.

forma controlada, dirigida y con la mayor precisión posible el ADN [Ácido Desoxirribonucleico] [...]."¹³ Las herramientas que utiliza para llevar a cabo la manipulación son:

- Enzimas de restricción, las cuales sirven como tijeras para cortar el ADN por unas secuencias determinadas.¹⁴ (ver imagen 1)
- La enzima llamada ligasa, sirve como pegamento para pegar un gen o unos cuantos genes aislados de un genoma e integrarlos a otro genoma distinto.¹⁵ (ver imagen 1)

Cuadro 1: Ilustración que muestra cómo actúan las enzimas de restricción y ligasa.



Fuente: Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología; Las enzimas de restricción: las "tijeras moleculares" de los ingenieros genéticos.

¹³ Gloria Morcillo, *op. cit.*, p. 26

¹⁴ *Ibidem.*

¹⁵ *Ibidem.*

- Un vector el cual sirve como vehículo que transporta el gen que se introduce en la célula para integrarlo en el genoma. La célula a la que se introduce el gen, se le conoce como hospedadora. Dependiendo del objetivo final del experimento que se pretenda realizar con la ingeniería genética, se elige a la célula hospedadora y el vector adecuado para ella diseñándose la estrategia a seguir.¹⁶

Cuando a un ser vivo se le integra, elimina, inactiva o sustituye algún gen se le conoce como Organismo Genéticamente Modificado (OGM).¹⁷ Un organismo transgénico es el que "[...] integra en su material genético uno o varios genes procedentes de otra especie, [...]"¹⁸ es decir, de una diferente a la suya. Así pues, es importante tener en cuenta que no todo organismo genéticamente modificado es transgénico, pero si todo transgénico es un organismo genéticamente modificado.

1.2 Los riesgos ambientales del cultivo de semillas genéticamente modificadas

Cuando hacemos mención a la palabra riesgos o amenazas, es preciso conocer cuál situación es la que estamos enfrentando y de qué forma podemos evitarlo y/o contrarrestarlo. Uno de los temas más importantes a nivel global son los riesgos que se derivan del creciente y alarmante deterioro medio ambiental para la seguridad de los seres humanos.

De ahí que surja el concepto de seguridad ambiental, el cual se puede definir como "la situación de una persona o de una colectividad humana que se encuentra exenta de daños ambientales que amenazan su existencia o deterioran la calidad de su vida, así como el peligro de ser víctima de esos daños".¹⁹ Fue en Estocolmo, durante el año 1972 que en la Conferencia de las Naciones Unidas

¹⁶ *Ibid.* p. 26, 27.

¹⁷ *Ibid.* p. 31

¹⁸ Lluís Cardona Pascual, *Genética*, España, Océano, 2001, p. 105

¹⁹ CEPAL p. 15, 16.

sobre el Medio Humano, se revisó ésta temática desde una perspectiva política sobre un plano internacional.

El concepto de seguridad biológica o bioseguridad, es un componente importante de la seguridad ambiental y hace referencia a los riesgos por factores biológicos a los que se encuentran expuestos los organismos vivos y que pueden afectar su salud o incluso su vida.²⁰ Ahora bien, la seguridad de la biotecnología es a su vez, un componente importante de la seguridad biológica y se refiere a la situación en que una persona o en general algún organismo vivo, se encuentra exenta de daños derivados de la biotecnología que amenazan su existencia o deterioran su calidad de vida, así como el peligro de ser víctima de esos daños.²¹

De entrada, debemos aclarar que una planta transgénica "[...] es aquella en cuyo material genético se han incorporado uno o más genes foráneos o propios previamente modificados en el laboratorio"²² es decir, es aquella que recibe modificaciones genéticas específicas y bien definidas procedentes de otra especie. Los científicos dedicados al estudio de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética, buscan identificar genes con características especiales que confieran a la planta propiedades novedosas.

También es importante mencionar que la diferencia con un programa de fitomejoramiento²³ tradicional es que los cambios ocurridos a nivel molecular son

²⁰ *Ibid.*, p. 16

²¹ *Ibid.*, p. 16

²² Carlos A. Blanco, *op. cit.*, p. 24.

²³ El fitomejoramiento es la aplicación del conocimiento de la genética para la selección de plantas con características deseables, como por ejemplo un mayor rendimiento, tolerancia a plagas, etc. Normalmente se habla de un fitomejoramiento participativo, el cual podemos entenderlo como un proceso de mejoramiento genético de las semillas en donde intervienen los diferentes actores de la cadena productiva (agricultores, investigadores, organizaciones y otros) quienes trabajan juntos para el desarrollo de nuevas variedades y para el fortalecimiento de los sistemas locales de semillas. **Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Manual técnico de fitomejoramiento participativo de maíz en áreas del altiplano y de sequía en Guatemala*, [en línea], 32 pp., Guatemala, FAO, febrero de 2012, Dirección URL: http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/11/13305372975590/manual_fitomejoramiento_participativo_nov_2012_atinar_ii.pdf, [consulta: 5 de septiembre de 2013]

usualmente indefinidos; la planta resultante puede ser que tenga un mejor sabor, un crecimiento más rápido o ser tolerante a la sequía, pero el criador no sabe con exactitud cuáles genes se perdieron o se ganaron. Podría decirse que es una biotecnología tradicional ya que son técnicas que han sido utilizadas a lo largo de la historia mediante procesos largos de cruzamiento de organismos que generan nuevas variedades genéticas. Por el contrario, en la planta transgénica cultivada se tiene conocimiento de cuáles genes específicamente se utilizaron para mejorarla²⁴ haciéndose uso de una biotecnología moderna donde los procesos se caracterizan por su rapidez.

A partir de las investigaciones realizadas con plantas, los científicos buscaron el mejoramiento en cultivos. Para el 2004, cuatro cultivos abarcaron un área aproximada de 81 millones de hectáreas a nivel mundial: el maíz, el algodón, la canola y el frijol de soya.²⁵ En este sentido, empresas transnacionales interesadas en el desarrollo de la biotecnología aplicada al cultivo de semillas transgénicas, proponen una manera de reducir el uso de fertilizantes y pesticidas, así como otras aportaciones al desarrollo y modernización de la agricultura a través de la modificación de genes específicos.

A pesar de ello, la mayor parte de las innovaciones en la biotecnología aplicada a la agricultura no tienen como principal interés el resolver los problemas en el sector agrícola, sino buscar las opciones que permitan una mayor rentabilidad y mejores ganancias.²⁶ La anterior aseveración se justifica en el hecho de que por lo menos 27 corporaciones han comenzado investigaciones sobre plantas tolerantes a herbicidas, dentro de las cuales se encuentran algunas de las compañías más grandes del mundo como Bayer, Monsanto, Dupont, entre otras.²⁷

²⁴ Perry Johnson-Green, *Introduction to food biotechnology*, Estados Unidos, CRC Press, 2002, p. 91

²⁵ Carlos A. Blanco, *op.cit.*, p. 44

²⁶ Miguel A. Altieri, "Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos: una evaluación agroecológica", [en línea], México, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 24, no. 2, julio/diciembre de 1998, Dirección URL: <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Agricolas/article/view/557>, [consulta: 27 de agosto de 2013]

²⁷ *Ibidem.*

Sin embargo, desde que comenzaron a desarrollarse proyectos para el uso comercial de cultivos genéticamente modificados, hasta la actualidad, diversos estudios exponen que representan riesgos ambientales ya que "[...] los experimentos en laboratorio no garantizan cuál será el comportamiento del organismo transgénico en el medio ambiente, convertido en laboratorio en cada nueva liberación."²⁸ También, en la reunión llevada a cabo en Roma en el 2003 sobre el tema *Efectos ambientales de los cultivos genéticamente modificados*, organizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), se concluyó que "la comprensión científica de los efectos de los cultivos GM al nivel de los agroecosistemas sigue siendo limitada. Esto obedece en parte a que hasta ahora se han recopilado datos de pocas estaciones de cultivo y generaciones de especies asociadas de cultivos."²⁹

No obstante que se han hecho esfuerzos para demostrar que los organismos transgénicos no son negativos para el entorno ambiental, las investigaciones realizadas sobre los riesgos que podrían ocurrir en el medio ambiente a causa de su liberación, siguen llevándose a cabo con gran importancia en la comunidad internacional debido a que la gran mayoría de los investigadores con esta ideología, señala que "[...] es posible que pasen años o decenios antes de que se comprendan las consecuencias de los nuevos elementos biológicos introducidos en los ecosistemas."³⁰

A lo anterior también se suma la preocupación de que, en contraste con la producción y uso de transgénicos en condiciones confinadas, no hay certeza de las consecuencias que deriven una vez que los cultivos salen del laboratorio y llegan al campo interaccionando con su entorno físico y biótico, reproduciéndose e intercambiando su material genético con cultivos tradicionales y parientes silvestres. Si se le agrega que la degradación o eliminación de los transgenes que

²⁸ Jorge Riechmann, *Transgénicos: el haz y el envés: una perspectiva crítica*, España, Los Libros de la Catarata, 2004, p. 137

²⁹ *Ibid.* p. 128, 129.

³⁰ *Ibid.* p. 131

se integran como parte del acervo genético de las poblaciones, es muy difícil, "[...] sobre todo en sistemas de cultivos tradicionales en los que almacenar e intercambiar semillas para siembras futuras es una práctica común."³¹

De acuerdo a las indagaciones realizadas, las implicaciones que figuran mayor peligro son: la erosión genética, la probabilidad de comportarse como malezas o invasores, los efectos en organismos no blanco (diversidad de especies) y los efectos no esperados del "paquete tecnológico, los cuales se explicarán a continuación.

1.2.1 Erosión genética

A pesar de que cierto grado de uniformidad de cultivos tiene algunas ventajas económicas, presenta inconvenientes ecológicos. Uno de ellos es que el uso extendido de un sólo cultivo provoca pérdida de la diversidad genética.

La historia ha mostrado que un área grande plantada con una sola variedad de cultivo es muy vulnerable a nuevas cepas patógenas o a plagas de insectos. Además, el uso generalizado de variedades homogéneas de transgénicos llevará inevitablemente a la erosión genética ya que las variedades locales utilizadas por miles de agricultores en los países en desarrollo serán remplazadas por las nuevas semillas.³²

Asimismo, se ha demostrado que los distintos tipos de suelo influyen en el comportamiento de los OGM dentro del medio ambiente. El ADN libre generalmente se degrada con rapidez, sin embargo, el de los organismos transgénicos puede permanecer en el suelo si se dan determinadas condiciones.

De igual forma, los organismos transgénicos que fueron modificados con genes que les permiten resistir la degradación, pueden suponer un riesgo ecológico mayor ya que están presentes en el medio ambiente durante más tiempo.

³¹ Sol Ortiz García, *Los transgénicos en el medio ambiente*, México, SEMARNAT, p. 2

³² Miguel A. Altieri; Clara I. Nicholls, *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*, México, United Nations Environment Programme, 2005, p. 44

Una importante causa de la erosión genética en numerosas zonas del mundo, principalmente en Asia y Latinoamérica fue la Revolución Verde³³ cuando las campañas gubernamentales masivas animaron a los agricultores a adoptar variedades modernas, empujándoles a abandonar diversas variedades locales.³⁴

Por lo tanto, al producir a partir de genotipos muy homogéneos, la diversidad genética se pierde. Ahora bien, con la aplicación de la biotecnología, si se quiere introducir un cultivo GM a un área donde es alta la variabilidad genética de cultivos criollos, la diversidad de éstos podría perderse, ya que "[...] se ha comprobado que el ADN transgénico sobrevive en la tierra durante dos años como mínimo, y que también se duplica durante este período de tiempo."³⁵ De igual forma, los parientes silvestres pueden correr el riesgo de extinguirse.

Algunas investigaciones dicen que "[...] hemos [el planeta Tierra] perdido un 75 por ciento de toda la diversidad genética agrícola que había en el año 1900, lo que significa que hemos perdido una enorme cantidad de material genético con valiosas variaciones para adaptarse a las condiciones de cada región."³⁶

En el caso del maíz, cuya polinización es abierta, "la recombinación aseguraría que los efectos detrimentales sobre la variabilidad genética producto de la introgresión de transgenes se restrinja a porciones del genoma sumamente pequeñas."³⁷ Esta situación es importante si se toma en consideración que México es el centro de máxima diversidad genética de maíz en el mundo. Se

³³ La Revolución Verde consistió en un conjunto de tecnologías integradas por componentes materiales, como las variedades de alto rendimiento mejoradas de dos cereales básicos (trigo y arroz), el riego o el abastecimiento controlado de agua y la mejora del aprovechamiento de la humedad, los fertilizantes y plaguicidas, y las correspondientes técnicas de gestión. (véase mayor información en el segundo capítulo)

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde*, [en línea], Roma, Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 13-17 de noviembre de 1996, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>, [consulta: 10 de septiembre de 2013]

³⁴ Miguel A. Altieri, *op. cit.*, *Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos: una evaluación agroecológica*, p. 124

³⁵ Andy Rees, *Alimentos modificados genéticamente*, España, Intermón Oxfam, 2008, p. 159

³⁶ *Ibid.* p. 113

³⁷ Julio Muñoz Rubio, et al., *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, México, Siglo XXI editores, 2004, primera edición, p. 183

considera que en nuestro territorio debe haber 60 o más razas de maíz nativas, sumándole que de las razas principales se despliegan otras, además de variedades locales aún no bien caracterizadas.³⁸

Por lo tanto, considerando lo expuesto anteriormente, el cultivar semillas transgénicas resulta inseguro para la preservación de la diversidad genética, sobretodo en el área de Mesoamérica la cual está contenida en una gran parte en el actual territorio de México, siendo reconocida como uno de los tres centros de origen de la agricultura, junto con el norte de China y el cercano Oriente. En estas áreas, donde existen especies de plantas útiles originarias y domesticadas, es importante preservar la amplia variedad de parientes silvestres y evitar a toda costa su pérdida.

1.2.2 Probabilidad de comportarse como malezas o invasores

La mayoría de los problemas mundiales de las malas hierbas o plagas se debieron a la introducción de especies exóticas, organismos que fueron transferidos de sus hábitats naturales a otros donde no se encuentran normalmente. Ahora bien, las introducciones de especies exóticas pueden ser accidentales o de liberaciones intencionadas con consecuencias ecológicas imprevistas. "Pueden alcanzar niveles de crecimiento de las poblaciones imposibles de conseguir en sus hábitats autóctonos, debido al incremento de los recursos alimentarios, la ausencia de enemigos naturales que antes servían para controlar su número, la falta de competidores o una combinación de éstos y otros factores."³⁹

Si bien en los cultivos mejorados por prácticas tradicionales para resistir a plagas o malezas existen casos evidenciados de que pueden hibridarse con sus parientes silvestres y propiciar la creación de malezas más competitivas, en el caso de los cultivos transgénicos el flujo de transgenes puede tener un valor selectivo distinto,

³⁸ *Ibid.*, p. 186

³⁹ Stephen Nottingham, *Come tus genes. Cómo los alimentos transgénicos están en nuestra dieta*, Barcelona, Paidós, 2004, p. 193

en gran parte porque en estos casos no existe una historia coevolutiva entre el cultivo y la plaga o patógeno.⁴⁰

Algunos cultivos transgénicos fueron creados con propiedades tolerantes a la aplicación de determinados herbicidas. Debido al hecho de que algunas especies silvestres, incluso malezas, pueden tener intercambio genético con especies cultivadas, se plantea la posibilidad de que los genes que tienen la propiedad de ser tolerantes con herbicidas se transfieran a las malezas generando un problema para su manejo. "Algunas partes del cultivo transgénico podrían permanecer en el suelo y desarrollarse al año siguiente, en el seno de posteriores cultivos plantados en el mismo campo, donde resultarían difíciles de eliminar por su resistencia a los herbicidas. El material transgénico vigoroso también puede verse desplazado en los hábitats naturales, [...] y amenazar por competición a las poblaciones silvestres de plantas emparentadas."⁴¹

Mediante la Transferencia Genética Horizontal (TGH), que es la transferencia de material genético entre organismos no relacionados sexualmente e incompatibles, los organismos modificados genéticamente aumentan el riesgo de propagación de genes potencialmente peligrosos en organismos que, en condiciones normales, no los tendrían, lo que conlleva graves problemas agrícolas.⁴² Un ejemplo de contaminación mediante este mecanismo biológico es la resistencia a los herbicidas entre las plantas GM y las malas hierbas lo que conlleva a la creación de nuevas malas hierbas resistentes a los herbicidas.

También la polinización cruzada es otro mecanismo biológico de contaminación y ésta "[...] se produce entre organismos emparentados entre los que se puede propagar fácilmente información creada por ingeniería genética."⁴³ De igual forma, la polinización cruzada favorece a la contaminación de cultivos tolerantes a herbicidas.

⁴⁰ Julio Muñoz Rubio, *op. cit.*, 194.

⁴¹ Stephen Nottingham, *op. cit.*, p. 194

⁴² Andy Rees, *op cit.*, p.106, 107.

⁴³ *Ibidem.*

A través de estos mecanismos biológicos de contaminación, surgen las llamadas súper malas hierbas⁴⁴ resistentes a los herbicidas. Dicha resistencia obliga a los agricultores a utilizar herbicidas más antiguos y más potentes, combinándolos con la finalidad de erradicar estas malas hierbas para que no lleguen a convertirse en malezas o invasores.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos que han hecho los agricultores, "[...] se han documentado algunos casos como el de la canola en Canadá, donde el manejo de la canola silvestre se ha complicado porque en estas poblaciones se han introducido tres genes que confieren la tolerancia a distintos herbicidas. Es importante notar que para que esto haya ocurrido, el propio pariente silvestre debe tener varias características que le confieren la calidad de maleza."⁴⁵

Ahora bien, en el caso de la resistencia de los cultivos a ciertos insectos ha sido un proceso dinámico que ha evolucionado por millones de años. "Generalmente ocurre una carrera coevolutiva entre las poblaciones de plantas y las poblaciones asociadas de insectos en las que se seleccionan los individuos que superan los mecanismos de resistencia de las plantas."⁴⁶ Es así como de forma sucesiva van evolucionando los mecanismos de resistencia de las plantas y al mismo tiempo los de los insectos.

La bacteria del suelo más común es la *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). A diversos cultivos modificados genéticamente se les ingresó la proteína *Cry1Ab*⁴⁷, la cual se encuentra en la mencionada bacteria. Dicha proteína, "[...] forma cristales que se solubilizan en el intestino medio de determinados insectos [...]"⁴⁸ Sin embargo,

⁴⁴ Las súper malas hierbas se crean cuando las malezas evolucionan de tal manera que resulta difícil su manejo. Por ejemplo, en el caso del maíz, la introducción de resistencia a herbicidas y plagas podría ser problemática en sitios en donde el teosinte se considera maleza y se controla con el herbicida en cuestión o, de manera natural, por las plagas afectadas por la expresión del transgén. En ambos casos se espera la aparición de teosintes-malezas difíciles de controlar y en ninguno se espera la evolución de malezas a partir de variedades de maíz.

Fuente: Julio Muñoz Rubio, et al., *op. cit.*, p. 183

⁴⁵ Sol Ortíz García, *op. cit.*, p. 3

⁴⁶ Julio Muñoz Rubio, *op. cit.*, p. 195

⁴⁷ *Ibid.*, p. 196

⁴⁸ *Ibidem.*

debido a que los cultivos tienen diversidad de insectos invasores, aun se tendrían que aplicar insecticidas para controlar las plagas diferentes a los *lepidoptera* que son los susceptibles a la endotoxina expresada por el cultivo.⁴⁹

Por otra parte, también se han documentado casos donde distintas especies de *lepidoptera*, presentan resistencia a la toxina *Bt*. Asimismo, también existe el riesgo que a niveles muy bajos de plagas, los insectos parásitos se vean afectados pues son estos quienes tienen mayor dependencia a hospederos vivos; esta cuestión será detallada de forma más puntual en el siguiente inciso.

A partir de lo expuesto anteriormente, podemos determinar que mediante algún mecanismo biológico de contaminación puede existir el riesgo de que haya un intercambio genético entre las malezas y las especies modificadas genéticamente con propiedades de resistencia a aquellas; esta situación propiciaría un serio problema para el manejo en la agricultura además de que se tendría la necesidad de utilizar herbicidas en proporciones más altas y potentes.

Por lo tanto, al introducir mayor cantidad de insecticidas en los cultivos existen consecuencias que conllevan a un deterioro del suelo, así como el daño a la capa de ozono siendo esto un factor que exacerba al cambio climático.⁵⁰

También es importante tener en cuenta que los procesos de la naturaleza son dinámicos y evolucionan, por lo que durante el transcurso del tiempo las especies van adquiriendo ciertas propiedades que, en el caso de insectos y malezas, permiten su adaptación conforme se les muestra su entorno, esto quiere decir que debido a su evolución, existe la posibilidad de que las propiedades insertas mediante modificaciones genéticas a través del uso de la biotecnología, puedan verse superadas.

⁴⁹ Miguel Altieri, *op. cit.*, *Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos: una evaluación agroecológica*, p. 126

⁵⁰ Los insecticidas aplicados en la labor agrícola son de las mayores fuentes antropogénicas de gases responsables del efecto invernadero. Las emisiones de metano y óxido nitroso, contribuyen en gran medida a la contaminación del aire acelerando el calentamiento global. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido*, [en línea], 2002, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-y3557s/y3557s11.htm>, [consulta: 12 de octubre de 2012]

1.2.3 Efectos en organismos no Blanco (diversidad de especies)

La liberación de variedades transgénicas con modificaciones que les confieran propiedades que mediante la producción de toxinas les permitan controlar ciertas plagas, es decir, los organismos *blanco*, puede eventualmente afectar poblaciones de otros organismos. Ahora bien, algunos de estos organismos llamados *no blanco* pueden ser benéficos para los propios cultivos como por ejemplo los polinizadores y depredadores de plagas o parásitos; también para mantener ciclos biológicos, como los degradadores.

"Los efectos negativos sobre organismos no blanco van a depender de varios factores, entre estos destacan: la especificidad de la toxina, los niveles de exposición de la toxina y el tejido en el que se expresa, los niveles de exposición de las poblaciones de organismos *no blanco* y su respuesta a estos niveles de exposición" ⁵¹

El uso masivo de cultivos genéticamente modificados afecta a los organismos *no blanco* y a los procesos ecológicos. Para su comprobación existe evidencia que muestra que las toxinas de esos cultivos pueden afectar a insectos depredadores benéficos que se alimentan de las plagas de insectos presentes en los cultivos transgénicos. Además, el polen transportado por el viento de los cultivos que se encuentran en la vegetación natural que rodea los campos transgénicos, puede matar a los insectos no objetivo.

Ahora bien, existen los genes llamados *Bacillus thuringiensis* (BT) los cuales tienen la propiedad de producir proteínas tóxicas que otorgan resistencia a plagas en los cultivos OMG, conocidos comúnmente como los cultivos BT. Estos cultivos a diferencia de los no modificados genéticamente, el ingrediente activo utilizado como pesticida está activado en todo momento. Es por esta razón que las toxinas pueden dañar a insectos que no son blanco.

⁵¹ Johnson y Gould, 1992; Losey et al., 1999, Marvier, 2001. Vid. Sol Ortíz García *op.cit.* p. 2

En este sentido, se han realizado estudios que muestran que los cultivos BT pueden tener consecuencias difíciles de predecir para las abejas. "Un estudio demostró que las abejas a las que se alimentó con el ingrediente activo de una variedad de colza resistente a los insectos, tenían problemas aprendiendo a diferenciar los olores de las diferentes flores" ⁵² También se investigaron dos casos importantes: el de las mariquitas que alimentadas por papas resistentes a insectos, ponían menos huevos y la situación de las larvas de mariposas monarca donde de acuerdo a una investigación publicada en 1999, las que eran alimentadas con hojas de algodoncillo espolvoreadas con polen de maíz transgénico, morían en demasía y las que no lo hacían, tenían la mitad del tamaño de las del grupo que eran alimentadas con polen no modificado genéticamente. ⁵³

"Por otra parte, la toxina del OGM presente en el follaje del cultivo arado después de la cosecha puede adherirse a los coloides del suelo durante un máximo de 3 meses, afectando negativamente a las poblaciones de invertebrados del suelo que descomponen la materia orgánica y desempeñan otras funciones ecológicas." ⁵⁴

1.2.4 Efectos no esperados del “Paquete Tecnológico”

La inserción de la biotecnología en la agricultura aun tiene diversas interrogantes debido a que no es posible saber con exactitud qué reacciones puedan manifestarse en el medio ambiente. Debido a que algunas de las investigaciones que se han realizado con los OGM, han sido en el laboratorio, existe la posibilidad de que al liberarse en el entorno ambiental se presenten nuevas características que representen un problema difícil de manejar debido a que no son acontecimientos que hayan estado contemplados.

De igual forma, algunos científicos señalan que lo alarmante no es en sí la cantidad de cultivos liberados al ambiente, ni la variedad de los problemas que pueden suscitarse, sino que una vez liberados ya no hay vuelta atrás. Siguiendo

⁵² Andy Rees, *op.cit.*, p. 160

⁵³ *Ibid.*

⁵⁴ Miguel A. Altieri, Clara I. Nicholls, *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture, op.cit.*, p.

esta línea, el doctor Michael Antoniou señala que "una vez liberados en el medio ambiente, y a diferencia de [...] un vertido de un producto químico, los errores genéticos no se pueden contener, retirar ni limpiar, sino que pasarán a las generaciones futuras hasta el infinito. " ⁵⁵

También el profesor Erwin Chargaff de la Universidad de Columbia, quien sentó las bases para el descubrimiento de la doble hélice del ADN, dijo: "Tengo la sensación de que la ciencia ha traspasado una barrera que debería haberse respetado [...]." ⁵⁶ Con lo anterior, podemos inferir que existe cierto temor sobre cuál es el alcance que puede tener la aplicación de la ingeniería genética, no solo en el medio ambiente, sino en el mismo ser humano después de consumir los productos creados bajo estas técnicas de la biotecnología.

Asimismo, es importante tener en cuenta que la integración de material genético procedente de otra especie no es un evento preciso ya que...

"[...] la tecnología no permite aún dirigir la inserción a sitios específicos que aseguren la estabilidad del material insertado en el genoma de los organismos que se quieren transformar. Frecuentemente se encuentran mutaciones, como deleciones, rearrreglos cromosómicos e inserciones de DNA superfluo, en los sitios de inserción de los transgenes y también en otras regiones del genoma del organismo receptor (Latham et al 2006). Además de los efectos que pueden tener estas mutaciones, dado que una inserción de genes en un genoma distinto requiere de secuencias reguladoras que permitan su expresión, estas secuencias de DNA pueden afectar la expresión de otros genes, dando lugar a fenotipos con características no esperadas, algunas de las cuales podrían tener efectos negativos sobre el cultivo mismo y/o sobre su entorno." ⁵⁷

⁵⁵ Andy Rees, *op.cit.*, p. 161

⁵⁶ *Ibidem.*

⁵⁷ Sol Ortiz García, *op.cit.*, p. 4

Por consiguiente, es claro que son posibles los efectos ecosistémicos de los transgenes y por lo tanto resulta importante que se extienda este tipo de investigación a todos los eventos liberados al ambiente. Por ejemplo, se sabe que la proteína Cry de plantas transgénicas persisten en el suelo durante periodos mucho más largos de los que se habían previsto anteriormente, por lo que podría desembocar en posibles efectos ecológicos, por lo tanto, se reitera la necesidad de hacer estudios a más largo plazo.⁵⁸

De igual modo, se espera que cuando se manipula un gen de una célula o a otra haya efectos múltiples los cuáles pueden variar dependiendo del ambiente en donde crece la planta. "A los efectos colaterales de los genes se les conoce como pleiotrópicos y ocurren por lo general en los genomas de todos los organismos."⁵⁹ Durante el proceso de desarrollo de los OGM, los investigadores evalúan mediante programas de selección, los efectos no esperados en las líneas transgénicas generadas.

