



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Uso y Manejo de plaguicidas en cultivos de soya (*Glycine max*)  
convencional y genéticamente modificada (evento MON-  
04032-6) en zonas agrícolas de la Península de Yucatán,  
México.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**PÉREZ PALACIOS ANDREA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
BIOL. MARIO EDUARDO PÉREZ HERNÁNDEZ  
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



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.

**1. DATOS DEL ALUMNO**

**Pérez  
Palacios  
Andrea  
5644-2832  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
306282456**

**2. DATOS DEL ASESOR**

**Biólogo  
Pérez  
Hernández  
Mario Eduardo**

**3. DATOS DEL SINODAL 1**

**Dra.  
Rocha  
Munive  
Martha Graciela**

**4. DATOS DEL SINODAL 2**

**Dr.  
Arellano  
Aguilar  
Rodolfo Omar**

**5. DATOS DEL SINODAL 3**

**Dr.  
Rojas  
Oropeza  
Marcelo**

**6. DATOS DEL SINODAL 4**

**Dra.  
Ponce de León  
Hill  
Claudia Alejandra**

**7. DATOS DEL TRABAJO**

**Uso y Manejo de plaguicidas en cultivos de soya (*Glycine max*)  
convencional y genéticamente modificada (evento MON-04032-6) en  
zonas agrícolas de la Península de Yucatán, México.  
115 p.  
2015**

## *Agradecimientos y dedicatorias.*

A mi asesor Mario y a la Dra. Martha, por su apoyo constante desde la mitad de la carrera, por impulsarme y hacerme amar mi tema de tesis, por permitir mi crecimiento con ustedes de manera personal y profesional. Les agradezco mucho por todo lo que me brindaron.

A los sinodales, Dr. Omar Arellano , Dr. Marcelo Rojas y Dra, Claudia Ponce de León por su lectura y sabios comentario hacia esta investigación.

Al instituto Nacional De Ecología y Cambio Climático por otorgarme un espacio para desarrollar esta investigación.

A la comunidad menonita de la península de Yucatán que me dio de su tiempo y su confianza para conocer sus cultivos que fueron objeto de esta presente investigación.

A todos mis amigos, Yasia, Gabo, Bety, mas de una década, hemos visto nuestro crecimiento como personas, compartiendo perspectivas diferentes del mundo. Gracias por estar ahí.

Pamela, Nidia, Mitzi, Fanny, Andy, Moni ¿qué decir de ustedes? son personas magnificas e inigualables que desde que nos conocimos congeniamos, cada una con personalidad única y creo que jamás en la vida volveré a encontrar personas como ustedes, por eso se que ustedes siempre estarán en mi vida, Jez, Na, Mit, Lucia, Bere, Claudia, Abraham, Lupis, Lulu-chan, Omar, Arturo, Bru, Fer, Ferucha, Coral, nos unió el amor por la biología y por el conocimiento, de cientos de personas me encontré con ustedes, las personas que me ayudaron a terminar una carrera, a pasar una materia, con ayuda en las tareas o exámenes, explicándome cosas para mejorar, sacándome risas o buenas platicas en las escalera, porque a pesar de la hora o el día, durante 4 años, se que encontraría a uno de ustedes.

A mis mascotas, Lucky, Panda y Penny que son unos seres cuya compañía es inigualable, que siempre brindan su amor.

A mis hermanos, Diana y Alex que deben aguantarme todos los días y gracias por su amistad.

A mis padres, Fernando Pérez y Virginia Palacios que me han educado de una manera sensacional sin ellos no estaría aquí ¡son los mejores!.

Los amo

Mil gracias a todos por estar siempre presentes.

## **INDICE**

<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Justificación</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>Antecedentes</b>	
<b>5.1</b>	<b>Contexto de la Agricultura moderna y de soya en México</b>	<b>6</b>
<b>5.2</b>	<b>Cultivos GM en México</b>	<b>9</b>
<b>5.3</b>	<b>Proceso regulatorio para la liberación de OGM</b>	<b>10</b>
<b>5.4</b>	<b>Evaluación de riesgo de OGM</b>	<b>11</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Hipótesis de riesgo asociadas a cultivos tolerante a herbicida</b>	<b>12</b>
<b>6.</b>	<b>Marco Teórico</b>	
<b>6.1</b>	<b>Soya, <i>Glycine Max</i></b>	<b>15</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Estados fenológicos</b>	<b>16</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Estados reproductivos</b>	<b>17</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Condiciones bióticas y abióticas prioritarias para su crecimiento</b>	<b>18</b>
<b>6.2</b>	<b>Distribución y producción de soya</b>	<b>18</b>
<b>6.3</b>	<b>Contexto de la soya en México</b>	<b>19</b>
<b>6.4</b>	<b>Variedades de soya sembradas en México</b>	<b>22</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Soya convencional (Huasteca 100, 200, 300, 400)</b>	<b>23</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Soya genéticamente modificada (Variedad cristalina) Evento MON-04032-6</b>	<b>24</b>

<b>6.5</b>	<b>Soya Genéticamente modificada en México</b>	<b>25</b>
<b>6.6</b>	<b>Prácticas de manejo en la soya convencional y GM</b>	<b>27</b>
<b>6.7</b>	<b>Situación de los insumos agrícolas en México</b>	<b>30</b>
<b>6.8</b>	<b>Impacto por el uso de plaguicidas</b>	<b>32</b>
<b>6.9</b>	<b>Factores de Impacto</b>	<b>35</b>
<b>6.10</b>	<b>Coeficientes e Indicadores de impacto ambiental</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>Metodología</b>	
<b>7.1</b>	<b>Zona de estudio, Estado de Campeche</b>	<b>38</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Clima</b>	<b>38</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Suelo</b>	<b>39</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Hidrografía</b>	<b>39</b>
<b>7.1.4</b>	<b>Ecosistemas</b>	<b>40</b>
<b>7.1.5</b>	<b>Fauna</b>	<b>41</b>
<b>7.3</b>	<b>Metodología en Campo</b>	<b>42</b>
<b>7.4</b>	<b>Encuesta</b>	<b>42</b>
<b>7.5</b>	<b>Visita a campo de cultivo convencional y GM</b>	<b>42</b>
<b>7.6</b>	<b>Cociente de impacto ambiental (EIQ)</b>	<b>44</b>
<b>7.6.1</b>	<b>Análisis de datos usando el cociente de impacto ambiental (EIQ)</b>	<b>46</b>

<b>8. Resultados y Discusión</b>	
<b>8.1 Características del sitio de estudio.</b>	<b>47</b>
<b>8.2 Inventario de uso de plaguicidas utilizados en cultivos de soya en Campeche.</b>	<b>50</b>
<b>8.3 Patrón de uso de plaguicidas en el cultivo de soya</b>	<b>59</b>
<b>8.4 Índice de Impacto Ambiental</b>	<b>63</b>
<b>8.4.1 Análisis del EIQ de uso en campo</b>	<b>64</b>
<b>8.4.2 Herbicidas</b>	<b>68</b>
<b>8.4.3 Fungicidas</b>	<b>69</b>
<b>8.4.4 Insecticidas</b>	<b>70</b>
<b>8.5 Análisis de EIQ ecológico y uso en campo</b>	<b>72</b>
<b>8.6 Análisis comparativo EIQ de uso en campo vs Eco-EIQ de uso en campo</b>	<b>74</b>
<b>9. Discusión general</b>	<b>84</b>
<b>10. Conclusión</b>	<b>95</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>99</b>
<b>12. Anexos</b>	<b>109</b>

## Abreviaturas

**AMPA** Ácido Amino Metil Fosfónico

**ANP** Área Natural protegida

**Bt** *Bacillus thuringiensis*

**CENECAM** Centro Estatal de Emergencias de Campeche

**CIBIOGEM** Comisión Intersecretarial De Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados.

**CL** Concentración Letal

**COFEPRIS** Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Fitosanitarios

**CONABIO** Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad

**CONAGUA** Comisión Nacional del Agua

**CPB** Coordinación de Programa de Bioseguridad

**DDT** Dicloro Difenil Tricloroetano

**DOF** Diario Oficial de la federación

**EIQ** Environmental Impact Quotient (Índice/Cociente de Impacto Ambiental)

**ENA** Encuesta Nacional Agropecuaria

**EPA** Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

**EPSPS** 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintetasa

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

**GM** Genéticamente modificado

**ha.** Hectárea

**i.a.** Ingrediente activo

**INECC** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

**INEGI** Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INIFAP** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**IUPAC** Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

**Kg/ha** kilogramo/ hectárea

**L/ha** litro/ hectárea

**LBOGM** Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

**LGCC** Ley General de Cambio Climático

**NOM** Norma oficial Mexicana

**NYSIPM** New York State Integrated Pest Management. (Manejo Integral de Plagas del Estado de Nueva York)

**OECD** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.

**OGM** Organismo Genéticamente Modificado

**OMS** Organización Mundial de la Salud

**P-V** Primavera- Verano

**RI** Resistencia a Insectos

**RIPEST** Riesgo de Plaguicidas

**RLBOGM** Reglamento de la Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente modificados

**SAGARPA** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

**SEMARNAT** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**SENASICA** Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

**SIAP** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

**SIGEIA** Servicio de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental.

**TH** Tolerancia a Herbicidas

**UMA** Unidad de Manejo Ambiental

**USDA** United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de Estados Unidos)

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es un sistema de producción practicado desde hace siglos con un desarrollo constante impulsado por la introducción de distintas herramientas y sistemas de tecnificación. La agricultura tuene una antigüedad de 10, 000 años, la cual ha ido progresando de manera análoga a los avances tecnológicos y culturales. Una de las principales estrategias de desarrollo fue la adaptación de cultivares mediante cruzamientos de diferentes variedades de plantas, logrando una diversificación y selección de especies cultivables para cumplir con las necesidades del ser humano (Gepts, 2002). México cuenta con un amplio historial en el desarrollo de la agricultura (Pope *et al*, 2001; Gepts, 2004), la cual se ha desarrollado intrínsecamente al contexto cultural del país, así como con los avances tecnológicos y científicos que proveen nuevas herramientas para implementar e innovar sistemas de producción. De esta manera, durante el periodo de 1940 a 1965, la agricultura mexicana fungió como modelo para la introducción de los paquetes tecnológicos promovidos por la *Revolución Verde*, resultando en incrementos en la producción a partir de la adopción de variedades de cereales mejorados y sistemas de producción intensiva (Sonnenfeld, 1992; Evenson & Gollin, 2003; Khush, 2001). En este modelo, se introdujeron diversos plaguicidas como método para aumentar la producción de alimentos. Dicho sistema fue adoptado en diversas regiones del mundo, incluyendo varios países en vías de desarrollo en diferentes continentes. Los beneficios aportados por este sistema de producción son reconocidos ampliamente, de la misma manera que diversos impactos negativos, dentro de los que destacan los efectos adversos por el uso indiscriminado e inadecuado de plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud humana, muchos de los cuales no han sido completamente caracterizados.

Posteriormente, a partir de 1980 la aplicación de la biotecnología en la agricultura permitió la modificación de células vegetales y selección de variedades, incluyendo aquellos tolerantes a herbicidas (TH) y resistente a plagas , entre otras características, conocidos como cultivos genéticamente modificados (GM) o transgénicos, cuyo principal objetivo fue reducir las pérdidas de producción

ocasionadas por la presión de diferentes plagas. Esta primera generación de cultivos GM dio pie a una nueva etapa en la tecnificación de los sistemas agrícolas, adoptada gradualmente por diversos países, y es considerada por algunos autores como una extensión de la revolución verde (Basu *et al*, 2010; Davies, 2003; Altieri, 2001).

Las experiencias iniciales con cultivos GM en México tuvieron lugar en 1988. Desde entonces, cada año el número eventos de transformación genética permitidos para su liberación al ambiente y la superficie agrícola destinada para este tipo de cultivos se ha incrementado paulatinamente, sin que hasta el momento represente una proporción importante de la superficie total destinada para las labores agrícolas. Durante el 2012, en el país se alcanzó una superficie agrícola de 21 901 600.26 hectáreas (ha) (SIAP, 2012), de las cuales poco más del 3 % (920 330.33 ha) fueron destinadas a la siembra de cultivos GM (SAGARPA, 2012). Los datos reportados por el INEGI corresponden a diversos cultivos cíclicos y perennes producidos en México en sistemas de agricultura intensiva y tradicional, mientras que los cultivos GM solicitados en México se limitan esencialmente a la soya, maíz y algodón (SENASICA, 2014). A pesar de esta proporción menor, a nivel mundial México es considerado como un país *megabiotecnológico*, de los cuales EUA se ubica en el primer lugar con más 70 millones de hectáreas sembradas con cultivos GM, destacando el uso de la soya como la principal variedad biotecnológica, que representa el 79 % de la soya cultivada a nivel global (James, 2014, USDA, 2014).

En este contexto, la adopción de cultivos GM es promovida como una alternativa tecnológica con diversos beneficios ambientales, entro los que destacan la contribución a la reducción del uso de insecticidas en cultivo resistentes a insectos (RI), o al uso de herbicidas específicos categorizados en niveles toxicológicos bajos (principalmente el glifosato) en cultivos tolerantes a herbicidas (TH). Varios autores aportan evidencias a favor de los beneficios ambientales asociados a estas características (Carpenter, 2011; Brookes & Barfoot, 2008; James, 2014). No obstante, se ha señalado que la modificación en el patrón de uso de

plaguicidas en los cultivos GM, con respecto a las prácticas convencionales, presenta variaciones dependiendo del cultivo, tipo de tecnología evaluada y del contexto agronómico regional (Fernández-Cornejo et al, 2000, Brookes & Barfoot, 2006; Benbrook 2012). Por lo tanto, la evaluación objetiva de esta tecnología requiere considerar las similitudes en prácticas agrícolas entre los cultivos convencionales y GM, como el uso de plaguicidas para manejo de plagas no objetivo de las toxinas *Bt*, el manejo de malezas e insectos resistentes, y el incremento en el uso de plaguicidas específicos.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El uso seguro de la biotecnología requiere la implementación de acciones y medidas que garanticen un nivel adecuado y eficiente de 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. En este sentido, el Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados establece en su artículo 18, fracción VII, la evaluación de los efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento de los OGM liberados al ambiente. Para el caso de los cultivos GM tolerantes a herbicidas, los efectos adversos asociados a los paquetes tecnológicos son identificados en literatura científica especializada en el tema, como uno de los principales componentes de riesgo para este tipo de cultivos biotecnológicos.

Si bien en términos de las prácticas agronómicas, la implementación de cultivos GM tolerantes a herbicidas posibilita realizar el manejo de malezas a partir de un solo compuesto (glifosato) y supone la reducción del impacto sobre el medio ambiente y la diversidad biológica relacionado el uso de diferentes herbicidas, dicha característica puede incentivar el incremento de herbicidas específicos, con potencial afectación negativa en diversos componentes de los ecosistemas expuestos. En México, considerando el gradiente de los diversos escenarios

agrícolas, el control del uso de plaguicidas es muy complejo y no existen datos disponibles sobre las frecuencias y cantidades de aplicación plaguicida/cultivo, por lo que resulta necesaria la investigación sobre el patrón de uso y manejo de plaguicidas en cultivos GM en comparación con las prácticas convencionales, como una primera aproximación para realizar la caracterización de los posibles beneficios o efectos adversos al medio ambiente y la diversidad biológica por la implementación de esta tecnología.

### **3. HIPOTESIS**

La adopción del cultivo de soya GM tolerante a herbicidas con i.a. glifosato modifica el perfil y patrón de uso de herbicidas utilizados en la práctica convencional, sin alterar el manejo de diversas plagas que afectan la producción de esta oleaginosa en el estado de Campeche, por lo que el incremento neto de las cantidades del herbicida glifosato utilizado en la práctica con el cultivo GM, aumenta el nivel de efectos adversos al medio ambiente asociados a las prácticas agrícolas del cultivo de soya en general.

### **4. OBJETIVOS**

- Objetivo general:
  - Registrar el patrón de uso y manejo de los plaguicidas empleados en las prácticas de control de plagas en el cultivo de soya (*Glycine max*) en el estado de Campeche, y realizar la comparación entre las prácticas asociadas a los cultivos de soya convencional y genéticamente modificada (GM).

- Objetivo particular:
  - Realizar el inventario de los plaguicidas utilizados en los cultivos de soya GM y convencional.
  - Determinar la cantidad y frecuencias de insumos fitosanitarios utilizados en ambos tipos de cultivo.
  - Determinar la relación entre el tipo de insumos fitosanitarios utilizados en ambos tipos de cultivo con el potencial de efectos adversos al ambiente.

## **5. ANTECEDENTES**

### **5.1. Contexto de la Agricultura moderna y producción de soya en México**

La producción agrícola del mundo se obtiene por medio de dos grandes sistemas o formas de hacer agricultura: la agricultura tradicional y la agricultura moderna científica. La agricultura es un sistema de producción que se ha desarrollado por los procesos de domesticación y mejoramiento genético. Esta práctica tiene una antigüedad de hace aproximadamente 10, 000 años, con el objetivo principal de incrementar la adaptación de distintos cultivares mediante la selección y cruzamiento de diversas plantas, logrando así una diversificación de cultivos para satisfacer las necesidades humanas (Gepts, 2002). Una gran proporción del desarrollo histórico agrícola se basó en el uso y selección de semillas producidas localmente, el esfuerzo del trabajo humano y animal, la aplicación de fertilizantes orgánicos (composta y estiércol), así como en esquemas de policultivo que influían en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. No obstante, en la historia reciente, el reemplazo de las comunidades vegetales por parcelas de producción y las prácticas asociadas, han conducido a diversas modificaciones en la estructura de los ecosistemas, alterando significativamente su funcionamiento.

Actualmente, la agricultura constituye la principal fuente de alimentos, sin embargo, también es reconocida ampliamente como una de las actividades con mayor contribución a la pérdida de biodiversidad en el mundo (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Sus prácticas pueden reducir la capacidad de los ecosistemas de producir bienes y servicios (Tilman et al, 2002), juegan un papel fundamental en la emisión y flujo global de gases de efecto invernadero (Robertson et al, 2000) al contribuir con el 30% del total de las emisiones antropogénicas de éstos (FAO, 2012) y modifican de forma importante los hábitats naturales (p.ej. entre el 20% y 50% de nueve de los 14 biomas globales han sido transformado en tierras de cultivo) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En México las condiciones para la agricultura son óptimas para los policultivos, por sus condiciones climáticas, tipo de suelo y recursos hídricos. No obstante, la complejidad geográfica y ecológica del país no favorecen la realización de actividades agropecuarias de monocultivo y han restringido el establecimiento de grandes extensiones de cultivo en diferentes zonas (Soto, 2003). A pesar de estas limitantes, la demanda de suelo agrícola ha conducido a modificaciones importantes en los ecosistemas en una gran parte del país (CONABIO, 2007). No obstante, aun cuando existen diversos factores que limitan su vocación agrícola, México es reconocido como un importante centro de origen y domesticación de especies cultivables (Vavilov, 1926), entre los que se encuentran el maíz, la calabaza, el chile y el jitomate. Por su plasticidad y resistencia a condiciones variables, el maíz pudo ser cultivado junto con el frijol y la calabaza en un sistema de policultivo denominado milpa, de esta manera surge un tipo de agricultura destinada a alimentar a la población al proveer diferentes productos que pueden ser cosechados al mismo tiempo o en diferentes épocas del año.

Aunque los policultivos son frecuentes en áreas tropicales, donde los predios son pequeños y los agricultores carecen de capital o créditos para comprar fertilizantes sintéticos o plaguicidas, su implementación generalmente no requiere de un sistema tecnificado o maquinaria agrícola y se obtiene un mejor aprovechamiento por área con respecto a otros sistemas. Sin embargo, al aumentar la demanda de alimento en las poblaciones, también se incrementa la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos, impulsando el desarrollo de nuevas estrategias y sistemas de tecnificación para reducir los efectos negativos de diversos estresores bióticos en los cultivos, con el fin de obtener una mayor producción con un menor gasto de energía.

En términos generales, un sistema agrícola lleva acabo distintas prácticas para mejorar la producción y rendimiento del cultivo y para mitigar interacciones ecológicas que pueden tener un impacto negativo para el desarrollo y sanidad del cultivo. Con este objetivo diferentes disciplinas a lo largo de los años han aportado mejoras en estos sistemas, minimizando los problemas propios de la agricultura, por ejemplo el impacto de diversas plagas. Es por eso que entre 1940 y 1965, la agricultura mexicana fungió como modelo para la introducción de los paquetes

tecnológicos promovidos por la *Revolución Verde*, conduciendo a incrementos en la producción a partir de la adopción de variedades de cereales mejorados y sistemas de producción intensiva (Sonnenfeld, 1992; Evenson & Gollin, 2003; Khush, 2001). En este modelo, uno de los principales componentes que impactó en gran medida sobre las labores agronómicas fue el impulso de las prácticas de control de plagas mediante plaguicidas sintéticos, estrategia que se extendió en gran parte del país a partir de la adopción del DDT y el posterior uso de otros plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos, así como de diversos herbicidas y fungicidas (Albert, 2005).