Dichos programas han demostrado que sólo una pequeña fracción de las líneas transgénicas cumplen todos los requerimientos esperados. El principal problema para encontrar líneas adecuadas, es que la expresión de los transgenes depende de dónde se inserten dentro del genoma de la planta receptora sin embargo, no es posible predecir el sitio de inserción.⁶⁰ Aunado a lo anterior, los estudios se realizan en ambientes muy limitados y, como ya se mencionó en párrafos anteriores, se exploran a corto o en raras ocasiones a mediano plazo.

De manera que la incertidumbre que se tiene respecto a los efectos inesperados que pueden presentarse al liberar organismos genéticamente modificados en el medio ambiente, recae en la complejidad de los estudios que deben realizarse para determinar el impacto de los peligros identificados, así como la escasez de información de línea base frente a la cual comparar los resultados.

⁵⁸ Julio Muñoz Rubio, *op.cit.*, p. 198

⁵⁹ *Ibidem.*

⁶⁰ *Ibidem.*

2. La aplicación de la agrobiotecnología: una perspectiva a nivel internacional y nacional

En las últimas décadas se han hecho esfuerzos internacionales por satisfacer la demanda de alimentos al mismo tiempo que se protege el medio ambiente. Para lograrlo, se han propuesto diversos modelos con la finalidad de encontrar un balance que permita garantizar la seguridad alimentaria sin dañar el entorno ambiental.

Uno de los modelos que buscaban lograr el objetivo se llevó a cabo durante la década de 1960-1970, dicha implementación es conocida como la revolución verde. Ésta consistió en un conjunto de tecnologías integradas por componentes materiales, como las variedades de alto rendimiento (VAR) mejoradas de tres cereales básicos (arroz, maíz y trigo), el riego o el abastecimiento controlado de agua y la mejora del aprovechamiento de la humedad, los fertilizantes y plaguicidas, y las correspondientes técnicas de gestión ⁶¹. Dicha estrategia se llevó a cabo en países en desarrollo dentro de los continentes de Asia, América y África. Es importante resaltar que "[...] fue una iniciativa pública, no patentó semillas y en muchos casos las distribuyó gratuitamente" ⁶².

Ahora bien, la revolución verde tuvo lugar en buena parte por "[...] los 16 centros financiados mayoritariamente con fondos públicos (agencias del sistema de Naciones Unidas y Banco Mundial) que constituyen el CGIAR (Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional), del que forman parte el IRRI [Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, establecido en 1960 en Los Baños Filipinas] y CIMMYT [Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, centro mexicano]". ⁶³

⁶¹ Cumbre Mundial sobre la alimentación 13-17 de Noviembre 1996 Roma Italia, en línea: <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm> consultado , [consulta: 28 de junio de 2014]

⁶² Antón Novás, *El hambre en el mundo y los alimentos transgénicos*, España, Los libros de la catarata, 2005, pp. 195

⁶³ *Ibidem*.

A pesar de que este modelo sí aumentó la producción de alimentos, tuvo diversas consecuencias tanto ambientales como sociales y económicas que no cumplieron con lo que se estimaba.

Por un lado, hubieron efectos negativos al medio ambiente que se vieron expresados años después de dicha revolución, entre ellos podemos considerar el fomento al monocultivo con el cual se propició la erosión genética y la pérdida de biodiversidad, uniformizando paisajes; de igual forma se contaminó más el aire y el suelo debido al uso indiscriminado de pesticidas e insecticidas; se redujo la disponibilidad de suelo y el abuso de abonos nitrogenados y plaguicidas hicieron que el agua quedara contaminada,⁶⁴ propiciando que ésta escaseara.

Aunado a lo anterior, también se presentaron cambios sociales y económicos importantes, tales como la acentuación de la migración del campo a las ciudades por parte de los agricultores quienes después que el monocultivo agotara los minerales y erosionara la tierra, no tuvieron más remedio que buscar otra fuente de trabajo en las ciudades. De igual forma, a pesar de que la producción era mayor que en décadas pasadas, la ganancia no beneficiaba directamente a los que trabajaban la tierra sino a intermediarios que compraban barato y vendían caro en la zona urbana y por supuesto a los grandes empresarios.

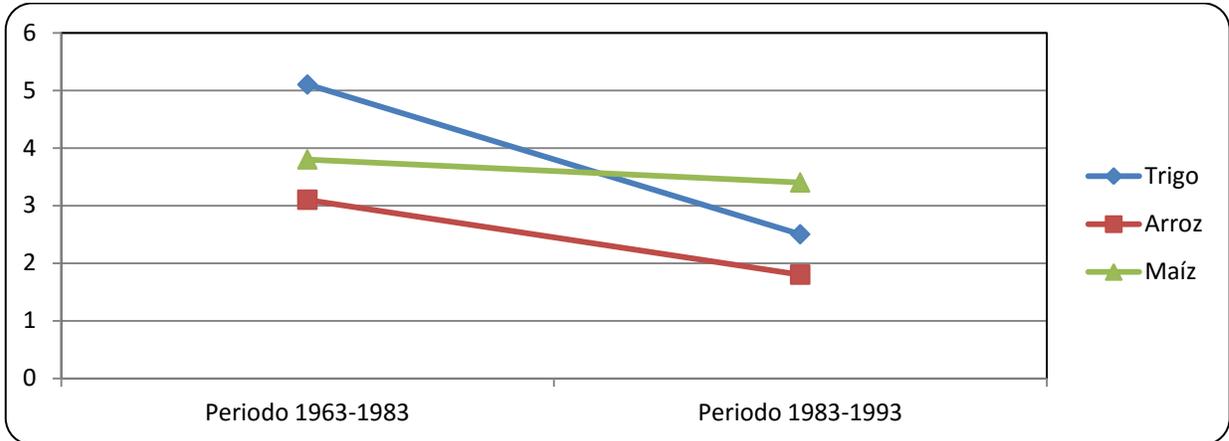
Asimismo, la dependencia que sostenían los países en desarrollo hacia los productos agroquímicos producidos por multinacionales era cada vez mayor, lo que conducía a que los agricultores tuvieran que repartir parte de su ganancia en la compra de dichos químicos. Además, la producción de los mismos gastaba más energía pues la mayoría procede de los combustibles fósiles.

Durante estas décadas hubo mayor productividad de la tierra cumpliéndose uno de los objetivos principales: mayor obtención de alimentos. Se calculó que durante el periodo más importante de la revolución verde (1963-1983) hubo un aumento anual de la producción total de trigo, arroz y maíz que comparado con el decenio siguiente (1983-1993) el aumento anual descendió. A continuación, el cuadro 2,

⁶⁴ *Ibid* p. 200

muestra la producción de cereales durante los periodos mencionados anteriormente.

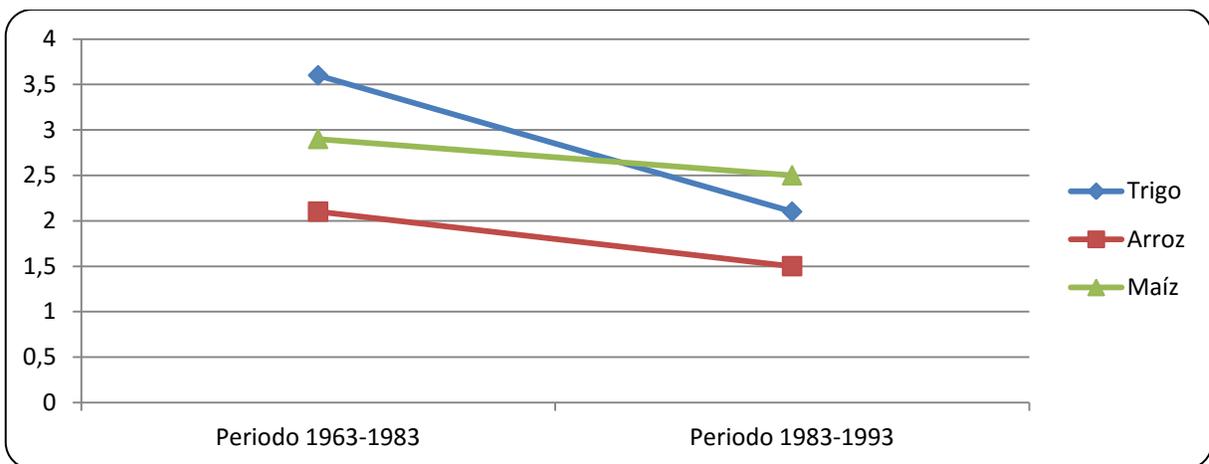
Cuadro 2. Gráfica de producción total de cereales



Elaboración propia con datos de la FAO Cumbre mundial sobre la alimentación Roma Italia.

Por otro lado, los rendimientos por hectárea de estos mismos cereales crecieron pero de forma menos pronunciada durante las décadas de 1963 a 1983, aminorando aún más durante el periodo de 1983 a 1993 (ver cuadro 3). En gran medida, esto se debe al "[...] que se empezaron a explotar tierras menos productivas y por las dificultades de mantener el aumento de los rendimientos con prácticas de cultivo más intensivas" ⁶⁵.

Cuadro 3 Gráfica de rendimientos por hectárea



Elaboración propia con datos de la FAO Cumbre mundial sobre la alimentación Roma Italia.

⁶⁵ Cumbre Mundial sobre la alimentación 13-17 de Noviembre 1996, *op.cit.*

Sin embargo, el resultado que se obtuvo no fue el esperado, porque a pesar del aumento de producción, el objetivo de satisfacer la alimentación de la población al mismo tiempo en que las cifras demográficas continuaban subiendo, no pudo cumplirse. Por ejemplo, en algunos países de África y Asia, que fueron los que mayor éxito tuvieron durante esas décadas de la revolución, viven el mayor número de personas pobres y donde está la cifra más alta de desnutrición en el mundo. A mediados de la década de los ochenta, los periódicos exaltaban las historias exitosas de Asia y que India se había vuelto autosuficiente en alimentos e incluso exportadores de los mismos; no obstante, la revista *Business Week* publicó que en India, aunque los graneros se desbordaban de trigo y arroz, un tercio de los habitantes sufre de pobreza y aproximadamente 5000 niños mueren a diario por desnutrición ya que los pobres no pueden comprar lo que se produce. El artículo concluye que la revolución verde redujo sustancialmente la importación de cereales de India, pero no el hambre.⁶⁶

Es así como la revolución verde supuso un cambio de paradigma derivándose en una serie de efectos sociales y ambientales ya descritos en párrafos anteriores, pero que pueden resumirse, por una parte, en el beneficio de grandes empresarios y desfavorecimiento de los pequeños productores fomentando la pobreza y las migraciones; por otro lado, las consecuencias por el uso exacerbado de insumos químicos, gran parte derivados del petróleo, el consumo intensivo de agua así como su contaminación, la erosión genética con riesgo de pérdida de la biodiversidad agrícola y la desertificación.

Con el modelo anteriormente expuesto se abre un preámbulo para la mejor comprensión de nuestro tema central: los riesgos de la biotecnología en la agricultura. Debido a que en el contexto internacional éste proceso antecedió a la creación de organismos genéticamente modificados, dando a lugar a una nueva fase en el sector agrícola. Actualmente y desde hace ya poco más de tres décadas, se ha venido gestando un nuevo paradigma, la llamada revolución

⁶⁶ *Ibid.* p. 198

genética ⁶⁷ donde la biotecnología agrícola es la clave que busca satisfacer la demanda creciente de alimentos sin arriesgar los recursos naturales, así como cultivar plantas de mejor calidad con altos rendimientos al mismo tiempo que se protege y sostiene el medio ambiente disminuyendo el uso de plaguicidas.

Ahora bien, a diferencia de la revolución verde, la biotecnología agrícola fue y está siendo impulsada en gran medida por el sector privado. "La investigación pública ha contribuido a establecer los principios científicos básicos en que se basa la biotecnología agrícola, pero la mayor parte de las investigaciones aplicadas y casi todo el aprovechamiento comercial han estado a cargo del sector privado" ⁶⁸. La investigación privada en gran parte aumentó más cuando los países industrializados permitieron patentar genes creados por métodos artificiales y plantas modificadas genéticamente.

Fue a través del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el comercio (ADPIC), establecido por la Organización Mundial del Comercio (OMC) en 1994, que la protección nacional se reforzó debido a que dicho acuerdo obliga a los miembros de la OMC a otorgar protección a las invenciones biotecnológicas ya sea productos o procedimientos, mediante patentes y a las obtenciones vegetales mediante patentes o mediante un sistema sui generis. ⁶⁹

En este sentido, a partir de la declaración de dicho acuerdo, los países desarrollados impulsaron en mayor medida la investigación sobre biotecnología agrícola en comparación a los países en desarrollo. Durante el 2011, el gasto destinado a la investigación en general fue destacado en Israel, Finlandia y Suecia, donde se destinó un 4.39%, 3.78% y 3.37% del PIB, respectivamente. Estados Unidos se encuentra en la sexta posición precediendo a Alemania con un 2.76%; por otro lado China destina 1.83%. La siguiente gráfica muestra el

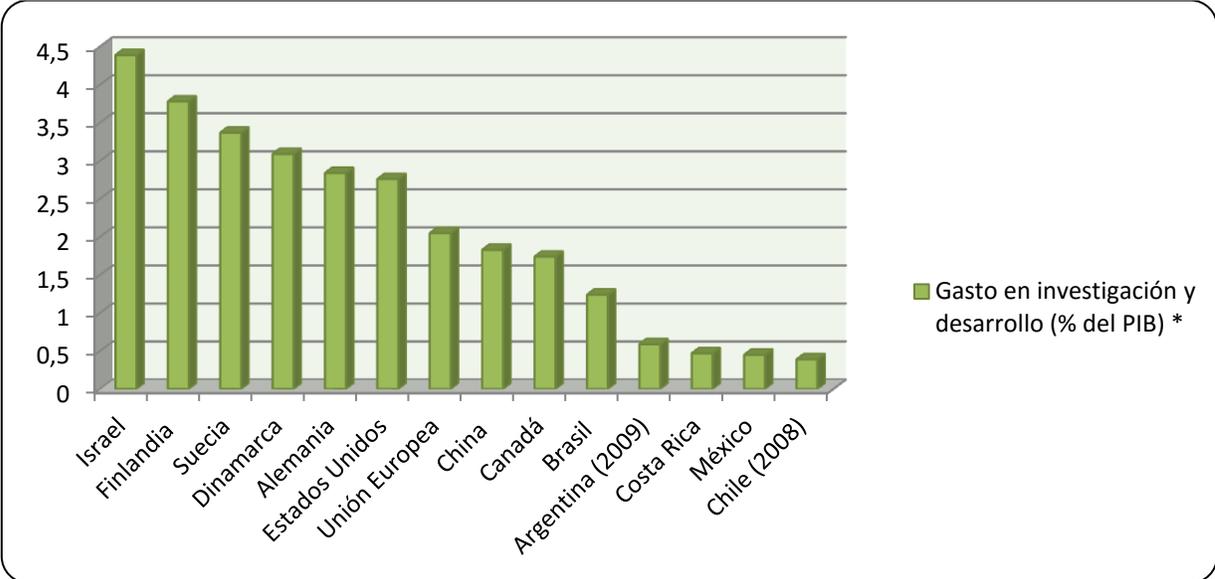
⁶⁷ Róger Martínez Castillo, "Cultivos y alimentos transgénicos: una aproximación ecológica", Revista Biocenosis, vol. 21 (1-2), 2008, p. 32.

⁶⁸ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, "El estado mundial de la agricultura y la alimentación", *Colección FAO Agricultura*, núm. 53, Roma, FAO, 2004, p. 27

⁶⁹ *Ibid.*, p. 34

porcentaje del producto interno bruto que los países desarrollados destinan en comparación a los países en desarrollo, entre ellos México quien destinó 0.2086% menos que el año anterior (2010).

Cuadro 4. Gráfica del porcentaje del PIB que designan países para investigación y desarrollo



Elaboración propia con datos del Instituto de Estadística de la Unesco 2011 y del Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, México 2011.

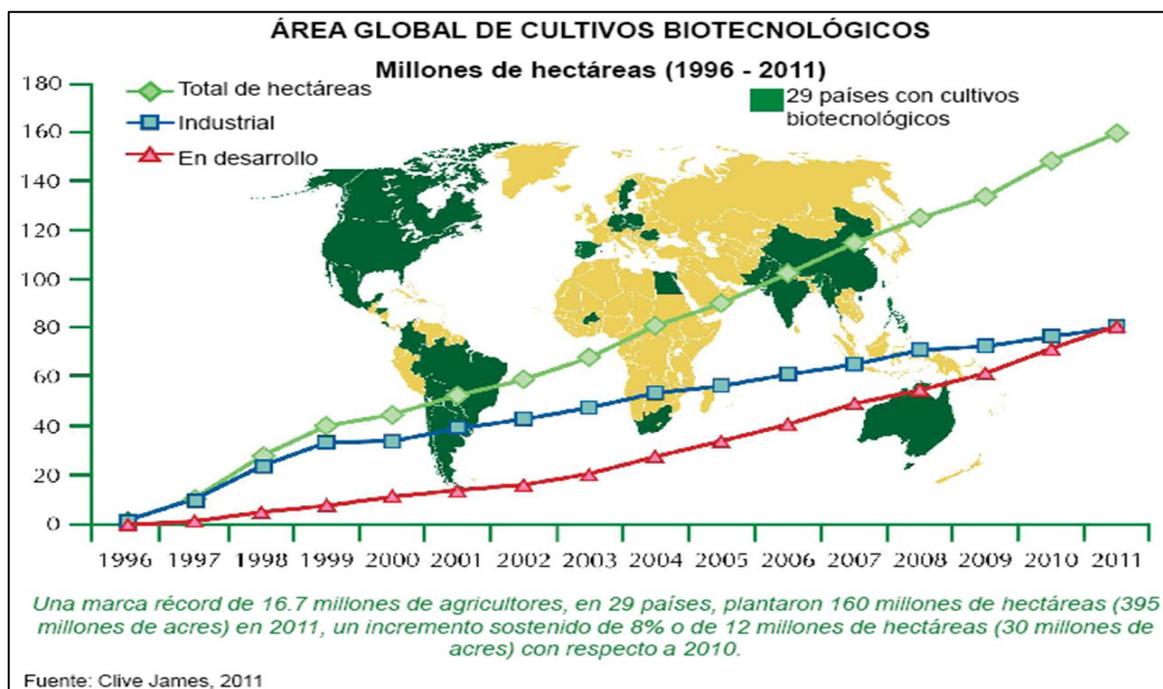
Ahora bien, fue en 1996 el primer año en que se inició la comercialización de cultivos genéticamente modificados a nivel mundial. En ese año se calculó un área aproximada de 1.7 millones de hectáreas cultivadas destinadas al cultivo de OGM's para comercializar ⁷⁰. Durante los siguientes 15 años, es decir de 1996 al 2011, estos números se elevaron de forma acelerada, se registró que tan solo del año 2010 al 2011 hubo un incremento del 8% de hectáreas (ver imagen del cuadro 5).

* Los gastos en investigación y desarrollo son gastos corrientes y de capital (público y privado) en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos, incluso los conocimientos sobre la humanidad, la cultura y la sociedad, y el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones. El área de investigación y desarrollo abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.

⁷⁰ James Clive, *Beyond Promises: Top 10 Facts about Biotech/GM Crops in 2013*, Filipinas, ISAAA, 2014, p. 5

Luego, para el 2013, varios países contribuyeron al incremento del área global de cultivos transgénicos, siendo de 175.2 millones de hectáreas.⁷¹ En estos últimos 18 años, se ha reportado que el número de hectáreas cultivadas con fines comerciales se ha centuplicado,⁷² es decir, ha sido cien veces mayor.

Cuadro 5 Imagen del aumento del área cultivada con transgénicos a nivel global.



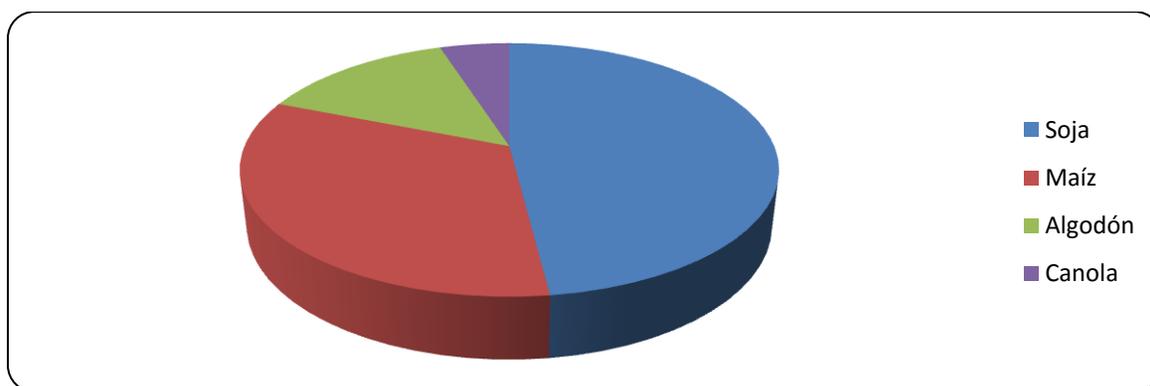
Fuente: James, Clive, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011*. ISAAA Brief No. 43. ISAAA, Ithaca, NY, 2011.

Los cultivos OGM a los que se destinaron mayor número de hectáreas fueron, en orden de mayor a menor: la soja, el maíz, el algodón y la canola. En la gráfica que se muestra en el cuadro 6, podemos ver el porcentaje de cada uno. Otros cultivos que también se sembraron fueron la alfalfa, la remolacha azucarera, la papaya, la calabaza, el álamo, el tomate y el pimiento.

⁷¹ Ibid. p. 5,6

⁷² Tamara Webb, *En 2013 dieciocho millones de agricultores en 27 países eligieron cultivos transgénicos, las plantaciones mundiales aumentaron 5 millones de hectáreas*, [en línea], Pekin, 13 de febrero de 2014, Dirección URL: <http://www.cus.org.uy/uploads/Brief%2046%20-%20Press%20Release%20-%20Spanish.pdf>, [consulta: 2 de junio de 2014]

Cuadro 6. Gráfica del área global de OGM, por cultivo.



Elaboración propia con datos del ISAAA 2013

***Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés)**

Asimismo, de acuerdo a un informe del ISAAA publicado el 13 de febrero del 2014, más de 18 millones de agricultores en 27 países plantaron cultivos transgénicos en el 2013, lo cual refleja un incremento del tres por ciento, o en número de hectáreas, cinco millones más con cultivos transgénicos a nivel global. "La cantidad acumulada de hectáreas con plantaciones de cultivos transgénicos a nivel mundial hasta la fecha (febrero 2014) es de 1600 millones de hectáreas, lo que representa el 150 por ciento de la superficie total de China." ⁷³

Durante el 2013, de los 27 países que cultivan semillas genéticamente modificadas, 19 son países en desarrollo y 8 son países industrializados. De acuerdo al ISAAA, los agricultores de países de Latinoamérica, Asia y África sembraron colectivamente un total de 94.1 millones de hectáreas lo que representa un 54% de las 175.2 millones cultivadas este mismo año. Por su parte, los países desarrollados, en su conjunto, sembraron un total de 81.1 millones representando un 46% del área total.

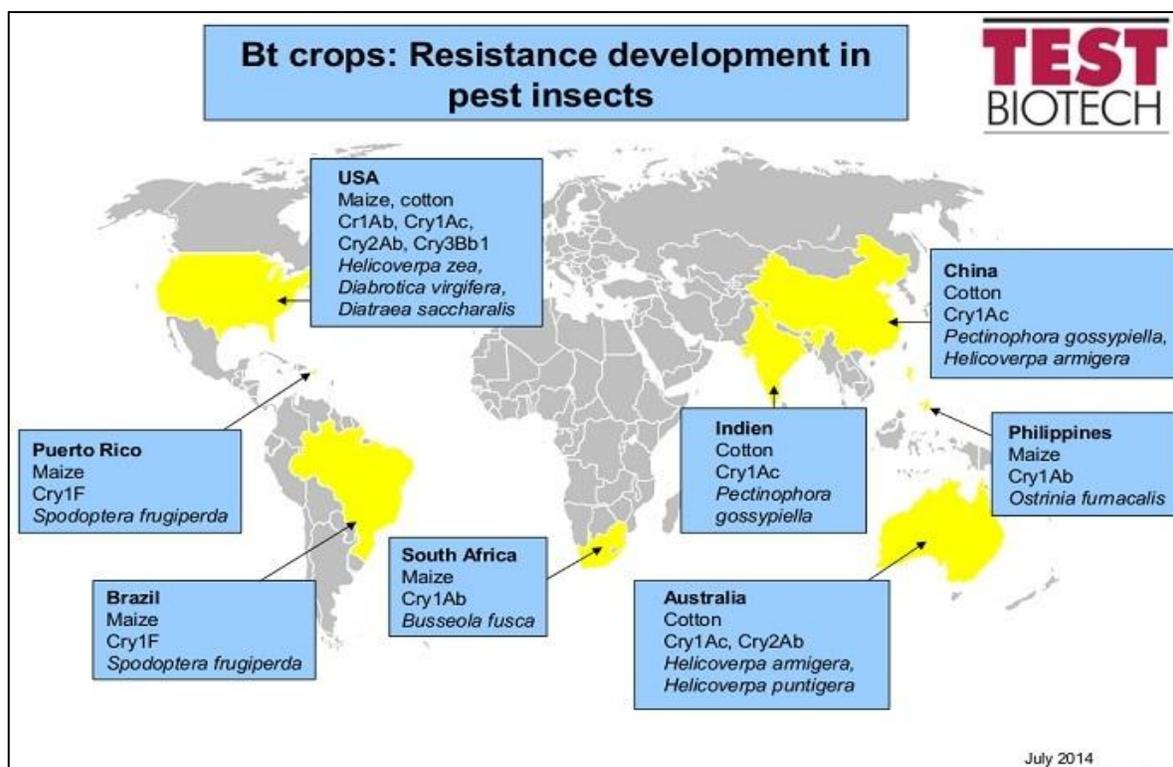
En la Unión Europea cinco países han sembrado 148,013 hectáreas de maíz genéticamente modificado durante el 2013. España encabeza la lista con 136,962

⁷³ *Ibidem.*

hectáreas, cifra 18% mayor al 2012. Los otros cuatro países que cultivan este maíz en la Unión son: Portugal, República Checa, Rumania y Eslovaquia ⁷⁴.

En cuanto a qué modificaciones genéticas tienen las semillas que se siembran en el mundo, tenemos que los cultivos Bt están presentes en todos los continentes del mundo exceptuando Europa. El maíz y el algodón son los que tienen modificaciones genéticas específicas para resistir a ciertos insectos que actúan como plagas. En la siguiente imagen se muestran los diferentes eventos de cultivos Bt que se siembran en Estados Unidos, Puerto Rico y Brasil, en el continente americano; Sudáfrica en el africano; India, China y Filipinas en el asiático y Australia en Oceanía.

Cuadro 7. Imagen de los cultivos Bt en el mundo.



Fuente: Test Biotech, [en línea], Dirección URL: <http://www.testbiotech.org/en/node/1077>

Por otra parte, de acuerdo a la información del ISAAA, durante el 2013 se aprobaron cultivos transgénicos en algunos países en desarrollo que siguen

⁷⁴ *Ibid.*, p. 18

impulsando el desarrollo y la comercialización de la biotecnología. Señala que en Bangladesh se aprobó la berenjena transgénica, el primer cultivo transgénico en este país, con ayuda de inversión pública y privada al cual se aceptó comercializar en la India y las Filipinas.⁷⁵

En ese mismo informe, el Servicio Internacional revela que en Indonesia se aprobó el uso alimenticio de la caña de azúcar resistente a sequías con planes de cultivo para el 2014. La plantación de maíz transgénico en Panamá, también se aprobó en el 2013.

2.1 Ranking mundial de los países con mayor número de hectáreas destinadas al cultivo de OGM's.

Los países en desarrollo que dirigen la lista de mayor número de hectáreas destinadas al cultivo de OGM son: en América Latina, Brasil y Argentina; en Asia, India y China; y en África, Sudáfrica. Juntos alcanzan un total de 47% del área global. No obstante, los 5 países que encabezan el sembradío de cultivos biotecnológicos son: Estados Unidos, Brasil, Argentina, India y Canadá.⁷⁶

Dentro de este capítulo, se analizará la situación del país que encabeza la lista del mayor número de hectáreas en el mundo sembradas con semillas modificadas genéticamente, es decir, Estados Unidos, pues además de ser el país número uno del ranking, es promotor en gran medida de la investigación a la agrobiotecnología y es donde se localiza una de las empresas más importantes que rigen el mercado internacional en este sector.

Sin embargo, antes de explicar el caso norteamericano, es preciso señalar algunas cifras respecto a Brasil, un país emergente que ha buscado desarrollar nuevas formas de aplicación de la agrobiotecnología durante los últimos años, lo cual vale la pena anotar para considerarlo dentro del panorama general de los OGM en el mundo. De entrada, es importante mencionar que Brasil es el segundo más grande productor de cultivos modificados genéticamente en el mundo,

⁷⁵ Tamara Webb, *op. cit.*, p. 2

⁷⁶ James Clive, *op. cit.*, p. 14

después de Estados Unidos. Para el 2013, sigue encabezando la lista de países en desarrollo con un total de 40.3 millones de hectáreas cultivadas.⁷⁷ El país latinoamericano en 2013, incrementó sus hectáreas de cultivos GM más que cualquier otro país en el mundo, con un record de incremento de 3.7 millones de hectáreas.⁷⁸ En ese mismo año, cultivó el 23% (21% en 2012) de las 175 millones de hectáreas mundiales y consolida su posición reduciendo consistentemente la brecha con el país norteamericano.⁷⁹ El aumento del número de hectáreas se atribuye al alto uso del maíz transgénico debido al incremento en las aprobaciones de nuevos eventos de éste cultivo en el país, también por la gran disponibilidad y los créditos de subsidio otorgados a los agricultores.⁸⁰

2.2 Panorama general del país que mayor número de hectáreas destina al cultivo de OGM: Estados Unidos.

Desde hace varias décadas este país norteamericano, ha liderado la producción de cultivos modificados genéticamente a nivel global con 70.1 millones de hectáreas representando un 40% del total en el mundo y un tasa promedio de adopción de un 90%.⁸¹ Los cultivos transgénicos representan aproximadamente la mitad de las tierras de cultivo.

Primeramente hay que mencionar que la mayor diversidad de aplicaciones industriales de la biotecnología tiene lugar en Estados Unidos. Diversas empresas de diferentes sectores de aplicación biotecnológica se unen con el objetivo de crear clusters industriales⁸² de innovación.

⁷⁷ James Clive, *op.cit.*, p. 10

⁷⁸ James Clive, "Situación Mundial de los Cultivos Biotecnológicos /GM Comercializados: 2013", *ISAAA Brief*, núm. 46, Estados Unidos, 2013, p. 5

⁷⁹ *Ibid.*, p. 5

⁸⁰ Joao F. Silva, "Brazil- Agricultural Biotechnology Report", *USDA-GAIN Report*, núm. BR 0912, Estados Unidos, 2013, p. 1

⁸¹ James Clive, *op. cit.*, p. 14

⁸² La definición de cluster industrial más conocida es la acuñada por Michael Porter, quien menciona que éstos son una colección de compañías e instituciones geográficamente cercanas entre sí, las cuales están ligadas por intereses comunes y cuyas actividades se complementan. Dentro de los clusters también existen instituciones gubernamentales y universidades, asociaciones comerciales, agencias de estandarización, think tanks, etc.

Dichos clusters incluyen empresas de diferentes sectores como las que se enfocan estrictamente a la biotecnología, de manufactura, de ingeniería e incluso de sectores como el de alimentos procesados, el de producción agrícola y el farmacéutico. Asimismo, se incluyen grupos académicos de investigación.⁸³ En Estados Unidos se encuentra el mayor número de empresas de biotecnología, son líderes en el número de empleados que labora en compañías de esta rama. Hace un lustro, en el mundo habían aproximadamente 290,000 personas que se dedicaban a este sector y el país norteamericano contribuía con un 60% del total.

En cuanto al número de compañías dedicadas a la biotecnología, Estados Unidos es el país donde se establece el mayor número. Dentro del sector agrícola encontramos varias empresas, siendo la más importante Monsanto Company quien basa su investigación y mercado en los cultivos biotecnológicos. Más adelante se estará explicando a mayor detalle las características y la importancia a nivel internacional de esta empresa.

En cuanto al mercado biotecnológico, Estados Unidos es el más grande del mundo, es el mayor productor y consumidor de productos y servicios basados en esta tecnología. La cadena de suministro es cada vez más compleja además de que existe una segmentación del mercado que en general engloba las siguientes áreas: gobierno federal, estatal y local; fabricantes de productos farmacéuticos; agricultura y alimentación; uso industrial y universidades. Referente al segmento agrícola y de alimentación, haciendo mayor referencia a las semillas modificadas genéticamente, Estados Unidos es el área de mayor crecimiento de este tipo de cultivos.

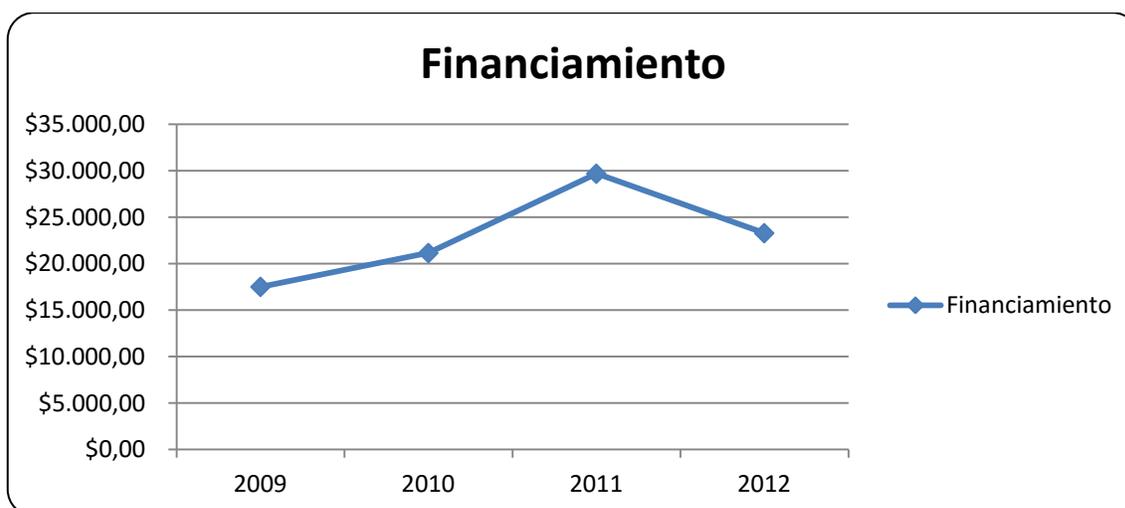
Fuente: Soriano Montero, M.A., *Capítulo 2: Teoría de Clusters Industriales*, [en línea], México, Universidad de las Américas Puebla, 2008, Dirección URL: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcap/soriano_m_ma/capitulo2.pdf, [consulta: 17 de agosto de 2014]

⁸³ Sergio Rubén Trejo Estrada, *et. al.*, *Situación de la Biotecnología en el Mundo*, [en línea], México, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada IPN, Dirección URL: http://198.61.233.93:8080/up/documentos/ogms-pte1_5773505449095407687.pdf;jsessionid=658586D55CCF6DB48F93EE8B59D47DC0, [consulta: 13 de agosto 2014]

Por otra parte, durante los años 2008 y 2009, la industria del país registró un periodo difícil como consecuencia del impacto de la crisis económica internacional, por lo cual vio disminuir sus ingresos. Sin embargo el mercado de valores de este país tuvo un buen momento durante el 2012 y principios de 2013, liderando índices que componen el terreno perdido desde el inicio de la crisis financiera. Con estas buenas perspectivas, se esperan que las ventas tengan un crecimiento anual del 9.6% de forma que para el 2016 se llegue a los 146.200 millones de dólares en 2016.⁸⁴

Así pues, durante el 2012, las compañías del sector biotecnológico tuvieron el segundo incremento más alto después del 2011 donde obtuvieron 6.4 billones de dólares más. Dicho deceso se debió a que la financiación de la deuda declinó de 19.8 billones de dólares en 2011 a 11.8 billones en 2012.⁸⁵ A pesar de la disminución del débito, la cantidad del mismo en 2012 fue el segundo más elevado durante la década pasada. En la siguiente gráfica se muestra la cantidad de financiamiento privado que obtuvo este sector del año 2009 al 2012.

Cuadro 8: Gráfica del financiamiento biotecnológico en Estados Unidos.



Elaboración propia con información de Ernst and Young en Beyond Borders, Report 2013.

⁸⁴ Pablo Izquierdo, *El mercado de la biotecnología en Estados Unidos de América*, España, ICEX, 2011, p. 5

⁸⁵ s/a, *Beyond Borders. Matters of evidence*, Ernst & Young, Reino Unido, 2013, p. 42

En cuanto al marco legal, tenemos que Estados Unidos regula los OGM a través del Departamento de Agricultura (USDA por sus siglas en inglés) el cual juega un rol muy importante asegurando que los cultivos y los productos derivados de estos sean seguros para ser cultivados y usados en el país. De igual forma, una vez que estos cultivos y los productos derivados de estos entran a comercializarse, el departamento los apoya para ingresarlos en el mercado internacional.

Existen tres agencias federales que se encargan de asegurar que las plantas modificadas mediante la biotecnología y los productos derivados de ellas, sean seguras de usar para los agricultores, seguras al consumo humano y de animales y seguras para el medio ambiente. Dichas agencias son: dentro del Departamento de Agricultura, el Servicio de inspección de la salud de animales y plantas, (APHIS por sus siglas en inglés), del departamento de salud y servicios humanos, la Administración de alimento y droga (FDA por sus siglas en inglés), y la Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés).⁸⁶

Dichas agencias regulan esos productos basándose en sus características y usos, y operan las leyes hechas por el Congreso para certificar la seguridad de las plantas usadas en la agricultura, la seguridad de los pesticidas usados, y la seguridad de los alimentos de consumo humano y animal.⁸⁷ Estas agencias del gobierno de Estados Unidos son responsables de supervisar los productos agrícolas que se desprenden de la biotecnología moderna. Asimismo, entre ellas existe una comunicación e intercambio de información con la finalidad de asegurar que cualquier problema de seguridad o regulación sea debidamente resuelta.⁸⁸

En la Estructura coordinadora para la regulación de la biotecnología, (Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology, su nombre en inglés) creada en 1986, se describe el sistema federal para la evaluación de los productos desarrollados

⁸⁶ Traducción propia.

⁸⁷ United States Department of Agriculture; *Agricultural Biotechnology*, [en línea], Dirección URL: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=BIOTECH>, [consulta: 2 de noviembre de 2014]

⁸⁸ *Ibidem*.

mediante el uso de la biotecnología. Esta coordinación, está basada en un conjunto de leyes diseñadas para proteger el medio ambiente y la salud.

De acuerdo a datos del USDA, los cultivos tolerantes a herbicidas que más se cultivan en Estados Unidos y que fueron desarrollados para sobrevivir a la aplicación de herbicidas específicos, son la soya, el algodón y el maíz. En 1997 las plantaciones de los primeros cultivos eran de 17%, aumentaron 68% en 2001 y finalmente a 94% en 2014. Respecto al segundo, el porcentaje fue de 10%, 56% y 91% durante los mismos años, en tanto el maíz tuvo una adopción lenta durante los primeros años pero posteriormente se aceleró alcanzando un 89% en 2014.

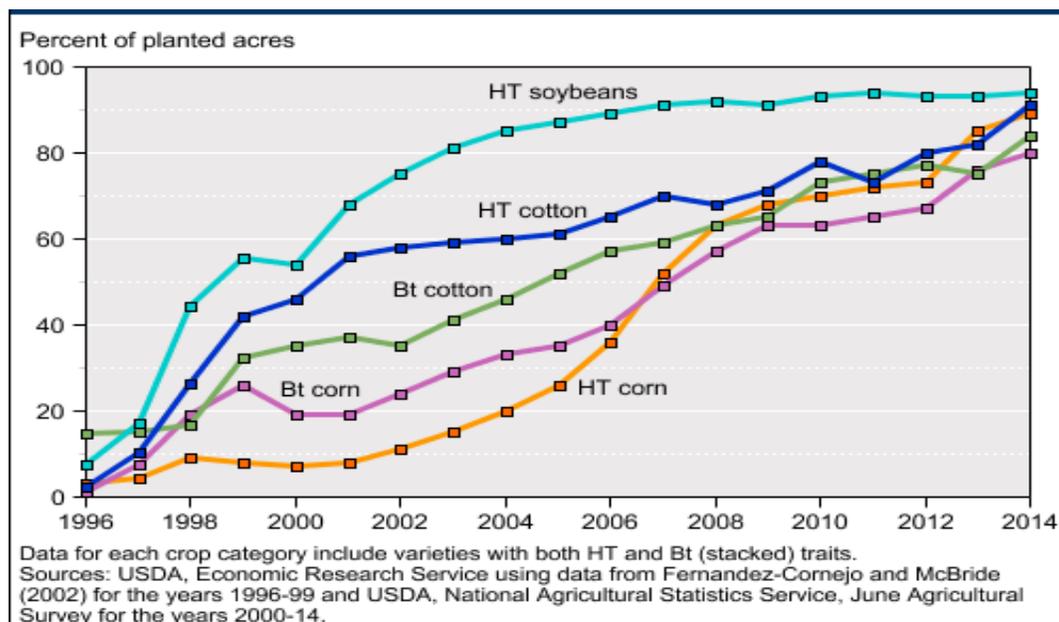
En este sentido, podemos visualizar a continuación (ver gráfica F) que las plantaciones de los cultivos más importantes, son en su mayoría transgénicos y que el incremento ha aumentado de forma muy significativa. Estos ascensos fueron exacerbados, ya que en 17 años fue 77% para la soya, 81% para el algodón mientras que en el caso del maíz, a pesar de que su desarrollo fue lento, tuvo y está teniendo un gran alcance en los últimos años.

A su vez, el maíz y el algodón son los dos cultivos resistentes a los insectos disponibles desde 1996. Dichas semillas contienen el gen de la bacteria Bt la cual, como ya se explicó en el capítulo anterior, contiene una proteína tóxica para insectos específicos lo cual hace que la planta quede protegida. De acuerdo a datos del USDA, las plantaciones Bt han crecido de un 8% de hectáreas cultivadas en 1997, a un 80% en el 2014. Es decir, que en esos últimos 17 años, estas plantaciones han tenido un crecimiento de aproximadamente 4.23% por año, resaltando que Estados Unidos es el país con el mayor número de eventos Bt en el mundo con diversas variedades de algodón y maíz.

Sin embargo, es importante señalar que tal como se observa en la gráfica F, hubo un descenso durante el 2000 y 2001 a 19% después de que en 1999 haya sido de 26% de hectáreas cultivadas. El incremento en el porcentaje del número de hectáreas durante los últimos años, se ha presentado debido a la introducción comercial de las nuevas variedades del maíz BT resistentes al gusano de la raíz

del maíz y al del maíz. En cuanto a las plantaciones del algodón BT, también han tenido un rápido crecimiento, del 15% de hectáreas que había en Estados Unidos en 1997 a 37% en 2001 y 84% en el 2014.

Cuadro 9. Gráfica de la adopción de los cultivos genéticamente modificados en Estados Unidos. De 1996 al 2014.



Fuente: United States Department of Agriculture, Recent Trends in GE Adoption, [en línea], 2014

Con la anterior gráfica, podemos observar que el número de hectáreas de algodón, soya y maíz cultivadas con modificaciones de tolerancia a herbicidas y/o la bacteria BT, ha aumentado de forma muy considerable en la última década, con ello se puede inferir que la adopción de los transgénicos en el país es importante sobre todo si se tiene en cuenta que una amplia mayoría de los cultivos OGM que se cultivan, son destinadas para alimento animal o agrocombustibles.

En el siguiente cuadro, se muestra el porcentaje del número de hectáreas cultivado de 1996 a 2014, asimismo se explica a qué se refieren los términos en inglés que se muestran en la gráfica F (HT soybeans, HT cotton, Bt cotton, Bt corn, Ht corn).

Cuadro 10. Porcentaje del número de hectáreas cultivadas ⁸⁹

Año	Soya tolerante a herbicidas (HT soybeans)	Algodón tolerante a herbicidas (HT cotton)	Algodón tolerante a la bacteria BT (Bt cotton)	Maíz tolerante a la bacteria Bt (Bt corn)	Maíz tolerante a herbicidas (HT corn)
1996	7	2	15	1	3
1997	17	11	15	8	4
1998	44	26	17	19	9
1999	56	42	32	26	8
2000	54	46	35	19	7
2001	68	56	37	19	8
2002	75	58	35	24	11
2003	81	59	41	29	15
2004	85	60	46	33	20
2005	87	61	52	35	26
2006	89	65	57	40	36
2007	91	70	59	49	52
2008	92	68	63	57	63
2009	91	71	65	63	68
2010	93	78	73	63	70
2011	94	73	75	65	72
2012	93	80	77	67	73
2013	93	82	75	76	85
2014	94	91	84	80	89

Fuente: Elaboración propia con información del USDA, 2014.

De manera que, por lo expuesto anteriormente, Estados Unidos es el lugar de origen de los transgénicos, ya que como hemos visto, ha liderado desde su incursión hasta la actualidad, la producción de OGM's en el mundo. Ha impulsado la investigación y desarrollo de nuevas técnicas para producir nuevas semillas mejoradas.

Por su parte, el constante dinamismo económico en el sistema internacional da lugar al establecimiento de un libre mercado, donde los países juegan un rol muy importante estableciendo relaciones comerciales con otros. Siendo Estados Unidos el primer país que en 1996 cultivó transgénicos para uso comercial de

⁸⁹ *Ibidem.*

forma significativa ⁹⁰, podemos inferir que para la nación norteamericana, el sector agrobiotecnológico es muy importante pues es uno de los grandes exportadores de OGM's en el mundo.

Con base en el principio de libre mercado, Estados Unidos impulsa la comercialización mundial de OGM. De ahí que en el 2009, emitió un fallo ante la Organización Mundial de Comercio (OMC) contra la Unión Europea (UE) quien ha puesto resistencia a la comercialización de productos transgénicos mediante la ley que establece que “[...] el etiquetado es obligatorio para los productos derivados de la biotecnología moderna o productos que contengan organismos GM. En este sentido, la legislación también considera el problema de la contaminación accidental de los alimentos convencionales con material GM. Introduce un umbral mínimo de un 1% para ADN o proteína proveniente de modificación genética, debajo del cual no se requiere etiquetado.”⁹¹ Al respecto, Estados Unidos declara que para poder comercializarse, “[...] los alimentos derivados de plantas obtenidas por ingeniería genética deben cumplir [...] las mismas estrictas normas reglamentarias y de inocuidad que todos los demás alimentos.” ⁹²

Con lo anterior, el gobierno de Estados Unidos afirma que existen medidas que garantizan que las empresas consolidadas en el país dedicadas a la obtención de productos genéticamente modificados, cumplen con las condiciones necesarias para su comercialización, esas condiciones van ligadas al hecho de que “no causarán daños a productos agropecuarios elaborados [y que no habrá] [...] probabilidades de causar daño a otros organismos beneficiosos para la agricultura.” ⁹³ Sin embargo, no toda la opinión pública coincide en que esas

⁹⁰ Joseph Zacune, *Lucha contra Monsanto: Resistencia de los movimientos de base al poder empresarial del agronegocio en la era de la 'economía verde' y un clima cambiante*, [en línea], La vía campesina, Amigos de la Tierra Internacional, Combat Monsanto, Marzo 2012, Dirección URL: <http://www.viacampesina.org/downloads/pdf/sp/Monsanto-Publication-ES-Final-Version.pdf>, [consulta: 4 de marzo de 2015]

⁹¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *20 preguntas sobre los alimentos genéticamente modificados (OGM)*, [en línea], Revista CPS, 14 de agosto de 2009, Dirección URL: <http://www.revistacps.com.ar/revista-cps-digital/saludyalimentacion/71-20preguntasalimentos1.html>, [consulta: 9 de noviembre de 2014]

⁹² *Ibidem.*

⁹³ *Ibidem.*

medidas son totalmente seguras; parte de la población señala que no está de acuerdo que en su alimentación básica se incluyan organismos genéticamente modificados. "Una encuesta reciente del diario The New York Times señaló que el 93% de los estadounidenses quieren que las etiquetas muestren claramente cuando se trata de alimentos transgénicos." ⁹⁴

En este sentido, se propone, etiquetar los alimentos que contengan genes manipulados para que la sociedad tenga la capacidad de decidir si los ingiere o no. Hay que señalar que Estados Unidos es uno de los países que carece del requisito legal de hacer que se muestre de forma obligatorio la información del etiquetado.⁹⁵ En el país donde casi todas las cepas de soja, maíz, remolacha y colza están modificadas genéticamente, se introdujeron, en el 2013, 50 proyectos de ley en 26 estados que apuntaron al etiquetado de los alimentos transgénicos. ⁹⁶ No obstante, sólo Maine y Connecticut aprobaron esta legislación y aún tienen que ponerla en marcha.⁹⁷

A pesar de los esfuerzos para lograr la aprobación del etiquetado, éste no ha podido consolidarse principalmente porque las grandes empresas de agroquímicos, de las cuales se hablará en el punto 2.2.3, junto a gigantes de la industria alimentaria como Coca Cola, Pepsico y Kraft Foods, se alían para convencer a los votantes de rechazar la propuesta de etiquetados. ⁹⁸ En este sentido, como puede observarse los intereses van más allá de la salud de la población norteamericana, son más bien económicos mediante una alianza entre el gobierno y las grandes empresas.

⁹⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *La batalla sobre el etiquetado de alimentos transgénicos se intensifica en EEUU*, [en línea], Agronoticias América Latina y el Caribe, Mundial, 8 de enero de 2014, Dirección URL: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/211982/>, [consulta: 9 de diciembre de 2014]

⁹⁵ *Ibidem*

⁹⁶ *Ibidem*

⁹⁷ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *La batalla sobre el etiquetado de alimentos transgénicos se intensifica en EEUU*, *op.cit.*

⁹⁸ *Ibidem.*

Por el contrario, también hay empresas que buscan fabricar productos libres de transgénicos, tal es el caso de General Mills. No obstante, señala que esta acción no puede llevarse a cabo con todos sus productos, ya que "el uso generalizado de semillas modificadas genéticamente en cepas de maíz, soja, o remolacha haría difícil, si no imposible, cambiar a ingredientes no transgénicos de forma fiable."⁹⁹

Por lo demás, resulta muy importante la participación de Estados Unidos en el desarrollo biotecnológico agrícola ya que es cada vez mayor el número de hectáreas cultivadas con semillas OGM, lo cual mantiene en constante vulneración el entorno ambiental, conservando los mismos riesgos que hasta la actualidad no han sido descartados científicamente. Asimismo, la estrecha relación que existe entre el sector privado y el gobierno estadounidense, sigue dando de qué hablar pues las autorizaciones de liberación de nuevos eventos siguen presentándose sin el debido estudio a largo plazo, lo que impide confirmar cuáles son los riesgos inminentes a los que se enfrentaría el medio ambiente y la sociedad.

También ha causado gran controversia el respaldo que el gobierno norteamericano ha ofrecido a los directivos de las grandes empresas del sector biotecnológico, ya que las decisiones tomadas no solo impactan en el país sino en todos aquellos donde se encuentran establecidas las empresas.

Finalmente, la participación altruista de Estados Unidos hacía los países con mayor pobreza, sobretudo en América Latina y África, ha sido criticada y cuestionada en reiteradas ocasiones, ya que a través de sus programas de ayuda, busca dar entrada a las semillas y alimentos OGM, consiguiendo que las grandes empresas del sector biotecnológico se establezcan en los países para instaurar su monopolio.

A continuación, expondremos las posturas de distintos actores internacionales cuya participación ha sido destacada en la temática ambiental y es imprescindible para analizar la problemática de los transgénicos liberados en el medio ambiente.

⁹⁹ *Ibidem.*

2.3 Posturas de actores internacionales respecto al uso de la biotecnología aplicada a la ingeniería genética para la producción de cultivos transgénicos.

Conforme han pasado los años, la revolución tecnológica nos brinda nuevas herramientas con el fin de desarrollar a un nivel cada vez mayor, los insumos para facilitar la producción. Con ello, diferentes posturas a nivel internacional se han manifestado ya sea en contra o en favor de ciertas aplicaciones, una de las más controversiales es la aplicación de la ingeniería genética en la agricultura; las opiniones que se han vertido al respecto son variadas y diferentes, sin embargo, dos de ellas predominan: a favor o en contra.

En este sentido, tenemos dos puntos de vista diferentes, que intrínsecamente apuntan a objetivos diferentes. Primeramente, tenemos al grupo encabezado por las empresas transnacionales, quienes colocan a las semillas transgénicas como una panacea para revertir el uso excesivo de herbicidas y fertilizantes que dañan la capa de ozono y exacerben al calentamiento global; asimismo señalan las ventajas que brindan en las zonas de sequía excesiva donde la agricultura es una actividad muy poco redituable y por ende, la población tiene pocas opciones de alimento, por lo tanto, da la oportunidad de satisfacer la demanda de alimentación. Dichas empresas han usado el principio de cuidado ambiental y de seguridad alimentaria, para minimizar el objetivo principal: vender sus semillas y demás productos prometiendo una mayor producción en menos tiempo.