El uso de plaguicidas en la agricultura ha aportado indiscutibles beneficios directos. No obstante, considerando que los plaguicidas son sustancias químicas deliberadamente tóxicas, sintetizadas para interferir un sistema biológico en particular, y que carecen de selectividad real (Ramírez & Lacasaña, 2001), resulta inminente la manifestación de efectos negativos al medio ambiente, los cuales son ampliamente señalados (Matson *et al*, 1997, Tilman *et al*, 2002; Warren *et al*, 2008).

Por otra parte, el incremento en la productividad de los cultivos tiene como base fundamental los métodos de mejoramiento genético de tipo convencional o tradicional. A partir de la década de 1960-1970, la aplicación de la ingeniería genética en la producción de alimentos representó una estrategia novedosa que permitió la modificación del material genético de plantas o animales con características específicas en un menor periodo de tiempo que con el mejoramiento tradicional, por lo que esta tecnología evolucionó vertiginosamente a lo largo de los años (Pandey *et al*, 2011). En el año de 1996 se comenzaron a cultivar 1.7 millones de hectáreas (ha) con plantas GM, y para el 2013 el área global de los cultivos de biotecnológicos se incrementó significativamente a 175.2 millones de ha (Figura 1) (James, 2014). Los principales cultivos GM son la soya, el maíz, el algodón y la canola. El 87% de la superficie sembrada con biotecnología es cultivada con la modificación de tolerancia a herbicidas (James, 2012). A la par de la adopción de este adelanto tecnológico en el sector agrícola para producir mayores cantidades de alimentos, se continúan empleando agroquímicos, así

como máquinas para labranza y cosecha asociadas a un alto consumo de combustible, propios de la especialización de los monocultivos implementados por la revolución verde (Horowitz, 2000).

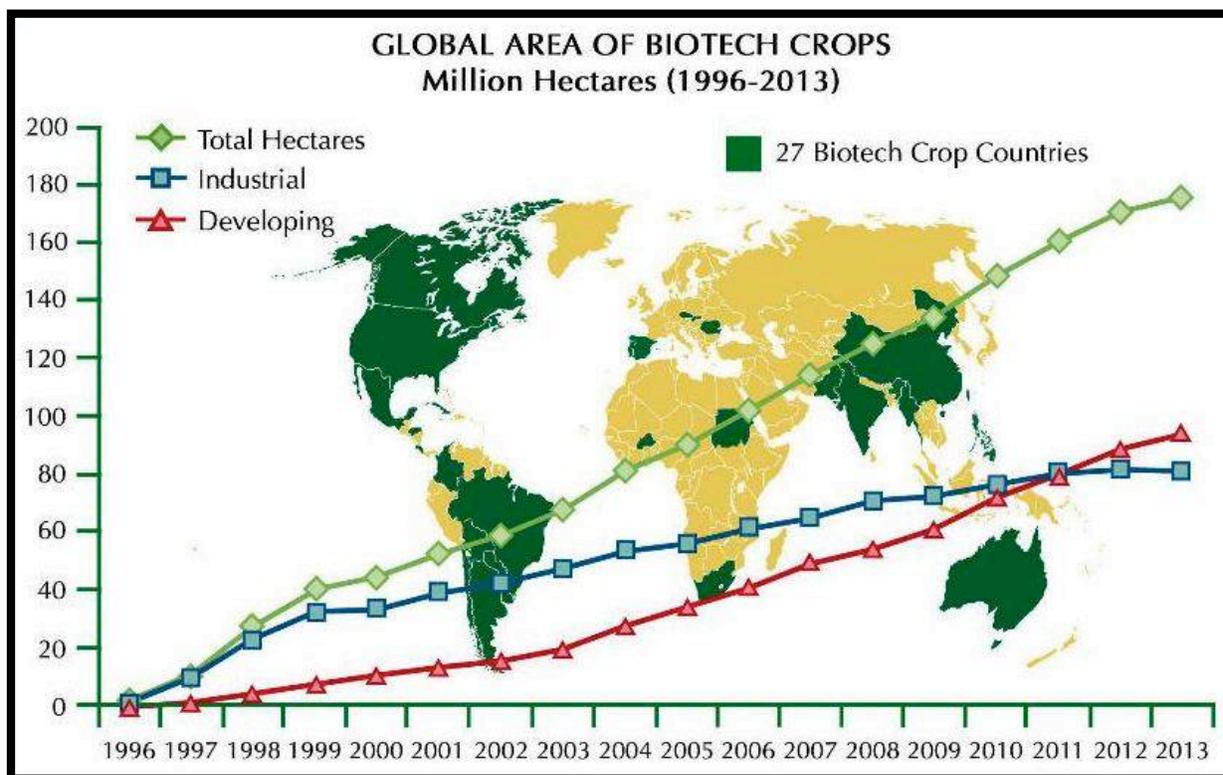


Figura 1. Dinámica de adopción de cultivos GM durante el periodo 1996-2013 (Tomado de James 2014).

## 5.2 Cultivos GM en México

Según los datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Secretaría de Salud, los primeros ensayos con organismos genéticamente modificados (OGM) autorizados en México datan de 1988 con un permiso de ensayo en Guasave, Sinaloa, con tomate GM con la característica de supresión del poligalacturonato; y posteriormente en 1992 para tomate Bt con resistencia a lepidópteros. Aproximadamente, 20 cultivos GM que incluyen diferentes eventos fueron

autorizados en México entre 1988 y 2005 para realizar pruebas experimentales o para fines comerciales. (Manzur et.al, 2009).

En el año de 1995, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) autorizó el consumo del Jitomate (*Lycopersicon esculentum*) de maduración retardada. Después de esa liberación, no fue hasta 2 años después que se comenzaron a emitir solicitud para liberación experimental de Papa (*Solanum tuberosum*), algodón (*Gossypium hirsutum*), canola (*Brassica napus*), soya (*Glycine max*) y fue hasta 2002, que existió una moratoria previa al primer permiso para maíz (*Zea mays*) en México, centro de origen del Maíz. Con modificaciones de tolerancia al herbicida glifosato y glufosinato de amonio y resistencia a insectos lepidópteros. Mientras que para soya existen liberaciones desde 1995 con la modificación de tolerancia a herbicidas, este cultivo ha ido creciendo en México no solo de manera GM si no también convencional, desde la década de los 80s hasta los 90s el cultivo de soya presentaba una producción elevada de manera nacional, siendo los estados de Chihuahua, Sinaloa, Sonora , Tamaulipas, Chiapas y Campeche los principales productores, con sistemas convencionales; sin embargo debido a las condiciones ambientales que se presentaron en el norte del país durante ese periodo el cultivo no fue capaz de manejarse, por lo que para el 2000, la producción de soya disminuyo de manera radical.

### **5.3 Proceso regulatorio para la liberación OGM.**

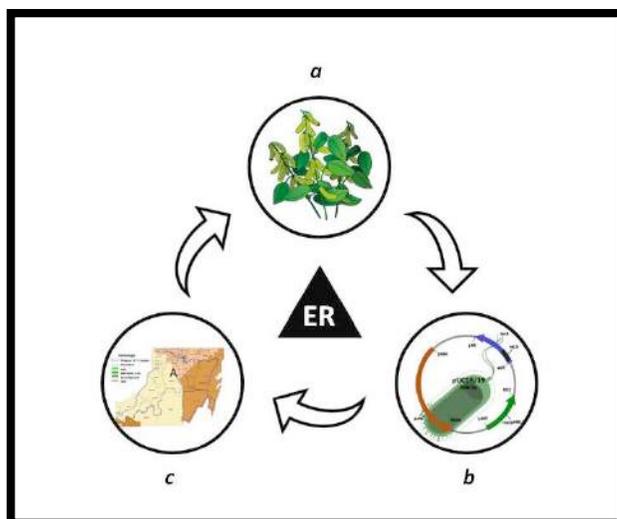
México es uno de los 22 países en el mundo donde se cultivan especies Genéticamente Modificadas (GM). En el año 2013, ocupó el lugar número 17 en cuanto a superficie autorizada para el cultivo de OGM's, con 800 000 hectáreas, por lo que es incluido en la lista de los países denominados *megabioteconológicos* (James, 2014). Los cultivos GM con mayor superficie de siembra en México son el algodón Resistente a insectos (RI), tolerante a herbicidas (TH) y la combinación de ambas características (RI x HT), y la soya TH.

La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) establece que la liberación OGMs en el ambiente debe realizarse *paso a paso* (etapas experimental, piloto y comercial) conforme a lo cual, todo OGM que esté destinado a ser liberado comercialmente debe ser previamente sometido a pruebas satisfactorias conforme a los estudios de riesgo, la evaluación de riesgos y los reportes de resultados aplicables en la realización de actividades de liberación experimental y de liberación en programa piloto de dichos organismos (Art. 9, fracciones IX y X, LBOGM).

Las liberaciones de OGM que son competencia de SAGARPA requieren del otorgamiento de permisos, los cuales deberán contar con un dictamen favorable de la SEMARNAT. El carácter iterativo del proceso permite la revisión de los permisos otorgados a la luz de nueva información disponible que indique que las condiciones y niveles de riesgo no son los previstos originalmente, por lo que el sentido de los dictámenes puede cambiar (Art. 66-69, LBOGM).

#### **5.4 Evaluación de riesgo de OGMs**

La liberación OGMs en México requiere, entre otros elementos, de una evaluación para determinar los efectos adversos ocasionados al medio ambiente y a la diversidad biológica por la realización de actividades con estos organismos. De acuerdo al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología y a la LBOGM, la Evaluación del Riesgos (ER) debe considerar las características de la modificación genética (en particular la fuente del gen novedoso y sus productos), las características biológicas del organismo donador y del ambiente de liberación (Anexo III, Protocolo de Cartagena; Art. 3, fracción VII, LBOGM) (Figura 2). La caracterización de los riesgos bajo el principio del *caso por caso* representa un insumo principal para la emisión de Permisos de Liberación de OGMs, en el que se establecen medidas de bioseguridad para el manejo de los riesgos identificados durante el proceso de evaluación. Dicha evaluación es mandatada para la liberación en etapa experimental; sin embargo, sus alcances deben considerar las etapas subsecuentes de liberación (piloto y comercial) de acuerdo al principio del *paso a paso*.



**Figura 2. Trinomio organismo receptor (a), modificación genética (b), ambiente de liberación (c).**

Adicionalmente, la LBOGM instrumenta la ejecución de actividades de monitoreo de los efectos que pudiera ocasionar la liberación de OGMs al medio ambiente y la diversidad biológica (Art. 9, fracción X; Art. 11, fracción IV), como una de las medidas de bioseguridad orientadas a garantizar el uso seguro de la biotecnología.

El monitoreo y la ER son tareas relacionadas ya que el primero puede servir como insumo para comprobar las hipótesis de riesgo o la efectividad de las medidas de manejo establecidas en la evaluación. Este tipo de monitoreo es considerado caso-específico, ya que deriva directamente de la ER.

#### **5.4.1 Hipótesis de riesgo asociadas a cultivos tolerante a herbicida**

La soya tolerante a herbicidas con ingrediente activo glifosato es uno de los principales cultivos GM sembrados en México. Su cultivo ha sustituido parcialmente el uso de herbicidas clásicos considerados en los programas de control de malezas en cultivos convencionales, aportando beneficios directos sobre la práctica agronómica. No obstante, en la literatura científica especializada se identifican algunos posibles efectos adversos que modulan la formulación de hipótesis de riesgo puntuales, entre las que se encuentran:

a) La evolución de biotipos de malezas resistentes al herbicida que forma parte del paquete tecnológico. La resistencia a herbicidas se define como la habilidad heredada de una maleza para sobrevivir a una dosis de herbicida con la cual normalmente se tendría un control efectivo. En este contexto, la resistencia es un proceso evolutivo en el que una población cambia de ser susceptible a ser resistente. Las plantas individuales no pasan de ser susceptibles a ser resistentes, sino que es la proporción de individuos originalmente resistentes dentro de la población, la que se incrementa a lo largo del tiempo. Generalmente se acepta que las mutaciones que conducen a la resistencia aparecen espontáneamente en algún momento durante el período de aplicación de herbicidas, especialmente cuando muchos de los biotipos resistentes parecen estar en desventaja selectiva cuando crecen en competencia con los biotipos susceptibles a los herbicidas, en ausencia de éstos. Estas mutaciones pueden ser transmitidas a la progenie y con el tiempo, los biotipos resistentes llegan a ser el biotipo dominante en la población. Para que esto ocurra, uno o más alelos que confieren resistencia deben estar presentes en la población de la maleza. La presión de selección es la variable agronómica de más influencia en la evolución de resistencia. Mientras más susceptible es una especie a un herbicida (mientras mayor sea su control), es mayor la intensidad de selección, como un resultado de esto, el grado de selección para resistencia puede ser bastante rápido, si el mismo herbicida o herbicidas con el mismo sitio de acción se utilizan repetidamente en un terreno particular. La severidad y el período de tiempo en el que la resistencia puede desarrollarse son variables y dependen de los herbicidas utilizados y factores biológicos, agroecológicos y de manejo, pero puede ser tan corto, como tres años del comienzo del uso de herbicidas. (SENASICA).

b) Efectos de las prácticas de manejo (uso y aprovechamiento)

- i. Compartimentos ambientales. Los efectos de los plaguicidas, dependiendo de su naturaleza química, pueden afectar diversos

compartimentos ambientales expuestos, como el aire, el suelo y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Se estima que entre el 1 % y 50 % del volumen asperjado alcanza su objetivo, el resto se dispersa a diferentes distancias de la fuente bajo condiciones de aplicación estables y se deposita en suelos, cuerpos de agua, la atmósfera, y otros compartimentos ambientales, constituyendo una de las principales fuentes de contaminación difusa (Cunha et al, 2012).

- ii. Organismos no blanco. El término organismo no blanco ha sido adoptado para designar a todas las formas de vida diferentes a las plagas para los cuales el control mediante determinado plaguicida no está dirigido. Algunos herbicidas son clasificados de acuerdo a su selectividad, no obstante, considerando que en general muchos plaguicidas carecen de selectividad real, y que son compuestos que son diseñados para interferir sistemas biológicos, el manejo inadecuado de estos insumos fitosanitarios puede presentar efectos en diversos grupos de organismos, entre los que destacan comunidades vegetales terrestres y acuáticas, artrópodos, aves y mamíferos (Sánchez-Bayo, 2011).

De acuerdo al Art. 18, fracción VII del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (RLBOGM), los efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento de la tecnología deben de ser reportado por los titulares del permiso de la liberación experimental y en programa piloto. Para el caso de los cultivos TH, es necesario considerar no solo la característica conferida por la modificación genética, si no el efecto de los insumos fitosanitarios que conforman el paquete tecnológico asociado.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1 Soya, *Glycine Max*

#### Información taxonómica

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Fabales

FAMILIA: Fabaceae

GÉNERO: *Glycine*

ESPECIE: *max* (L.) Merrill, 1917



La soya *Glycine max* es una planta anual, herbácea, normalmente pubescente, de altura variable de 25 a 180 cm, poco o muy ramificada, esto depende de la variedad y condiciones ambientales del lugar de siembra. El tallo en su etapa inicial de crecimiento comprende de hipocotíleo y el epicotíleo, posteriormente desarrolla el nudo de la primera hoja trifoliada. El número de brotes axilares sobre el tallo principal depende de la variedad y desanida de plantas. Generalmente, presentan dos tipos de crecimiento: determinado en el brote terminal se desarrolla en una inflorescencia terminal que posteriormente da origen a un racimo de vainas, y crecimiento indeterminado donde el tallo no termina en inflorescencia. Las plantas determinadas han crecido del 80% cuando florecen; en cambio las indeterminadas, un 60% y continúan creciendo aun después de la floración.

El subgénero Soja consta de tres especies anuales procedentes de Asia, *G. max*, *G. soja* y *G. gracilis*. La primera especie es la soya cultivada, la segunda especie es la forma silvestre de la soya, y la tercera especie se refiere a la forma de soya considerada como maleza (Lackey, 1981).

### 6.1.1 Estados fenológicos

Las etapas fenológicas de la soya están divididos en dos estados: los estados vegetativos (Figura 3) y los estados reproductivos. La etapa vegetativa está clasificada de acuerdo al crecimiento de la planta (VE, VC), desde la plántula hasta la aparición de nodos (V1, V2, V3, Vn) (Cuadro 1).

Desarrollo vegetativo de <i>Glycine max</i>	
VE	Emergencia de la plántula, los cotiledones están en la superficie del suelo.
VC	Cotiledones desplegados en el suelo, se observa ya el primer nudo con hojas unifoliadas desenrolladas (1 nudo).
V1	Primer nudo, cuando el par de hojas unifoliadas están totalmente expandidas (2 nudos).
V2	Segundo nudo, dos hojas trifoliadas completamente desarrolladas (3 nudos).
V3	Tercer nudo, hojas completamente desarrolladas, comenzando con el nudo unifoliado.
Vn	N número de nudos con hojas completamente desarrolladas.

Cuadro1. Estados vegetativos de la soya *G. max*.



Figura 3. Estados vegetativos de la soya, VE, VC y VN. (Monsanto, 2009).

### 6.1.2. Estados reproductivos

Los estados reproductivos se clasifican desde el inicio de la floración, la formación de vainas, la acumulación de nutrientes y materia seca para formar la semilla y ser preparada para trillarla (Cuadro 2, Figura 4).

Desarrollo reproductivo de <i>Glycine max</i>	
R1	Inicio de la floración, presenta una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.
R2	Floración completa, comienza la acumulación de nutrientes y la fijación de nitrógeno aumenta.
R3	Inicio de la formación de vainas, después de la primera floración se forman nuevos nudos y comienza el marchitamiento.
R4	Vainas completamente desarrolladas, etapa crítica en el cultivo, pudiendo presentar enfermedades o plagas, debido a la reducción del rendimiento por la caída de vainas.
R5	Inicio de formación de semillas, acumulando materia seca y nutrientes. La planta alcanza su máximo tamaño.
R6	Semilla completamente desarrollada.
R7	Inicio de maduración fisiológica, conteniendo la semilla un 60% de humedad.
R8	Maduración completa de la semilla. Con espera de 5 a 10 días para que la semilla pierda humedad y se pueda trillar.

Cuadro 2. Estados reproductivos de la soya *G. max*.



Figura 4. Estados reproductivos de la soya, VE, VC y VN. (Monsanto, 2009).

### **6.1.3. Condiciones bióticas y abióticas prioritarias para su crecimiento**

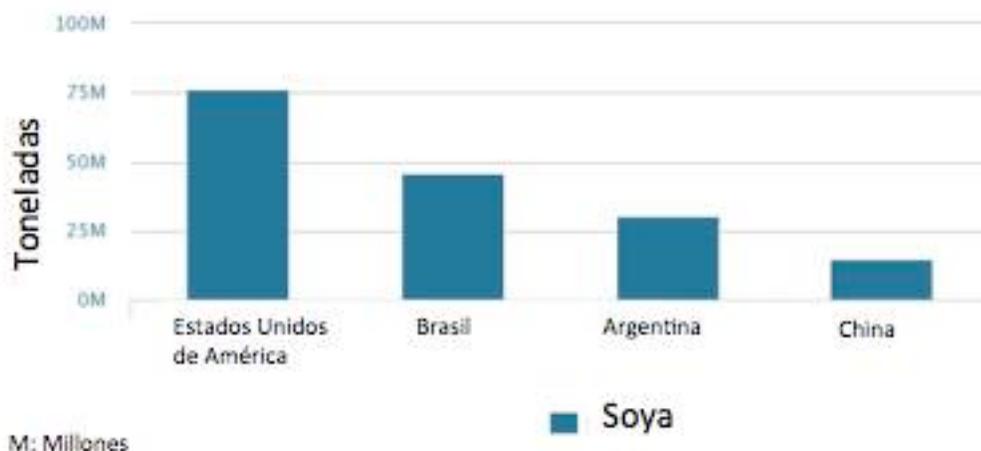
*G. max* es una herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses, alcanzando de 40 a 100 cm de envergadura. Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la soya están comprendidas entre los 20 y 30° C, siendo las temperaturas próximas a 30° C las ideales para su desarrollo. El crecimiento vegetativo de la soya es pequeño o casi nulo en presencia de temperaturas próximas o inferiores a 10° C, quedando frenado por debajo de los 4° C. Sin embargo, es capaz de resistir heladas de -2 a -4° C sin morir. Temperaturas superiores a los 40° C provocan un efecto no deseado sobre la velocidad de crecimiento, causando daños en la floración y disminuyendo la capacidad de retención de legumbres. Las temperaturas óptimas oscilan entre los 15 y los 18° C para la siembra y los 25° C para la floración. Sin embargo, la floración de la soya puede comenzar con temperaturas próximas a los 13° C. Las diferencias de fechas de floración, entre años, que puede presentar una variedad, sembrada en la misma época, son debidas a variaciones de temperatura.