Por otro lado, existe otro grupo que de forma general, señala que los cultivos OGM's sembrados no garantizan la seguridad de los cultivos criollos una vez que los primeros se liberan en el exterior, trayendo como consecuencia que en esa interacción haya efectos secundarios en insectos benéficos dañando el ecosistema. También señalan el riesgo que corren los agricultores de manejar las malezas una vez que éstas se vuelvan resistentes a los herbicidas creados por las transnacionales. Las opiniones que verte este grupo, apuntan a que el fin último de las empresas, obedece a intereses económicos más que al cuidado ambiental

y de seguridad alimentaria. Señalan que las empresas buscan generar dependencia de los agricultores hacia sus productos.

Por lo anterior, en el debate de los OGM en la agricultura, existen actores internacionales que tienen mayor participación pues critican y proponen ideas en este tema. Dentro de los más importantes tenemos a las organizaciones internacionales, los organismos no gubernamentales y las empresas transnacionales que destinan su mercado en este rubro.

Durante los últimos años, esta aportación tecnológica ha traído grandes expectativas creando un paradigma en la agricultura, distinguido por el uso de semillas modificadas genéticamente, herbicidas y pesticidas diseñados para un uso específico. No obstante, su uso ha sido fuertemente criticado poniendo en duda su efectividad y seguridad en su aplicación. A continuación, mencionaremos los actores que mayor participación han tenido sobre el tema.

2.3.1 Postura de las Organizaciones Internacionales Gubernamentales ante la siembra de semillas transgénicas.

El rol que juegan las organizaciones internacionales gubernamentales (OIG) en el debate de este tema, es sumamente importante, pues hay que recordar que surgieron de la necesidad de dar viabilidad a la interacción regulada de los Estados, por lo que su función es representar los intereses de estos.

No obstante, su participación en el tema de los transgénicos ha sido muy cuestionada pues diversas organizaciones no gubernamentales, han señalado que su postura es apoyar a las empresas que desarrollan biotecnología aplicada a la agricultura. Empero, es importante conocer cuáles han sido las declaraciones que las OIG han hecho al respecto.

2.3.1.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a través de uno de sus informes, señala que la innovación tecnológica ha permitido que en algunos países como China, los cultivos de algodón hayan dado mejores rendimientos en comparación con los cultivos tradicionales, explicación de ello es la resistencia que opone el algodón genéticamente modificado a los insectos; asimismo se presenta reducción en los costes de plaguicidas. Con lo anterior, la FAO resalta que el nuevo soporte tecnológico brindado por los OGM, ofrece ventajas inclinadas a factores económicos, pues permiten un abaratamiento de los costes de producción.

Para la Organización, la biotecnología es una herramienta que ofrece instrumentos para el desarrollo sostenible de la actividad forestal, la agricultura y otras industrias alimentarias. Señala que en unión con otras tecnologías que favorezcan la producción de alimentos o productos agrícolas, la biotecnología puede asumir las nuevas necesidades que la población mundial actualmente requiere.¹⁰⁰

En este sentido, y derivado de la preocupación por terminar con el hambre en el mundo, la Organización ha creado programas que encaren el problema. La intervención de la FAO resulta elemental, cuando se tienen cifras de “[...] mil millones de personas hambrientas en el mundo en parte debido a la subida de los precios de los alimentos [...]”¹⁰¹. Esta es una de las razones que argumenta dictar a favor de la utilización de alimentos transgénicos pues al tener costos más bajos que los alimentos naturales, permiten que más personas tengan acceso a alimentos que les permitan remediar el problema de la hambruna.

¹⁰⁰ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Declaración de la FAO sobre biotecnología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/>, [consulta: 9 de enero de 2015]

¹⁰¹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Unidos contra el hambre*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/getinvolved/worldfoodday/es/>, [consulta: 27 de septiembre de 2010].

Asimismo, la FAO reconoce que la ingeniería genética puede dar mayor rendimiento en tierras marginales, aplicarla a cultivos para proveerles vitaminas y así mejorar la salud de comunidades con bajo poder adquisitivo. También señala que ésta aplicación biotecnológica puede usarse para limpiar derrames de hidrocarburos y eliminar metales pesados.

Sin embargo, también reconoce que existe preocupación por los riesgos potenciales que plantean aspectos de la biotecnología. La FAO clasifica tales riesgos en dos categorías: los efectos en la salud humana y de los animales y de las consecuencias ambientales. Referente a los riesgos para el medio ambiente, señala "[...] la posibilidad de cruzamientos exteriores que podrían dar lugar, [...] al desarrollo de malas hierbas más agresivas o de parientes silvestres con mayor resistencia a las enfermedades o provocar tensiones ambientales, trastornando el equilibrio del ecosistema. También se puede perder la biodiversidad [...] como consecuencia del desplazamiento de cultivares tradicionales por un pequeño número de cultivares modificados genéticamente."¹⁰²

La Organización apoya un sistema de evaluación de base científica que determine de manera objetiva los riesgos y beneficios de cada OGM. Señala que es necesario revisar los efectos en la biodiversidad, el medio ambiente y la medida en que los beneficios compensan los riesgos calculados. Durante el proceso de evaluación se deberá contemplar la experiencia adquirida por las autoridades nacionales de normalización al aprobar los productos. De igual modo, es necesario dar seguimiento a los efectos de los productos y los procesos después de su aprobación con la finalidad de asegurar que sigan siendo seguros para el ser humano, el medio ambiente y los animales.¹⁰³

En la actualidad, la biotecnología se ha desarrollado en mayor medida en el sector privado y se ha establecido en los países desarrollados siendo ahí donde sus productos pueden ser adquiridos más fácilmente. En este sentido, la FAO propone

¹⁰² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Declaración de la FAO sobre biotecnología*, op. cit.

¹⁰³ *Ibidem*.

que exista un mejor diálogo entre el sector público y el privado con el fin de que los países en desarrollo también tengan más acceso y se beneficien de la investigación biotecnológica.¹⁰⁴

De acuerdo a la declaración de la FAO sobre biotecnología, la organización reconoce que en algunas circunstancias los OGM pueden contribuir al aumento de productividad, pero al mismo tiempo admite que hay riesgos potenciales que se plantean. Por lo tanto, busca de forma constante evaluar cuáles son los beneficios y riesgos de la aplicación de tecnologías como lo es el de la ingeniería genética en la agricultura. Sin embargo, resulta limitada su participación en cuanto a la formulación de políticas para este rubro, ya que de éstas, siguen siendo responsables los gobiernos de los Estados miembros.

No obstante, la participación de la FAO ha sido cuestionada en reiteradas ocasiones, principalmente por organismos no gubernamentales, quienes afirman que la O.I. apoya la intrusión de transgénicos, principalmente en los países en desarrollo. En este sentido podemos citar como ejemplo la carta que en 2010 dirige Greenpeace a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, donde manifiesta su consternación por el patrocinio de "[...] una conferencia técnica sobre las biotecnologías agrícolas, con énfasis en cultivos transgénicos, en un momento en el que el gobierno mexicano ha autorizado la siembra experimental de maíz transgénico, amenazando el centro de origen y diversidad del maíz [...]." ¹⁰⁵

Asimismo, su participación ha sido polémica ya que en diversas ocasiones las ONG's y la sociedad civil han mostrado indignación respecto a la preferencia que otorga la FAO a las grandes empresas del sector agrobiotecnológico como Monsanto, Bayer, etc., debido a que manifiestan que la O.I. responde a intereses económicos más que de sustentabilidad y seguridad alimentaria. De ahí que durante una de las conferencias realizadas por la FAO, una delegación africana

¹⁰⁴ *Ibidem.*

¹⁰⁵ Greenpeace México, *Carta FAO*, [en línea], Dirección URL: http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2010/2/carta_fao.pdf, [consulta: 21 de febrero de 2015]

pidió que no se usaran imágenes de niños pobres y hambrientos para promover una tecnología que no brinda beneficios a sus comunidades.

Ahora bien, es importante señalar que recientemente, "ante la inquietud que existe entre organizaciones ambientalistas y de la sociedad civil; la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) afirmó que los productos transgénicos ya no se requieren para combatir el hambre."¹⁰⁶ El titular de la Organización, José Graziano da Silva, indicó que los transgénicos no se necesitan para erradicar el hambre, en conferencia de prensa, sostuvo que "los transgénicos son cosa del pasado, no los necesitamos para erradicar el hambre, los avances que podemos tener con las tecnologías tradicionales, la revolución verde, ahora con la agroecología, nos permitirá erradicar el hambre [...]".¹⁰⁷ "Tras asegurar que la región [Latinoamérica] puede erradicar el hambre, Da Silva dijo que la FAO está más preocupada por combatir la obesidad que el hambre"¹⁰⁸

En este sentido, resulta claro entender que los transgénicos no son el remedio para acabar con el hambre y por ende no significa que sean elementos determinativos para asegurar la alimentación en el mundo. También demuestra que no representan la forma de agricultura más viable y sustentable, pues menciona que mediante las tecnologías tradicionales es posible asegurar el alimento; por lo anterior, podemos conocer que los cultivos transgénicos no son pieza fundamental para acabar con el hambre.

Resulta conveniente mencionar también la figura del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (en adelante FIDA), "[...] institución financiera internacional y un organismo especializado de las Naciones Unidas dedicado a reducir la pobreza y el hambre en las zonas rurales de los países en desarrollo. Concede préstamos

¹⁰⁶ <http://www.noticiasmvs.com/#!/noticias/para-combatir-el-hambre-ya-no-se-requiere-de-transgenicos-fao-123>

¹⁰⁷ *Ibidem.*

¹⁰⁸ *Ibidem.*

a bajo interés y donaciones a los países en desarrollo agrícola y rural."¹⁰⁹ En 1974 se decidió instituirlo, a raíz de los graves problemas de sequía y hambruna en África y Asia.

El propósito del Fondo "[...] es dar a los hombres y mujeres pobres de las zonas rurales la oportunidad de mejorar su seguridad alimentaria y nutricional, aumentar sus ingresos y reforzar su capacidad de resistencia."¹¹⁰ Representa una asociación única en su género, de países miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), otros países en desarrollo y países miembros de la OCDE.¹¹¹ Se desempeña también como intermediario entre gobiernos, organizaciones de productores y actores del sector privado. Para el año 2015, el trabajo del FIDA se desarrollaba en algunos países de África Occidental, Central, Oriental y Meridional; Asia y el Pacífico; América Latina y el Caribe; Cercano Oriente, África del Norte y Europa. Hay un total de 176 Estados miembros.

2.3.1.2 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Uno de los temas más relevantes respecto al cultivo de transgénicos, es la regulación de los mismos; generalmente se abren dos vertientes: de un lado están quienes consideran la aplicación de la ingeniería genética en la agricultura como una simple continuación de las técnicas existentes y de otro, están los que piensan que dicha ingeniería es completamente diferente y que merece una regulación más estricta.

En este sentido, la participación de la OCDE en 1986 fue relevante ya que a través de un foro intergubernamental para armonizar las legislaciones, publicó

¹⁰⁹ Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, *El Fida de un vistazo*, [en línea], Italia, Febrero 2016, Dirección URL: <https://www.ifad.org/documents/10180/900dee85-d4dd-4732-aab6-cc171e60bebd>, [consulta: 5 de julio de 2016]

¹¹⁰ *Ibidem*.

¹¹¹ *Ibidem*.

recomendaciones sobre la seguridad del ADN recombinante.¹¹² La Organización consideró la instauración de un marco legal común como un importante paso para aumentar los beneficios de la biotecnología a nivel global al mismo tiempo que se garantizaba la consideración de los riesgos potenciales.

Actualmente, la OCDE a través de su programa de trabajo de bioseguridad promueve la armonización internacional en cuanto a los sistemas de supervisión regulatoria de los productos genéticamente modificados.¹¹³ Dicho programa considera a todos los organismos vivos que pueden ser la base para nuevos productos biotecnológicos; asimismo, países no miembros y organizaciones de observadores están asociados con el trabajo. La labor de este programa va en función de que los productos biotecnológicos, en especial las nuevas variedades de cultivos, están creciendo cada vez más en el comercio mundial y en este sentido, es necesario que exista una armonización internacional de regulación y supervisión en biotecnología que pueda asegurar que los aspectos de salud y seguridad ambiental son evaluados de forma adecuada.¹¹⁴

Entre los mejores resultados que ha tenido ese programa se encuentran los documentos de consenso en bioseguridad, los cuales proveen información basada en la ciencia para el uso en la evaluación de riesgos y seguridad ambiental; estos documentos contienen consideraciones en posibles impactos ambientales, características de los caracteres introducidos, entre otros aspectos que facilitan la armonización u homologación.

De igual forma, el programa cuenta con un "Biotrack" en donde facilita ligas de direcciones URL con contactos que ayudan a la regulación de OGM's en cada uno

¹¹² Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Safety considerations for biotechnology 1992*, [en línea], Francia, 1992, Dirección URL: <http://www.oecd.org/sti/biotech/2375496.pdf>, [consulta: 25 de octubre de 2014]

¹¹³ Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Environmental biosafety*, [en línea], 2016, Dirección URL: <http://www.oecd.org/fr/science/biotrack/environmentalbiosafety.htm>, [consulta: 12 de febrero de 2016]

¹¹⁴ *Ibidem*.

de los países miembros de la Organización; asimismo, proporcionan información de los productos transgénicos que han sido liberados al medio ambiente.¹¹⁵

En general, el programa busca fomentar el compartir información, promover las prácticas armonizadas y un enfoque común para la evaluación y regulación de la seguridad. De igual forma, busca concentrar los esfuerzos para que todos salgan beneficiados de la misma manera, pudiendo ser usada la información por los gobiernos, la industria, las partes interesadas y la comunidad científica.¹¹⁶

En 2008, el Secretario General de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), José Ángel Gurría, señaló que los cultivos transgénicos son como un antídoto contra los altos precios de los alimentos, lo anterior después de que presentó un informe junto con el jefe de la agencia alimentaria de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que proyectaba altos precios de los alimentos en los siguientes 10 años.¹¹⁷

Dicho informe elaborado conjuntamente entre la OCDE y la FAO, sugirió que los cultivos transgénicos podrían ayudar a aumentar la producción para alimentar a una mayor cantidad de personas y ganado; asimismo, pidió una revisión a la producción de biocombustibles. Por tal razón, la postura del representante es que los cultivos genéticamente modificados son parte de la solución al problema del encarecimiento de alimentos. Sin embargo, de acuerdo a Loek Boonekamp de la división de políticas agrícolas de la OCDE, señala que el incremento de los precios se debe principalmente a la producción de biocombustibles.¹¹⁸

Por lo anterior podemos destacar que si uno de los argumentos para defender el cultivo de transgénicos es que es un elemento clave para contrarrestar el encarecimiento de los precios en los alimentos, el mismo puede refutarse cuando

¹¹⁵ *Ibidem.*

¹¹⁶ *Ibidem.*

¹¹⁷ s/a, "La OCDE da apoyo a transgénicos", [en línea], México, *Expansion.mx*, 29 de mayo de 2008, Dirección URL: <http://www.cnnexpansion.com/economia/2008/05/29/la-ocde-da-apoyo-a-transgenicos>, [consulta: 16 de febrero de 2015]

¹¹⁸ *Ibidem.*

se tiene en cuenta el principal motivo del alza de los mismos, es decir, la producción de cultivos con una finalidad distinta a la de alimentar a la población.

2.3.2 Organizaciones No Gubernamentales.

El surgimiento de las organizaciones no gubernamentales (ONG's), se dio por la falta de acción de los Estados para enfrentar los problemas que aquejaban a su población, por coyunturas internacionales y por el crecimiento de externalidades, es decir, aquellos efectos incidentales pero no necesariamente no anticipados, causado por un agente económico en el bienestar de otro agente económico el cual no pasa por los mercados.

Existen dos tipos de organizaciones, las de representatividad y las prestadoras de servicios. Las primeras buscan resaltar, influir en las agendas políticas, las segundas, prestan servicios a otras ONG's, a países que lo requieran o en general a la sociedad.

A continuación mencionaremos tres organizaciones, la primera de ellas es de las que más han influido internacionalmente en las agendas políticas, la segunda fue creada a partir de la preocupación de la sociedad por la biodiversidad de nuestro país y la tercera, comparte sus conocimientos y experiencias en la materia medioambiental.

2.3.2.1 Greenpeace

Una de las organizaciones no gubernamentales ambientales más importantes a nivel mundial es sin duda Greenpeace. Creada en 1971, esta organización es financiada únicamente con contribuciones individuales y fideicomisos, no acepta apoyo económico de gobiernos, partidos políticos o empresas, lo cual garantiza su independencia. Su principio básico es la acción independiente y pacífica.¹¹⁹

¹¹⁹ Greenpeace; *Tu organización hoy*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Quienes-somos/Tu-organizacion-hoy/>, [consulta: 15 de febrero de 2015]

Por su parte, la organización lleva a cabo diversas campañas, entre ellas una llamada "agricultura sustentable y transgénicos", la cual expone los riesgos ecológicos y para la salud que implica la siembra de OGM. Greenpeace se opone al uso de transgénicos y promueve una agricultura sustentable. En el caso de México, se centra en trabajar contra la siembra de maíz genéticamente modificado partiendo de lo importante que es nuestro país dado que es considerado centro de origen y diversidad de dicho grano. No obstante, la ONG también trabaja en otros países evitando la liberación de otras semillas como el trigo y el arroz transgénicos.

La participación de Greenpeace ha dado lugar a ciertos conflictos de intereses, debido a que ha denunciado diversas acciones que llevan a cabo empresas transnacionales que derivan en riesgos potenciales para el medio ambiente. Tal es el caso de la denuncia a Nestlé pues amenaza los bosques de Indonesia.¹²⁰ En este sentido, la organización señala que no responde a intereses empresariales lo que ha dado credibilidad ante la comunidad internacional quien a través de donaciones o denuncias, apoya las campañas con el fin de buscar soluciones a las problemáticas ambientales que se presentan a nivel mundial.

En cuanto a la influencia que ejerce la organización en la sociedad, se puede decir que Greenpeace ha contribuido a que se diera mayor atención a los riesgos ambientales a través de las campañas que implementa en diversos países contra el uso de transgénicos, informando cuales son los riesgos a los que se enfrentaría la población, al tener semillas genéticamente modificadas en los sembradíos. En el caso de nuestro país, la organización ha jugado un papel muy importante mediante su campaña de agricultura sustentable, donde expone que a través de esta práctica, se puede preservar la cuna del maíz y la diversidad genética que se encuentra amenazada por la contaminación de las siembras de maíz genéticamente modificado.

¹²⁰ *Ibidem.*

2.3.2.2 Fundación Semillas de Vida

En el año 2007, en México se integró una Asociación civil de ciudadanos interesados por la forma en que se producen los alimentos, ocupándose en especial del conocimiento y la conservación de las razas de maíz mexicano y las especies asociadas en la milpa.¹²¹ La organización busca sumarse a los esfuerzos de las organizaciones de la sociedad civil, instituciones públicas, productores, expertos en maíz en México y el extranjero, científicos y académicos de diversas áreas con la finalidad de contribuir a la sana alimentación de los mexicanos a través de la agricultura sustentable.¹²² Su misión es sumar esfuerzos de diferentes actores del campo y la ciudad para alcanzar el equilibrio entre agricultura sustentable y una sana alimentación, fortaleciendo la agrobiodiversidad mexicana y cuidando la vida desde las semillas.¹²³

Por lo anterior, esta organización está en una constante lucha contra el cultivo de semillas de maíz transgénicas en el país, pues señala que los productos de la biotecnología se han convertido en insumos que acrecientan la dependencia tecnológica de México hacia las empresas transnacionales, principalmente Monsanto, quien manejaba para comienzos de los 2000, el 91% del comercio de semillas transgénicas.¹²⁴ Semillas de vida, mantiene una cruzada informativa sobre transgénicos, con la finalidad de defender el maíz mexicano de los OGM creados por las grandes transnacionales.

2.3.2.3 Grupo de Estudios Ambientales, A.C. (GEA)

Es una asociación civil sin fines de lucro fundada en 1977 la cual busca contribuir a la sustentabilidad de la vida en el planeta y a la resolución de problemas

¹²¹ Semillas de vida. org, *¿Qué hacemos?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.semillasdevida.org.mx/index.php/qsomos/que-hacemos>, [consulta: 25 de octubre de 2015]

¹²² *Ibidem.*

¹²³ Semillas de vida. org, *¿Qué hacemos?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.semillasdevida.org.mx/index.php/qsomos/mision-y-vision>, [consulta: 25 de octubre de 2015]

¹²⁴ Semillas de vida. org, *¿Qué hacemos?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.semillasdevida.org.mx/index.php/documentos/transgenicos>, [consulta: 25 de octubre de 2015]

socioambientales;¹²⁵ está integrada por profesionales que buscan poner sus conocimientos y experiencia al servicio de la sociedad y de la integridad de la naturaleza.

Las actividades que realiza la asociación están distribuidas en distintos programas que ha creado con la finalidad de enfocarse en diferentes temas. Dichos programas tienen antecedentes, objetivos, estrategias y líneas de trabajo específicos, diseñados individualmente.

Algunos de los programas que tiene la asociación y que se relacionan con la presente investigación son:

- GEAVIDEO, el cual tiene como uno de sus objetivos el "contribuir a que diversos actores sociales creen, reciban y difundan mensajes que contribuyan a valorar experiencias y propuestas para una relación más armoniosa entre la sociedad y la naturaleza."¹²⁶ Por lo anterior, el enfoque interdisciplinario del programa, permite tener una perspectiva más amplia de la relación entre el hombre y la naturaleza.
- Programa de Gestión Participativa hacia la Sustentabilidad: dentro de sus objetivos está el promover el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales comunitarios a través de un co-manejo responsable que permita generar beneficios equitativos; animar la revalorización del patrimonio ambiental y cultural de los pueblos.¹²⁷ Por lo anterior, a través de este programa se busca que exista una participación por parte de todos los actores involucrados sin que la balanza se incline hacia un lado más que a

¹²⁵ Grupo de Estudios Ambientales A.C., *¿Qué es GEA?*, [en línea], México, Dirección URL: http://www.geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=240%3Aque-es-gea&catid=25%3Athe-project&Itemid=27, [consulta: 25 de octubre de 2015]

¹²⁶ Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa GEAVIDEO*, [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=184%3Aobjetivos-gea-video&catid=1%3Alatest-news&Itemid=66, [consulta: 25 de octubre de 2015]

¹²⁷ Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa Gestión Participativa hacia la Sustentabilidad* [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=243%3Aobjetivos-pgphs&catid=1%3Alatest-news&Itemid=67, [consulta: 25 de octubre de 2015]

otro y que se dé el valor que merece el patrimonio biodiverso con el que cuenta el país.

- Programa de Manejo Campesino de Recursos Naturales: el programa busca el fortalecimiento de las capacidades de las comunidades y organizaciones campesinas para ejercer un mejor control y manejo más adecuado de sus recursos naturales, orientándolo hacia la sustentabilidad y basándolos en la defensa y el desarrollo de los conocimientos, las instituciones y las tecnologías locales.¹²⁸ Este programa es muy importante porque busca una sinergia entre las comunidades y las instituciones para desarrollar nuevas tecnologías y conocimientos que permitan mejorar el manejo de los recursos naturales.

Finalmente, podemos resumir la participación de las organizaciones no gubernamentales diciendo que están conformadas por grupos de personas con distintos perfiles disciplinarios que están en constante lucha y campaña contra los cultivos transgénicos, pues de acuerdo al enfoque interdisciplinario que tienen, representan un peligro en varios aspectos que van desde el ambiental hasta el cultural, pasando por el económico. Son organizaciones que representan la voz de muchos agricultores que ven a las compañías dedicadas a la biotecnología aplicada a la agricultura, como un peligro a su entorno ambiental, cultural y su economía.

Las ONG's enfocan su labor, principalmente, defendiendo el patrimonio natural y cultural con el cual cuentan los países, quienes en su mayoría se ven amenazados por intereses económicos de empresas que enfocan su producción a costa de la explotación de recursos naturales o la contaminación de los mismos. Asimismo, están en constante promoción de una agricultura sustentable, que permita el mejor aprovechamiento de los recursos para satisfacer de forma responsable las

¹²⁸ Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa de Manejo Campesino de Recursos Naturales* [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=139%3Aobjetivos-macarena&catid=1%3Alatest-news&Itemid=1, [consulta: 25 de octubre de 2015]

necesidades actuales y permitir que estos subsistan para las generaciones futuras.

2.3.3 Empresas Transnacionales.

La preocupación por el medio ambiente y por el desarrollo de mecanismos que permitan a los campesinos tener un mejor control sobre las plagas y la maleza que crece en los cultivos, ha llevado a diversas empresas a mostrar sus "soluciones". Entre las más grandes e importantes tenemos a las siguientes:

1. Monsanto
2. Syngenta
3. Pioneer
4. Dupont y Dow

A continuación, expondremos la misión y visión de las primeras dos empresas, para posteriormente analizar cuál ha sido el papel que han tenido en el debate de los transgénicos en el medio ambiente.

2.3.3.1 Monsanto

Una de las empresas proveedoras de tecnologías y productos para la agricultura más importante a nivel global es Monsanto cuya misión va encaminada a "[...] satisfacer las crecientes necesidades de alimentos, fibras y bio-combustibles, [...] contribuyendo a construir una Región Latinoamérica Norte (LAN) más sustentable"¹²⁹ y su visión dirigida a ser "[...] la compañía que mejora la calidad de vida a través de [...] innovaciones en la agricultura."¹³⁰ La misión de ésta empresa biotecnológica, es en general, permitir que a través de su innovación tecnológica, los alimentos sean más baratos, saludables y nutritivos; por otra parte, las semillas son creadas con propiedades que les permiten ser más resistentes y productivas.

La empresa señala dentro de sus compromisos, una "[...] visión de una agricultura sustentable [que] procure cumplir con las necesidades de una población que

¹²⁹ Monsanto Company, [en línea], Dirección URL: <http://www.monsanto.com.mx/mision.htm>, [consulta: 20 de enero de 2015]

¹³⁰ *Ibidem*.

crece rápidamente, proteger y conservar nuestro planeta y ayudar a mejorar la calidad de vida en todas partes."¹³¹ En 2008, Monsanto prometió producir más, conservar más y mejorar las vidas de los agricultores para el año 2030.¹³²

Monsanto señala que la biotecnología no es una tecnología nueva, pues anteriormente, nuestros antepasados también hacían mejoramientos genéticos a través del fitomejoramiento,¹³³ sin embargo, a diferencia del mecanismo utilizado por ellos, la biotecnología ofrece el beneficio de reducir de forma drástica el tiempo de espera para crear nuevos tipos de plantas y exponen el ejemplo del teosinte, el cual tardó 10,000 años en mejorar y convertirse al maíz que conocemos hoy en día, comparando esta situación con la del maíz Bt creado por la empresa, el cual es resistente a insectos y tan solo tardó 15 años en producirse.¹³⁴

Por lo tanto, la empresa brinda técnicas modernas de mejoramiento genético, es decir, lo mismo que hace miles de años pero con la diferencia que los científicos pueden localizar los rasgos que se desean y así evitar el proceso largo de mejoramiento, brindando a los clientes semillas mejoradas en el menor tiempo posible. Con lo anterior, podemos notar que lo que aporta la empresa a través de su tecnología es que los agricultores produzcan más en el menor tiempo posible, y de acuerdo a lo que señala Monsanto, "[...] mejor alimentos disponibles para todos[...]"¹³⁵ Otro punto que promueve es que esa mayor producción se haga en un espacio limitado, es decir que no sea necesario usar mayores hectáreas de cultivo para desarrollar la agricultura, con lo cual, considera como una gran aportación para el medio ambiente.

No obstante, la empresa ha estado en diversas situaciones muy controvertidas a nivel mundial respecto a sus productos, lo que ha dado lugar a muchas críticas

¹³¹ Monsanto Company, *Nuestro compromiso con la agricultura sostenible*, [en línea], Región latinoamericana, Dirección URL: <http://www.monsanto.com/global/lan/quienes-somos/pages/nuestro-compromiso-con-la-agricultura-sustentable.aspx>, [consulta: 6 de marzo de 2016]

¹³² *Ibidem*.

¹³³ *Vid. p. 6*

¹³⁴ Monsanto Company, *Biotecnología 101*, [en línea], Región Latinoamericana, Dirección URL: <http://www.monsanto.com/global/lan/mejorar-la-agricultura/pages/biotecnologia-101.aspx>, [consulta: 6 de marzo de 2016]

¹³⁵ *Ibidem*.

negativas, principalmente por parte de las ONG's y algunos científicos quienes han debatido constantemente con los directivos y socios de Monsanto. Un caso fue que el vicepresidente de la Asociación Estadounidense de la Soya (ASA por sus siglas en inglés) en 2008, aseguró que el pesticida Roundup de Monsanto tiene óptimos rendimientos liberando a su siembra de la mala hierba¹³⁶. Pese a ello, las ONG's expusieron que estos pesticidas también eliminan todo organismo que cohabita en el mismo entorno; ahora bien, el problema radica en que los agricultores latinoamericanos, en su mayoría, ocupan el sistema de multicultivo en sus sembradíos, esto quiere decir que en una misma milpa cultivan frijol, maíz, árboles frutales, etc. y usando el pesticida mencionado, tendrían que optar por un sistema de monocultivo, lo cual traería como consecuencia la erosión y pérdida de fertilidad del suelo.

Por otro lado, Monsanto no solamente enfrenta problemas y denuncias por el riesgo al medio ambiente a través del uso de sus productos y tecnologías: derivado de su amplia participación a nivel mundial, la injerencia que tiene en la mayoría de los países en desarrollo que cultivan OGM's, un número considerable de agricultores se han vuelto dependientes de las semillas creadas por la empresa debido a que no pueden reutilizarlas porque están protegidas por leyes de propiedad intelectual. Esta situación a su vez trae otra problemática: el endeudamiento de los agricultores con las empresas. Se tiene documentado que en India entre 1995 y 2010 más de 250 mil agricultores se suicidaron; estos acontecimientos tienen su origen en una crisis agraria nacional. "La agricultura [del país] [...] fue abierta al mercado mundial en las dos últimas décadas, y eso implicó aumento de costos que han socavado la rentabilidad y empujado a muchos cultivadores al círculo vicioso del endeudamiento."¹³⁷

Esa oleada de muertes se asocia a que Monsanto ha promocionado sus semillas (de algodón Bt específicamente), argumentando mayor rendimiento que otras debido a su resistencia a las plagas agrícolas, con lo que a medida que se

¹³⁶ El mundo según Monsanto parte 2, [en línea], 12 de julio de 2009, Dirección URL: <http://www.youtube.com/watch?v=30TL-ZJz4Mo&feature=related>, consulta [24 de Septiembre de 2013]

¹³⁷ Joseph Zacune, *op.cit.*, p. 12

consolida el predominio de las semillas Bt en el mercado, a los agricultores no les va quedando otra opción. "Los costos más altos asociados con el algodón Bt sin duda han contribuido a empujar a los agricultores de subsistencia a niveles de endeudamiento cada vez mayores, obligándolos a recurrir a la ayuda financiera de los prestamistas." ¹³⁸

Derivado de las actuaciones negativas que ha tenido ambiental y socialmente, Monsanto es una de las empresas más criticadas por ONG's, las cuales tienen campañas permanentes en contra de todos sus productos por considerarlos un peligro inminente al medio ambiente y por ende a toda la población mundial.

2.3.3.2 Syngenta

Otra de las grandes compañías transnacionales que desarrolla la biotecnología y la aplica a cultivos es Syngenta, la cual tiene presencia en más de 90 países. La empresa señala que su misión es continuar trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías. ¹³⁹ Asimismo, expone que entender el lenguaje de las plantas significa: ayudar a los agricultores a incrementar su producción de cosechas; proteger al medio ambiente y mejorar la salud y calidad de vida. ¹⁴⁰

En cuanto al tema del cuidado del medio ambiente, Syngenta señala que es un mito que los cultivos transgénicos sean dañinos para el medio ambiente, para argumentar lo anterior, expone alguna de las ventajas medioambientales que brindan los cultivos transgénicos, mismas que a continuación se citan:

- "Los cultivos transgénicos que son resistentes a herbicidas facilitan la adopción de sistemas de producción con labranza mínima. Esto contribuye a la reducción tanto de la erosión como de la emisión de gases de efecto

¹³⁸ *Ibid.*, p. 13

¹³⁹ Syngenta, *Nuestra empresa*, [en línea], México, Dirección
URL:<http://www3.syngenta.com/country/mx/es/QuienesSomos/NuestraEmpresa/Paginas/NuestraEmpresa.aspx>, [consulta: 18 de marzo de 2016]

¹⁴⁰ *Ibidem.*

invernadero, mejora la humedad del suelo y aumenta el almacenamiento de carbono.

- Según datos del ISAAA (2008), gracias a la biotecnología agrícola se incrementó la producción en poco más de 141 millones de toneladas entre 1996 y 2007, cantidad que habría requerido 43 millones de hectáreas adicionales de tierra de labranza, si no se hubieran utilizado los cultivos biotecnológicos.
- Los cultivos transgénicos en general han reducido la huella ecológica que produce la agricultura, por la disminución en la aplicación de plaguicidas, por una mayor eficiencia en el uso del agua y los mejores rendimientos de las cosechas ¹⁴¹

Por lo anterior, Syngenta atribuye a los cultivos modificados genéticamente la capacidad para reducir la erosión y la emisión de gases de efecto invernadero, producir millones de toneladas en un espacio disponible sin tener que usar hectáreas adicionales, disminuir el uso de plaguicidas, utilizar de forma eficiente el agua, entre otras cosas, lo anterior, con la finalidad de proponer a los cultivos transgénicos como opción para facilitar la producción y mejorar el rendimiento de las cosechas.

Es decir, lo que busca la empresa más allá de las "ventajas medioambientales" es brindar a sus clientes, mayor capacidad de producir a menor costo. Lo anterior tiene sentido cuando se tiene en cuenta el modus operandi de la economía global: es necesario producir más en menos tiempo al menor costo. No obstante, al tener como eje principal esa premisa, el cuidado del medio ambiente se disfraza con aseveraciones que pueden refutarse si nos remitimos a estudios e investigaciones que determinan que los cultivos GM, más que brindar ventajas en el medio ambiente, le representan riesgos potenciales.

¹⁴¹ Syngenta, *Mito 2: ¿Son dañinos para el medio ambiente?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www3.syngenta.com/country/mx/es/Biotecnologia/Paginas/SondaninosparaelmedioAmbiente.aspx>, [consulta: 18 de marzo de 2016]

Retomando el primer punto expuesto por Syngenta y citado anteriormente, si nos remitimos al primer capítulo de la presente investigación, cuando a los cultivos se les confieren propiedades que les permiten ser tolerantes a la aplicación de determinados herbicidas, existe el riesgo de que ocurra un intercambio genético con las malezas. Lo anterior puede suscitarse mediante la Transferencia Genética Horizontal (TGH) o la polinización cruzada y a través de cualquiera de estos mecanismos biológicos de contaminación se pueden crear nuevas malas hierbas.

Por lo anterior, los cultivos transgénicos no contribuyen a la reducción de la erosión como de la emisión de gases de efecto invernadero ya que al crearse estas nuevas especies, los agricultores tienen que optar por utilizar herbicidas más potentes con la finalidad de erradicar estas malas hierbas para que no lleguen a convertirse en malezas o invasores.

Bajo los mismos argumentos podemos explicar su punto tres expuesto anteriormente ya que de la misma forma sucesiva van evolucionando los mecanismos de resistencia de las plantas y al mismo tiempo los de los insectos. Además, mediante el uso de plaguicidas se pueden ver dañados los organismos no blanco que pueden llegar a ser parte elemental para la conservación de ciclos biológicos.¹⁴²

En cuanto al punto dos, va encaminado más que a la ventaja medioambiental, a una ventaja económica pues Syngenta busca promover sus productos bajo la idea de mayor producción en menos espacio; sin embargo, lo anterior no demuestra ser un beneficio al medio ambiente si se tiene en cuenta lo que implican estos cultivos, de acuerdo a lo explicado en párrafos anteriores.

Por los párrafos anteriormente expuestos, es difícil distinguir cuáles son los principales objetivos de las empresas dedicadas a la biotecnología aplicada a la agricultura, pues a pesar de sus visiones, misiones y discursos a favor del cuidado al medio ambiente al mismo tiempo que se termina con el hambre en el mundo, los hechos han demostrado estar muy lejos de lo que prometen y venden. Se ha

¹⁴² Vid. p. 14, 15

observado que en mayor medida lo que las empresas venden es tecnología para generar mayor producción en el menor tiempo, lo anterior puede demostrarse al leer sus páginas de internet, que aunque lo mezclan con los beneficios ambientales, puede refutarse a través de los casos que han acontecido en distintos países y con las investigaciones hechas por diversas organizaciones ambientalistas.

2.4 El cultivo de transgénicos en México

De entrada, es preciso mencionar que Mesoamérica está contenida en una gran parte en el actual territorio de México y es reconocida como uno de los tres centros de origen de la agricultura. Las especies de plantas útiles originarias y domesticadas en el país es muy amplia, por citar algunos ejemplos: maíz, frijol, chile, calabaza (estos en conjunto como productos de la milpa, son la base de la alimentación desde la época precolombina), cacao, papaya, tomate, chía, aguacate, nopales, agaves y la vainilla. Algunos otros ejemplos menos estudiados o mencionados son: guayaba, xoconostle, camote y la jícama.

Por lo anterior, es preciso estudiar el caso de nuestro país con su diversidad genética y conocer su situación ya que gran parte del maíz que se consume a nivel mundial depende de las 59 razas y los cientos de variedades mexicanas consideradas como patrimonio natural; de hecho, México es considerado centro de origen del maíz. Por lo tanto, el cultivo de semillas transgénicas en nuestro territorio, representa un gran riesgo para el entorno ambiental y patrimonial.

En el país se han otorgado permisos autorizados por el gobierno mexicano para la liberación de cultivos transgénicos en distintas evaluaciones: fase experimental ¹⁴³, fase piloto ¹⁴⁴ y la fase comercial ¹⁴⁵.

¹⁴³ La fase experimental es la primera evaluación a campo abierto de un cultivo agrícola GM en un sitio específico, cumpliendo varias medidas de seguridad que impidan la dispersión de polen, de semillas de material vegetativo, para evitar su interacción con especies sexualmente compatibles. Definición tomada de Agrobio México, [en línea] Dirección URL: http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=31&Itemid=34, [consulta: 21 de marzo de 2015]

Entre 1988 y 2005 el gobierno federal dio 330 permisos de liberación al ambiente de semillas transgénicas, las autorizaciones se otorgaron para pruebas experimentales.¹⁴⁶ Posteriormente, entre 2005 y 2009 se otorgaron 211 permisos de liberación de transgénicos a escala experimental y 20 piloto; ninguno fue comercial.¹⁴⁷

Entre 2009 y 2012 el gobierno recibió 432 solicitudes de permiso de liberación al ambiente, las cuales se detallan de forma más puntual en el cuadro 11 que se presenta más adelante, en el cual se observan que en su mayoría fueron positivas y que fueron aumentando cada año.¹⁴⁸

Ahora bien, en cuanto a los datos del tipo de cultivo, la superficie que fue solicitada y la superficie que fue permitida cultivarse, tal como se describe en el cuadro 12, en donde se aprecian las cifras registradas durante el periodo 2009 al 2012. Se tiene registrado que los permisos que más proliferaron fueron para pruebas experimentales de algodón, soya y maíz, y para cultivos piloto. En marzo del 2012 se otorgaron permisos de pruebas piloto de maíz a la empresa Monsanto. En julio y agosto del mismo año, se dieron autorizaciones de algodón para cultivo comercial a la misma empresa.¹⁴⁹

¹⁴⁴ La segunda fase de evaluación es la piloto, en esta etapa el objetivo principal es evaluar el costo-beneficio de las modificaciones adquiridas en relación a un material convencional que sirve como comparador. También existen medidas de bioseguridad y prácticas para el manejo de riesgos. Definición tomada de Agrobio México, [en línea] Dirección URL: http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=31&Itemid=34, [consulta: 21 de marzo de 2015]

¹⁴⁵ La fase comercial es la introducción, internacional y permitida del cultivo GM, en diversos predios del área de liberación, con requerimientos específicos y apropiados para la producción comercial. Durante esta fase se llevan a cabo actividades de monitoreo, control y seguimiento de la utilización de las tecnologías liberadas en las áreas permitidas en los términos de la ley. Definición tomada de Agrobio México, [en línea] Dirección URL: http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=31&Itemid=34, [consulta: 21 de marzo de 2015]

¹⁴⁶ Angélica Enciso, "Siguen cerrados los mercados para alimentos transgénicos, señalan expertos", [en línea], México, *La Jornada*, 11 de junio de 2012, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2012/06/11/sociedad/044n1soc>, [consulta: 21 de noviembre de 2012]

¹⁴⁷ *Ibidem*.

¹⁴⁸ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). 2014. Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (cdb). conabio. México, Dirección URL: <https://www.cbd.int/doc/world/mx/mx-nr-05-es.pdf>, [consulta: 17 de agosto de 2015]

¹⁴⁹ Angélica Enciso, op.cit.

En junio, SENASICA informa sobre la emisión de un permiso de liberación comercial de soya genéticamente modificada para una superficie potencial de siembra de 253 mil 500 hectáreas en los estados de Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas. Esta autorización incluye el uso de 13 mil 75 toneladas de semilla.¹⁵⁰

Cuadro 11. Solicitudes recibidas para autorizaciones y liberaciones al ambiente de cultivos GM entre 2009 y 2012

	2009	2010	2011	2012	Totales
Solicitudes recibidas para liberaciones al ambiente	76	118	133	105	432
Resueltas en positivo	64	110	114	71	359
Resueltas en negativo	12	8	16	8	44
En proceso de resolución	-	-	-	26*	26
Se emitió acuerdo donde se desecha el trámite de esta solicitud	-	-	3	-	3

Elaboración propia con información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). 2014, información basada en: cibio gem 2013. Nota: toda la información es pública e identifica entre otros aspectos: promovente; organismo; genotipo; ciclo de siembra; sitio de liberación y número de hectáreas.

* En análisis de riesgo.

Cuadro 12. Datos de cultivo, superficie solicitada y superficie permitida de cultivos genéticamente modificados entre 2009 y 2012.

Año	Cultivo	Superficie solicitada (ha)	Superficie permitida (ha)
2009	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	203 273.40	203 273.40
	Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	14.48	14.48
	Soya (<i>Glycine max</i> (L.))	9.00	9.00
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	0.25	0.25
	Total 2009	203 297.13	203 297.13
2010	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	385 420.00	375 520.00
	Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	15 495.88	59.51
	Soya (<i>Glycine max</i> (L.))	26 500.00	26 500.00
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	0.60	0.60
Total 2010	427 416.48	402 080.11	
2011	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	891 920.00	730 920.00
	Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	2 727.57	242.50
	Soya (<i>Glycine max</i> (L.))	47 054.55	46 054.35
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	1.50	1.40
Total 2011	941 703.62	777 218.25	
2012	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	983 650.00	533 600.00
	Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	2 499 055.67	3 152.93
	Soya (<i>Glycine max</i> (L.))	253 527.00	253 527.00
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	1.40	1.40
Total 2012	3 736 234.07	790 281.33	

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). 2014, quien se basó en datos de cibio gem 2013. Nota: incluyen datos de liberación comercial, experimental y piloto.

¹⁵⁰ *Ibidem*.

Monsanto es protagonista de cultivos OGM en nuestro país. Para la empresa, el negocio de vender sus productos en México es altamente redituable, ya que de acuerdo a productores de cereal, "[...] se necesitan aproximadamente 80 mil hectáreas de maíz para cubrir una hectárea, y cada bolsa de 60 mil semillas de Monsanto cuesta 3 mil pesos." ¹⁵¹ Por lo que, si se tiene en cuenta que el uso de sus simientes implica también el uso de su herbicida Roundup, el campo mexicano resulta muy atractivo ya que un ciclo de siembra, le daría 5 mil 520 millones de pesos, sólo por venta de semilla. ¹⁵²

Por ello, es que Monsanto necesita obtener más autorizaciones comerciales de cultivos en nuestro país. Sin embargo, lo anterior no ha podido llevarse a cabo de forma rápida y sencilla, ya que organizaciones no gubernamentales y la propia legislación, no la ha beneficiado. Ejemplo de ello es el juicio de demanda colectiva interpuesto por organizaciones civiles el 17 de septiembre de 2013 por el juzgado XII en materia civil del Distrito Federal, contra dependencias gubernamentales que habían autorizado licencias con fines comerciales [SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)] y productores de maíz transgénico. ¹⁵³

Ahora bien, en la demanda, las organizaciones civiles exigen al juez una medida precautoria argumentando que a través de la polinización, los OGM contaminan otras plantaciones amenazando la diversidad biológica. A lo que el juez concedió lo solicitado. Lo que los inconformes piden a la justicia es reconocer que al expedir permisos comerciales, se está violando la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM). ¹⁵⁴

151 Mathieu Tourliere, "Golpe a Monsanto y sus transgénicos", [en línea], México, *Proceso.com.mx*, Reportaje especial, 1 de mayo de 2014, Dirección URL: <http://www.proceso.com.mx/?p=371089>, [consulta: 15 de marzo de 2015]

¹⁵² *Ibidem*.

¹⁵³ *Ibidem*.

¹⁵⁴ La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados se decretó en el sexenio de Vicente Fox el 18 de marzo de 2005 y tiene las siguientes finalidades: garantizar un nivel adecuado y eficiente de

Entre los más controversiales fallos judiciales que han frustrado los intentos de las entidades gubernamentales como de las empresas, se encuentra el que emitió Jaime Manuel Marroquín Zaleta en diciembre de 2013. El magistrado, argumentó que la medida precautoria no constituyó un acto privativo contra los consorcios, en su sentencia explica que cancelar la medida podría incitar a la Sagarpa y a la Semarnat a extender las licencias actualmente en trámite y así liberar el transgénico, sin que pudiera controlarse su expansión; puntualizó que se podrían ocasionar daños de difícil o imposible reparación.¹⁵⁵ La empresa Monsanto respondió argumentando que sus declaraciones no muestran imparcialidad.

Por lo anterior, podemos observar que Monsanto cuenta con el apoyo de dependencias gubernamentales muy importantes en materia ambiental y de alimentación pero, también se enfrenta a organizaciones civiles que mediante la aplicación de leyes, evitan la implementación de cultivos OGM en el territorio mexicano con la finalidad de preservar el medio ambiente y la diversidad genética que poseen gran cantidad de tierras, así como evitar el monopolio de empresas cuidando los intereses de los pequeños y grandes productores.

En este sentido, el 4 de abril de 2014, la Fundación Semillas A.C., entregó al Tribunal, argumentos de las organizaciones civiles contra Monsanto. "El

protección de la salud humana, del medio ambiente y la diversidad biológica y de la sanidad animal, vegetal y acuícola, respecto de los efectos adversos que pudiera causarles la realización de actividades con organismos genéticamente modificados; determinar las competencias de las diversas dependencias de la administración pública federal en materia de bioseguridad de los OGM; establecer procedimientos administrativos y criterios para la evaluación y el monitoreo de los posibles riesgos que puedan ocasionar las actividades con organismos genéticamente modificados en la salud humana o en el medio ambiente y la diversidad biológica o en la sanidad animal, vegetal o acuícola; determinar las bases para el establecimiento caso por caso de áreas geográficas libres de OGM en las que se prohíba y aquellas en las que se restrinja la realización de actividades con determinados organismos genéticamente modificados, así como de cultivos de los cuales México sea centro de origen, en especial del maíz, que mantendrá un régimen de protección especial; y establecer las bases del contenido de las normas oficiales mexicanas en materia de bioseguridad. Información tomada de: Diario Oficial de la Federación, *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados*, [en línea], México, 2005, Dirección URL: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf>, [consulta: 21 de noviembre de 2012] y del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), *Análisis de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados*, [en línea], México, Legislación y Políticas Públicas en Biotecnología en México, Dirección URL: <http://www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=2168&idurl=3493>, [consulta: 21 de marzo de 2015]

¹⁵⁵ Mathieu Tourliere, *op.cit.*

documento [...] se refiere a una resolución que emitió el magistrado Walter Arellano Hobelsberger [...] en la que negó a la empresa un amparo contra la medida precautoria." ¹⁵⁶ En su decisión, el magistrado manifestó que la sola posibilidad de que se afecte al medio ambiente es una razón suficiente para mantener vigente la medida cautelar.

Por otro lado, durante una conferencia de prensa llevada a cabo el 31 de marzo, el director ejecutivo de la Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras de Productores del Campo (Anec), Víctor Suárez, apuntó que Monsanto basa su publicidad en 2 ejes engañosos, por un lado el maíz transgénico superaría los rendimientos de los maíces híbridos y nativos y, por otro lado, reduciría la utilización de agroquímicos, lo que favorecería el mejoramiento del medio ambiente. ¹⁵⁷ Sin embargo, indica que "en México, las parcelas de maíz no son productivas. Pero no se debe a que los productores no usan transgénicos –las semillas nativas tienen el potencial genético para producir 20 o 30 toneladas por hectárea, se debe a la falta de una política integral dirigida hacia el pequeño productor." ¹⁵⁸ También señala que debido a que las semillas de Monsanto fueron creadas en Estados Unidos, están adaptadas a esas condiciones climáticas y de riego, a diferencia de las semillas nativas que se caracterizan por su adaptación a las condiciones climáticas del país.

Igualmente el director expone que además, las semillas transgénicas no han demostrado un aumento en los rendimientos potenciales sino que por el contrario, en algunas ocasiones, se ha demostrado que tienen mayor rendimiento las plantaciones convencionales sobre aquellas modificadas con resistencia a herbicidas o insectos. Respecto al uso de plaguicidas, señala que "[...] en Estados Unidos la aparición de malezas resistentes al Roundup desata un incremento en el uso de este herbicida o implica la remoción mecánica de las malas hierbas -es decir, con tractores y manos-, lo que a su vez aumenta el costo de producción". ¹⁵⁹

¹⁵⁶ *Ibidem.*

¹⁵⁷ *Ibidem.*

¹⁵⁸ *Ibidem.*

¹⁵⁹ *Ibidem.*

De igual forma, representantes de organizaciones civiles y el director de la Anec, coinciden en que el incentivo al maíz transgénico proviene de las propias autoridades quienes se ven detenidas por las resistencias y los recursos legales.

Por lo demás, resultan acertadas las opiniones vertidas, ya que coinciden con las declaraciones de René Sánchez Galindo, abogado de la campaña "sin maíz no hay país", quien explicó que la Semarnat mintió al juzgado federal al contestar a la demanda promovida en septiembre de 2013 por diversas organizaciones civiles y ciudadanos, que obtuvieron una medida precautoria para suspender la tramitación y otorgamiento de permisos de siembra de maíz transgénico.¹⁶⁰ La institución gubernamental, ocultó al juzgado que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) le había informado sobre la detección de varios casos de presencia ilegal de maíz transgénico en maíces nativos en seis estados de la República, entre 2004 y 2012.¹⁶¹ (Lo que informa el INECC puede derivarse de las 6 liberaciones accidentales al ambiente registradas, que se suscitaron durante el periodo 2010 al 2012, de los cuales en su mayoría fueron por accidentes de descarrilamiento de ferrocarriles¹⁶² más todas aquellas que no se reportaron.)

Por lo manifestado anteriormente, podemos observar que el gobierno mexicano ha tenido acciones que buscan favorecer a empresas transnacionales como Monsanto, que a pesar de que en otros países enfrenta juicios como el de biopiratería en la India, busca otorgarle autorizaciones comerciales en nuestro país, sin tomar en cuenta las consecuencias que a largo o mediano plazo, pueda tener esa acción. A simple vista, puede parecer que el problema radica en que las políticas agrícolas van encaminadas a intereses económicos, que la mayoría de las veces excluyen a los pequeños productores y benefician a las grandes transnacionales, quienes a cambio de establecerse y operar libremente en el país, prometen inversión y una "mejora" para el medio ambiente, resultando en

¹⁶⁰ s/a, "Oculto Semarnat la presencia de transgénicos en maíces nativos", [en línea], México, *Aristeguinoticias.com*, 17 de junio de 2015, Dirección URL: <http://aristeguinoticias.com/1706/mexico/oculta-semarnat-la-presencia-de-transgenicos-en-maices-nativos/>, [consulta: 20 de diciembre de 2015]

¹⁶¹ *Ibidem*.

¹⁶² Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). 2014, *op. cit.*, p. 93

endeudamiento de los agricultores y riesgos ambientales, muchos de ellos, aún desconocidos.

Por lo tanto, sostenemos que nuestro país debería ser más estricto antes de permitir la inversión de empresas que solamente buscan el enriquecimiento a costa del destrozamiento de la naturaleza. Es necesario que busque un proceso en el cual se pueda combinar a las nuevas tecnologías con los conocimientos ancestrales que muchos de nuestros pueblos poseen. Resulta convincente seguir el ejemplo de países de América Latina, como Perú quien aprobó una moratoria de 10 años a los transgénicos, pero lo más importante, es ineludible proteger la diversidad biológica de los cultivos tradicionales que afortunadamente poseemos en México.

Finalmente, cabe resaltar que el problema del país no es que no tenga la capacidad para sembrar el suficiente maíz y que por esa razón lo tenga que importar, sino que el gobierno no implementa programas que favorezcan al campo mexicano, ni brinda el apoyo económico para que este resurja como uno de los motores de nuestro país, manteniéndolo abandonado.

Para comprobarlo, basta con saber que "el presupuesto para la Sagarpa aprobado para 2015 fue de 92,000 millones de pesos, durante el segundo trimestre del presente año se anunciaron recortes en todas las Secretarías, el cual dejó a la susodicha en 85,000 millones de pesos; y la propuesta de presupuesto para el presente año es de 77,000 millones de pesos, lo cual implica una reducción total en el último año de casi el 20 por ciento."¹⁶³

En el siguiente capítulo, daremos a conocer las alternativas que proponemos como uso alternativo a los cultivos genéticamente modificados, buscando no

¹⁶³ María Alejandra Rodríguez, "Sagarpa se adaptará a reducción del 20% a presupuesto", [en línea], México, *Economista.com.mx*, 29 de octubre de 2015, Dirección URL: <http://economista.com.mx/industrias/2015/10/29/sagarpa-se-adaptara-reduccion-20-presupuesto>, [consulta: 20 de diciembre de 2015]

desacreditar el uso tecnológico, pues creemos que es importante aprovechar los beneficios que nos ofrece la ciencia y tecnología.