La soya se adapta bien a suelos con buen drenaje como son: barrial profundo, franco, arenoso y de aluvión. Se evita sembrar en terrenos donde se tiene el antecedente que se presenta amarillamiento o clorosis foliar como son los de barrial compactado y calcáreos, con mal drenaje y pH mayor de 8.0; así también en suelos salinos con más de 4.0 milihos por centímetro (mmhos/cm) de conductividad eléctrica. Se sugiere seleccionar terrenos donde la mosca blanca haya presentado baja incidencia y que los lotes aledaños no estén o hayan estado sembrados con cultivos preferidos por esta plaga.

## **6.2 Distribución y producción de soya**

La soya es originaria de Asia Oriental, donde se cultiva desde hace más de 4,000 años, inicialmente en América era una planta utilizada como forraje, en la actualidad es un cultivo de gran importancia por sus propiedades alimenticias e

industriales. Fue llevada a Europa y América en el siglo XIX como cultivo potencial para la producción de este cultivo (Figura 5). Actualmente 4 de los principales países productores se encuentran en el continente americano, Estados Unidos, Brasil, Argentina y Paraguay, los cuales utilizan una porcentaje importante (cercano al 100%) de variedades GM para su cultivo.



**Figura 5. Principales países productores de soya. (FAOSTAT, 2013)**

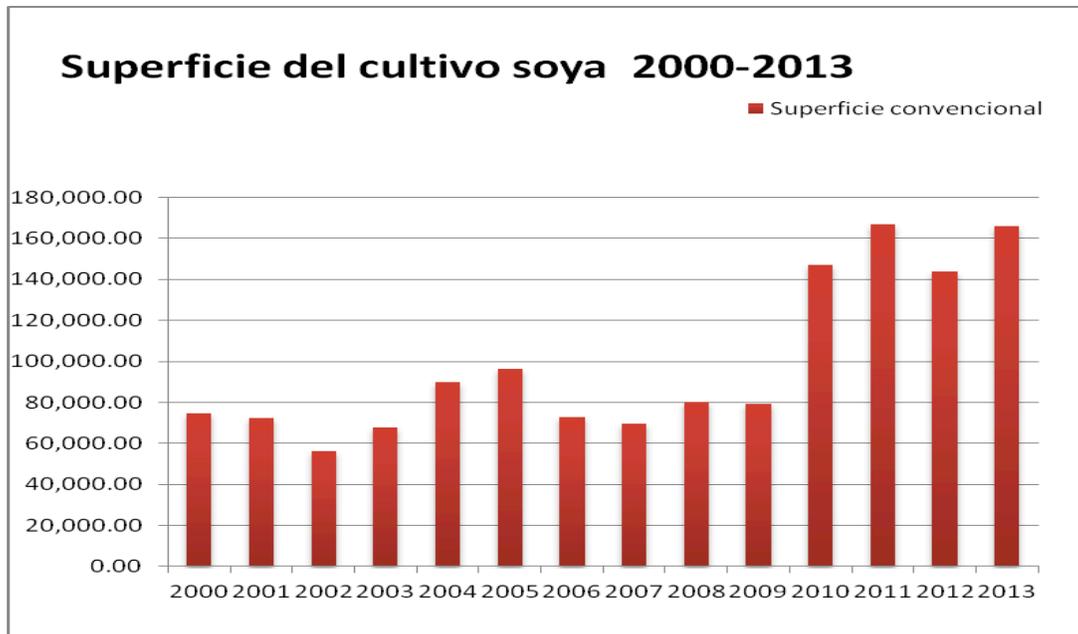
El grano se destina principalmente a la industria extractora de aceite y la pasta residual en la preparación de alimentos balanceados para ganado, actualmente por su alto contenido proteico la soya ocupa un lugar importante en la dieta humana. La soya es la oleaginosa de mayor importancia a nivel mundial por su gran cantidad de usos, derivado de su alto contenido de proteína y calidad de aceite. En promedio, el grano seco contiene 20 % de aceite y 40 % de proteína. Los principales subproductos obtenidos de la soya son el aceite para el consumo humano y la harina utilizada como ingrediente proteico de alimentos balanceados para animales domésticos (principalmente cerdos y aves). Además, el aceite representa una buena opción para la producción de biodiesel.

### **6.3 Contexto de la soya en México**

La soya representa el principal cultivo oleaginoso de nuestro país, en 2011 ocupó el 38% de la superficie sembrada destinada a este grupo (167 mil de 439 mil ha), así como el 44.3% del volumen producido (205 mil de 463 mil toneladas) y el 37.3% del valor total de las oleaginosas ese año (1,289 de 3,452 mdp). En 2013 la

superficie alcanzo las 178,533 hectáreas de siembra (Financiera Rural, 2013) En México se ofertan mas oleaginosas aparte de la soya como es el, cártamo, la canola y el girasol, los cuales no son cultivos prioritarios en el país ya que la oferta y la demanda no es tan elevada, sin embargo la soya es el cultivo mas contribuyente a la producción de oleaginosas en el país (SAGARPA, 2012).

Las principales regiones productoras se ubican en los estados de Campeche, Chiapas, Tamaulipas y San Luís Potosí. En el 2013 a nivel nacional la superficie destinada a la siembra de este cultivo alcanzó una extensión de 178 533 hectáreas (ha), lo que representó el 1.19% de la superficie total para cultivos cíclicos reportada en este año (SIAP, 2014). No obstante, en la actualidad México tiene un déficit en su producción ya que depende casi en su totalidad de las importaciones de soya, debido entre otros factores a la disminución de la superficie dedicada a la siembra de soya en cerca de 45% y el volumen de producción en 65% desde los años noventa (SIAP, 2014), así como a los bajos rendimientos, los cuales presentan fluctuaciones importantes a través de los ciclos de cultivo. Para el 2013 se registró un rendimiento promedio de 1.5 t/ha, cifra por debajo de los principales productores a nivel mundial (FAOSTAT, 2015). Algunos de los aspectos por los que el cultivo disminuyo su producción fueron la baja rentabilidad y la cantidad de agua disponible. Debido a que la soya se cultiva principalmente bajo condiciones de temporal, cuando la lluvia es escasa, hay disminución en el rendimiento, debido a la sequia en el período vegetativo, que afecta las siembras tempranas (Figura 6). Por otro lado, cuando se siembra tardíamente, el cultivo es sometido a deficiencias de humedad en el periodo de formación de vainas y llenado de grano, afectando fuertemente el rendimiento (SAGARPA, 2013). En México, el cultivo de soya proporciona diferentes productos ya sean para consumo animal o humano, por ejemplo los tallos y las hojas de la planta son utilizados como forraje, las plantas tiernas se pueden comer en ensaladas, las semillas maduras se consumen como leguminosa. Sin embargo, los usos más importantes de la semilla de soya son: la obtención de aceite, pasta o harina y lecitina.



**Figura 6. Superficie de siembra de soya desde 2000 hasta 2013 (SIAP, 2014)**

En México, los principales consumidores de la soya son la industria pecuaria y aceitera. La industria pecuaria utiliza la pasta o harina de soya, que es un subproducto residual de la extracción del aceite, tiene una importancia en la elaboración de alimentos concentrados para aves, cerdos y ganado. Por otro lado, la industria aceitera utiliza la soya, para la extracción y transformación de aceite para uso comestible, principalmente. Industrialmente, la soya también se utiliza en la fabricación de productos como margarinas, mantequillas, confitería, sustituto de carne, formulas infantiles, leche, queso, entre otros productos. Estos usos han permitido que la soya sea considerada como uno de los cultivos más rentables en el mundo. (Financiera Rural, 2013).

Aún cuando México fue uno de los primeros países en utilizar cultivos biotecnológicos, en el caso de la soya GM presenta un nivel bajo de adopción, mientras que los principales productores (EUA, Brasil, Argentina y Paraguay) adoptaron la tecnología de tal manera que la producción actual se basa casi por completo en este tipo de cultivos. A nivel global, a partir de 1996 se utilizó la variedad de tolerancia a herbicida y no es hasta el año 2011 que se introducen nuevas variedades, como la soya genéticamente modificada tolerante a sequía.

Desde la introducción de la tecnología se ha registrado un aumento progresivo en la producción en los países ya mencionados, entre otros factores debido a que la expansión de las superficies de siembra, en relación con otros cultivos agrícolas, es mayor, a que las regiones con mayor productividad están ligadas al tipo de suelo, a la precipitación y a las prácticas de manejo intensivo. Sin embargo, en última instancia el porcentaje del área destinada a cada tipo de soya dependerá de cuestiones económicas (la demanda, los precios y la rentabilidad de cada tipo) (Rocha, 2012).

#### **6.4 Variedades de soya sembradas en México**

En México, las variedades de soya provienen del denominado sistema formal de semillas, orientado al mercado, el cual se desarrolla mediante la intervención de los sectores público y/o privado. Se basa en la investigación científica, se practican pruebas y controles en laboratorio a las semillas y suelos, lo que posibilita introducir nuevas variedades de mejor adaptabilidad y resistencia a las enfermedades, sequías, entre otros factores, bajo la regulación del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), órgano desconcentrado de la SAGARPA, es el encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales.

Se estima que alrededor de 3 % de la producción de soya en nuestro país es utilizada para semilla. México cuenta con tecnología para producir semillas certificadas, sin embargo, hoy se tiene una pérdida de la capacidad para generar semillas nacionales de calidad. Son pocos los agricultores mexicanos que invierten en la producción de semillas de esta clase, pues el mercado es ocupado por grandes empresas transnacionales y privadas. INIFAP tiene un importante rol como validador y desarrollador de semillas, aunque los esfuerzos de investigación y transferencia de tecnología son limitados a causa de la baja participación del cultivo en el país. En México han existido diversas campañas que han tenido la

finalidad de incrementar la productividad de la soya, por lo que el INIFAP ha desarrollado variedades de semilla certificada que productoras, como ejemplo las variedades Huasteca (Financiera Rural, 2013).

#### 6.4.1 Soya convencional (Huasteca 100, 200, 300 y 400.)

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolla las variedades de huasteca 100, 200, 300 y la 400 (Figura 7); con diferentes características con el objetivo de obtener un mayor rendimiento en la producción del cultivo. La variedad huasteca 100 está adaptada a las regiones tropicales de tierras bajas con clima húmedo y subhúmedo con temperatura promedio de 25 a 27 °C (Maldonado, *et al.* 2007). La huasteca 200 se caracteriza por su alto potencial de rendimiento en siembras y resistencia a varias razas de la enfermedad "ojo de rana" (*Cercospora sojina*), con esta variedad se incrementa 7.98% el contenido de proteína y se disminuye 3.64% el contenido de aceite, por lo que su calidad es mejor. (Maldonado, *et al.* 1994).

La variedad huasteca 300 se adapta a las mismas condiciones ambientales que la 200, la única diferencia es su floración tardía, característica que le permite disponer de más humedad en el suelo por lo que su rendimiento es mejor (Maldonado, *et al.* 2009) Mientras que la variedad huasteca 400, se adapta mejor al ciclo primavera-verano, en regiones con clima cálido húmedo y subhúmedo. La madurez fisiológica de la variedad ocurre a 111 días después de la siembra. El ciclo más corto puede significar al productor un ahorro de agua en condiciones de riego y mayor potencial productividad (Maldonado, *et al.* 2010).

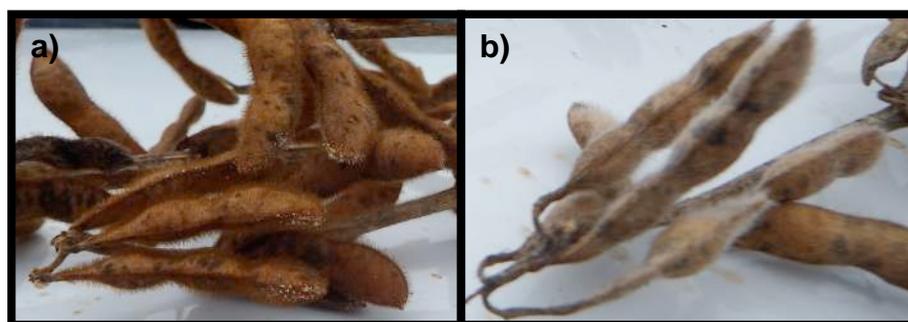


Figura 7 Vaina de soya variedad huasteca (a) en comparación con vainas de soya GM variedad cristalina (b).

## 6.4.2 Soya genéticamente modificada (Variedad cirstalina) Evento MON-04032-6

El evento de soya MON-04032-6 fue desarrollado para permitir el uso del herbicida glifosato, ingrediente activo de los herbicidas ROUNDUP® (Faena®), para el control de malezas del cultivo. El evento integra el gen *cp4 epsps* de *Agrobacterium sp.* Cepa CP4, que expresa la enzima EPSPS (5- enolpiruvil-shiskimato-3 fosfato sintasa). La enzima modificada CP4 EPSPS es tolerante al herbicida glifosato, por lo que los cultivos que la expresan resisten aplicaciones totales de este herbicida sin experimentar efectos fitotóxicos. La bacteria *Agrobacterium sp.* es un microorganismo comúnmente presente en el suelo y en la rizósfera de las plantas . Este gen fue aislado y transferido mediante biobalística al organismo receptor *G. max*. La expresión constitutiva de la enzima tolerante a herbicidas de la familia Faena® provee un alto nivel de protección frente a la inhibición que el herbicida ocasiona cuando es aplicado a las plantas susceptibles (Padgette et. al., 1993).

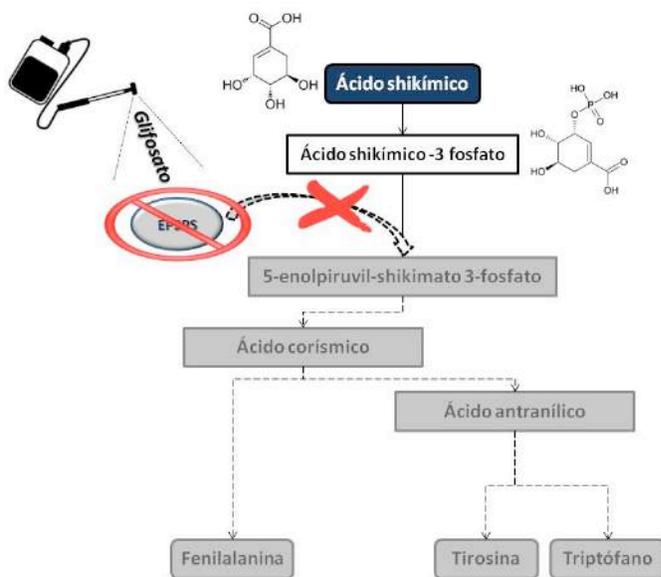


Figura 8. Disrupción del ciclo del ácido shikímico a partir de la inhibición por el glifosato.

Los herbicidas fabricados a base del i.a. glifosato son compuestos sistémicos no selectivos cuyo modo de acción es la inhibición competitiva de la enzima EPSPS. Esta enzima es parte de la ruta metabólica del shikimato, que está involucrada en la producción de aminoácidos aromáticos en plantas (Steinrücken y Amrhein, 1980). Cuando se tratan plantas de soya convencional con glifosato, éstas no pueden producir los aminoácidos aromáticos necesarios para sobrevivir (Duke & Powles 2008) (Figura 8).

La variedad cristalina, utilizada para introgresar el evento MON-04032-6, es de 13 a 17 nudos, la altura de la vaina es de 7-12 cm, inicia la floración 45 días después de la siembra, el color de la flor es blanca y el de la pubescencia es grisáceo. La semilla es de color amarilla. Las vainas de esta variedad presentan una tonalidad clara al final del ciclo del cultivo (Figura 10).

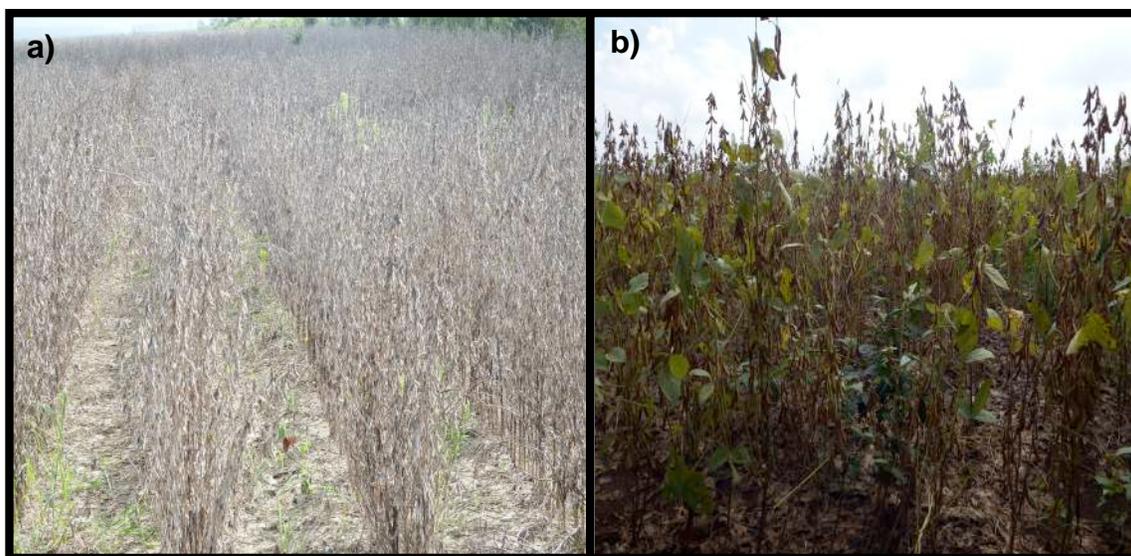


Figura 10. Cultivo de soya GM variedad cristalina (a) en contraste con soya convencional variedad huasteca (b)

### 6.5 Soya Genéticamente Modificada en México

Las experiencias iniciales con cultivos GM en México tuvieron lugar en 1988 (SENASICA), y desde 1996 la superficie agrícola destinada a este tipo de cultivos ha experimentado un incremento continuo, sin que hasta el momento represente una proporción mayor de la superficie total destinada a las labores agrícolas del

país. Durante el 2013, aproximadamente en el 3.30% (516,261.36 ha.) del área total cultivada (15, 612,061.90 Ha) se permitió la siembra de cultivos GM (SIAP, 2014; SENASICA, 2014). Los principales cultivos biotecnológicos permitidos durante el 2013 fueron el algodón y la soya, los cuales han alcanzado la escala comercial en algunas regiones. Estos cultivos presentan las características de resistencia al ataque de insectos plagas, tolerancia a ingredientes activos (i.a) de algunos herbicidas o la combinación de ambas (CIBIOGEM, 2013), generalmente introgradadas en variedades híbridas adaptadas a sistemas agrícolas tecnificados. Para el caso del algodón y el maíz GM, las liberaciones se han dirigido a los estados del Norte del país, en zonas agrícolas con infraestructura de riego; mientras que la soya biotecnológica, liberada en la zona de la Huasteca y algunos estados del Sureste, se siembra bajo esquemas de riego y temporal. (Tabla 1)

**Tabla 1. Superficies agrícolas (2013) de cultivos en México con opción biotecnológica.**

Cultivo	Sistema de riego		Total (Ha)	<sup>2</sup> % superficie sembrada
	Riego (Ha)	Temporal (Ha)		
<sup>1</sup> Maíz	1,354,422.42	6,132,976.60	7,487,399.02	47.95
Algodón	123,139.35	2,293	125,432.35	0.8
Soya	33,148.60	145,384.38	178,532.98	1.14

<sup>1</sup> Durante el 2013 no se realizaron actividades con maíz GM en México

<sup>2</sup> El porcentaje corresponde superficie total del cultivo con respecto a la superficie total cultivada en México

La soya GM ingresó al país desde el año 1995 a través de una sola solicitud para la liberación experimental del cultivo. Para el año 2000 se sembró un total de 150 de hectáreas con permiso de liberación pre comercial, de acuerdo a la NOM-056-FITO-1995, mientras que la superficie destinada al cultivo convencional abarcó 77,430 ha. En el 2005 se emite la ley de bioseguridad de los organismos genéticamente modificados por lo que a partir de ese año hasta 2009 todas las siembras de soya en el país se liberan en etapa experimental. Para el 2010 hay un crecimiento en la siembra del cultivo de ambos sistemas con GM una superficie de 14, 201 ha. En la soya solución faena, ya con permiso de liberación piloto (Monsanto, 2010) y en la convencional abarco 165,010 ha. (SIAP, 2014), de los cuales los principales estados productores de ambos sistemas de cultivo son Tamaulipas,

San Luis Potosí, Chiapas y Campeche. En el año 2012 el cultivo de soya sufre una caída debido a la prohibición del cultivo GM en la Península de Yucatán (Figura 11). Sin embargo en 2013 se ve un aumento significativo en la cantidad de superficie sembrada, siendo la Península de Yucatán el principal productor de soya GM con un total de 7575.34 Ha, cabe mencionar que fue el primer año de la soya solución faena con permiso de liberación comercial (Monsanto, 2013).



Figura 11. Siembra de soya convencional y GM a nivel nacional.