3. Alternativas aplicadas al sector agrícola.

La revolución tecnológica ha permitido que en diversos ámbitos el hombre pueda mejorar ciertas prácticas que le han dado su supervivencia, de entre las más importantes tenemos a la agricultura. Las nuevas herramientas tecnológicas permiten que el sector agrícola sufra cambios que le brinden mayores oportunidades de producción.

A través de los años, el sector agrícola ha experimentado transformaciones que dieron un cambio de paradigma, entre las más relevantes tenemos al tractor y a las máquinas que suplieron el trabajo de animales. Lo anterior ha sido posible gracias al dinamismo de la sociedad que en la búsqueda por mejorar su manera de vivir, hace evolucionar la forma en la que se trabaja la tierra.

Sin embargo, con el paso del tiempo, la sociedad se dio cuenta que al aumentar la producción aumentaba el impacto negativo al medio ambiente. Por lo tanto, se comenzó a buscar que, a través de las transformaciones tecnológicas, nuevas herramientas permitieran preservar el entorno ambiental al mismo tiempo que favorecían la producción agrícola.

Para enfrentar las problemáticas ambientales que en la actualidad aquejan a la sociedad internacional, se han acentuado los esfuerzos por crear formas que brinden mayor protección al medio ambiente, al mismo tiempo que, en la lógica del sistema capitalista, el aumento de la producción es clave para la economía y la competitividad. En otras palabras, se busca modificar ciertas prácticas con el fin de asegurar el bienestar y la preservación del medio ambiente, así como garantizar el desarrollo socioeconómico.

En este sentido, la idea de encontrar nuevas herramientas o aplicaciones que permitan mejoras en la producción agrícola, ha sido un reto a través de la historia. No obstante, actualmente se busca que esas innovaciones contemplen medios

para preservar la naturaleza, es decir, una balanza que no sólo se incline por los beneficios económicos que otorga una mayor producción, sino que ese mismo beneficio se vea reflejado con el cuidado a la naturaleza, generando un equilibrio en ambas partes.

De tal forma que, por medio de la adopción de novedosas técnicas y tecnologías precisas para el manejo adecuado del agro-ecosistema, se puede reducir de forma significativa el impacto ambiental, debido a un mejor uso del suelo y a la optimización de la aplicación de fertilizantes y agroquímicos. Por lo que, adoptando este tipo de nuevas tecnologías, se podrá tener un desempeño ambientalmente responsable.

En este capítulo, buscamos demostrar que a través de las nuevas tecnologías, también podemos obtener grandes beneficios para el medio ambiente. En este sentido, lo que a continuación exponaremos, es que existen otras alternativas al uso de la biotecnología que son más seguras y responsables por el uso de técnicas y/o herramientas que innovan las formas de producción en el sector agrícola y al mismo tiempo respetan el entorno ambiental.

3.1 Agricultura de precisión

Como consecuencia de los efectos negativos emanados de la revolución verde explicados en el capítulo anterior, fue necesario crear nuevas alternativas que implementaran sistemas de producción que además de estar enfocados a lograr altos rendimientos, también se orienten a reducir el impacto negativo de las prácticas de manejo sobre el medio ambiente, aprovechando las condiciones agroecológicas particulares. A partir de esta necesidad, surge la agricultura de precisión (AP).

La agricultura de precisión apareció como concepto en Estados Unidos a principios de los años 80 y su objetivo era utilizar la tecnología de la información

para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad natural y/o inducida presente dentro de la parcela.¹⁶⁴

Antes de la creación de la agricultura de precisión, los agricultores consideraban a las parcelas como una unidad, partiendo de datos promedio de productividad y de características físicas y químicas del suelo, es decir, trataban grandes áreas de manera homogénea. Por medio de la AP, el productor puede medir, analizar y manejar la variabilidad dentro de las parcelas, logrando maximizar los rendimientos y la productividad. Es decir, permite adecuarse a las posibilidades de cada parcela, según las características del cultivo, el terreno disponible y los costes de producción.

"El concepto sobre el que se basa la agricultura de precisión es aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote."¹⁶⁵ En este sentido, el propósito de la AP se centra en una mejor gestión de la variabilidad intraparcilaria (es decir, variabilidad dentro de una misma parcela), ya que los campos de cultivo no son uniformes en sus características tales como la disponibilidad de agua, radiación solar incidente, topografía, pendiente, entre otras, ni en sus necesidades, sino que existe una versatilidad, y por tanto no es eficiente tratar toda la parcela por igual.¹⁶⁶

La AP integra diversas áreas además de la agronomía; participa la informática, la estadística, la electrónica y la mecánica,¹⁶⁷ las cuales en conjunto, buscan satisfacer las exigencias del manejo óptimo de grandes extensiones de tierra a

¹⁶⁴ Emiliano García, Fernando Flego, *Agricultura de Precisión* [en línea], Buenos Aires, Universidad de Palermo, Dirección URL: <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁶⁵ *Ibidem*.

¹⁶⁶ Verónica Sáiz Rubio, *Tesis doctoral: Mapas para mejorar la producción de vino combinando tecnologías de la información y vehículos convencionales*, España, Universidad Politécnica Valencia, 2013, p. 8

¹⁶⁷ Francisco A. Ovalles, "Introducción a la agricultura de precisión", [en línea], Venezuela, *Revista Digital CENIAP HOY*, núm. 12, septiembre/diciembre de 2006, Dirección URL: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n12/pdf/ovalles_f.pdf, [consulta: 13 de junio de 2015]

través del uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos que permiten obtener datos de la tierra de cultivo.

En esta tecnología es imprescindible el uso de herramientas clave para poder llevarse a cabo, estas son el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y otros medios electrónicos, de los cuales se expondrá a continuación brevemente:

- a) Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Es un sistema de navegación basado en satélites que permite identificar y grabar la ubicación de un objeto ¹⁶⁸, es decir proporciona, entre otros datos, las coordenadas: latitud, longitud, altitud del punto donde se encuentra su antena. "El GPS se basa en las distancias entre el receptor y una serie de satélites para conocer su posición."¹⁶⁹ Para realizar el cálculo de un área, son necesarios tres puntos del perímetro como mínimo, ya que a medida de que se tomen más puntos como referencia, el error tiende a disminuir.
- b) Banderillero Satelital: su funcionamiento se basa en el GPS a través del cual, la maquinaria de aplicación de productos químicos o fertilizantes está ubicada en tiempo real en un lugar del espacio constantemente. ¹⁷⁰ "[...]Es el piloto automático o autoguía, como así también el volante automático, que permite que el implemento siga una trayectoria predeterminada."¹⁷¹ Esta herramienta permite orientar al operador a que permanezca sobre una línea de aplicación predeterminada que puede ser recta o curva.¹⁷² Se puede instalar en tractores, pulverizadores o cosechadoras. Los principales usos del banderillero satelital son: pulverización, aplicación de fertilizantes, marcación de líneas para plantaciones en áreas extensas, apertura de surcos, cultivo, preparación suelos, entre otros. Dentro de los principales

¹⁶⁸ Axel Von Martini, Agustín Bianchini, Mario Bragachini, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/sistema-gps.asp?tit=Sistema%20GPS>, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁶⁹ *Ibidem*.

¹⁷⁰ Axel Von Martini, Agustín Bianchini, Mario Bragachini, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/guia-satelital/Banderillero-Satelital-Completo.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁷¹ Emiliano García, Fernando Flego, *op.cit.*, p. 112

¹⁷² *Ibidem*.

beneficios tenemos que aumenta el rendimiento de la maquinaria, permite una aplicación más racional de productos químicos, da más beneficios al operador reduciendo la fatiga y permitiendo trabajar a velocidades más altas, cubriendo más superficies con menores costos.

- c) Monitoreo de rendimiento y mapeo: "el mapa de rendimiento produce información detallada de la productividad del campo y brinda parámetros para diagnosticar y corregir las causas de bajos rendimientos en algunas áreas del campo y/o estudiar las causas por las cuales el rendimiento es más alto en algunas zonas."¹⁷³ El monitoreo se realiza a través de un sistema que recoge la información captada en distintos sensores y por medio de un software, calcula el rendimiento de un cultivo en el espacio y tiempo, basándose en la información de localización de cada parcela proporcionada por el GPS.¹⁷⁴ El resultado final es un mapa con distintos colores y tonos mostrando los rangos de rendimiento dentro de una parcela. "Con los mapas de rendimiento es posible identificar áreas dentro de un lote donde los rendimientos pueden ser mejorados o donde es necesario ajustar los insumos para optimizar la rentabilidad y minimizar la contaminación."¹⁷⁵
- d) Percepción remota: "[...] es un grupo de técnicas para recolectar información sobre un objeto o área si (sic) tener que estar en contacto físico con el objeto o área."¹⁷⁶ Los sensores colocados sobre aviones o satélites, son los métodos más comunes para la recolección de información. Los sensores permiten determinar, en cada momento y posición de la máquina, su velocidad de avance, la temperatura en un determinado lugar, la cantidad de grano que cosecha la máquina de forma instantánea, la

¹⁷³ *Ibid.*, p. 106

¹⁷⁴ *Ibidem.*

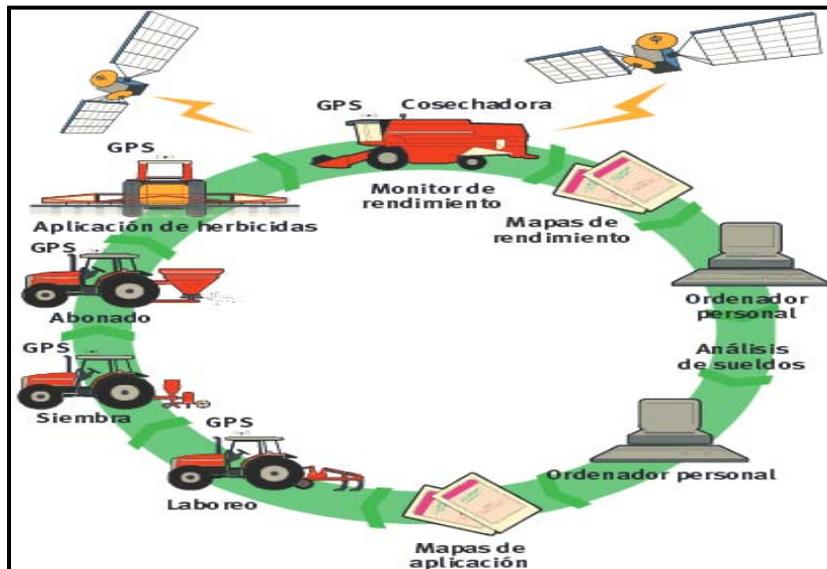
¹⁷⁵ Mario Bragachini, Axel von Martini, Andrés Méndez, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/monitores-rendimiento/Componentes-Ag-Precision.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁷⁶ Mario Bragachini, Axel von Martini, Andrés Méndez, et.al., *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/percepcion-remota/Percepcion-Remota.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]

fertilidad del suelo en un sector del campo y el nivel de vegetación del cultivo.¹⁷⁷

- e) Dosis variable: esta herramienta de la agricultura de precisión permite la aplicación variable de insumos como semillas, fertilizantes, agroquímicos, etc. a las áreas de parcelas que presenten variabilidades topográficas o de propiedades del suelo.¹⁷⁸ Esta herramienta permite ajustar la dosis y necesita de un GPS para conocer la ubicación.
- f) Software: es el programa que crea y manipula los mapas de rendimiento a partir de los datos recolectados por la cosechadora. La herramienta permite al agricultor controlar aspectos importantes durante el proceso agrícola, administrar costos y dar seguimiento.¹⁷⁹ Actualmente existen diversos programas que se desarrollan día a día como consecuencia del avance de la tecnología en este sector.

Cuadro 13. Imagen del ciclo básico de la agricultura de precisión por modulación basada en la utilización de cartografías de predicción.



FUENTE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Ahorro y eficiencia energética en la agricultura de precisión*, [en línea], p.13, Madrid, Junio 2010.

¹⁷⁷ Emiliano García, Fernando Flego, *op.cit.*, p. 109

¹⁷⁸ Mario Bragachini, Rodolfo Bongiovanni, Andrés Méndez, *et. al.*, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/dosis-variable/Fertilizacion-y-Densidad-Siembra-Variable.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁷⁹ Emiliano García, Fernando Flego, *op.cit.*, p. 113

3.1.1 El caso de Argentina.

En Argentina, la agricultura de precisión representa uno de los proyectos agrícolas más exitosos toda vez que muchos agricultores han visto favorecida la producción, eliminando gastos innecesarios y estableciendo un compromiso de cuidado al medio ambiente. En general, en el país sudamericano, el sector agrícola es una de las actividades primarias que tienen gran apoyo del gobierno, a través de programas que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAG y P) lanza para incentivar al área rural del país promoviendo la sustentabilidad.

Por ejemplo, el PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales) "[...]implementa a nivel provincial y nacional, proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables, incrementando la cobertura y la calidad de la infraestructura rural y de los servicios agroalimentarios."¹⁸⁰ De igual forma, en cuanto al ámbito de inversión privada, el programa "[...] también financia iniciativas que impulsan la competitividad de los pequeños y medianos productores agropecuarios y de las MIPyMEs (micro, pequeñas y medianas empresas) agroindustriales y de servicios de todo el país."¹⁸¹

Respecto al financiamiento con el que a la fecha cuenta uno de los programas más sobresalientes de Argentina, el PROSAP, es de US \$1.197 millones del Banco Interamericano de Desarrollo y del Banco Mundial y tiene un desembolso acumulado de US \$846 millones.¹⁸²

Argentina, está impulsando de manera competitiva al sector agrícola con la innovación y desarrollo de tecnologías implementadas a la agricultura como lo es, la maquinaria de precisión, a través de políticas y programas apoyados por el financiamiento público y privado otorgado lo que permite que el conocimiento científico y técnico del área siga avanzando y perfeccionando. En este sentido, el PEA (Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial) 2020 propone el trabajo

¹⁸⁰ Ministerio de Agroindustria, *¿Qué es el Prosap?*, [en línea], Argentina, Presidencia de la Nación, Dirección URL: http://www.prosap.gov.ar/m_DefinicionObjetivos.aspx, [consulta: 13 de junio de 2015]

¹⁸¹ *Ibidem*.

¹⁸² *Ibidem*.

conjunto del MAG y P / INTA junto con otros programas, así como de la actividad conjunta de universidades, colegios, clúster, cooperativas, etc., con la finalidad de obtener más y mejor información y capacitación, así como herramientas fundamentales participantes en los procesos productivos que conllevan la aplicación de nuevas tecnologías.¹⁸³

El país latinoamericano, busca aprovechar las ventajas competitivas y comparativas de cada región del país, mediante un Estado que facilite la infraestructura física como energía, telecomunicaciones y transporte, y la infraestructura no física como sistemas financieros competitivos, marco legislativo apropiado, valores, y otras estructuras intangibles. Argentina puede mostrar esas ventajas porque posee las tecnologías que brindan mayor productividad y también posee niveles de adopción y capacidad intelectual para aplicarlas eficientemente.¹⁸⁴

La adopción de tecnologías para el sector agrícola en Argentina, resalta dentro de Latinoamérica. Ejemplificando lo anterior, tenemos que las semillas OMG representan el 99% de sus cultivos de soja y maíz; tecnologías innovadoras como el almacenaje de grano en bolsas plásticas con atmósfera controlada representa un 45% de la producción, "[...] la Agricultura de Precisión con manejo de cultivo e insumo por ambiente teniendo como base de decisión datos georeferenciados está en un 40% presente en el área de siembra de cultivos extensivos (primero en Latinoamérica), y la utilización del posicionamiento satelital GPS, por ejemplo en máquinas pulverizadoras autopropulsadas superan el 90%."¹⁸⁵ La adopción de tecnologías por parte de los productores en Argentina resaltando el caso de la agricultura de precisión, muestra que en los últimos 14 años ha tenido un

¹⁸³ Mario Bragachini, *Rol de las TICs y de la agricultura y ganadería de precisión en el desarrollo del Sector Agroalimentario y Agroindustrial de Argentina*, [en línea], Argentina, INTA EEA Manfredi, Dirección URL: http://inta.gob.ar/documentos/rol-de-las-tics-y-de-la-agricultura-y-ganaderia-de-precision-en-el-desarrollo-del-sector-agroalimentario-y-agroindustrial-de-argentina/at_multi_download/file/INTA_a1-%20Rol%20de%20las%20TICs%20y%20de%20la%20Agricultura%20y%20Ganader%C3%ADa%20de%20precisi%C3%B3n.pdf, [consulta: 3 de agosto de 2015]

¹⁸⁴ *Ibidem*.

¹⁸⁵ *Ibidem*.

crecimiento importante, posicionando al país sudamericano como el pionero en la región.

Derivado de la explicación presentada a lo largo de este punto, podemos analizar los beneficios o ventajas y las debilidades o desventajas que implica la aplicación de la agricultura de precisión. Primeramente, dentro de las ventajas, tenemos que para el productor esta herramienta resulta atractiva ya que sus beneficios económicos aumentan producto de un mejor rendimiento y de la optimización de los insumos. También brinda la facilidad de compartir datos para analizar problemas comunes y buscar soluciones entre los productores; permite que los agricultores trabajen mayores extensiones de tierra sin tener que usar tanta mano de obra.

En segundo lugar y la que atañe a nuestra investigación, es la ventaja que tiene sobre el medio ambiente ya que el riesgo de contaminación se ve reducido cuando solamente se usan las cantidades necesarias de herbicidas y pesticidas para la fracción de parcela que necesite la aspersión. Asimismo, la AP permite el uso racional de agua al saber qué sector del sembradío necesita más de este vital líquido, así como el aprovechamiento de las riquezas minerales del suelo sin sobreexplotarlo, pues a través de la herramienta, se puede saber que tan fértil es cierta área de la parcela. En resumen, se puede decir que las principales ventajas que podemos obtener de esta tecnología son la reducción de agroquímicos y consecuentemente se reduce los contaminantes, la eficiencia del uso del agua, el incremento en la producción de los cultivos al mismo tiempo que se reducen los costos totales de la misma.

Sin embargo, derivado de lo anterior, es necesario que para la implementación de la AP, haya una importante inversión en infraestructura, en hardware y software, que estén en constante actualización para aprovechar al máximo los beneficios de la herramienta. De igual forma, es importante la capacitación de los productores por parte de técnicos y especialistas en el rubro, con la finalidad de brindar la teoría y práctica para el uso del equipo de cómputo y de los programas que permiten el funcionamiento de la maquinaria. Es decir, de las mayores dificultades

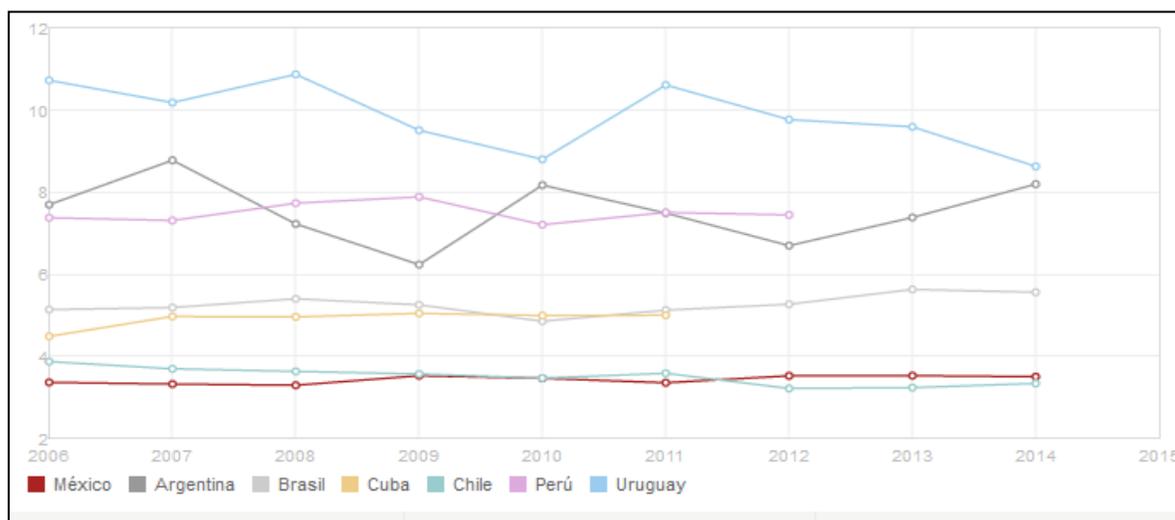
a las que se enfrenta la agricultura de precisión es la gran demanda de conocimiento y tiempo que requiere el manejo e interpretación de datos georreferenciados.

Por lo tanto, es necesario que exista la formación de ingenieros agrónomos y economistas agrarios, para que realicen análisis de rentabilidad en el espacio y en el tiempo.¹⁸⁶ Desarrollar la investigación y la capacitación en el área, permitirá una rápida adopción de la herramienta.

3.1.2 Agricultura de precisión en México.

La agricultura de precisión no es una herramienta comúnmente utilizada en la producción agrícola de nuestro país ya que es una tecnología costosa, lo cual hace más difícil la intersección del gobierno para adquirirla. Lo anterior, tomando en cuenta que la inversión pública para este sector no ha tenido mayor relevancia en los últimos años, lo cual puede reflejarse en la siguiente tabla donde se puede observar el porcentaje que representa la agricultura en el PIB (Producto Interno Bruto) comparado con otros países de la región.

Cuadro 14. Porcentaje del PIB en México en comparación con otros países latinoamericanos.



Fuente: Banco Mundial, Agricultura, valor agregado (% del PIB), [en línea], Dirección URL: <http://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS/countries/MX-AR-BR-CU-CL-PE-UY?display=graph>

¹⁸⁶ Emiliano García, Fernando Flego, *op.cit.*, p. 103

La anterior gráfica muestra que México y Chile son dos de los países latinoamericanos en los que el sector agrícola representa un porcentaje bajo del PIB, poco más del 3%, en comparación con países como Uruguay y Argentina donde la agricultura representa más de lo doble que en aquellos países, es decir, poco menos del 10%. Esto puede demostrar la importancia o desinterés que le da un gobierno al sector, fomentando o rezagando programas de infraestructura.

Desafortunadamente, México no se ha caracterizado en los últimos años por el impulso al sector agrícola en comparación con otros países como Argentina, lo cual quedó reflejado en la anterior gráfica. En este sentido, la agricultura de precisión no es emblemática en el país ya que se carece de la infraestructura y de la capacitación de personal que oriente a los agricultores para aprovechar esta tecnología.

El apoyo que da el gobierno, lo hace a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), donde se realizan programas en apoyo al desarrollo tecnológico del sector agrícola. Para este año, la Subsecretaría de Agricultura, mediante la Dirección General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, lanzó el programa Innovación, Investigación, Desarrollo Tecnológico y Educación (PIDETEC)¹⁸⁷, con el componente Innovación para el Desarrollo Tecnológico Aplicado (IDETEC), el cual tiene como objetivo general "contribuir a incrementar la productividad del sector agroalimentario, mediante el apoyo a la inversión en innovación y desarrollo tecnológico aplicado que se genere con la investigación."¹⁸⁸ El objetivo específico del programa es "incrementar el porcentaje de productores (as) agropecuarios y pesqueros que aplican innovaciones tecnológicas desarrolladas a través de la investigación."¹⁸⁹

¹⁸⁷ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Innovación, Investigación, Desarrollo Tecnológico y Educación*, [en línea], México, 2015, Dirección URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/DGPDT2015/MAQUINARIA%20PRESENTACION%202015.pdf>, [consulta: 3 de agosto de 2015]

¹⁸⁸ *Ibidem*.

¹⁸⁹ *Ibidem*.

El programa brinda el apoyo para la agricultura de precisión hasta por 50% del costo del equipo, sin rebasar cien mil pesos por equipo y productor. Si se considera que la inversión que se necesita para adoptar la tecnología es mucho mayor a esa cantidad, resulta difícil pensar en la posibilidad de que los agricultores puedan adoptar a la AP.

Dentro de las barreras a las que se enfrentan los agricultores mexicanos tenemos la falta de información, de la capacitación y de los instrumentos elementales. Sin embargo, dentro de las principales limitantes de un país en desarrollo para la adopción de la AP, se destacan las siguientes:

*"[...] el tiempo para capacitarse en el manejo del equipo y del software; la falta de habilidades de electrónica; la falta de capacitación de productores y asesores; el vínculo que tiene que haber entre la toma de datos y las recomendaciones; la falta de asistencia técnica; la falta de asesores capacitados; los datos en diferente formato; el análisis de los datos del monitor de rendimiento; la dificultad de obtener datos de calidad; ensayos básicos para relacionar el rendimiento con las condiciones del suelo; la falta de maquinaria de AP; análisis estadístico; software disponible; y análisis de rentabilidad."*¹⁹⁰

En este sentido, nuestro país podría superar estas debilidades aprovechando las fortalezas con las que actualmente contamos, como lo es la mano de obra de muchos jóvenes que trabajan en las tierras, capacitándolos e informándoles las ventajas que podrían obtener de la AP. Asimismo, aprovechar a los profesionistas agrónomos, ingenieros ambientales e informáticos. para que a través de sus conocimientos, se pueda impulsar la tecnología en diversas áreas agrícolas del país que necesitan de esta inversión para una producción más redituable, al mismo tiempo en que se buscan opciones para salvaguardar el entorno ambiental.

¹⁹⁰ Rodolfo Bongiovanni, *et. al.*, *Agricultura de Precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*, [en línea], Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, p. 194, Dirección URL: <https://books.google.com.mx/books?id=1ef6-NN2XsAC&pg=PA143&dq=agricultura+de+precision+en+mexico&hl=es&sa=X&ved=0CCMQ6AEwAmoVChMI-cWhgpzAxwIVxBiSCh1HWQD9#v=onepage&q=agricultura%20de%20precision%20en%20mexico&f=false>, [consulta: 24 de agosto de 2015]

Sin embargo, para poder realizar lo anterior, es necesario que la inversión pública y la privada, apoye estos proyectos ya que resulta muy difícil que un agricultor con escasos recursos y muchas veces sin ningún tipo de preparación profesional, pueda adoptar la AP ya que requiere, para empezar, de una computadora, la cual no puede funcionar si no hay luz eléctrica y hay poblados tan olvidados en algunos Estados de la República, que no cuentan con los servicios indispensables, entre ellos, energía eléctrica.

Esto es un problema social y económico que perjudica a la población productora del campo, orillando a que este sector quede olvidado cuando la riqueza de variedades con las que cuentan las tierras puede aprovecharse al máximo. No obstante, lamentablemente, la sobreexplotación, la sequía, la degradación del suelo por uso exacerbado de herbicidas y pesticidas, ha ido deteriorando una de las principales fuentes de trabajo que tienen miles de mexicanos. Por lo anterior, se debe impulsar un desarrollo sustentable, donde la utilidad y el bienestar aumenten sin dar lugar a amenazas en el entorno natural.

Un ejemplo de aplicación de la AP en nuestro país se publicó en una revista digital de una universidad privada del país, en el cual se propone el uso de esta tecnología para la reducción del consumo del agua. El proyecto es de Motorola y lo realizó el Tecnológico de Monterrey con el apoyo de investigadores de 3 campus y busca utilizar la tecnología de dicha compañía para evaluar el cultivo de alfalfa en nuestro país. Entre los principales objetivos se encuentran "[...] cuantificar la variabilidad espacial y temporal de diversos factores ambientales que inciden en la productividad de alfalfa en sistemas irrigados mediante el monitoreo de dichos factores a través de los sistemas de sensores en el suelo y la atmósfera, que proporciona la tecnología disponible de Motorola." ¹⁹¹ También busca determinar la factibilidad económica de los instrumentos utilizados en la agricultura

¹⁹¹ Juvenal Gutiérrez Castillo; Andrés García Jurado, "Aplicación de la tecnología de agricultura de precisión para la reducción del consumo de agua en México", [en línea], México, Revista digital de posgrado, Investigación y extensión del campus Monterrey, Año 17, núm. 65, enero de 2003, Dirección URL: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferecia/65/65-III.01.html>, [consulta: 27 de agosto de 2015]

de precisión con el fin de hacer que esta tecnología llegué a un mayor número de productores.

Por todo lo anterior, es necesario que la agricultura de precisión se impulse en mayor medida a lo largo del territorio mexicano, invirtiendo en capacitación y herramientas que permitan su desarrollo ya que muestra diversas ventajas tanto ambientales como económicas para el sector agrícola, además de que su implementación en otros países, como lo es el caso de Argentina, ha resultado en ser muy favorable para los agricultores y productores, pues han visto los beneficios a mediano plazo. También estamos conscientes de que la inversión que se debe hacer para implementar esta tecnología es alta, sin embargo, ha quedado comprobado que es totalmente en pro del medio ambiente y que al mismo tiempo asegura importantes beneficios económicos.

3.2 Agricultura urbana

La definición de agricultura urbana hace referencia a la producción de alimentos dentro de las ciudades, en lugares como patios, terrazas, huertos comunitarios y huertas frutales, así como en espacios públicos o no aprovechados. El término también incluye operaciones comerciales de producción de alimentos en invernaderos y en espacios al aire libre.¹⁹² Los productos que se cultivan no requieren grandes extensiones de tierra, pueden sobrevivir con insumos limitados y frecuentemente son perecederos.

3.2.1 El caso de Cuba

El florecimiento de la agricultura urbana en Cuba se dio cuando el 27 de diciembre de 1987, el Comité Central del Partido Comunista de Cuba tomó medidas para generalizar la producción de vegetales con una tecnología conocida como

¹⁹² Angelina Herrera Sorzano, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", [en línea], La Habana, *Novedades en Población*, Año 5, Número 9, 2009, Dirección URL: <http://www.cedem.uh.cu/Revista/portada.html>, [consulta: 18 de septiembre de 2015]

organopónicos.¹⁹³ "La organoponía es una invención cubana. El término se acuñó para distinguir este sistema de otros tipos de producción hortícola intensiva y de alto rendimiento, como la hidroponía."¹⁹⁴

La organoponía es una tecnología que posee excelentes ventajas comparativas frente a otros sistemas tradicionales de producción ya que se aprovechan todos los desechos de cosechas. En comparación con la hidroponía, la cual depende de un suministro fiable de insumos químicos, la organoponía utiliza un sustrato orgánico, el cual se obtiene de los restos de cosechas, residuos domésticos y estiércol de origen animal.

Esta tecnología "es un método fundamentado en el equilibrio de los ecosistemas, el cual se convierte en una alternativa de producción agraria sostenible, al sentir una mayor participación del agricultor en los índices de rentabilidad generados por su actividad productiva, ya que al romper con la dependencia de los insumos externos, se logra obtener una producción más limpia y el mejoramiento de sus ingresos, al no tener que sufragar gastos que le imprimen un sello de mala competencia y baja rentabilidad a su labor productiva."¹⁹⁵ Además, la organoponía puede practicarse a nivel casero en los jardines o patios; asimismo, se ha comprobado "[...] con registros de validación, que se puede reducir considerablemente la emisión de gases de efecto invernadero, 'produciendo mientras conservamos y conservando mientras producimos'." ¹⁹⁶

Por lo anterior, la creación de los huertos organopónicos fue muy importante para los cubanos quienes se encontraban, después de la caída de la Unión Soviética en 1991 y del bloqueo económico y comercial de Estados Unidos, en una crisis económica prolongada que orillaba al racionamiento de alimentos. Con la

¹⁹³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, La Habana*, [en línea], FAO, 2015, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i3696s/i3696s01.pdf>, [consulta: 16 de septiembre de 2015]

¹⁹⁴ *Ibidem*.

¹⁹⁵ Laura Ramíre Cartín, *Organoponía*, [en línea], Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, p.2, Dirección URL: http://www.platicar.go.cr/images/Comunidades_de_Practica/pdf/Organoponia.pdf, [consulta: 13 de septiembre de 2015]

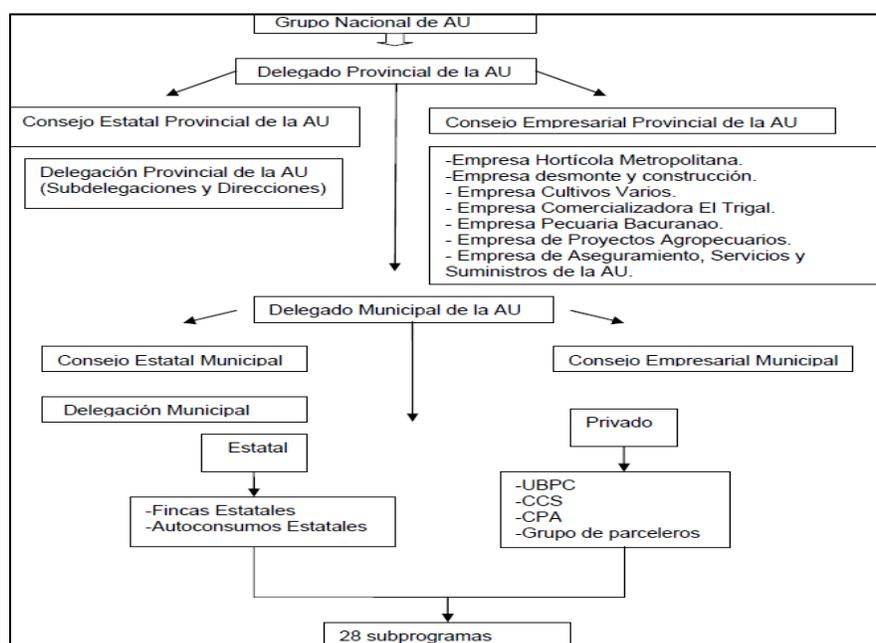
¹⁹⁶ *Ibidem*.

instauración de la organoponía, era posible cultivar plantas en suelos pobres, y espacios pequeños urbanos, sin el uso de fertilizantes y plaguicidas los cuales se tenían restringidos debido a la escasez de los derivados del petróleo.

A partir de ese momento histórico, Cuba tuvo que luchar para garantizar la seguridad alimentaria de su población, es decir tuvo que hacer posible que el país pudiera producir alimentos sin depender del exterior. Para ello, tuvo que solucionar los problemas relacionados con el escaso abastecimiento de alimentos y la vía más importante para ello fue la producción de los mismos a través de la agricultura urbana.

El éxito de los huertos organopónicos no pudo ser sin la intervención del gobierno, quien para impulsar la agricultura urbana y periurbana, creó la Delegación Provincial de la Agricultura, siete subdelegaciones provinciales y 15 delegaciones municipales.¹⁹⁷ La siguiente imagen, muestra la forma de organización cubana de la agricultura urbana:

Cuadro 15. Imagen de la organización de la agricultura urbana en Cuba.



Fuente: Angelina Herrera Sorzano, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", [en línea], La Habana, *Novedades en Población*, Año 5, Número 9, 2009, Dirección URL: <http://www.cedem.uh.cu/Revista/portada.html>, [consulta: 18 de septiembre de 2015]

¹⁹⁷ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*, La Habana, op.cit.

Cada uno de los 28 subprogramas se especializa en una producción específica de la actividad pecuaria, agrícola o de servicio, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 16. Subprogramas de cultivos, pecuarios y de apoyo.

Subprogramas de cultivos	Subprogramas Pecuarios	Subprogramas de apoyo
1- Hortalizas y condimentos	1- Vacuno	1- Control, uso y conservación de la tierra
2- Plantas medicinales y condimentos secos	2- Avícola	2- Materia orgánica
3- Plantas ornamentales y flores	3- Ovino- Caprino	3- Riego y drenaje
4- Raíces y tubérculos tropicales	4- Porcino	4- Semillas
5- Plátano popular	5- Cunicola	5- Alimento animal
6- Arroz popular	6- Acuícola	6- Pequeña agroindustria
7- Maíz y sorgo	7- Apícola	7- Ciencia, tecnología y capacitación
8- Frijoles		8- Medio ambiente
9- Oleaginosas		9- Comercialización
10- Frutales		
11- Forestales y café		
12- Cultivos protegidos		

Fuente: Angelina Herrera Sorzano, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", [en línea], La Habana, *Novedades en Población*, Año 5, Número 9, 2009, Dirección URL: <http://www.cedem.uh.cu/Revista/portada.html>, [consulta: 18 de septiembre de 2015]

En Cuba, "La agricultura urbana y periurbana cuenta con el apoyo de un Consejo Técnico Asesor, que representa a 11 centros de investigación agrícola, una red de consultorios tienda agropecuarios, fincas municipales de semillas, centros de procesamiento de materia orgánica, clínicas veterinarias y centros de producción de entomófagos y entomopatógenos,¹⁹⁸ y la Escuela Superior de Agricultura Urbana y Suburbana, que

¹⁹⁸ Los entomófagos son insectos que se alimentan de otros, algunos buscan y se alimentan libre y activamente de varias presas durante su vida (depredadores como catarinas y crisopas), otros se desarrollan dentro o sobre su presa hasta matarla (parasitoides como avispidas y moscas). Este tipo de insectos se aprovechan para controlar plagas que afectan algunos cultivos. **Fuente:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Insectos entomófagos*, [en línea], México, SENASICA, 25 de julio de 2014, Dirección URL: <http://senasica.gob.mx/?id=5227>, [consulta: 24 de septiembre de 2015]
Los entomopatógenos es cualquier agente biótico, normalmente microscópico que origina enfermedad en artrópodos. Son enfermedades de los insectos causadas por bacterias, hongos, virus, protozoos y nematodos. También son usados para controlar las plagas en los cultivos. **Fuente:** s/a, *Patógenos de plagas agrícolas entomopatógenos*, [en línea], España, AgroEs.es, Dirección URL: <http://www.agroes.es/agricultura/insectos-beneficos-y-patogenos-de-plagas-en-agricultura/patogenos-de->

coordina la capacitación de productores y técnicos y ayuda a introducir nuevas tecnologías variedades de cultivos y razas de animales."¹⁹⁹

Con la finalidad de satisfacer la producción de alimentos del país, el gobierno cubano plantea programas sustentados por un plan de agricultura limpia sin el uso de productos químicos, lo que además ha impulsado tecnologías nuevas o propias de este tipo de agricultura en los diferentes subprogramas, como son:

- Tecnologías autóctonas (uso de lombricompost y la creación de suelos ecológicos),
- Sistemas de producción diversificados (policultivos, rotaciones, integración animal, sistemas agroforestales y silvopastoriles, etc.),
- Tecnologías que generan sus propias fuentes energéticas (mano de obra humana-animal, biogás, molinos de viento, etc.).²⁰⁰

“Estos son logros importantes ya que las producciones se obtienen con una mínima fracción de insumos y otros recursos y, [sic] a un costo por unidad de divisas mucho menor que la importación de alimentos, su producción industrializada o su producción por medio de la agricultura tradicional.”²⁰¹

El modelo de agricultura "ahorrar para crecer" que propuso la FAO en 2011, se basa en un enfoque ecosistémico basado en lo que nos brinda la naturaleza, para emplearlo de forma productiva y sostenible; es decir, usar fuentes naturales de nutrientes y controlar plagas sin fumigar de forma irracional los cultivos con plaguicidas. Un ejemplo de transición a éste modelo, es La Habana donde no se usan productos químicos por estar prohibido por la ley; donde para mejorar el sustrato de los huertos y mantener altos niveles de rendimiento es esencial contar con una fuente fiable de abonos orgánicos, por lo cual se fomenta la producción de compost, abonos verdes y biofertilizantes, esto a través de contactar a

plagas-en-agricultura/711-patogenos-de-plagas-agricolas-entomopatogenos, [consulta: 24 de septiembre de 2015]

¹⁹⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, La Habana, op.cit.*

²⁰⁰ Angelina Herrera Sorzano, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", *op.cit.*

²⁰¹ *Ibidem.*

productores ganaderos para el estiércol, así como utilizar residuos urbanos y de cosechas, y algunos residuos de la agroindustria como el aserrín y la cascarilla de café.²⁰²

En cuanto al control de las plagas y enfermedades, se capacita a los agricultores para analizar los problemas fitosanitarios y solucionarlos eliminando o disminuyendo la causa en vez de atacar los síntomas. Se utilizan bioplaguicidas suministrados por los seis centros de reproducción de entomófagos y entomopatógenos.²⁰³

Se considera que la Habana ha sentado las pautas para el desarrollo de la agricultura en el resto del país; su modelo de gestión ha sido adoptado a nivel nacional por el Ministerio de la Agricultura. Y una de las lecciones clave que ha dejado la agricultura urbana en los últimos 20 años, es que "[...] para ser productiva y sostenible, [...] debe adaptarse a las condiciones físicas del entorno urbano y al potencial y los recursos locales."²⁰⁴

Ahora bien, en cuanto a la comercialización de los productos, se basa en el intercambio directo entre el productor y el consumidor, vendiendo los productos frescos pues el punto de venta está muy cercano al lugar donde se producen. En este sentido, el enfoque principal de esta actividad, es buscar obtener el mayor rendimiento haciendo el uso mínimo de insumos externos, en este caso, el tener tan cerca el establecimiento de venta, del lugar de producción, permite desplazar los productos sin tener que usar camiones o carros que utilicen combustibles fósiles, pudiéndolo hacer en otro tipo de transporte limpio. También sirve de ejemplo el caso de los fertilizantes y plaguicidas químicos, los cuales son muy costosos, haciendo que los costos se disparen. Por lo tanto, la agricultura urbana aporta una excelente relación entre costos y beneficios.

²⁰² Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, La Habana, op.cit.*

²⁰³ *Vid.* p. 54

²⁰⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, La Habana, op.cit.*

Los programas impulsados por el gobierno tienen como fin último, apoyar el autoabastecimiento alimentario. "Sus premisas básicas son la producción agroecológica, la sustentabilidad a nivel local, la permanente actualización técnica y tecnológica y la vinculación directa de los productores con los resultados de su trabajo."²⁰⁵ Su finalidad es "[...] emplear métodos sencillos y utilizar un mínimo de recursos, con el objetivo de aumentar la producción de alimentos y reducir la dependencia de las importaciones de agroproductos."²⁰⁶

Para 2013, en la Habana, Cuba, habían 97 organopónicos (término que se usa para referirse tanto al huerto como a la tecnología) de alto rendimiento, destacándose el Vivero Alamar, establecido en 1997 en terrenos baldíos abandonados en el que una cooperativa de 180 miembros producen aproximadamente 300 toneladas de verduras al año.²⁰⁷

La superficie utilizada para la agricultura en la Habana, se estima en 35,900 hectáreas aproximadamente, eso equivale al 50% de la provincia. La actividad agrícola se desarrolla, en patios, parcelas a cargo de familias y en zonas densamente pobladas se usan azoteas y balcones para el cultivo en recipientes.

En general, las cifras de la agricultura urbana en toda Cuba, se resumen de la siguiente manera:

- *40,000 trabajadores urbanos*
- *33,500 hectáreas es la extensión estimada.*
- *6,400 huertos intensivos*
- *4,000 huertos organopónicos*

Uno de los fines que busca Cuba es formar una nueva generación de agricultores urbanos y periurbanos animando a los niños y jóvenes a practicar la agricultura y aprender más sobre las técnicas de producción agroecológica; además, en las escuelas se utiliza ésta actividad para enseñar cálculos aritméticos sencillos,

²⁰⁵ *Ibidem.*

²⁰⁶ *Ibidem.*

²⁰⁷ *Ibidem.*

procesos productivos participativos y relaciones sociales.²⁰⁸ De igual forma ha impulsado medidas para ceder de forma gratuita espacios para destinarlos a la agricultura, así como fomentar la participación de mujeres y jóvenes.

Otro objetivo del país es asegurar de forma permanente el potencial productivo de la agricultura urbana, para ello, prevé aumentar la producción de biofertilizantes y semillas, reforzar los servicios de apoyo y fortalecer las capacidades de los productores en el manejo de la infraestructuras, las tecnologías de ahorro de agua y aprovechamiento del agua de lluvia, así como el manejo de plagas y enfermedades.²⁰⁹

Por todo lo anterior, nos encontramos frente a un país muy fuerte en el sector agrícola, pues fue capaz de asegurar la seguridad alimentaria de sus habitantes haciendo uso de los recursos con los que contaba descartando completamente el uso de combustibles dentro del proceso productivo. Asimismo, pudimos darnos cuenta que su método es completamente sustentable y ecológico, al mismo tiempo que brinda grandes beneficios en la producción, y lo más importante, ésta actividad se puede realizar en cualquier lugar desde un espacio grande, hasta en los patios y azoteas de las casas, practicándose por cualquier persona desde niños, hasta ancianos.

La Habana es considerada un ejemplo en su país por ser una ciudad verde, en la que se han comprobado los beneficios que han resultado de los programas fomentados por el gobierno, entre ellos, la seguridad y soberanía alimentaria, la mejora en la nutrición infantil, el fomento del empleo y el resurgimiento de valores sociales y solidarios. La agricultura ha dejado una huella imborrable en el paisaje de la ciudad de la Habana.

Otra gran ventaja de la agricultura urbana en Cuba es el impacto positivo en la biodiversidad, pues ha permitido el desarrollo de diversas especies, de hecho, "en

²⁰⁸ *Ibidem.*

²⁰⁹ *Ibidem.*

cada organopónico y/o huerto intensivo se exigen 10 especies diferentes como mínimo durante todo el año." ²¹⁰

Por todo lo anterior, Cuba es considerado un gran ejemplo de ecodesarrollo ²¹¹ pues derivado del momento histórico que vivió a finales de los 80's, principios de los 90's, supo enfrentar la situación satisfaciendo las necesidades de la población autoabasteciéndola de alimentos básicos, logrando hacerla autosuficiente.

3.2.2 Agricultura urbana en México.

En el país, la ciudad más importante es el Distrito Federal (D.F.), que ocupa una extensión aproximada de 1,485.49 kilómetros cuadrados en el que, para el 2010, habitaban 8,857,180 personas ²¹²; es considerada una de las ciudades más grandes del mundo.

Fue construida sobre un sistema de lagos, allí las civilizaciones prehispánicas desarrollaron sistemas de producción de alimentos como la horticultura en balsas flotantes, también conocidas como chinampas o la milpa en donde había cultivo mixto de maíz, frijol y calabaza. Actualmente, en México la población económicamente activa (PEA) ocupada en el sector agropecuario ocupa un porcentaje de 10.1 % y en el Distrito Federal es de apenas 0.6%, lo que equivale a 37,836 personas. ²¹³

²¹⁰ Angelina Herrera Sorzano, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", *op.cit.*

²¹¹ El ecodesarrollo invita a estudiar nuevas modalidades, tanto en lo referente a los fines como en lo que concierne a los instrumentos, con el compromiso de valorizar los aportes culturales de las poblaciones que intervienen y el transformar en recursos útiles los elementos de su medio. Se trata, así, de una doble apertura del horizonte del planificador: hacia la antropología cultural y hacia la ecología. El concepto de ecodesarrollo se propuso informalmente en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo en 1972. Enseguida fue adoptado en el PNUMA y en 1974 se recogió en la Declaración de Cocoyoc. Fuente: Ignacy Sachs, "Ecodesarrollo concepto, aplicación, implicaciones", [en línea], México, *Comercio Exterior*, vol. 30, núm. 7, julio de 1980, p. 720, 724, Dirección URL: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/421/6/RCE6.pdf>, [consulta: 2 de octubre de 2015]

²¹² Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo*, [en línea], México, Dirección URL:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/encuestanacionaldeocupaciónyempleo/default.aspx?e=09>, [consulta: 2 de octubre de 2015]

²¹³ Subsecretaría de empleo y productividad laboral, *Información laboral Distrito Federal*, [en línea], México, Dirección URL:

http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas_atencion/areas_atencion/web/pdf/perfiles/perfil%20distrito%20federal.pdf

Las áreas de producción en el Distrito Federal se encuentran concentradas principalmente en las delegaciones de Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac, donde los cultivos producidos son maíz, frutales, hortalizas, nopal, romerito, amaranto, hierbas y plantas ornamentales. A pesar de que el D.F. es el principal productor de nopal y romerito en el país, se estima que el 80% de los alimentos que se consumen en la ciudad proceden de otros estados del país o se importan.²¹⁴

Pese a la incipiente producción agrícola que hay en la ciudad, ha logrado sobrevivir gracias a la adaptación e innovación de los agricultores, por ejemplo en vez de tener al maíz como principal cultivo, se cultiva nopal principalmente en Milpa Alta, y las flores se cultivan en invernaderos.

La agricultura periurbana se practica en las delegaciones de altitud media y alta que presentan menores densidades de población, como Xochimilco, Tlalpan, Milpa Alta, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos, donde las parcelas en las cuales se produce, cuentan con superficies de entre 1 y 3 hectáreas.²¹⁵ La agricultura suburbana se concentra en zonas bajas de las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac que anteriormente se consideraban periurbanas pero que actualmente han quedado dentro de la ciudad, con densidades habitacionales medias; normalmente los espacios de producción son de 1 hectárea o menos.²¹⁶

En 2007, el gobierno del D.F., prestando mayor atención a la agricultura suburbana y periurbana, creó la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC), la cual tiene como objetivo promover la equidad, la igualdad y la justicia social entre los distintos sectores de la población, mediante la aplicación de programas encaminados a mejorar sus condiciones de vida,

²¹⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, Ciudad de México*, [en línea], FAO, 2015, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i3696s/i3696s02.pdf>, [consulta: 25 de septiembre de 2015]

²¹⁵ *Ibidem*.

²¹⁶ *Ibidem*.

equiparándolas con el resto de la población del Distrito Federal.²¹⁷ Dentro de sus programas se encuentran el Programa de agricultura sustentable a pequeña escala, el Programa de desarrollo agropecuario y rural, el Programa para el fomento de la cultura alimentaria, entre otros. que en general, buscan una producción sostenible, libre de agroquímicos, y en ciertos casos, completamente orgánica.

Otro de los propósitos de los programas es ayudar a los productores rurales a acceder a los mercados locales, nacionales e internacionales. Asimismo, otorgan ayudas a agricultores que conservan las variedades autóctonas de maíz nativo utilizando sistemas tradicionales de bajo impacto ambiental.

En cuanto a los instrumentos jurídicos que regulan la agricultura periurbana y suburbana en el D.F. son el Programa General de Ordenamiento Ecológico que define la superficie del suelo de conservación, y la Ley Ambiental del Distrito Federal, que promueve los sistemas de agricultura orgánica y prohíbe el uso de agroquímicos y de fertilizantes sintéticos en la zona protegida.²¹⁸

Los principales retos a los que se enfrentan las zonas suburbanas y periurbanas es el agua, donde la sobreexplotación de los acuíferos para las zonas habitacionales e industriales ha causado la ruptura en la continuidad de los cuerpos de agua existentes y el hundimiento en ciertas zonas. "Aumentar la capacidad de captación del agua de lluvia y el tratamiento de aguas residuales con fines de riego agrícola y la rehabilitación de canales, *chinampas* y parcelas en la zona lacustre son necesidades fundamentales que el Gobierno del Distrito Federal y los propios agricultores deberán afrontar de manera más eficaz en las próximas décadas."²¹⁹

También es necesario que el apoyo gubernamental se enfoque a las verdaderas necesidades que presentan los agricultores y no solamente lo conceda a

²¹⁷ Secretaría de desarrollo rural y equidad para las comunidades, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.sederec.df.gob.mx/index.php/secretaria>, [consulta: 1 de octubre de 2015]

²¹⁸ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, Ciudad de México, op.cit.*

²¹⁹ *Ibidem.*

proyectos que por lo general están dirigidos por empresas de servicios profesionales. Es necesario que el gobierno junto con instituciones de investigación y agricultores experimentados, busquen soluciones a los problemas que enfrentan, buscando siempre la asesoría entre los campesinos, quienes son los que más experiencia tienen en la materia.

Otro punto muy importante que debe considerar el gobierno es hacer cambios en la normatividad vigente, pues por ejemplo, la ley en vez de prohibir o regular estrictamente la comercialización de fertilizante mineral y plaguicida sintético, y promover alternativas ecológicas, carga la responsabilidad en el agricultor y no en la empresa que los fabrica.²²⁰ También es necesario tomar medidas estrictas en la producción de plantas ornamentales donde el uso de agroquímicos es prácticamente insustituible; de igual forma, es preciso hacer evaluaciones del impacto ambiental que ocasiona el uso en grandes cantidades de estiércol fresco en la producción de nopal, que se relaciona con la emisión de gases de efecto invernadero y la lixiviación²²¹ de nitratos a los mantos acuíferos.²²²

Por otro lado, los agricultores no están bien remunerados. Para obtener un mejor ingreso es necesario la implementación de tecnologías que les ayuden principalmente para la gestión de la poscosecha y el procesamiento de los cultivos, en particular del nopal y el maíz. Asimismo, debido a que los pequeños agricultores tienen difícil acceso a la Central de Abasto de la Ciudad de México, es necesario desarrollar alternativas comerciales, donde se aplique un sistema de venta directo del productor al consumidor.

En el Distrito Federal, el valor de la tierra se fija a partir de su capacidad de urbanización y no por su fertilidad agrícola, lo que ha llevado a los agricultores a

²²⁰ *Ibidem.*

²²¹ Es aplicable el término *lixiviación* en ecología para indicar el desplazamiento hacia los ríos y mares de los desechos y excrementos, además de otros contaminantes como pueden ser los fertilizantes. Fuente: s/a, *Lixiviación*, Boletín Agrario, [en línea], Dirección URL: <http://www.boletinagrario.com/ap-6,lixiviacion,565.html>, [consulta: 1 de octubre de 2015]

²²² Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, Ciudad de México, op.cit.*

dejar de practicar esta actividad, vendiendo sus tierras para la creación de proyectos urbanísticos, trayendo como consecuencia que los campesinos jóvenes, no sigan desarrollando la agricultura.

Además, debido a la entrada de numerosas y grandes empresas de autoservicio que ofrecen todo tipo de productos agrícolas importados, no se ha permitido el crecimiento de mercados donde los pequeños agricultores ofrezcan sus productos, generando una autosuficiencia local. Conjuntamente, se generaría una relación directa entre productor y comprador, reduciendo costos y emisiones de CO₂, al no tener que involucrar medios de transporte que viajen miles de kilómetros para traernos los alimentos que diario consumimos.