## 6.6 Prácticas de manejo en la soya convencional y GM

Las prácticas de manejo en el cultivo de soya difieren de acuerdo a la región donde se siembra, en México los principales estados productores son: Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas y Campeche. Cada uno de los estados tiene diferentes condiciones bióticas y abióticas que pueden hacer una diferencia en las prácticas de manejo, por lo que se describen de manera general, desde las prácticas de preparación del terreno hasta los insumos agrícolas que se utilizan para cada una de las plagas, malezas, hongos presentes.

La soya se adapta bien a suelos con buen drenaje como son: barrial profundo, franco, arenoso y de aluvión, no es resistente a las sequias, por lo que las regiones donde se cultivas de manera temporal deben tener alto índice de lluvias durante su cultivo. Las prácticas comienzan primeramente con la preparación del terreno con labranza convencional o de conservación, se escoge la variedad deseada, época de siembra, método de siembra, riegos/lluvia, fertilización, control de maleza, control de plagas y enfermedades, y por último la cosecha. (Tabla 2)

**Tabla 2. Practicas agronómicas de cultivos convencionales y GM**

<b>Practiclas agronómicas</b>	<b>Convencional</b>	<b>GM</b>
Preparación del terreno	Limpia, zanjas, surcos	Limpia, zanjas, surcos
Variedad	Huasteca 200	MON-04032-6
Época de siembra	15 de junio	15 de junio
Método de siembra	Mecanizado	Mecanizado
Riego	Lluvia	Lluvia
Fertilización	Si	Si
Control de maleza	Flex, Fusilade, Pivot.	Glifosato
Control de insectos plaga	Metamidofos, Cipermetrina.	Metamidofos, Cipermetrina.
Control de hongos fitopatógenos	Azoxystrobin, Propiconazole	Azoxystrobin, Propiconazole
Cosecha	Diciembre- Enero	Diciembre- Enero

**Preparación del terreno:** labranza, dentro de la convencional se realiza el subsoleo, barbecho y rastreo, mientras que en la de conservación se puede usar el zurco hecho en el cultivo anterior, no se mueve el suelo para sembrar y es el más utilizado en este cultivo ya que esta tecnificado en la mayor parte de los estados que lo siembran.

**Variedad:** las variedades sugeridas para los estados que siembras soya generalmente se escogen por el rendimiento de la semilla, por ejemplo las

variedades desarrolladas por el INIFAP, huasteca 100, 200 o 400, o las variedades genéticamente modificadas tolerantes a herbicidas.

**Época de siembra:** dependiendo del cultivo si es temporal se recomienda desde finales de mayo a finales de julio mientras.

**Método de siembra:** Se siembra en surcos de 65 a 70 centímetros de separación, el surco debe ser a una profundidad de 2 a 3 centímetros. Se prepara la semilla con fungicida para protegerla de los hongos. La cantidad de semilla varía de acuerdo al tamaño por lo que se utiliza de 45 a 60 kg/ha.

**Riegos:** Siembra temprana en la segunda quincena de junio, se sugiere completar los requerimientos de agua dependiendo de cómo se presente la cantidad y distribución de las lluvias. A) En suelos vertisoles: B) Pre-siembra 10-15 días antes de la siembra. C) Primer riego de auxilio. Si no llueve antes de que se inicie la floración. Segundo riego de auxilio. Al final del periodo de floración o inicio de llenado de grano.

**Fertilización:** Se requiere principalmente nitrógeno y fósforo.

**Control de maleza:** El cultivo debe permanecer libre de malas hierbas, principalmente durante los primeros 30 días de su desarrollo, se controla químicamente con al menos 3 herbicidas (Tabla 2) de manera convencional y 1 en el sistema GM.

**Control de plagas y enfermedades:** Se utiliza control químico (Insecticidas), algunas de las principales plagas son *Pseudoplusia includens* Walker, *Diabrotica spp.*, mosquita blanca *Bemisia tabaci* (Genn); de menor importancia la chinche verde *Nezara viridula*, chinche café *Obobalus sp.* y chicharritas *Empoasca spp.* Las enfermedades más comunes en el cultivo son: pudrición de la raíz y tallo *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia sp.* y *Pythium sp.*, mosaico causado por virus y tizón de la vaina *Dematium var. truncata* y *Corynespora asiicola*, las cuales pueden afectar el follaje y las vainas.

**Cosecha:** Cuando la altura de la vaina lo permita, se sugiere cosechar con

máquina, una vez que la mayor parte de las hojas se han caído. (Monsanto, 2012, INIFAP, 2010).

## **6.7 Situación de los insumos agrícolas en México**

El uso de plaguicidas agrícolas en México se introduce a finales del siglo XIX. Más adelante, a partir de la década de los cuarenta del siglo pasado se inicia la producción nacional de ingredientes activos, y para la década de los sesenta la industria de plaguicidas presentó un crecimiento lento y paulatino, incrementado su producción notablemente en la década siguiente (Gómez-Brindis, 2011). No obstante, para 1994 México se convirtió en el principal importador de plaguicidas en América Latina, con relación directa al tratado comercial con América del Norte (Albert, 2005). Actualmente existen más de 500 empresas registradas ante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) las cuales importan, exportan y fabrican agroquímicos; sin embargo, solo cinco compañías (Syngenta, Bayer, Dow, BASF y Du Pont) representan el 84.3% del mercado mexicano de agroquímicos (Gómez-Brindis, 2011).

Para el 2008 en el mercado nacional de los plaguicidas se estimó que el rubro de los herbicidas abarcó el 37%, los insecticidas el 36%, los fungicidas el 22%, y el resto de los productos el 5%; donde el cultivo de las gramíneas es el principal consumidor de herbicidas, destacando el maíz como el sistema de producción con mayores requerimiento de este tipo de insumos fitosanitarios.

Si bien no se cuenta con información oficial sobre el aumento en consumo de agroquímicos, éste puede evaluarse de manera indirecta a partir de sus niveles de producción. En el primer semestre del 2010 se elaboraron 25,546 toneladas de insecticidas en México, 25,862 de fungicidas y 18,980 de herbicidas, sumando un total de 58,451 toneladas de plaguicidas de uso agrícola (INEGI, ENIM 2011). Para el 2012, en el Boletín de información oportuna del sector alimentario se reportan 37,501 toneladas de insecticidas de uso agrícola y 37,684 toneladas de herbicidas y defoliantes (INEGI 2013), los que refleja un incremento significativo con respecto al 2010.

Considerando la amplia comercialización de plaguicidas en México, ha sido necesario establecer un marco normativo robusto para su regulación. La Ley General de Salud establece que la Secretaría de Salud es la encargada de autorizar el uso de plaguicidas tomando en cuenta el empleo determinado para el producto; la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente señala la relevancia del control de la producción, comercialización y uso de plaguicidas para evitar la contaminación del suelo y agua y los efectos adversos sobre ecosistemas; y la Ley Federal de Sanidad Vegetal faculta a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para regular los estudios para el establecimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas, así como para dictaminar sobre la efectividad biológica de estos insumos. El Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos (Reglamento PLAFEST, 2004), señala el procedimiento y los requisitos que deben cumplir las empresas interesadas en obtener el registro, autorizaciones de importación y exportación de plaguicidas, regulado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (Ley General del Salud, 2013a), la cual debe de estar sustentada por las opiniones técnicas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la SAGARPA, en el ámbito de sus atribuciones.

No obstante, ninguno de los instrumentos normativos mencionados hace explícito el seguimiento sobre la regulación de la distribución, almacenamiento y comercialización de los insumos fitosanitarios, así como tampoco su vigilancia y control de uso en campo, por lo que a pesar de contar con una estricta legislación, programas gubernamentales y ser parte de diversos convenios internacionales, el control de plaguicidas es todavía insuficiente y no existe un instrumento legal que obligue a las empresas y a los aplicadores a generar informes de las cantidades, los productos y la extensión de las áreas tratadas con estos insumos de manera sistemática y con acceso público. Si bien el número de plagas que afectan los sistemas-producto del país está bien documentado y es sujeto de estrictos

programas de monitoreo por parte de las autoridades competentes (SENASICA-SAGARPA), la existencia de un amplio gradiente en cuanto a las características y prácticas de control de plagas en los diferentes tipos de agricultura del país (unidades de producción) genera un escenario complejo que dificulta el seguimiento puntal de esta práctica agrícola (INECC, 2013). Por otra parte, se ha señalado que la responsabilidad del uso y manejo adecuado de los plaguicidas debería recaer sobre varios sectores, incluyendo a productores e importadores, comercializadores, agricultores grandes y pequeños, trabajadores y consumidores. No obstante, la evasión de esta responsabilidad por parte de algunos actores dificulta la aplicación de esquemas de control eficientes (Albert, 2005).

Actualmente no existe información sistematizada sobre la utilización anual de plaguicidas agrícolas en México, ni diagnósticos o pronósticos certeros sobre el patrón de uso de estos insumos. Por otra parte, tampoco existe información disponible sobre este rubro para el caso de los cultivos GM, aun cuando se tiene amplia experiencia en la siembra de materiales biotecnológicos, como es el caso del algodón genéticamente modificado sembrado desde 1996 en distintas regiones del norte del país.

## **6.8 Impacto por el uso de plaguicidas**

Los riesgos por el uso de plaguicidas no solo dependen de propiedades específicas, sino de su manipulación y falta de control en su uso, lo cual puede deberse a falta de acceso o deficiencias de información técnica, o al desconocimiento de los efectos negativos asociados a dichos compuestos. La búsqueda de una mayor productividad agrícola ha incentivado el incremento de su utilización, principalmente en regiones con políticas de desarrollo orientadas hacia la producción de cultivos de exportación, como el noreste de México. Sin embargo, dichas estrategias se han extendido hacia pequeños productores y diversos cultivos en varias regiones del país, en muchos casos sin contar con la asesoría técnica adecuada, lo que se refleja en la aplicación de dosis no recomendadas (muchas veces excesivas), escasas medidas de protección en la aplicación y la

inadecuada disposición de residuos y envases vacíos. En términos generales, la insuficiencia en los datos sobre el daño derivado del uso de plaguicidas no permite realizar una estimación real a cerca de la magnitud de la problemática en el país (Albert, 2005; Cobos *et al*, 2006). Sin embargo, hay reportes en los cuales se menciona un posible efecto hacia componentes abióticos como el agua y suelo, y factores bióticos como comunidades vegetales, vertebrados e invertebrados. Dentro de los vertebrados los más casos de estudios más relevantes son en el ser humano y en aves.

Los efectos en las aves debido a la intoxicación por plaguicidas son variados, se han reportado efectos de desarrollo, fisiológicos, reproductivos, conductuales, y hasta la muerte (Cobos-Gasca *et al*, 2011; Fry, 1995; Burn, 2000; Badii *et al*, 2006). Existen pocos estudios sobre el efecto de los plaguicidas en la ornitofauna de México. Algunos señalan evidencias de intoxicación con plaguicidas organofosforados con afectaciones conductuales sobre algunos grupos (Cobos *et al*, 2011). Adicionalmente, la reducción de fuentes de alimento artrópodos y material vegetal son factores importantes para la ocurrencia de efectos indirectos del uso de plaguicidas sobre las aves, afectando las tasas de supervivencia y reproductividad (Boatman *et al*, 2004).

Los impactos en la salud humana se deben más por la manipulación y aplicación de plaguicidas, ya sea como usuario o consumidor de vegetales, frutas y productos tratados. Los riesgos también son para el propio cultivo y su entorno, para el ganado, para la fauna terrestre y acuícola, y en definitiva para el equilibrio ecológico (Sánchez 2002, Fenik *et al*. 2011).

Se ha demostrado la asociación entre la inhibición de la actividad colinesterásica (relacionado a la actividad en torrente sanguíneo e hígado) y los niveles de plaguicidas presentes en el torrente sanguíneo, producto del uso excesivo de dichos agroquímicos. En los cultivos hortícolas es común la aplicación excesiva de plaguicidas, asociándose a ello problemas de salud pública. En México se han encontrado residuos de diversos plaguicidas, como metamidofos, permetrina, endosulfan, cipermetrina, diazon, en algunos de los productos de consumo

normal en la dieta nacional (chile, cilantro, guayaba, fresa, frijol) (Pérez, 2013)

Las principales investigaciones sobre el efecto de los plaguicidas en invertebrados se han realizado en organismos acuáticos y artrópodos benéficos (Talebi *et al*, 2008 Thompson, 2002; Liess 2004; Desneux *et al*, 2007; Stark & Banks, 2003). Una proporción importante de estos estudios se ha centrado en la evaluación de la mortalidad a partir de la determinación de la CL<sub>50</sub> para algunos grupos de interés. No obstante, la relevancia de analizar los efectos subletales de la aplicación de plaguicidas sobre invertebrados comenzó a cobrar notoriedad ante la evidencia del potencial de interrupción de sus funciones importantes dentro de los ecosistemas de especies con interés antropocéntrico, a partir de alteraciones fisiológicas y conductuales.

Por otra parte, existen efectos indirectos sobre invertebrados relacionados con el uso de plaguicidas, como la destrucción del hábitat, destrucción de refugios, sitios de ovoposición y apareamiento (Desneux *et al*, 2007).

El uso de agroquímicos ha producido alteraciones en los ecosistemas, dentro de los que se encuentra la degradación física, química y biológica del suelo debido principalmente a la erosión por la carencia de buenas prácticas agrícolas de los plaguicidas y a la toxicidad de estos productos durante y después de su uso produciendo un factor de riesgo, favoreciendo el deterioro ambiental. La adsorción, disipación, lixiviación, persistencia, acumulación, degradación son parámetros que se deben tomar en cuenta ya que se pueden estimar posibles efectos adversos en suelos, agua superficial o subterránea. La contaminación del suelo asociada a actividades agrícolas se considera como una fuente difusa, causada generalmente por el transporte de las sustancias contaminantes con efectos sobre ciclos biogeoquímicos y su funcionamiento como biofiltro, la disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento de microorganismos, y en gran medida la disminución del rendimiento de cultivos.

## 6.9 Factores de impacto

El impacto de diversos plaguicidas en el ambiente depende de:

1. La cantidad de ingrediente activo aplicado y la zona de aplicación
2. Su distribución en los diferentes compartimentos ambientales
3. Su grado de persistencia en cada compartimentos
4. Su toxicidad sobre las especies presentes en este compartimento

(Van der Werf, 1996)

Factores que definen el impacto de plaguicidas sobre los seres humanos y ecosistemas:

1. Aplicación: las cantidades y el método de aplicación influirán en el impacto. La maquinaria utilizada en la aplicación influirá principalmente en el tamaño de la gota o la partícula, facilitando factores como la deriva y/o evaporación del producto.
2. Transporte: una vez aplicado, el plaguicida se distribuyen entre los diferentes compartimentos ambientales (planta, suelo, agua o aire). Los elementos que influyen en esta distribución son: las características propias de la sustancia aplicada (presión de vapor, solubilidad, entre otras), las condiciones climáticas (temperatura, velocidad del viento), morfología y estado de desarrollo del organismo y extensión de las superficies acuáticas y terrestres (probabilidad de contacto).
3. Destino: la concentración o depósito que permanecerá en cada compartimento dependerá de las propiedades físico-químicas del plaguicida y de su degradabilidad en cada uno de los medios (suelo, aire, agua y planta). Las propiedades del suelo que en mayor medida afectan a las reacciones de transformación son las características ácido-base del suelo, temperatura, materia orgánica disuelta y partículas en suspensión o presencia de iones metálicos. Las reacciones que se producen pueden ser de hidrólisis o de oxidación-reducción, fotólisis, transformación biótica (oxidación, reducción, hidrólisis y síntesis mediada por microorganismos).
4. Exposición: el grado de impacto será determinado por el número de sujetos expuestos, factor de exposición, a dicha concentración.

5. Efecto: la sensibilidad de la población expuesta a la sustancia en cuestión. A mayor toxicidad del producto empleado aumentará el potencial de contaminación.

El impacto potencial de un plaguicida será causado no sólo por la toxicidad intrínseca, factor efecto, sino por la combinación de ésta con la dosis empleada, el tiempo de residencia y las propiedades físico-químicas de la sustancia.

### **6.10 Coeficientes e indicadores de impacto ambiental**

El destino de los herbicidas en el ambiente es complejo debido a la interacción que tiene con el suelo y agua, controlado por numerosas reacciones, biológicas, físicas y químicas. El impacto que pueden causar depende de factores como las propiedades del ingrediente activo, la dosis, frecuencia y método de aplicación, así como las condiciones ambientales (clima, tipo de suelo y geología). También se toman en cuenta otras características como la disponibilidad del agua superficial y la presencia de especies biológicas (Reus *et al.*, 2002).

No obstante, considerando la complejidad de los procesos involucrados en la generación de efectos adversos a la biodiversidad o el medio ambiente, llevar a cabo la cuantificación de las dosis y número de aplicaciones de plaguicidas no es suficiente para realizar una evaluación adecuada (De Smet *et al.*, 2005). Esta limitante tampoco permite realizar la comparación, en términos de impacto al ambiente, de los diferentes insumos fitosanitarios utilizados en diferentes sistemas o práctica agrícolas.

Tomando en cuenta lo anterior, los datos recolectados en campo se deben concentrar en bases de datos incluyendo información para la elaboración de un listado de las propiedades toxicológicas y químicas de los ingredientes activos de cada uno de los plaguicidas que se obtuvieron en la información de las encuestas, con el propósito de utilizar los datos para estimar un posible impacto por medio de algún índice de impacto ambiental de plaguicidas.

Existen varios indicadores de riesgo por plaguicidas desarrollados para estimar el impacto que tienen en la salud humana y en el ambiente, desarrollados con el objetivo de mitigar, reducir y controlar el uso de agroquímicos en los sistemas agrícolas. Los indicadores se desarrollan tomando en cuenta diferentes perspectivas, por ejemplo el PERI, (por sus siglas en inglés, Pesticide Environmental Risk Indicator Mode) indicador de riesgo al ambiente por plaguicidas, el cual se desarrolló para evaluar un posible riesgo tomando en cuenta distintas variables, el agua superficial, agua subterránea, coeficiente de partición, concentración letal (LC) para gusanos, algas microorganismos del suelo y la concentración efectiva, en una ecuación con el propósito de informar a los productores, consumidores el posible riesgo que se presenta para ellos y para el ambiente (Muhammetoglu, 2010. Reus, 2002). Así como hay indicadores ambientales también se han desarrollado indicadores que miden únicamente el peligro a la salud humana, este es el caso del THP, Toxicity–Human Health–Persistence, Toxicidad en el humano y persistencia en la salud; este toma en cuenta tres parámetros para su evaluación: la toxicidad en el ambiente acuático, peligro a la salud humana por ingesta oral y el rango de persistencia (vida media del pesticida) para así evaluar que tan tóxico es para la salud humana (Reus, *et al* 2002).

## **7. METODOLOGÍA**

Esta tesis se realizó en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), a través de la Coordinación del Programa de Bioseguridad (CPB), tiene dentro de sus atribuciones el monitoreo y difusión de los posibles riesgos que ocasionen las actividades con Organismos Genéticamente Modificados (OGM) en el medio ambiente y la diversidad biológica, de acuerdo a lo establecido en el artículo 22 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC). En este sentido, la caracterización de los insumos agrícolas empleados en los sitios de liberación al ambiente de OGM's es una de las variables importantes que componen la línea base en materia de bioseguridad. Por lo que parte de la

presente tesis correspondió a una salida al campo a zonas de liberación de soya con el evento Mon-04032-6 en el estado de Campeche.

## **7.1 Zona de estudio, Estado de Campeche**

El estado de Campeche tiene una extensión de 57,507 km<sup>2</sup> que representan el 3% del territorio nacional, tiene una población de 822,441 habitantes. Colinda al norte con el Golfo de México y Yucatán; al este con Quintana Roo y Belice; al sur con Tabasco y Guatemala y al oeste con Tabasco y el Golfo de México. (INEGI, 2012) Está integrado por 11 municipios de los cuales solo Campeche, Champotón, Escarcega y Holpechén cultivaron soya en 2013.

De acuerdo con información proporcionada por Monsanto Comercial S.A. de C.V., en el 2010 se sembraron 14,201 ha de soya GM de un total de 17,660.44 ha destinadas para este cultivo. Durante el 2011 y 2012 no se registró la siembra de soya GM en este estado. Para el 2013, de un total de 15,162 ha reportadas como avance de siembras hasta el mes de agosto (SIAP, 2013), se cuenta con información preliminar de la siembra de 4,830 ha de soya GM con la participación de 372 productores de tres municipios (Monsanto, 2013).

### **7.1.1 Clima**

Se caracteriza como zona tropical, presenta un clima húmedo, con lluvias principalmente en verano, con una precipitación promedio anual varía entre los 1200 y 1100 mm (hay una reducción de la precipitación durante los meses de julio y agosto); la temperatura media anual es de 26.2 °C grados con valores máximos de 36 °C y mínimos de 17 °C. De acuerdo a la clasificación de Koepen, el clima en el estado de Campeche se divide en: A: cálido subhúmedo, B: seco, y a su vez de estos derivan él, BS: semiárido, Aw: cálido subhúmedo, Am: cálido húmedo y el Ax: cálido subhúmedo de lluvias intermedio. El clima Aw y Ax tiene influencia en el municipio de Calkiní y parcialmente en los municipios de Hecelchakán, Tenabo, Campeche, Hopelchen y Champoton, municipios visitados en la salida a campo.