A pesar del esfuerzo que en los últimos años ha hecho el gobierno del D.F., no es suficiente, pues la ciudad cuenta cada vez con menos espacios verdes, perjudicando a la población que en ella habita pues la contaminación que se genera por la cantidad de vehículos que en ella transitan, así como las industrias establecidas en el territorio, generan cantidades de CO₂ superiores al grado de absorción que pueden tener las plantas y árboles que se encuentran en la ciudad.

Por lo anterior, la agricultura urbana es una herramienta que ha brindado beneficios significativos debido a su fácil implementación, pues prácticamente puede instalarse en cualquier espacio de una casa o en pequeños espacios públicos. En cuanto a la cantidad de producción, ésta dependerá del espacio en la que se adopte la tecnología de la agricultura urbana.

Asimismo, es importante resaltar las ventajas o beneficios económicos y ecológicos que representa. Primeramente da oportunidad de empleo brindando, si bien no un empleo ampliamente remunerado, sí un apoyo parcial a los ingresos de las familias abriendo oportunidades a jóvenes, adultos mayores y mujeres para que pueden desarrollar esta actividad, aportando ingresos en efectivo o en especie.

Por otro lado, tenemos los beneficios ecológicos los cuales se reflejan en que al reducirse la distancia del productor al consumidor, hay menos necesidad de

comercialización, transporte y envasado, lo que representa, además de una disminución de costos, menos emisiones de CO2 y menos generación de basura al evitar el uso de empaques desechables. Igualmente, en relación con el ecosistema y, en particular, con los sistemas hidrológicos, la diversidad biológica y la calidad del aire ambiental, que de una u otra forma, pueden compensar parte de los destrozos causados por los sistemas urbanos.

En cuanto a los obstáculos que enfrenta la agricultura urbana en nuestra ciudad, es la falta de disponibilidad de la tierra, ya que como anteriormente se mencionó, el valor de la tierra se fija a partir de su capacidad de urbanización y no por su fertilidad agrícola, haciendo difícil el acceso a un pedazo de terreno.

Por lo anteriormente expuesto, proponemos que tanto a nivel nacional como internacional, los gobiernos busquen otras opciones que puedan dar rendimientos que garanticen la seguridad ambiental de su país y al mismo tiempo, de su población. Los casos de Argentina y Cuba presentados en párrafos anteriores, deben servir como ejemplo para impulsar alternativas que mejoren las condiciones del sector agrícola al mismo tiempo que se mantiene un equilibrio con el medio ambiente.

Conclusión:

El debate de los cultivos transgénicos es un tema que desde que comenzó ha sido cuestionado. Como vimos a lo largo de la investigación, existen riesgos que están documentados en diversas fuentes confiables, que advierten sobre lo devastador que pueden llegar a ser para el medio ambiente si se permite su cultivo.

La búsqueda de altos rendimientos en la agricultura ha ocasionado la erosión genética de los suelos, así como el uso desmedido de herbicidas e insecticidas. Ante esta situación, los cultivos transgénicos llegaron como una panacea con las semillas resistentes a insectos, prometiendo la disminución de la aplicación de insecticidas. La crítica y debate comenzaron cuando se suscitaron daños a la biodiversidad, pues esos cultivos eliminan toda clase de malezas, incluso aquellas inocuas o benéficas, empobreciendo así la biodiversidad y la fertilidad del suelo.

Samuel Huntington, quien en uno de sus análisis expone sobre las organizaciones transnacionales en la política mundial ²²³, indica que una organización es transnacional si lleva operaciones dirigidas centralmente en el territorio de dos o más estados nación; señala que a pesar de que está controlada formalmente y relación con la ONU (Organización de las Naciones Unidas), en la práctica es absolutamente autónoma, por lo cual, menciona que tiene sus propios intereses los cuales pueden ser o no afines a los de los grupos nacionales; estas organizaciones están diseñadas para facilitar la búsqueda de un interés personal dentro unidades nacionales. Huntington señala la diferencia entre las organizaciones internacionales y las transnacionales, aludiendo que las primeras en contraste con las segundas, tienen intereses comunes con los grupos nacionales y están diseñadas para facilitar los logros de dichos intereses, asimismo menciona que para poder operar necesitan de un acuerdo entre naciones e incorporan el principio de nacionalidad, mientras que las transnacionales requieren el acceso a las naciones y tratan de ignorar el principio de nacionalidad.

²²³ Samuel Huntington, *World Politics*, Princeton, Universidad de Princeton, Abril de 1973, pp. 333-368

Derivado de lo anterior y de lo analizado en el capítulo 2, llegamos a la conclusión de que a pesar de la preocupación de varios actores internacionales por la interacción entre los cultivos genéticamente modificados y el medio ambiente, ha quedado claro que son más importantes los beneficios económicos que puedan llegar a generarse que la preservación del entorno; y en este sentido, no es que esté mal tratar de obtener mayores ganancias, porque el sistema económico actual orilla al ser humano a querer tener más, el problema empieza cuando se hace causando un daño que podría ser irreparable para el entorno ambiental, afectando así la relación entre hombre-naturaleza.

Las empresas analizadas son muy importantes a nivel mundial, tienen un alto poderío económico y cuentan con la más avanzada tecnología en su ramo, pero de acuerdo a lo señalado por Huntington, sus intereses son personales, enfocados en beneficios económicos, más que el de compaginarlos con los de las naciones donde se establecen. También ha causado gran controversia el respaldo que el gobierno norteamericano ha ofrecido a los directivos de las grandes empresas del sector biotecnológico, ya que las decisiones tomadas no solo impactan en el país sino en todos aquellos donde se encuentran establecidas las empresas. Por tal motivo, es importante tomar en cuenta que sus aportaciones a la agricultura, no necesariamente están encaminadas a una mejora común.

Las OIG que se analizaron en el segundo capítulo, tienen posturas que en algunas ocasiones parecen ser contrarias. Por un lado mencionan a la biotecnología aplicada a la agricultura, como una opción para aumentar la productividad, dar mayor rendimiento y combatir el hambre, pero por otro lado, admiten que hay riesgos potenciales que se plantean al respecto. En este sentido, la OCDE ha considerado crear un marco legal común para aumentar los beneficios de la biotecnología a nivel global al mismo tiempo que se garantiza la consideración de los riesgos potenciales. Es decir, por un lado fomenta el uso de esta tecnología al mismo tiempo que señala que es preciso considerar que existen riesgos latentes y que algunos de ellos aún son desconocidos.

La FAO por su parte, también apoya un sistema de evaluación de base científica que determine de manera objetiva los riesgos y beneficios, porque al mismo tiempo que reconoce que la aplicación de esta tecnología plantea riesgos tanto a las personas y animales, como al medio ambiente, también señala que la ingeniería genética puede dar mayor rendimiento en tierras marginales, aplicarla a cultivos para proveerles vitaminas y así mejorar la salud de comunidades en situación de pobreza. No obstante, en una de las últimas declaraciones que dio, afirmó que los productos transgénicos ya no se requieren para combatir el hambre, hizo mención a que es posible hacerlo mediante las tecnologías tradicionales; su preocupación ahora se centra, en luchar contra la obesidad. Por lo tanto, la postura de las organizaciones internacionales gubernamentales por un lado apoyan a los transgénicos, particularmente apoyan los beneficios económicos que se obtienen al mismo tiempo que están conscientes de los riesgos que pueden acontecer.

Por su parte las organizaciones no gubernamentales, representan al sector de la sociedad civil que, preocupados por los riesgos ambientales buscan influir en la toma de decisiones de los gobiernos para evitar la propagación de cultivos transgénicos en el mundo. Lo anterior ha sido posible gracias a que han impulsado campañas que concientizan a la sociedad y a los tomadores de decisiones para analizar los posibles daños tanto al medio ambiente como a la diversidad genética de aquellos países que la poseen. Las organizaciones involucradas principalmente en este debate son ambientalistas, campesinos, indígenas y científicos, quienes a través del conocimiento, experiencia e investigación, buscan la conservación de la biodiversidad mediante el impulso de una agricultura sustentable, evitando que haya desigualdad social.

En cuanto al caso de México, llegamos a la conclusión de que es un caso especial y que debe tratarse como tal pues es, como ya se ha dicho anteriormente, cuna de la diversidad genética del maíz en el mundo; es el centro de origen y representa uno de los alimentos más importantes de la sociedad mexicana. Por lo tanto, ponemos en duda los argumentos de aquellos que se atreven a comparar el caso

de nuestro país con el de Estados Unidos, el cual ha permitido la siembra de cultivos GM a lo largo de su territorio, pues mencionar las ventajas económicas que ha obtenido en cuanto a producción, no compensa la pérdida que tendría México si acaba con la diversidad que posee.

Cabe recordar que hace un tiempo, México era un exportador de este grano, pero la falta de apoyo gubernamental al sector agrícola, ha ocasionado un déficit de producción. Por lo tanto, muchas opiniones apuntan a que la formulación de una buena política para el campo, permitirá que la siembra de maíz transgénico en nuestro país sea una opción viable para dejar de importarlo de Estados Unidos, ya que se ha demostrado científicamente que el maíz transgénico no rinde más que el criollo.

Además, es preciso conocer la posición que tiene México en el comercio internacional, la cual resulta delicada pues con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la entrada de productos transgénicos ha tenido repercusiones en cuanto a la fuga de transgenes de maíz. Asimismo, hay que estar pendientes a los derrames accidentales que ocurren durante el proceso de importación de cultivos OGM, sobre todo porque la cantidad de los mismos puede ascender ya que como se señaló anteriormente, Estados Unidos es la mayor potencia productora de cultivos transgénicos en el mundo y uno de nuestros principales exportadores. Por lo tanto, debe regularse de forma más restrictiva pues nuestro país es el más diverso biológicamente de los tres que están involucrados en el tratado.

En cuanto a Estados Unidos, que como anteriormente se dijo, es el país que mayor número de hectáreas destina para el cultivo de transgénicos, considera la adopción de la ingeniería genética aplicada a la agricultura muy importante pues es clave para su economía al destinar gran parte de ese alimento al ganado o agrocombustibles. Sin embargo, también se destina al consumo humano, abriendo un debate nacional entre la población, quienes en su mayoría quieren que los alimentos modificados genéticamente, muestren etiquetas que lo mencionen.

Por otro lado, también ha causado gran controversia el respaldo que el gobierno norteamericano ha ofrecido a los directivos de Monsanto, ya que las decisiones tomadas no solo impactan en el país sino en todos aquellos donde se encuentran establecidas las empresas.

En la última parte de la presente investigación, proponemos alternativas a través de herramientas tecnológicas que permitan preservar el entorno ambiental al mismo tiempo que favorecen la producción agrícola. Dentro de las propuestas analizamos la agricultura de precisión y su aplicación en Argentina; se plantea esta opción pues permite adecuarse a las posibilidades de cada parcela, según las características del cultivo, el terreno disponible y los costes de producción. En el país sudamericano, a través de políticas y programas públicos y privados, esta tecnología ha brindado mayor productividad posicionándolo como pionero en la región.

También se propone la agricultura urbana exponiendo el caso de Cuba, quien después del bloqueo económico y comercial que le impuso Estados Unidos, se vio en la necesidad de adoptar por la producción de alimentos en la ciudad, en lugares como patios, terrazas, huertos comunitarios y huertas frutales, así como en espacios públicos. Con esta propuesta se busca una agricultura sustentable que permita que los alimentos estén al alcance de las personas que viven en la ciudad y de esta forma no tenga que haber un desplazamiento de vehículos o camiones que transporten el alimento del campo a la urbe.

Además, analizamos dichas alternativas agrícolas pero aplicadas a nuestro país, conociendo las ventajas que aporta para el sector, así como las barreras a las que se enfrentan los agricultores mexicanos.

Por todo lo expuesto anteriormente, concluimos que los cultivos transgénicos no son la opción más viable para nuestro país, ya que no han podido asegurar que su liberación en el entorno natural sea segura, por lo tanto, comprobamos la hipótesis propuesta, ya que la biotecnología aplicada al sector agrícola no ha garantizado la preservación del medio ambiente y consecuentemente, buscar otras alternativas

que combinen la tecnología y los métodos tradicionales, es conveniente para satisfacer la demanda de alimentos al mismo ritmo de crecimiento de la población sin afectar el entorno ambiental.

Finalmente, con la presente investigación buscamos tener opciones agrícolas que favorezcan tanto al ser humano como al medio ambiente porque ambos coexisten y se debe buscar un equilibrio. Con las alternativas que exponemos, invitamos a que la agricultura se realice apegándose a un desarrollo sustentable, es decir, un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en riesgo a las próximas generaciones; un desarrollo en el que exista una integración entre la economía y el medio ambiente y no solamente se vele por los intereses del primero; un desarrollo sin destrucción, al contrario, que potencialice los recursos a través de nuevas herramientas tecnológicas que aseguren la conservación ambiental. Sin embargo, para que lo anterior pueda ocurrir es necesario el apoyo de todos los actores internacionales para que, en conjunto con los gobiernos de cada país, contribuyan a que las metas del ámbito económico, social y ambiental, converjan pues solamente así podría alcanzarse un verdadero desarrollo sustentable.

Fuentes consultadas:

Fuentes electrónicas:

- Agrobio México, [en línea] Dirección URL: http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=31&Itemid=34, [consulta: 21 de marzo de 2015]
- Altieri, Miguel A. "Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos: una evaluación agroecológica", [en línea], México, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 24, no. 2, julio/diciembre de 1998, Dirección URL: <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Agricolas/article/view/557>, [consulta: 27 de agosto de 2013]
- Bragachini, Mario, *Rol de las TICs y de la agricultura y ganadería de precisión en el desarrollo del Sector Agroalimentario y Agroindustrial de Argentina*, [en línea], Argentina, INTA EEA Manfredi, Dirección URL: http://inta.gob.ar/documentos/rol-de-las-tics-y-de-la-agricultura-y-ganaderia-de-precision-en-el-desarrollo-del-sector-agroalimentario-y-agroindustrial-de-argentina/at_multi_download/file/INTA_a1-%20Rol%20de%20las%20TICs%20y%20de%20la%20Agricultura%20y%20Ganader%C3%ADa%20de%20precisi%C3%B3n.pdf, [consulta: 3 de agosto de 2015]
- Bragachini, Mario; Bongiovanni, Rodolfo; Méndez, Andrés; *et. al.*, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/dosis-variable/Fertilizacion-y-Densidad-Siembra-Variable.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]
- Bragachini, Mario; von Martini, Axel; Méndez, Andrés, *et.al.*, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/percepcion-remota/Percepcion-Remota.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]
- Bragachini, Mario; von Martini, Axel; Méndez, Andrés, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL:

- <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/monitores-rendimiento/Componentes-Ag-Precision.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]
- *Convenio sobre la diversidad biológica*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>, [consulta: 3 de abril de 2013]
 - Cumbre Mundial sobre la alimentación 13-17 de Noviembre 1996 Roma Italia, en línea: <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm> consultado , [consulta: 28 de junio de 2014]
 - Enciso, Angélica, "Siguen cerrados los mercados para alimentos transgénicos, señalan expertos", [en línea], México, *La Jornada*, 11 de junio de 2012, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2012/06/11/sociedad/044n1soc>, [consulta: 21 de noviembre de 2012]
 - Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, *El Fida de un vistazo*, [en línea], Italia, Febrero 2016, Dirección URL: <https://www.ifad.org/documents/10180/900dee85-d4dd-4732-aab6-cc171e60bebd>, [consulta: 5 de julio de 2016]
 - García, Emiliano; Flego, Fernando, *Agricultura de Precisión* [en línea], Buenos Aires, Universidad de Palermo, XX, Dirección URL: <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>, [consulta: 13 de junio de 2015]
 - Greenpeace México, *Carta FAO*, [en línea], Dirección URL: http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2010/2/carta_fao.pdf, [consulta: 21 de febrero de 2015]
 - Greenpeace; *Tu organización hoy*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Quienes-somos/Tu-organizacion-hoy/>, [consulta: 15 de febrero de 2015]
 - Grupo de Estudios Ambientales A.C., *¿Qué es GEA?*, [en línea], México, Dirección URL: http://www.geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=240%3Aque-es-gea&catid=25%3Athe-project&Itemid=27, [consulta: 25 de octubre de 2015]

- Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa de Manejo Campesino de Recursos Naturales* [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=139%3Aobjetivos-macarena&catid=1%3Alatest-news&Itemid=1, [consulta: 25 de octubre de 2015]
- Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa GEAVIDEO*, [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=184%3Aobjetivos-gea-video&catid=1%3Alatest-news&Itemid=66, [consulta: 25 de octubre de 2015]
- Grupo de Estudios Ambientales A.C., *Objetivos del Programa Gestión Participativa hacia la Sustentabilidad* [en línea], México, Dirección URL: http://geaac.org/index.php?option=com_content&view=article&id=243%3Aobjetivos-pgphs&catid=1%3Alatest-news&Itemid=67, [consulta: 25 de octubre de 2015]
- Gutiérrez Castillo, Juvenal; García Jurado, Andrés, "Aplicación de la tecnología de agricultura de precisión para la reducción del consumo de agua en México", [en línea], México, Revista digital de posgrado, Investigación y extensión del campus Monterrey, Año 17, núm. 65, enero de 2003, Dirección URL: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transfereencia/65/65-III.01.html>, [consulta: 27 de agosto de 2015]
- Herrera Sorzano, Angelina, "Impacto de la agricultura urbana en Cuba", [en línea], La Habana, *Novedades en Población*, Año 5, Número 9, 2009, Dirección URL: <http://www.cedem.uh.cu/Revista/portada.html>, [consulta: 18 de septiembre de 2015]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/encuestanacionaldeocupacionyempleo/default.aspx?e=09>, [consulta: 2 de octubre de 2015]
- Monsanto Company, [en línea], Dirección URL: <http://www.monsanto.com.mx/mision.htm>, [consulta: 20 de enero de 2015]

- Montero M.A., Soriano, *Capítulo 2: Teoría de Clusters Industriales*, [en línea], México, Universidad de las Américas Puebla, 2008, Dirección URL: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcap/soriano_m_ma/capitulo2.pdf, [consulta: 17 de agosto de 2014]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *La batalla sobre el etiquetado de alimentos transgénicos se intensifica en EEUU*, [en línea], Agronoticias América Latina y el Caribe, Mundial, 8 de enero de 2014, Dirección URL: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/211982/>, [consulta: 9 de diciembre de 2014]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *20 preguntas sobre los alimentos genéticamente modificados (OGM)*, [en línea], Revista CPS, 14 de agosto de 2009, Dirección URL: <http://www.revistacps.com.ar/revista-cps-digital/saludyalimentacion/71-20preguntasalimentos1.html>, [consulta: 9 de noviembre de 2014]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, La Habana*, [en línea], FAO, 2015, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i3696s/i3696s01.pdf>, [consulta: 16 de septiembre de 2015]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe, Ciudad de México*, [en línea], FAO, 2015, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i3696s/i3696s02.pdf>, [consulta: 25 de septiembre de 2015]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Declaración de la FAO sobre biotecnología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/>, [consulta: 9 de enero de 2015]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Unidos contra el hambre*, [en línea], Dirección URL:

<http://www.fao.org/getinvolved/worldfoodday/es/>, [consulta: 27 de septiembre de 2010].

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Manual técnico de fitomejoramiento participativo de maíz en áreas del altiplano y de sequía en Guatemala*, [en línea], 32 pp., Guatemala, FAO, febrero de 2012, Dirección URL: http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/11/13305372975590/manual_fitomejoramiento_participativo_nov_2012_atinar_ii.pdf, [consulta: 5 de septiembre de 2013]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde*, [en línea], Roma, Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 13-17 de noviembre de 1996, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>, [consulta: 10 de septiembre de 2013]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido*, [en línea], 2002, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-y3557s/y3557s11.htm>, [consulta: 12 de octubre de 2012]
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Safety considerations for biotechnology 1992*, [en línea], Francia, 1992, Dirección URL: <http://www.oecd.org/sti/biotech/2375496.pdf>, [consulta: 25 de octubre de 2014]
- Ovalles, Francisco A, "Introducción a la agricultura de precisión", [en línea], Venezuela, *Revista Digital CENIAP HOY*, núm. 12, septiembre/diciembre de 2006, Dirección URL: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n12/pdf/ovalles_f.pdf, [consulta: 13 de junio de 2015]
- Ramírez Cartín, Laura, *Organoponía*, [en línea], Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, p.2,

- Dirección URL:
http://www.platicar.go.cr/images/Comunidades_de_Practica/pdf/Organoponia.pdf, [consulta: 13 de septiembre de 2015]
- s/a, *Lixiviación*, Boletín Agrario, [en línea], Dirección URL: <http://www.boletinagrario.com/ap-6,lixiviacion,565.html>, [consulta: 1 de octubre de 2015]
 - s/a, *Patógenos de plagas agrícolas entomopatógenos*, [en línea], España, AgroEs.es, Dirección URL: <http://www.agroes.es/agricultura/insectos-beneficos-y-patogenos-de-plagas-en-agricultura/patogenos-de-plagas-en-agricultura/711-patogenos-de-plagas-agricolas-entomopatogenos>, [consulta: 24 de septiembre de 2015]
 - Sachs, Ignacy, "Ecodesarrollo concepto, aplicación, implicaciones", [en línea], México, *Comercio Exterior*, vol. 30, núm. 7, julio de 1980, p. 720, 724, Dirección URL: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/421/6/RCE6.pdf>, [consulta: 2 de octubre de 2015]
 - Secretaría de desarrollo rural y equidad para las comunidades, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.sederec.df.gob.mx/index.php/secretaria>, [consulta: 1 de octubre de 2015]
 - Semillas de vida. org, *¿Qué hacemos?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.semillasdevida.org.mx/index.php/qsomos/que-hacemos>, [consulta: 25 de octubre de 2015]
 - Tourliere, Mathieu, "Golpe a Monsanto y sus transgénicos", [en línea], México, *Proceso.com.mx*, Reportaje especial, 1 de mayo de 2014, Dirección URL: <http://www.proceso.com.mx/?p=371089>, [consulta: 15 de marzo de 2015]
 - Trejo Estrada, Sergio Rubén, *et. al.*, *Situación de la Biotecnología en el Mundo*, [en línea], México, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada IPN, Dirección URL: [105](http://198.61.233.93:8080/up/documentos/ogms-

</div>
<div data-bbox=)

pte1_5773505449095407687.pdf;jsessionid=658586D55CCF6DB48F93EE8B59D47DC0, [consulta: 13 de agosto 2014]

- United States Department of Agriculture, Recent Trends in GE Adoption, [en línea], Dirección URL: <http://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx#.U9aA4fldUz0>, [consulta: 4 de octubre 2014]
- United States Department of Agriculture; *Agricultural Biotechnology*, [en línea], Dirección URL: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=BIOTECH>, [consulta: 2 de noviembre de 2014]
- Von Martini, Axel; Bianchini, Agustín; Bragachini, Mario, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/sistema-gps.asp?tit=Sistema%20GPS>, [consulta: 13 de junio de 2015]
- Von Martini, Axel; Bianchini, Agustín; Bragachini, Mario, *Proyecto Agricultura de Precisión*, [en línea], Argentina, INTA Manfredi, 1999, Dirección URL: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/guia-satelital/Banderillero-Satelital-Completo.asp>, [consulta: 13 de junio de 2015]
- Webb, Tamara, *En 2013 dieciocho millones de agricultores en 27 países eligieron cultivos transgénicos, las plantaciones mundiales aumentaron 5 millones de hectáreas*, [en línea], Pekin, 13 de febrero de 2014, Dirección URL: <http://www.cus.org.uy/uploads/Brief%2046%20-%20Press%20Release%20-%20Spanish.pdf>, [consulta: 2 de junio de 2014]
- Zacune, Joseph, *Lucha contra Monsanto: Resistencia de los movimientos de base al poder empresarial del agronegocio en la era de la 'economía verde' y un clima cambiante*, [en línea], La vía campesina, Amigos de la Tierra Internacional, Combat Monsanto, Marzo 2012, Dirección URL: <http://www.viacampesina.org/downloads/pdf/sp/Monsanto-Publication-ES-Final-Version.pdf>, [consulta: 4 de marzo de 2015]

Fuentes bibliográficas:

- Altieri Miguel A.; Clara I. Nicholls, *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*, México, United Nations Environment Programme, 2005, p. 44
- Bárcena Alicia, Katz Jorge, *et al.*, *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Chile, CEPAL, Naciones Unidas, 2004, p. 46.
- Blanco Carlos A., *Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana*, México, Fondo de Cultura Económica, 2008, p. 49
- Cardona Pascual Lluís, *Genética*, España, Océano, 2001, p. 105
- Clive James, "Situación Mundial de los Cultivos Biotecnológicos /GM Comercializados: 2013", *ISAAA Brief*, núm. 46, Estados Unidos, 2013, p. 5
- Clive James, *Beyond Promises: Top 10 Facts about Biotech/GM Crops in 2013*, Filipinas, ISAAA, 2014, p. 5

Fuentes bibliográficas:

- Izquierdo Pablo, *El mercado de la biotecnología en Estados Unidos de América*, España, ICEX, 2011, p. 5
- Izquierdo Rojo Marta, *Ingeniería genética y transferencia genética*, s/lugar de edición, Pirámide, Prefacio.
- Johnson-Green Perry, *Introduction to food biotechnology*, Estados Unidos, CRC Press, 2002, p. 91
- Martínez Castillo Róger, "Cultivos y alimentos transgénicos: una aproximación ecológica", *Revista Biocenosis*, vol. 21 (1-2), 2008, p. 32.
- Massieu Trigo Yolanda, *et al.*, "Consecuencias de la biotecnología en México: el caso de los cultivos transgénicos", *Sociológica*, año 15, número 44, CONACYT, septiembre-diciembre, 2000, p. 136.
- Morcillo Gloria, *et. al.*, *Biotecnología y alimentación*, Madrid, UNED, 2005, primera edición, p. 25
- Muñoz Rubio Julio, *et al.*, *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, México, Siglo XXI editores, 2004, primera edición, p. 183

- Nottingham Stephen, *Come tus genes. Cómo los alimentos transgénicos están en nuestra dieta*, Barcelona, Paidós, 2004, p. 193
- Novás Antón, *El hambre en el mundo y los alimentos transgénicos*, España, Los libros de la catarata, 2005, pp. 195
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, "El estado mundial de la agricultura y la alimentación", *Colección FAO Agricultura*, núm. 53, Roma, FAO, 2004, p. 27
- Ortiz García Sol, *Los transgénicos en el medio ambiente*, México, SEMARNAT, p. 2
- Rees Andy, *Alimentos modificados genéticamente*, España, Intermón Oxfam, 2008, p. 159
- Riechmann Jorge, *Transgénicos: el haz y el envés: una perspectiva crítica*, España, Los Libros de la Catarata, 2004, p. 137
- s/a, *Beyond Borders. Matters of evidence*, Ernst & Young, Reino Unido, 2013, p. 42
- Sáiz Rubio Verónica, *Tesis doctoral: Mapas para mejorar la producción de vino combinando tecnologías de la información y vehículos convencionales*, España, Universidad Politécnica Valencia, 2013, p. 8
- Silva Joao F., "Brazil- Agricultural Biotechnology Report", *USDA-GAIN Report*, núm. BR 0912, Estados Unidos, 2013, p. 1