### **7.1.2 Suelo**

En Campeche se presenta una diversidad edáfica producto de las tres grandes zonas geomorfológicas, como son las planicies y lomeríos kársticos, las planicies acumulativas y las planicies costeras, Los leptosoles (lp) son los suelos más comunes en el estado de Campeche, son poco profundos, ya que están limitados por roca dura continua, dentro de los 25 cm; son de naturaleza karstica. Los cuales encontramos en los campos de cultivo.

### **7.1.3 Hidrografía**

El estado de Campeche, cuenta con 4 regiones, 7 cuencas hidrológicas y 2 200 km<sup>2</sup> de lagunas costeras. Forma parte de lo que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2006) ha denominado Región Hidrológica XII, Península de Yucatán, en la cual, 98% del territorio de Campeche ha sido dividido en dos sub-regiones: Poniente y Candelaria, Esta última sub-región cuenta con la zona de mayor precipitación pluvial de la zona, y es una de las que presenta valores más altos en el país 1700 y 1800 mm con un promedio de 1169 mm de precipitación anual. Las corrientes superficiales de esta zona pertenecen a distintas cuencas, siendo la de mayor extensión la del sistema Grijalva-Usumacinta, seguida por las cuencas de los ríos Candelaria, Chumpán y Mamantel.(Figura 12)

Campeche tiene una naturaleza cárstica, la cual es una de las causas de que la mayor fuente de agua en la región sea el agua subterránea, donde el nivel freático se encuentra a profundidades que van de 6 m a 90 m; esta es la principal fuente de agua para todos los usos y también el principal cuerpo receptor de la precipitación que se infiltra u de las aguas residuales. (CONAGUA, 2006)

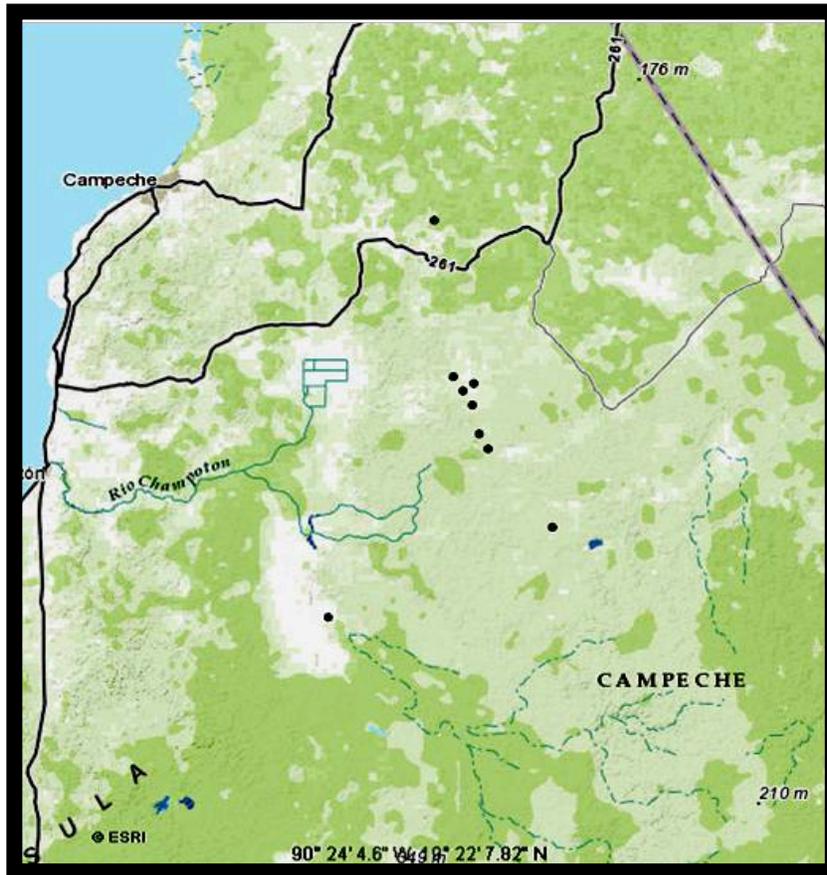


Figura 12, Principales cuerpos de agua adyacentes a los sitios de estudio. (INEGI, 2013)

#### 7.1.4 Ecosistemas.

El emplazamiento biogeográfico y la evolución geológica de los paisajes del estado de Campeche, le confieren una alta diversidad de ecosistemas a nivel regional y local. Se encuentran grandes grupos de ecosistemas, ya que se encuentra en la eco región 15 “bosques tropicales húmedos” (rojo) (Figura 13), donde se pueden encontrar diversos tipos de ecosistemas como selvas altas, medianas y bajas perennifolias (rosa), subperennifolias (morado) y subcadocifolias, vegetación acuática asociada a los cuerpos de agua. Dentro de su territorio hay áreas naturales protegidas (ANP) que abarcan un 40% del estado, siendo la más grande la Reserva de la Biosfera de Calakmul con una superficie de 723, 185 ha, protege 12% de la selva alta, mediana y baja subperennifolia, con fauna como el jaguar, el ocelote, el tigrillo, yaguarondi, venado temazate, tapir, entre otra fauna exclusiva de la región neotropical, algunos de ellos endémicos o en el peligro de extinción. También hay ecosistemas como la sabana, manglares,

humedales, y arrecifes que albergan mucha de la diversidad del estado. Existe otra reserva de la biosfera que alberga especies tanto terrestre como acuática ya que abarca parte del municipio de Calkiní hasta la zona costera del municipio de Campeche. (CONABIO, 2010)

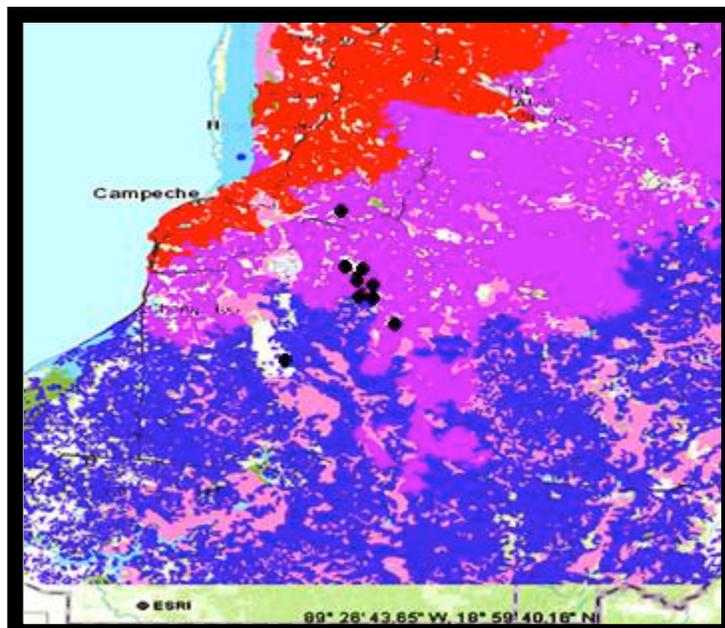


Figura 13. Vegetación en el sureste de México INEGI 2010.

### 7.1.5 Fauna

Se encuentra principalmente en las siguientes especies: jaguar o tigre americano, tigrillo, puma, venado, jabalí, puerco de monte, cacomixtle, mapache, martucha (muy apreciada por su piel), zereque o liebre, tepezcuintle, ardilla, armadillo, mono araña y mico. También se registran aves comestibles, de rapiña, acuáticas y algunas apreciadas por su belleza, por ejemplo: chachalaca, pato de monte, paloma, codorniz, cojolito, pavo de monte, faisán real y dorado, ruiseñor, centzontle, cardenal, garza, pelícano, rabihorcado, cotorra, papagayo, tucán, gavilán, lechuza, zopilote o chombo y águila. Entre los diferentes tipos de reptiles se encuentran: la nauyaca, víbora de cascabel, coralillo, oxcan o boa, bejuquillo y chayil, tortugas de río y terrestres, iguana, lagartija y caimán o lagarto.

### **7.3 Metodología en Campo**

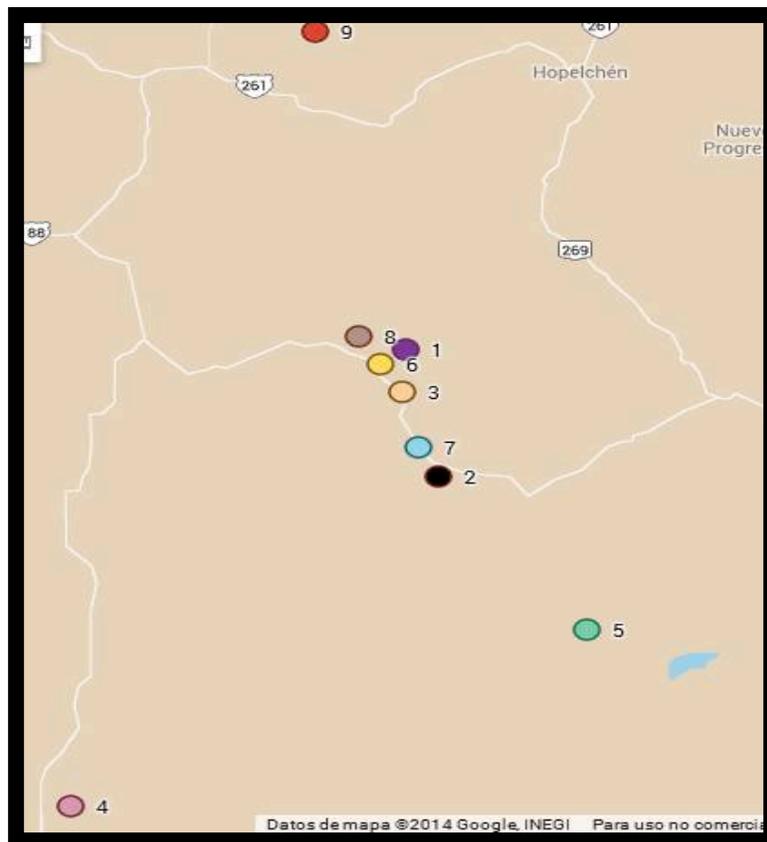
La soya es un cultivo temporal se siembra a mitad de junio para cosecharse en diciembre y principios de enero, por ello se realizó una salida al campo entre el 24 y 28 de noviembre de 2013, con el objetivo de recolectar datos de los insumos agrícolas utilizados en campos de cultivos convencional y genéticamente modificada, y encuestar a 3 o más productores por día.

### **7.4 Encuesta**

La encuesta está estructurada por un cuestionario estandarizado que considera las principales variables establecidas en el objetivo de la investigación, se elaboró con la finalidad de obtener información sobre el patrón de uso y manejo de plaguicidas aplicados en el cultivo de soya y las prácticas agronómicas relacionadas a la utilización de estos insumos fitosanitarios en dos tipos de tecnología: soya convencional y GM. Dado que no se cuenta con información sobre el registro de la utilización de insumos agrícolas en las localidades mencionadas, se consideró una aproximación de encuesta exploratoria con el propósito de aislar las variables clave necesarias para determinar el número y la cantidad de plaguicidas aplicados, información exploratoria que puede ser útil para futuras investigaciones sobre este tema (Anexo 1).

### **7.5 Visita a campo de cultivo convencional y GM**

Se visitó durante un periodo de 4 días a 9 predios de diferentes productores de soya con el evento MON-Ø4Ø32-6 y convencional para la caracterización de los insumos agrícolas utilizados en los municipios del estado de Campeche, San Francisco de Campeche y Hopelchen, durante el ciclo agrícola P-V 2013. (Figura 14)



**Figura 14. Sitios visitados en la salida de campo.**

Durante la visita al campo (Figura 15) se registró la temperatura y el clima de cada día. En el primer día se registró una temperatura máxima de 27 °C, este día no se realizaron actividades de campo; sin embargo, se adecuó la encuesta a las características de la aplicación QuicktapSurvey para ser utilizado en la tableta y realizar las encuestas. El segundo día, 25 de noviembre, se realizó la primera salida a los campos de cultivo para realizar las primeras encuestas, en este día se visitaron 3 campos; se registró un descenso de temperatura por la entrada del frente frío número 14, ubicado en la bahía de Campeche con viento moderado a fuerte de 40 a 50 Km/h con rachas que pueden superar los 70 Km/h, hasta la madrugada del día siguiente (26 de noviembre) donde se registraron vientos y lluvias fuertes afectando los municipios de San Francisco de Campeche, Hopelchen, Champotón y el Carmen (municipios cercanos a la costa) con temperatura registrada de 14° a 18 ° C (CENECAM, 2013) por el evento de norte, provocando encharcamientos en los cultivos de los municipios afectados.



**Figura 15. Cultivo de soya MON-04032-6 del municipio Campeche.**

## **7.6 Cociente de Impacto Ambiental (EIQ)**

En este trabajo se hizo uso del EIQ, Environmental Impact Quotient, Coeficiente de Impacto Ambiental de los plaguicidas. Este coeficiente de impacto sintetiza toda la información sobre el impacto a un simple valor. Para lograr esto, la ecuación se desarrollo basada en tres componentes principales de la agricultura: trabajadores, consumidores y ecológico. Cada uno de estos componentes en la ecuación tienen el mismo peso para el análisis final, pero dentro de cada uno hay factores individuales de diferente peso, utilizando una escala de 1 a 5 siendo 1 el menos dañino a 5 el más dañino. La fórmula para determinar el valor del EIQ toma en cuenta parámetros de toxicidad en aves, abejas, peces, artrópodos, plantas, superficie, suelo, toxicidad dérmica, toxicidad crónica, sistémica y lixiviación. (Kovach, 1992). Para determinar el componente ecológico del modelo se baso en los posibles efectos acuáticos y terrestres, sumando el posible efecto por un químico en peces, aves, abejas y artrópodos benéficos para el cultivo. El impacto ambiental de los plaguicidas en sistemas acuáticos se determino multiplicando la toxicidad del compuesto químico por el rango de tiempo potencial de escurrimiento

superficial de los plaguicidas específicos, para esto se debe tomar en cuenta la vida media del producto.

Para el caso de los impactos en un sistema terrestre se determinó por medio de una suma de la toxicidad en aves, abejas y artrópodos benéficos. Se toman en cuenta más parámetros ya que los organismos terrestres son más propensos a un efecto adverso por plaguicidas. El impacto en los organismos se mide con la toxicidad del plaguicida, ya sea en aves, abejas o artrópodos, por la vida media del producto en la planta y en el suelo superficial.

EIQ de cada plaguicida ó herbicida se obtiene por medio de una ecuación basada en los tres principales componentes de los sistemas de producción agrícola: a) componente de trabajadores agrícolas, b) componente de consumo y c) componente ecológico. Expresada de la siguiente manera

$$EIQ = \{C[(DT*5)+(DT*P)] + [C*((S+P)/2)*SY] + L + [(F*R) + (D*((S+P)/2)*3) + (Z*P*3) + (B*P*5)]\} / 3$$

Trabajadores  $C (DT*5) + (DT*P)$

- Toxicidad crónica (TC): Reproductiva, teratogénica, oncogénica y mutagénica.
- Toxicidad dérmica (DT)
- Vida media del pesticida en suelo (S) y planta (P)

Consumidores  $C*((S+P)/2)*SY + L$

- Toxicidad crónica (TC): Reproductiva, teratogénica, oncogénica y mutagénica.
- Vida media del pesticida en suelo (S) y planta (P)
- Sistemicidad (SY)

Ecológico  $(F*R) + (D*((S+P)/2)*3) + (Z*P*3) + (B*P*5) / 3$

- Efectos en agua: lixiviación (L), potencial de pérdida (R) y toxicidad en peces (F)
- Efectos en suelo: toxicidad en aves (D), abejas (Z), artrópodos benéficos (B)
- Vida media del pesticida en suelo (S) y planta (P)

Kovach en el EIQ desarrolla un valor específico para cada insumo agrícola, por lo que se hizo la revisión de los valores para los datos recolectados y así obtener el

valor de cada ingrediente activo. Sin embargo para que este índice se pudiera adaptar a las diferentes condiciones de los cultivos, Kovach desarrollo el EIQ de campo, expresándose de la siguiente manera:

$$\text{EIQ de campo} = \text{EIQ} * \text{Porcentaje de ingrediente activo} * \text{Dosis} * \text{No de aplicaciones}$$

### **7.6.1 Análisis de datos usando el cociente de impacto ambiental (EIQ)**

Para la estimación de un posible efecto, es necesario tener la información necesaria para evaluar caso por caso, involucrando una serie de datos sobre el cultivo transgénico: gen introducido, vector de transformación, especie y genotipo receptor, especies relacionadas, características del agroecosistema donde se libera, etc. Esta información permite limitar el contexto temporal, parte de este trabajo fue el de seleccionar un indicador o coeficiente ambiental que pudiera estimar un posible efecto de los insumos agrícolas utilizados en ambos sistemas de cultivo. Se usó del coeficiente de impacto ambiental, el cual abarca la parte del trabajador, consumidor y la ecológica, esta última es la de mayor interés.

Con la información recogida en las encuestas del consumo de insumos agrícolas (dosis, y número de aplicaciones) se calculó el EIQ de campo y el EIQ ecológico de campo para cada producto de cada cultivo y en cada tecnología agrícola

#### **Fórmula para EIQ de campo:**

$$\text{EIQ de campo} = \text{EIQ} * \text{Porcentaje de ingrediente activo} * \text{Dosis} * \text{No de aplicaciones}$$

#### **Fórmula para EIQ ecológico de campo:**

##### **Eco EIQ**

$$\text{EIQ eco de campo} = \text{ECO}_{\text{EIQ}} * \text{Porcentaje de ingrediente activo} * \text{Dosis} * \text{No de aplicaciones}$$

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1. Características del sitio de estudio

El levantamiento de datos para sobre el patrón de uso de insumos fitosanitarios utilizados en el cultivo de soya GM y convencional en el municipio de Campeche, Campeche. Se realizó del 25 al 27 de noviembre del 2013, prácticamente al cierre del ciclo agrícola en la región.

En el ciclo agrícola Primavera-Verano 2013 el estado de Campeche sembró una superficie de 15,704 ha de soya distribuida en los municipios de Campeche, Hopelchen, Champotón y Escarcega, (Figura 16) de las cuales 7,575 ha fueron destinadas a cultivos GM tolerantes a herbicidas y el restante 8,128 ha en sistema convencional. Dentro del estado de Campeche se encuentran aproximadamente 400 productores de soya genéticamente modificada, mientras que no se cuentan con datos precisos del número de productores de soya convencional en la región.

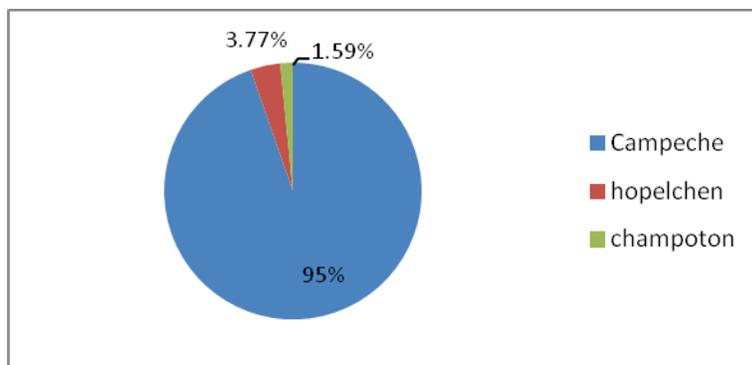
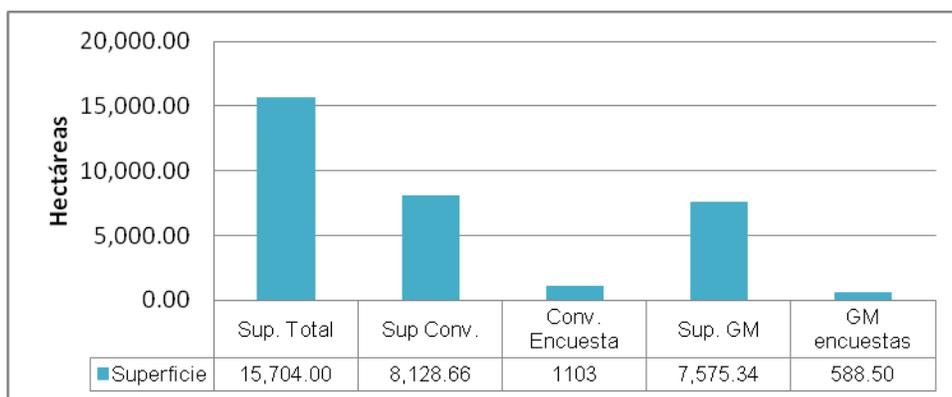


Figura 16. Municipios productores de soya

Las condiciones climatológicas previas a la salida a campo, debido a la tormenta subtropical Melissa, así como las distancias entre agricultores de soya y las dinámicas propias del cierre agrícola en la región (temporada de cosecha), dificultaron el levantamiento de información a un número representativo de productores en el sitio de estudio. Sin embargo, la encuesta se aplicó a 9 de los principales productores de soya en el municipio de Campeche, propietarios de uno o más predios agrícolas sembrados

con soya GM o convencional durante el ciclo PV-2013 (Tabla 3), de los cuales se 5 productores cultivaron la variedad convencional huasteca 200, sumando una superficie de 1,103 ha, y 8 productores sembraron la variedad GM sumando una superficie de 588.5 ha (Grafica 17, Tabla 4).



**Figura 17. Superficie total de siembra y superficie registrada en encuestas.**

**Tabla 3. Productores de soya entrevistados en diferentes localidades del municipio de Campeche, Campeche, en el ciclo PV-2013**

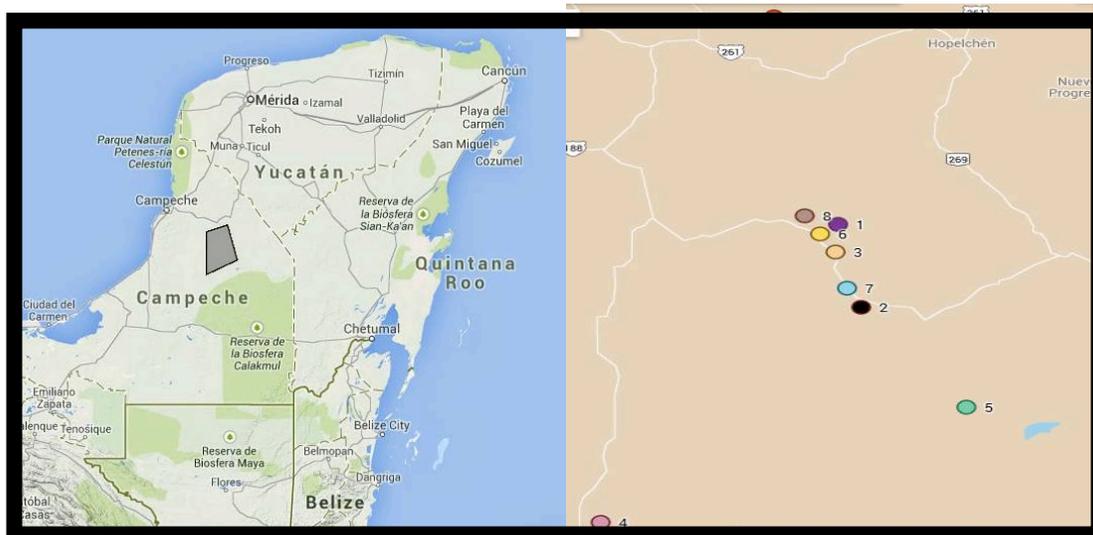
Localidad	No. Productores	No. Predios soya GM	No. Predios soya Huasteca	Total Predios
El Paraíso	3	2	2	4
San Antonio la Paz	1	1	1	2
San Luciano	3	3	1	4
Los Laureles	1	1	0	1
Tixmicuy	1	1	1	2
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>13</b>

**Tabla 4. Número de hectáreas sembradas con soya GM y convencional en las localidades visitadas durante el estudio.**

Localidad	Superficie GM (ha)	Superficie Convencional (ha)	Total
El Paraíso	76	165	241
San Antonio la Paz	30	80	110
San Luciano	329	8	337
Laureles	3.5	0	3.5
Tixmicuy	150	850	1000
<b>Total</b>	<b>588.5</b>	<b>1103</b>	<b>1691.5</b>

Es importante mencionar que la superficie registrada en las encuestas (1691.5 ha) cubre el 10.77 % de la superficie total destinada al cultivo de la soya en el estado.

Donde el 3.75 % corresponde a soya GM, y el 7.02 % a con soya convencional. Aun cuando el número de encuestas realizadas fue reducido, su aplicación a los principales productores de la región permitió incrementar el nivel de representatividad del estudio. Los productores entrevistados se ubicaron en 5 localidades dentro del municipio de Campeche (Figura 18)



**Figura 18. Sitios de estudio**

Una de las principales limitantes en la aplicación de las encuestas fue la gran distancia entre los campos de cultivo de soya en el municipio de Campeche, reduciendo el tiempo disponible para los recorridos y el número de localidades visitadas. Otra limitante importante se debió a las actividades agronómicas que se realizaban al momento de aplicar las encuestas, ya que el estudio se llevó a cabo al final de la ventana de cosecha del ciclo PV-2013, la cual se prolongó debido al temporal ocasionado por la tormenta subtropical Melissa, cuyos efectos interfirieron con la ventana de cosecha para la región, limitando la disponibilidad de tiempo de los productores para la aplicación de la encuesta.

La totalidad de los productores entrevistados realizan la mayor parte de las prácticas de cultivo mediante el uso de maquinaria agrícola (Figura 19). La aplicación de plaguicidas se realiza principalmente con aspersores montados en tractor (barras de aspersión o aguilón), y en un solo caso se registró el uso de avionetas para la aplicación de herbicidas. La mayor parte de la producción de soya en el municipio de

Campeche es de temporal; no obstante, algunos grandes productores tienen estructurado sistemas de riego.



**Figura 19. Uso de maquinaria agrícola para durante la temporada de cosecha del ciclo agrícola PV-2013.**

Es relevante considerar el tipo de sistemas de producción y la tecnificación asociada al cultivo de la soya en la región, la cual, de acuerdo a la información obtenida en este estudio, es independiente del tipo de soya sembrada (GM o convencional). Diversas aproximaciones para la evaluación de los impactos de agroquímicos señalan que el método de aplicación de dichos insumos es un factor importante que debe ser tomado en cuenta, ya que puede relacionarse directamente con el potencial de movilidad de los plaguicidas en compartimentos ambientales específicos.

## **8.2 Inventario de plaguicidas utilizados cultivos de soya en Campeche**

La encuesta se dirigió para obtener información acerca de las prácticas de uso y aprovechamiento de la tecnología GM con respecto a su contraparte convencional, específicamente en el uso de plaguicidas.

El manejo de insumos agrícolas fitosanitarios es una práctica muy común en el cultivo de soya en diversas regiones del país (INIFAP, 2011). De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas, se registraron 14 ingredientes activos (i.a) de plaguicidas: 6 herbicidas, 6 insecticidas y 2 fungicidas (Tabla 5). De forma general, se puede observar un número mayor de herbicidas aplicados en la práctica convencional, mientras el uso de insecticidas y fungicidas es mayor en el cultivo GM (Tabla 6).

**Tabla 5. Inventario de plaguicidas utilizados en el cultivo de soya GM y convencional en el municipio de Campeche, Campeche, durante el ciclo agrícola PV-2013**

Ingrediente activo (i.a.)	Producto formulado	Uso	
		GM	Convencional
<b>Herbicidas</b>			
2,4-D	Herbipol®	✓	✓
Fluazifop-p-butil	Fusilade®	x	✓
Fomesafen	Flex®	x	✓
Fluazifop + Fomesafen	Fusiflex®	x	✓
Glifosato	Durango®, Faena Fuerte®	✓	✓
Imazetapir	Pivot®	x	✓
Sulfentrazone	Boral 480 SC®	x	✓
<b>TOTAL</b>	<b>HERBICIDAS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>Insecticidas</b>			
Benzoato de emamectina	Denim®	✓	✓
Cipermetrina	Combat 20®	✓	✓
Spinetoram	Palgus®	✓	x
Novaluron	Rimon®	✓	x
Metamifofos	Tamaron®	✓	✓
Imidacloprid	Corax SC®	✓	x
<b>TOTAL</b>	<b>INSECTICIDAS</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>Fungicidas</b>			
Azoxystrobin	Priori®	✓	✓
Propiconazole	Quilt®	✓	✓
<b>TOTAL</b>	<b>FUNGICIDAS</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>TOTAL DE PLAGUICIDAS POR CULTIVO</b>			
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>12</b>

Tras la comparación y análisis de ambos tipos de cultivo evaluados, se lograron observar diferencias sobre las prácticas para control de plagas. En el caso del control de malezas el cultivo biotecnológico promueve el uso de un solo herbicida a base del i.a. glifosato, no obstante, los resultados obtenidos muestran que en algunos casos emplean más de un herbicida; mientras que el cultivo convencional requiere de la aplicación de dos a más herbicidas para controlar los brotes de maleza. Sin embargo, factores como la frecuencia de aplicación, dosis y tipo de herbicidas aplicados varían en cada campo estudiado, incluso entre agricultores que utilizaban la misma tecnología. Por ejemplo, el uso de diferentes herbicidas a los recomendados para la

tecnología tolerante a herbicidas (MON-Ø4Ø32-6) (Tabla 6 y 7). Adicionalmente, las prácticas de manejo de plaguicida también pueden ser influenciadas por la capacitación y experiencias de cada productor, en donde el éxito o fracaso en el control de plagas obtenido en ciclos anteriores, puede determinar el patrón de uso de estos agroquímicos.

**Tabla 6. plaguicidas utilizados por productor en el cultivo de soya GM y convencional en el municipio de Campeche, durante el ciclo agrícola PV-2013.(N/A: no aplica)**

ID Productor	No. herbicidas utilizados		No. insecticidas utilizados		No. fungicidas utilizados	
	GM	Convencional	GM	Convencional	GM	Convencional
1	1	2	2	2	N/A	N/A
2	1	N/A	3	N/A	1	N/A
3	1	2	2	2	N/A	N/A
4	1	N/A	3	N/A	1	N/A
5	N/A	2	N/A	2	N/A	1
6	1	N/A	2	N/A	1	N/A
7	2	3	2	2	1	1
8	1	N/A	3	N/A	1	N/A
9	2	3	2	2	2	2

**Tabla 7. Herbicidas utilizados en el cultivo de soya durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Herbicidas utilizados		
ID productor	GM	Convencional
1	Faena con Fuerte®	Pivot®/Fusiflex®
2	Faena con Fuerte®	N/A
3	Faena con Fuerte®	Durango®/Fusiflex®
4	Faena con Fuerte®	N/A
5	N/A	Herbipol®/Durango®
6	Faena con Fuerte®	N/A
7	Faena con Fuerte®/Herbipol®	Herbipol®/Durango®/Boral 480®
8	Faena con Fuerte®	N/A
9	Faena con Fuerte®/Herbipol®	Flex®/Durango®/Fusilade®

**Tabla 8. Insecticidas utilizados en el cultivo de soya durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Insecticidas utilizados		
ID productor	GM	Convencional
1	Combat 20®/Tamaron®	Combat 20®/Tamaron®
2	Denim®/Combat 20®/Tamaron®	N/A
3	Combat 20®/Tamaron®	Combat 20®/Tamaron®
4	Palgus®/Denim®/Rimon®	N/A
5	N/A	Combat 20®/Tamaron®
6	Combat 20®/Tamaron®	N/A
7	Denim®/Combat 20®	Denim®/Combat 20®
8	Denim®/Combat 20®/Corax SC®	N/A
9	Denim®/Combat 20®	Denim®/Combat 20®

El cultivo de la soya es atacada por diversas plagas de artrópodos, entre las que destacan los coleópteros (picudos), lepidópteros (gusano peludo, soldado y falso medidor) y los hemípteros (chinche verde y negra). De acuerdo a los niveles de infestación, el cultivo requiere de la aplicación de diferentes insecticidas, carentes de selectividad real pero con mayor efectividad sobre un grupo específico de plagas, pero con efectos directos o indirectos a artrópodos benéficos del cultivo y otros componentes importantes del agroecosistema. Por otra parte, la selectividad muchas veces se puede atribuir al mismo productor que toma en cuenta la formulación del insumo, distribución espacial a tratar, momento y método de aplicación (Croft 1990).

Las variaciones observadas pueden depender de la presión de plagas diferencial entre campos de cultivo, el grado de asesoramiento del agricultor, y en última instancia de sus posibilidades económicas.

Para este estudio, aunado al patrón de uso de los insecticidas registrados se puede observar que la cipermetrina ocupa el primer lugar de los insecticidas usados, seguido por el metamidofos (Tabla 8), el cual es perteneciente a la familia de los organofosforados, grupo químico al cual pertenecen la mayoría de los insecticidas, siendo sustancias poco persistentes en el ambiente; no obstante,

su impacto al ambiente puede ser contraproducente (Lannacone, 2007). Estos insumos se utilizan en ambos sistemas de cultivo; sin embargo, los productores de cultivos GM emplean los 6 insecticidas inventariados, en el cual se registró el uso de uno o hasta tres diferentes ingredientes activos por productor, mientras que en los convencionales solo hacen uso de uno a dos por productor.

**Tabla 9. Fungicidas utilizados en el cultivo de soya durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Fungicidas utilizados		
ID productor	GM	Convencional
1	N/A	N/A
2	Priori®	N/A
3	N/A	N/A
4	Quilt®	N/A
5	N/A	Quilt®
6	Quilt®	N/A
7	Quilt®	Quilt®
8	Quilt®	N/A
9	Quilt®/Priori®	Quilt®/Priori®

Para el caso de los fungicidas, los productores entrevistados emplearon 2 ingredientes activos, el propiconazole la azoxystrobina. El primer el i.a. fue el más utilizado (Tabla 9), este fungicida ataca la principal enfermedad de la soya que es la roya, las dosis empleadas por los productores son las recomendadas por lo que su actividad puede ser efectiva al cultivo. La azoxystrobina, al igual que los insecticidas tienen un uso más frecuente en productores que adoptaron un sistema GM, este producto también se emplea a dosis bajas pero su toxicidad es ligeramente mayor al propiconazole; no obstante, se ha reportado que la eficacia que tiene al atacar las royas es mayor a la del propiconazole (Carmona, 2011).

En general, todos los productos químicos tienen un efecto sobre la población de enemigos naturales, incluyendo fungicidas que pueden expresar efectos en el comportamiento, actividad, desarrollo, alimentación, fecundidad, de diversos organismos, así como en la viabilidad de los huevecillos de artrópodos, donde ocurren cambios que son más difíciles de percibir y por lo tanto de evaluar,

diferentes a la mortalidad, pero que no dejan de ser importantes (Finizio, *et al.*, 2001).

La información presentada sobre el patrón de uso de los insumos agrícolas, demuestra que tanto insecticidas como fungicidas son más frecuentes en sistemas GM; sin embargo, considerando el número de productores incluidos en el estudio, este resultado no refleja que su uso sea determinado por la biotecnología. Sin embargo, es necesario confirmar su patrón de uso para tener mayor certeza sobre la cantidad y variabilidad de sustancias químicas que se emplean para el control de plagas y enfermedades.

Por otra parte, es importante considerar que si bien, los cultivos GM tolerantes a herbicidas incentivan el uso de un determinado herbicida, en este caso glifosato, para el control de malezas, su aplicación no es exclusiva de los paquetes biotecnológicos, ya que para el caso del glifosato, es un insumo fitosanitario comúnmente utilizado en los esquemas convencionales de control de malezas.

A nivel nacional se permite el uso del glifosato en más de 20 cultivos (no GM), cuya producción está destinada al consumo humano y animal (Tabla 10). Por lo tanto, resulta complejo asociar de manera específica el impacto que tienen plaguicidas como el glifosato, a una sola tecnología o práctica agronómica, por lo que para una evaluación general de los efectos potenciales de plaguicidas, es necesario considerar tanto cultivos convencionales como GM.

La aspersión de herbicidas asociado a un uso inadecuado puede causar grandes problemas debido a la contaminación de diversos compartimentos ambientales y la evolución temprana de malezas resistentes. En sistemas agrícolas donde el glifosato es regularmente aplicado, los residuos que quedan pueden causar daños a las plantas no objetivo, ya que alrededor del 10% del glifosato aplicado puede llegar a otras poblaciones vegetales. La vida media del glifosato en el suelo es muy larga y puede durar desde semanas a años.

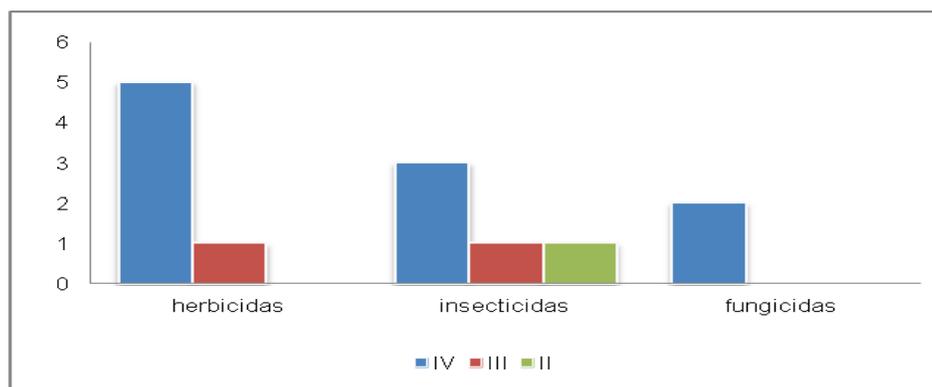
**Tabla 10. Autorización del uso de plaguicidas.**

Nombre comercial	i.a	Uso registrado en COFEPRIS	Cultivo recomendado por el fabricante
Herbipol	2,4-D	Arroz, avena, caña de azúcar, cebada, centeno, césped, esparrago, maíz, pastizales, pastos, potreros, sorgo y trigo.	Arroz, avena, caña, cebada, centeno, maíz, sorgo, trigo,
Faena fuerte con Transorb	Glifosato	Acelga, agave, aguacate, ajo, alfalfa, alcachofa, algodón, apio, arroz, avena, berenjena, betabel, brócoli, cacahuete, cacao, calabaza, caña, cebada, chabacano, chícharo, chile, cítricos, espinaca, frijol, jitomate, maíz, soya, trigo, papayo, pepino.	Soya, algodón, maíz, canola.
Flex	Fomesafen	Soya	Frijol, Soya.
Fusilade	Fluazifop	Agave, algodón, cebolla, durazno ,jojoba, nogal, ornamentales, soya, zanahoria	Agave, algodón, durazno, cebolla, jojoba, nogal, ornamentales, soya, zanahoria.
Combat 20	Cipermetrina	Algodón, cebolla, maíz, soya.	Algodón, maíz, soya.
Tamaron	Metamidofos	Alfalfa, algodón, berenjena, brócoli, calabaza, chile col, coliflor, jitomate, lechuga, limón, ornamentales, papa, pepino, soya, sandia, tabaco, tomate.	Alfalfa, algodón, berenjena, brócoli, col coliflor, chile jitomate, lechuga, melón, papa, pepino, sandia, soya, tabaco.
Denim	Benzoato de emamectina	Brócoli, crisantemo, col, coliflor, gladiola, jitomate, lechuga, tabaco.	Algodón, maíz
Priori	Azoxystrobin	Cebada, cacahuete, calabacita, cebolla, chile, clavel, crisantemo, durazno, fresa, jitomate, limón, maíz, mandarina, melón, naranja, papa, papaya, pepino, plátano, rosál, sandia, tabaco, toronja, trigo, vid, zanahoria.	Avena, canola, cebada, ornamentales, papa, remolacha, soya, trigo,
Quilt	Propiconazole	Cebada, clavel, frijol, nogal, ornamentales, plátano, rosál, trigo.	Arroz, cebada, frijol, maíz, sorgo, soya, trigo.

La mayoría de los residuos del glifosato (90%) se encuentran en los primeros 15 cm del suelo, y estos residuos representan una amenaza importante para la actividad microbiológica del suelo y la absorción por parte de las raíces de las plantas no objetivo (Civeira, 2012). *Por otra parte*, el potencial impacto negativo del glifosato en ambientes acuáticos depende de su movilidad, mediada por la deriva, la lixiviación o la escorrentía.

Existe información que señala la rápida y fuerte adsorción del glifosato a partículas del suelo, reduciendo la posibilidad de lixiviación a aguas profundas o la escorrentía a cuerpos de agua superficial (Crisanto *et al*, 1994; Roy *et al* 1989). Sin embargo, otros estudios demuestran la presencia de este herbicida en cuerpos de agua varios días después de su aplicación (Pérez *et al*, 2007; Feng *et al*, 1990; Edwards *et al* 1980). Considerando estos puntos, diversos artículos científicos han evaluado los efectos sobre los organismos acuáticos clave con mayor probabilidad de daño, las plantas y algas acuáticas, obteniendo resultados variables en la sensibilidad observada en diferentes grupos, pero con evidencias importantes sobre los efectos en los parámetros evaluados (Christy *et al*, 1981; Maule & Wright, 1984; Vedrell *et al*, 2009).

No obstante, la evaluación objetiva de distintos paquetes tecnológicos o programas de manejo agrícola requiere considerar los diferentes insumos utilizados en el análisis comparativo. Para el caso de los i.a. registrados en el inventario de este estudio, existe diversa información sobre los efectos ambientales descritos hasta el momento (Tabla 11, Figura 20).



**Figura 20. Categoría toxicológica de los insumos fitosanitarios utilizados en el cultivo de soya en el Municipio de Campeche durante el ciclo agrícola PV-2013.**

**Tabla 11. Categoría toxicológica y principales efectos ambientales de los i.a. Registrados en encuesta.**

i.a.	Grupo químico	Categoría toxicológica*	Efectos
<b>Herbicidas</b>			
2,4-D	Clorofenoxi	III	Toxicidad alta para peces Moderadamente tóxico para especies terrestres Reduce capacidad de fijación de nitrógeno en microorganismos y algas Cambia composición de especies y estructura de vegetación Reducción severa en la capacidad reproductiva de abejas
Fluazifop	Fenoxi	IV	Ligeramente tóxico para invertebrados Toxicidad de moderada a alta en peces
Fomesafen	Nitrobenzamida	IV	Baja toxicidad para organismos acuáticos Posibles cambios en estructura vegetal en sistemas acuáticos
Glifosato	Fosfometilglicina	IV	Ligeramente tóxico para moluscos y anfibios Moderadamente tóxico para peces
Imazetapir	Imidazolinona	IV	Ligeramente tóxico para peces crustáceos, aves Toxicidad severa para plantas acuáticas
Sulfentrazone	Triazolinona	IV	Ligeramente tóxico para mamíferos pequeños Ligeramente tóxico para peces e invertebrados acuáticos
<b>Insecticidas</b>			
Benzoato de emamectina	Denim	IV	No hay información
Cipermetrina	Combat 20	III	Potencial de bioacumulación elevado Toxicidad alta para mamíferos Se desconocen los efectos en la salud animal y vegetal
Spinetoram	Palgus		Altera la capacidad reproductiva en animales
Novaluron	Rimon	IV	Toxicidad moderada para plantas acuáticas Bajo potencial de toxicidad en sistema endocrino
Metamidofos	Tamaron	II	Bajo potencial de acumulación en suelo y plantas Toxicidad severa para artrópodos benéficos
Imidaclorid	Corax SC	IV	Altera la capacidad reproductiva en animales Toxicidad alta para crustáceos
<b>Fungicidas</b>			
Azoxystrobin	Priori	IV	Ligeramente tóxico para artrópodos benéficos moderadamente tóxico para el desarrollo y reproducción de anfibios
Propiconazole	Quilt	IV	Moderadamente tóxico para aves Persistente y ligeramente móvil en suelos

\*Categoría toxicológica, I: mas tóxico a IV: menos tóxico. (IUPAC, 2014)

Las repercusiones que puede afectar el uso y manejo de plaguicidas, pueden ser ambientales y sociales ya que al incrementa las malezas, se emplearan mas insumos, por lo que el costo aumentara y la producción disminuirá. Respecto, la FAO (2003) indica que es necesario hacer una reglamentación en el uso y aplicación de estos compuestos, sobre todo tener un registro y llevar a cabo programas de vigilancia sobre la contaminación ambiental, intoxicación y vigilancia de los residuos que generen estos compuestos (Figura 21). En México, se han desarrollado programas para la conservación, uso y aprovechamiento del suelo, pero desafortunadamente, no se monitorea dichos programas y sus implicaciones ambientales (García, 2012).



Figura 21. Herbicida utilizado en cultivos convencionales.

### 8.3 Patrón de uso de plaguicidas en el cultivo de soya

A partir de la encuesta realizada, se registraron las dosis y frecuencias de aplicación de cada insumo utilizado para el control de plagas en los cultivos de soya GM y convencional. Posteriormente se obtuvieron los rangos de dosis utilizadas por los productores entrevistados considerando el volumen mínimo y máximo total aplicado durante el ciclo agrícola PV-2013 en el municipio de Campeche (tabla 12).

**Tabla 12. Patrón de uso, rangos de dosis y frecuencias de aplicación de los i.a. utilizados en la soya GM y convencional en el municipio de Campeche, durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Herbicidas						
i.a.	Patrón de uso		Dosis (L/ha)		No. aplicaciones	
	GM	Convencional	GM	Convencional	GM	Convencional
2,4-D amina	2/8	2/5	0.5 - 3	1 - 3	1	1
Fluazifop	N/A	1/5		3		1
Fomesafen	N/A	1/5		1		1
Flu+Fom	N/A	2/5		0.6 - 1		1
Glifosato	8/8	4/5	1 - 3	1 - 2	1 - 3	1 - 3
Imazetapir	N/A	1/5		2		1
Sulfentrazone	N/A	1/5		1		1
Insecticidas						
i.a.	Patrón de uso		Dosis (L/ha)		No. aplicaciones	
	GM	Convencional	GM	Convencional	GM	Convencional
Benzoato de emamectina	5/8	2/5	0.10 - 1.15	0.15 - 0.50	1	1
Cipermetrina	7/8	5/5	0.25 - 1	0.40 - 1	1	1
Spinetoram	1/8	N/A	0.3		1	
Novaluron	2/8	N/A	0.3		1	
Metamidofos	4/8	3/5	0.25 - 0.5	0.30 - 0.5	1	1
Imidacloprid	1/8	N/A	0.1		1	
Fungicidas						
i.a.	Patrón de uso		Dosis (L/ha)		No. aplicaciones	
	GM	Convencional	GM	Convencional	GM	Convencional
Azoxystrobin	2/8	1/5	0.25 - 0.9	0.25	1	1
Propiconazole	5/8	3/5	0.5 - 1	0.5 - 0.75	1	1

\*El patrón de uso refleja el número de predios (campos) donde se utilizó cada i.a. respecto al total de predios cultivados con cada tecnología

Comparando el patrón de uso de los ingredientes activos aplicados es posible apreciar la tendencia en cada tecnología. El glifosato fue el herbicida más utilizado en ambos tipos de cultivo, con un rango de dosis de 1 a 3 L/ha. La Cipermetrina fue el insecticida más empleado en el control de plagas tanto en la soya GM como convencional, presentando dosis en un rango de 0.25 a 1 L/ha; al igual que el fungicida Propiconazole, donde se aplicó en dosis de 0.5 a 1 L/ha en ambos cultivos.

Uno de los principales temas sobre los beneficios o posibles impacto de los OGM sobre el medio ambiente es el incremento o disminución de las cantidades de plaguicidas utilizados en su cultivo, principalmente los herbicidas asociados al paquete tecnológico de los cultivos TH. A partir de la información sobre las frecuencias y dosis de aplicación de los diferentes plaguicidas utilizados en la soya GM y convencional, y considerando los datos de formulación de cada insumo fitosanitario, se realizó el cálculo de la cantidad de i.a. empleado para el control de plagas en cada tecnología (Tabla 13). Si bien la principal diferencia entre los tipos de cultivo evaluados es la característica de tolerancia a herbicidas, se decidió realizar el análisis de otros insumos fitosanitarios relevantes (insecticidas y fungicidas).

Dado que las superficies de cultivo entre ambas opciones tecnológicas presentaron variaciones importantes, se decidió realizar la comparación de la cantidad de i.a. aplicado utilizando el valor promedio de los kilogramos por hectárea, de acuerdo a la superficie reportada por los agricultores entrevistados (Tabla 14).

**Tabla 13. Cantidad de i.a. (kg) utilizado en el cultivo de soya y superficie analizada en el municipio de Campeche, durante el ciclo agrícola PV-2013**

<b>Herbicidas</b>				
<b>i.a</b>	<b>GM</b>		<b>Convencional</b>	
	<b>kg</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>kg</b>	<b>Superficie (ha)</b>
2,4-D	64.8	155	78.48	93
Fluazifop	0	0	318.75	850
Fomesafen	0	0	212.5	850
Flu+Fom	0	0	32	160
Glifosato	1626	588.5	964	1023
Imazethaphyr	0	0	16	80
Sulfentrazone	0	0	3.84	8
<b>Insecticida</b>				
<b>i.a.</b>	<b>GM</b>		<b>Convencional</b>	
	<b>kg</b>	<b>ha</b>	<b>kg</b>	<b>ha</b>
Benzoato de emamectina	2.9	539	2.63	858
Cipermetrina	288.5	31.93	1103	104.2
Spinetoram	5.4	300	0	0
Novaluron	9	300	0	0
Metamidofos	25.125	109.5	63.3	245
Imidaclorid	0.4824	300	0	0
<b>Fungicidas</b>				
<b>i.a.</b>	<b>GM</b>		<b>Convencional</b>	
	<b>kg</b>	<b>ha</b>	<b>kg</b>	<b>ha</b>
Azoxystrobin	22.87	210	53.12	850
Propiconazole	32.6	482.5	51.3	943

**Tabla 14. Cantidad promedio (Kg) de ingrediente activo utilizado por hectárea**

<b>Herbicidas</b>		
<b>i.a.</b>	<b><math>\bar{x}</math> i.a. kg/ha</b>	
	<b>GM</b>	<b>Convencional</b>
2,4-D amina	0.41	0.84
Fluazifop-p-butil	0	0.37
Fomesafen	0	0.25
Fluazifop + Fomesafen	0	0.2
Glifosato	1.55	1.01
Imazetapir	0	0.2
Sulfentrazone	0	0.48
<b>Insecticidas</b>		
<b>i.a.</b>	<b><math>\bar{x}</math> i.a. kg/ha</b>	
	<b>GM</b>	<b>Convencional</b>
Benzoato de emamectina	0.005	0.003
Cipermetrina	9.035	10.58
Spinetoram	0.018	0
Novaluron	0.03	0
Metamidofos	0.22	0.25
Imidaclorid	0.0016	0
<b>Fungicidas</b>		
<b>i.a.</b>	<b><math>\bar{x}</math> i.a. kg/ha</b>	
	<b>GM</b>	<b>Convencional</b>
Azoxystrobin	0.1	0.06
Propiconazole	0.06	0.05
<b>Total de kg/ha</b>		
<b>Total</b>	11.429	14.293

Como se esperaba, el glifosato es el plaguicida que se aplica en mayor cantidad de acuerdo a su patrón de uso en ambos cultivos, y es mayor en el caso de la soya GM. Lo anterior tiene sentido tomando en cuenta que la modificación genética permite a la soya biotecnológica tolerar aplicaciones totales del herbicida directamente sobre el cultivo, lo que posibilita un mayor número de aplicaciones en diferentes etapas fenológicas en condiciones de alta presión de malezas, aunque las prácticas recomendadas para este i.a. señalan un máximo de dos aplicaciones.

La mayor parte de los agricultores de soya GM entrevistados señaló que realiza dos aplicaciones de este insumo (pre-emergencia y post-emergencia), utilizando en promedio 3.375 L/ha de producto formulado durante el ciclo agrícola; mientras que en la soya convencional sólo se aplica una vez, previo a la emergencia de la soya, en un volumen promedio de 2.5 L/ha de producto formulado. En ninguno de los casos se sobrepasaron las dosis recomendadas para este producto (2-4 L/ha por aplicación).

Por otra parte, la cantidad promedio del i.a. 2,4-D amina fue mayor en el cultivo convencional, pero con un uso poco frecuente entre los productores entrevistados (2 de 5). Este herbicida hormonal no está recomendado para el cultivo de soya; sin embargo, las dosis utilizadas no rebasaron el rango de los niveles recomendados en diferentes cultivos (0.625-4 L/ha). No obstante, del inventario de plaguicidas registrado en este estudio, el 2,4-D amina se ubica en una categoría toxicológica de mayor riesgo, por lo que es importante confirmar su patrón de uso y los efectos asociados en la zona de estudio.

Con respecto a los insecticidas, la cipermetrina es el insumo más utilizado en ambos tipos de cultivo, sin presentar diferencias importantes en la cantidad promedio aplicada en cada tecnología (Tabla 12). No obstante, es importante resaltar que este insecticida es utilizado por algunos productores a dosis mayores a las recomendadas por el fabricante (300 – 500 ml). Considerando que es el principal i.a. activo utilizado para el control de plagas, el cual está recomendado para combatir a los lepidópteros *Estigmene acrea* (gusano peludo) y *Spodoptera exigua* (gusano soldado) en cultivos de soya, resulta importante generar mayor información sobre su patrón de uso en la zona.

El impacto de los cultivos GM tolerantes a herbicida en la biodiversidad ha sido de gran interés, principalmente por el uso del ingrediente activo promovido por esta tecnología, el glifosato. El uso del glifosato a aumentado en la agricultura en las últimas décadas debido a la reducción del precio, expiración de la patente y principalmente por la adopción de cultivos genéticamente modificados resistentes a glifosato (Mariani, 2012).

#### **8.4 Índice de impacto ambiental**

Debido a la compleja relación que determina el posible impacto de los plaguicidas en el medio ambiente y la diversidad biológica, la cuantificación de las dosis y el número de aplicaciones no es suficiente para realizar una evaluación de forma adecuada, ni como medio de comparación entre los diferentes insumos y prácticas

de control de plagas. Por esta razón, se han desarrollado varios indicadores que abordan el problema desde diferentes enfoques, utilizando diferentes métodos y concentrándose en diferentes compartimentos ambientales. Por lo que para el análisis de la información obtenido en este estudio se decidió utilizar el EIQ (Coeficiente de Impacto Ambiental, por sus siglas en inglés), utilizando la información disponible para cada plaguicida generada por el Integrated Pest Management Program ([www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq](http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq)).

#### **8.4.1 Análisis del EIQ de uso en campo**

Para la comparación del impacto ambiental entre plaguicidas y entre prácticas de manejo es necesario conocer el EIQ de cada ingrediente activo, el porcentaje del i.a. en el producto formulado (Tabla 15) y las dosis y frecuencias de aplicación de cada plaguicida utilizado. Esta información permite calcular el EIQ de uso en campo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{EIQ de uso en campo} = (\text{EIQ i.a.}) (\% \text{ i.a.}) (\text{Proporción de aplicación})$$

(Kovach *et al.* 1992).

La proporción (volumen) de producto formulado aplicado durante el ciclo de cultivo fue estimado a partir de la información de la dosis y la frecuencias de aplicación utilizadas por cada productor entrevistado. Una vez generada la información para cada productor, se realizó la sumatoria para obtener el valor del EIQ de uso en campo para cada plaguicida y el valor total para cada tipo de cultivo (Tabla16). Para este análisis se excluyó a la mezcla comercial Fusiflex (Fluazifop-p-butyl + Fomesafen) debido que la información de EIQ existe de manera individual para cada i.a.

**Tabla 15. EIQ de los ingredientes activos registrados en el inventario de plaguicidas utilizados en el cultivo de soya durante el ciclo agrícola PV-2013 en el municipio de Campeche.**

Tipo de insumo	I.A.	Nombre comercial	Porcentaje i.a./L	Componente del EIQ*			EIQ (i.a.)
				Consumidor	Trabajador	Ecológico	
Herbicida	Imazethaphyr	Pivot®	10.50%	10.61	15.62	32.49	19.57
	Fluazifop-p-butil	Fusilade	12.50%	3.33	10.65	72.15	28.7
	Fomesafen	Flex	12.50%	8.83	31.95	32.59	24.46
	Glifosato	Solución Faena	36%	3	8	35	15.33
	2,4-D, Amina	Herbipol	66.80%	7	24	31	20.7
	Sulfentrazone	Boral 480	39.65%	8	6	21.2	11.7
insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	2%	4	9	65.85	26.3
	Cipermetrina	Combat 20	24%	5.9	13.8	89.35	36.4
	Spinetoram	Palgus	5.87%	6.9	2.45	73.98	27.8
	Novaluron	Rimon	10%	3	6	34	14.3
	Metamidofos	Metamidofos	60%	9.5	45	56	36.8
	Imidaclorid	Corax SC	18.80%	10.35	6.9	92.88	36.7
Fungicida	Azoxystrobin	Priori	25%	6.05	8.1	66.62	26.92
	Propiconazole	Quilt	11.79%	19	12	63.9	31.6

\* Basado en la información del documento: "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides Table 2, List of Pesticides" (Kovach, 2010).

En general, ambos tipos de cultivo requirieron el uso de una cantidad similar de agroquímicos para el control de diferentes plagas (10 en cultivo GM y 11 en el cultivo convencional). El análisis del EIQ de uso en campo de los plaguicidas utilizados en ambos tipos de cultivo muestra que el valor total de dicho índice es mayor en la práctica con el cultivo GM (344.95 vs 236.46) (Tabla 16). De manera relevante, considerando el tipo de modificación genética de la soya MON-Ø4Ø32-6, la comparación del índice de impacto de los herbicidas utilizados en ambos tipos de cultivo muestra diferencias importantes con respecto al i.a. glifosato, el cual presenta un mayor índice. Por otra parte, el índice para el i.a. 2,4-D es mayor en la práctica convencional, mientras que los otros i.a. evaluados presentan índices menores debido al patrón de uso registrado en este estudio.

**Tabla 16. Valores de EIQ de uso en campo de los plaguicidas.**

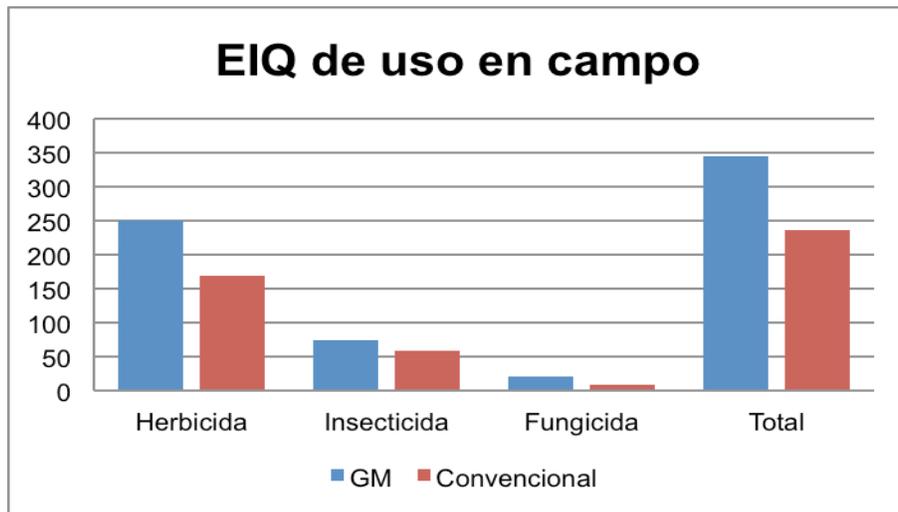
Tipo de insumo	I.A.	Nombre Comercial	EIQ de uso en campo	
			GM	Convencional
Herbicida	Imazethaphyr	Pivot	N/A	4.12
	Fluazifop-p.butil	Fusilade	N/A	16.59
	Fomesafen	Flex	N/A	11.1
	Glifosato	Faena Fuerte	198.35	73.44
	2,4-D, Amina	Herbipol	52.16	59.62
	Sulfentrazone	Boral 480	N/A	4.63
	<b>TOTAL</b>			250.51
insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	1.14	0.36
	Cipermetrina	Combat 20	36.69	29.7
	Spinetoram	Palgus	0.49	N/A
	Novaluron	Rimon	0.43	N/A
	Metamidofos	Metamidofos	34.22	28.7
	Imidaclorid	Corax SC	0.69	N/A
	<b>TOTAL</b>			73.66
Fungicida	Azoxystrobin	Priori	7.73	1.68
	Propiconazole	Quilt	13.04	6.52
	<b>TOTAL</b>			20.77
<b>TOTAL</b>			344.95	236.46

Plaguicidas utilizados en el cultivo de soya en el municipio de Campeche durante el ciclo agrícola PV-2013. N/A= No aplicó.

Es importante mencionar que aun cuando el número de herbicidas utilizados fue menor para la alternativa GM, el índice de impacto del herbicida Faena Fuerte y el mayor uso de insecticidas y fungicidas en el cultivo biotecnológico, determinó que el valor total del EIQ de uso en campo fuera mayor para el caso de la soya GM (Figura 23). Aun cuando no existen evidencias sobre una mayor susceptibilidad a hongos o al ataque de insectos por parte de la variedad Cristalina (GM), es importante confirmar este resultado y dar seguimiento al patrón de uso de insumos fitosanitarios en la soya GM, considerando que el paquete biotecnológico posibilita utilizar mayores cantidades de herbicida (glifosato), lo cual podría incrementar el impacto potencial asociado a las prácticas agronómicas comunes que requiere este cultivo. Algunos evidencias señalan incrementos progresivos de este herbicida, alcanzando una cantidad de 12

L/ha por año, lo que puede aumentar considerablemente el impacto sobre diferentes componentes ambientales, así como a la salud humana (Red Universitaria de Ambiente y Salud).

El uso de modelos predictivos para evaluar el posible impacto de plaguicidas y programas de manejo (como el EIQ), presenta algunas ventajas, entre las cuales destaca que a partir de los datos de cada ingrediente activo el modelo permite predecir posibles escenarios futuros, maximizar la utilidad de datos en diferentes componentes de exposición y considera algunas vías de exposición (Taylor *et al.*, 2000). Sin embargo, un análisis más profundo revela que los diferentes EIQs determinados para plaguicidas presentan diversos efectos ambientales supuestos, dependiendo del nivel de información con el que se cuente, siendo posible la subestimación o sobreestimación de un impacto determinado. Por otra parte, la ecuación del EIQ no estima el riesgo basado en la integración adecuada de información sobre la toxicidad y la exposición; ya que para la determinación del impacto de uso en campo, no se considera la superficie asociada y por lo tanto, no se evalúa el escenario real de exposición. Adicionalmente, todos los parámetros considerados en la ecuación se clasifican de manera cualitativa, bajo (1), moderado (2) y muy alto (3); por lo que no se puede hacer una estimación concreta de riesgo.



**Figura 23. EIQ de uso en campo de los plaguicidas utilizados en el cultivo de soya GM y convencional en el municipio de Campeche durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Por último, considerando que una de las principales preocupaciones asociadas al uso de plaguicidas es su impacto al medio ambiente, el uso del EIQ no permite determinar este efecto de manera directa, ya que debido a sus características y propósito, refleja el impacto general en función del promedio de los tres componentes incluidos en el modelo (trabajador, consumidor, ecológico), no obstante, cada uno presenta una ponderación diferente, dependiendo de las características físico-químicas y eco-toxicológicas, y su posible efecto en determinados compartimentos (trabajador, consumidor, ecológico).

#### 8.4.2 Herbicidas

Los herbicidas usados de manera más frecuente en los cultivos GM y convencional fueron el glifosato y el 2,4-D. Para ambos casos, la proporción del componente ecológico tiene mayor peso en comparación de los otros dos componentes de acuerdo al modelo del EIQ. Sin embargo, en el caso del glifosato, dicho valor es significativamente mayor, representando el 76% de la proporción total del impacto determinado para este i.a. (Figura 24, 25,) El glifosato es un herbicida no selectivo, clasificado toxicológicamente según la COFEPRIS y la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (US EPA por sus siglas en inglés) en un nivel IV. En términos del impacto ambiental los parámetros que pueden contribuir el resultado consideran la lixiviación, su persistencia en agua y suelo, la tasa de degradación y la dosis letal para ciertos organismos vertebrados e invertebrados, tanto terrestres como acuáticos (IUPAC, 2013)

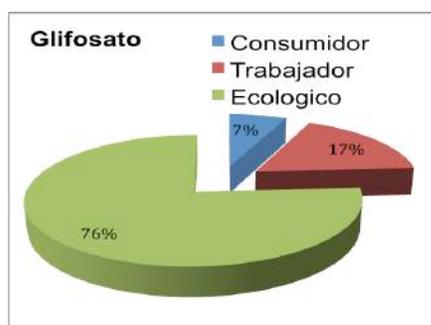


Figura 24. Componentes del EIQ del glifosato

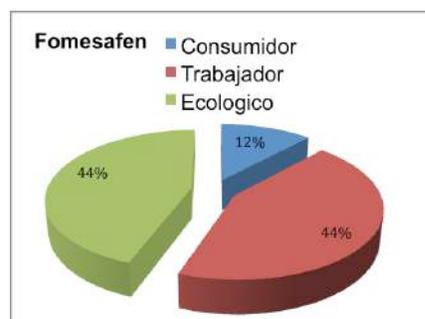


Figura 25. Componentes del EIQ del 2,4-D

El glifosato es el herbicida más usado en ambos cultivos, este ingrediente activo ha sido de mucha relevancia en las últimas décadas desde su introducción como ingrediente principal de herbicidas de los cultivos biotecnológicos tolerantes a herbicidas (Figura 26). No obstante, se ha señalado diversos efectos negativos asociados a este herbicida, como su efecto sobre el desarrollo embrionario en vertebrados acuáticos, (Carrasco 2009, 2012), en mamíferos (Seralini, 2012, 2014), así como algunos efectos indirectos de la soya GM al ambiente y directamente económicos, como la presencia de glifosato y polen GM en miel de la península de Yucatán (Villanueva, 2014).



**Figura 26. Cultivo de soya MON-04032-6 posterior a aplicación de glifosato.**

### **8.4.3 Fungicidas**

La soya es atacada por varias enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus; se han realizado pruebas de evaluación de daño foliar encontrando que Huasteca 200 presenta daño foliar menor a 10% (Maldonado, 1994). Los fungicidas son uno de los insumos que los productores emplean con menor dosis y frecuencia. Son plaguicidas categorizados como moderadamente tóxicos (II) y presentan alta persistencia en suelo y en ambientes acuáticos (IUPAC, 2013), lo cual se refleja en el componente ecológico del EIQ para los i.a de fungicidas evaluados (Figura 27, 28)

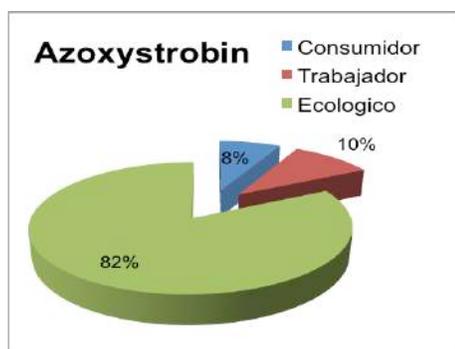


Figura 27 Azoxystrobin I.A de Piori

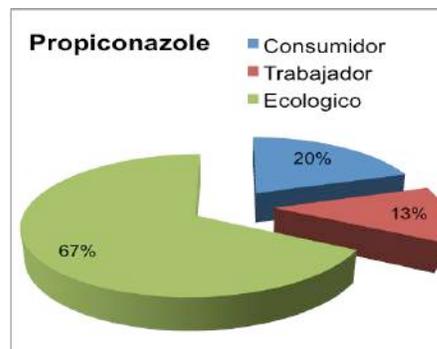


Figura 28. Propiconazole I.A. de Quilt

Los fungicidas son utilizados para el control de enfermedades foliares, en el caso de los cultivos de soya en Campeche su principal objetivo es el control de la roya. Adicionalmente, la aplicación post emergente de fungicidas puede permitir al productor a prevenir el daño foliar y la compactación del suelo (Jordan *et al.* 2003).

El Propiconazole y la azoxystrobin tienen gran eficacia para el control de la enfermedad. Sin embargo el impacto que tienen en el ambiente puede ser negativo. La presencia de Azoxystrobin en cuerpos de agua puede llegar a afectar la reproducción y desarrollo de anfibios (Rodrigues, 2013), mientras que el propiconazole suele ser menos persistente en suelo y agua (IUPAC, 2013). Lo anterior se puede observar en el análisis del EIQ ya que el Azoxystrobin puede presentar mayor riesgo ecológico. Cabe mencionar que se carece de información eco toxicológica y de su posible impacto al ambiente de ambos fungicidas.

#### 8.4.4 Insecticidas

Los insecticidas más utilizados en el cultivo de la soya GM y convencional fueron la cipermetrina y metamidofos (Grafica 11 y 12), ambos categorizados como moderadamente tóxico (II), siendo la cipermetrina moderadamente persistente en suelo y agua, tiene un alto potencial de bioacumulación, a comparación del metamidofos que es menos persistente pero alta solubilidad en agua. (IUPAC, 2013). Para ambos compuestos, el componente ecológico presenta la mayor proporción para determinar el impacto (Figura 29, 30).

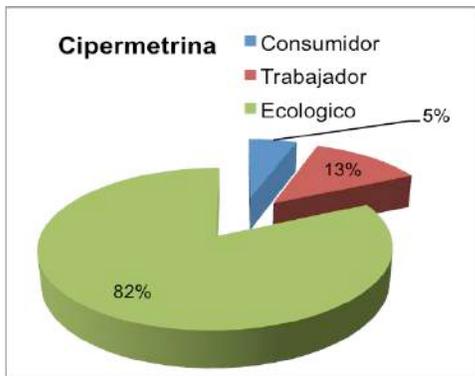


Figura 29. Cipermetrina EIQ

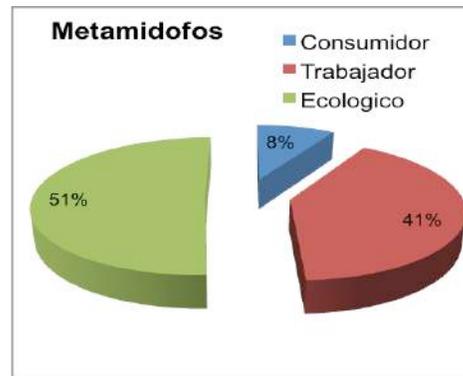


Figura 30. Metamidofos EIQ.

La Cipermetrina es el insecticida más usado en el cultivo, aplicando aproximadamente 9 kg/ha, de acuerdo al análisis del EIQ puede tener impacto ambiental negativo, este insecticida se drena y puede detener el crecimiento de plantas macrófitas (de ambientes acuáticos) por la rápida absorción de estas plantas (Figura 31) (Mugni, 2010).



Figura 31. Artrópodos observados en soja convencional Huasteca 200

## 8. 5 Análisis del EIQ ecológico y uso en campo

Considerando esta información, es notable que el componente ecológico presenta el mayor aporte para el determinar el índice de impacto de diferentes i.a. mediante el EIQ. Por lo tanto, se decidió evaluar el impacto de los plaguicidas registrados en el inventario utilizando únicamente el valor del componente ecológico del EIQ, al cual se denominó Eco-EIQ.

A partir de la información registrada sobre las dosis empleadas por hectárea para los diferentes plaguicidas, el porcentaje de ingrediente activo en el producto formulado y el índice de impacto para el componente ecológico actualizado por Kovach y otros (2010), se determinó el valor del EIQ de uso en campo (Tabla 17 Anexo 2).

Los resultados generados mediante enfoque del Eco-EIQ de uso en campo no presentaron diferencias importantes a la aproximación previamente descrita para el EIQ. La opción biotecnológica volvió a presentar el mayor índice de impacto acumulado, considerando todos los plaguicidas utilizados en el control de diversas plagas (Figura 32). De los insumos fitosanitarios más utilizados en ambos tipos de cultivo, el herbicida glifosato, el insecticida cipermetrina, y los fungicidas azoxystrobin y propiconazole presentaron valores mayores de Eco-EIQ de uso en campo para la alternativa biotecnológica.

Los resultados generados mediante enfoque del Eco-EIQ de uso en campo no presentaron diferencias importantes a la aproximación previamente descrita para el EIQ. La opción biotecnológica volvió a presentar el mayor índice de impacto acumulado, considerando todos los plaguicidas utilizados en el control de diversas plagas (Figura 32). De los insumos fitosanitarios más utilizados en ambos tipos de cultivo, el herbicida glifosato, el insecticida cipermetrina, y los fungicidas azoxystrobin y propiconazole presentaron valores mayores de Eco-EIQ de uso en campo para la alternativa biotecnológica.

$$\text{Eco-EIQ} = (\text{EIQ componente ecológico}) * (\% \text{I.A.}) * (\text{Dosis} * \text{frecuencia de aplicación})$$

**Tabla 17. Valores de Eco-EIQ de uso en campo de los plaguicidas utilizados en el cultivo de soya en el municipio de Campeche durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Tipo de insumo	I.A.	Nombre Comercial	Eco-EIQ de uso en campo	
			GM	Convencional
Herbicida	Imazethaphyr	Pivot	N/A	6.82
	Fluazifop-p.butil	Fusilade	N/A	41.7
	Fomesafen	Flex	N/A	14.76
	Glifosato	Faena Fuerte	453.6	151.2
	2,4-D, Amina	Herbipol	78.12	89.28
	Sulfentrazone	Boral 480	N/A	8.4
	<b>TOTAL</b>			531.72
Insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	2.86	0.9
	Cipermetrina	Combat 20	90.06	72.9
	Spinetoram	Palgus	0.01	N/A
	Novaluron	Rimon	0.02	N/A
	Metamidofos	Metamidofos	52.08	43.68
	Imidaclorid	Corax SC	0.02	N/A
	<b>TOTAL</b>			145.05
Fungicida	Azoxystrobin	Priori	19.15	4.16
	Propiconazole	Quilt	26.36	13.18
	<b>TOTAL</b>			45.51
<b>Total</b>			722.28	446.98

N/A= No aplicó.

Si bien, en términos generales este análisis indica que un mayor impacto potencial de los plaguicidas y la práctica de manejo asociada a la soya GM para el ciclo de estudio, es importante destacar que para esta parte del análisis no se consideró el número de productores incluidos en cada grupo evaluado, el cual fue mayor para la soya biotecnológica. Los datos obtenidos mediante el Eco-EIQ muestran un incremento en los índices de impacto, lo cual resulta evidente considerando que se tomó el valor directamente del componente ecológico, y no el del índice que promedia el valor de los tres componentes incluidos en la fórmula del EIQ.

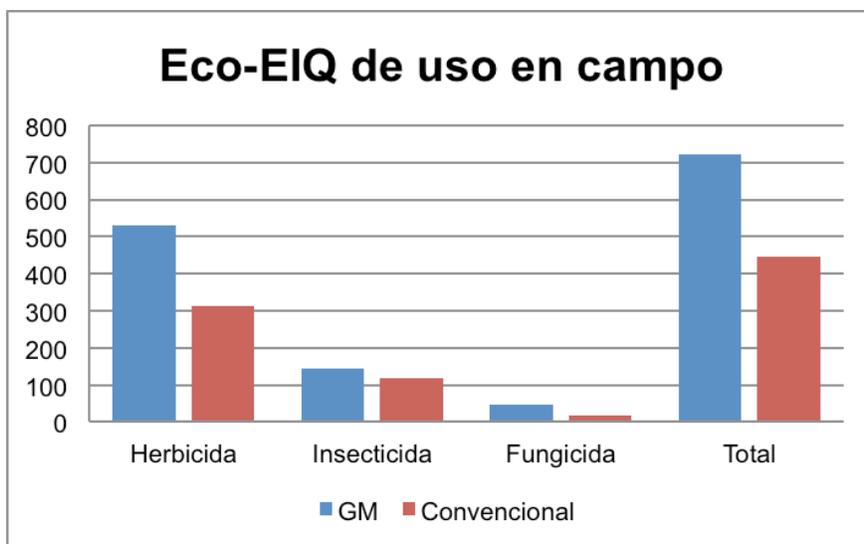
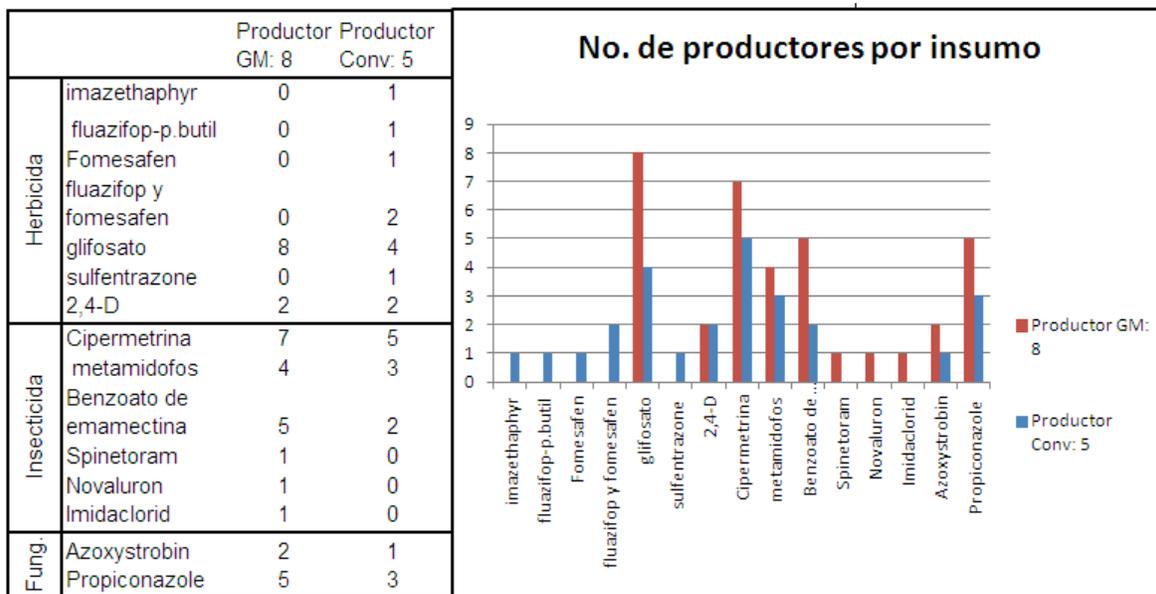


Figura 32. Eco-EIQ de uso en campo de los plaguicidas utilizados en el cultivo de soya GM y convencional en el municipio de Campeche durante el ciclo agrícola PV-2013.

### 8.6 Análisis comparativo EIQ de uso en campo vs Eco-EIQ de uso en campo

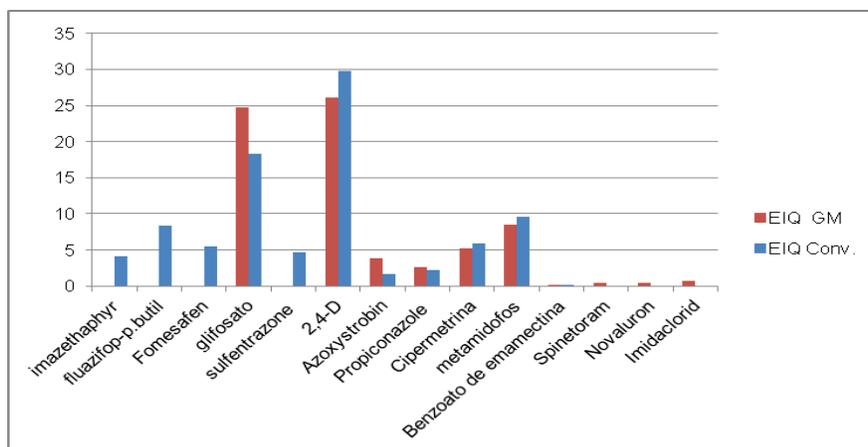
Tomando en cuenta el resultado anterior, se decidió realizar un análisis comparativo del EIQ de uso en campo con el Eco-EIQ de uso en campo, tomando en cuenta el número de productores que emplearon los insumos (Figura 33) y se generó el valor promedio, lo que permite comparar de manera más objetiva los índices obtenidos para cada plaguicida utilizado en los tipos de soya evaluada.

$$\text{Eco-EIQ de uso en campo} = (\text{EIQ componente ecológico}) * (\text{IA}) * (\text{dosis} * \text{frecuencia de aplicación}) / \text{No. de productores}$$



**Figura 33. Número de productores de soja GM y convencional y uso de insumos fitosanitarios.**

Un primer análisis permite observar que el impacto potencial de los plaguicidas; determinado por el EIQ de uso en campo, que indicaba un mayor impacto para el i.a. 2,4-D relacionado a la práctica convencional (Figura 34) experimenta algunas modificaciones por la determinación mediante el Eco-EIQ de uso en campo. La más evidente es la asociación de un mayor impacto potencial al i.a. glifosato, utilizado en la práctica con la soja GM (Figura 35).



**Figura 34. Promedio de EIQ de uso en campo para la soja GM y convencional.**

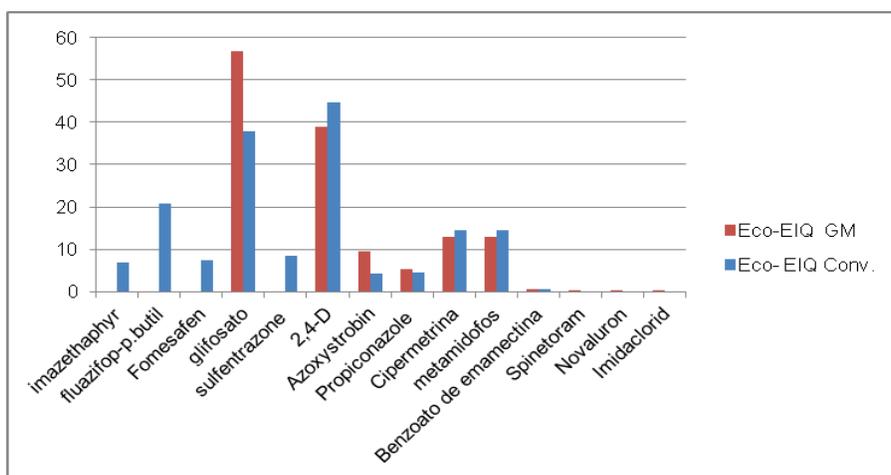


Figura 35. Promedio de Eco-EIQ de uso en campo para la soya GM y convencional.

No se observaron diferencias entre el EIQ y el Eco-EIQ para los la mayoría de los plaguicidas considerados en este estudio, ni entre prácticas. Un análisis más detallado de este resultado se presenta en las tablas 18, 19 y 20.

Tabla 18. EIQ y Eco-EIQ promedio de los fungicidas aplicados en el cultivo de soya durante el ciclo PV-2013 en el municipio de Campeche.

Fungicidas				
Cultivo	EIQ de uso en campo		Eco-EIQ de uso en campo	
	propiconazole	azoxystrobin	propiconazole	azoxystrobin
GM	2.70	3.87	5.27	9.57
Huasteca	2.17	1.68	4.39	4.16

Los dos fungicidas registrados en el inventario del estudio presentan valores relativamente bajos para el EIQ y Eco-EIQ de uso en campo en ambas tecnologías (Tabla 18). Como se ilustra en la figura 35, el fungicida con el impacto potencial más alto es el azoxystrobin seguido del propiconazole, amos en la práctica con el cultivo GM.

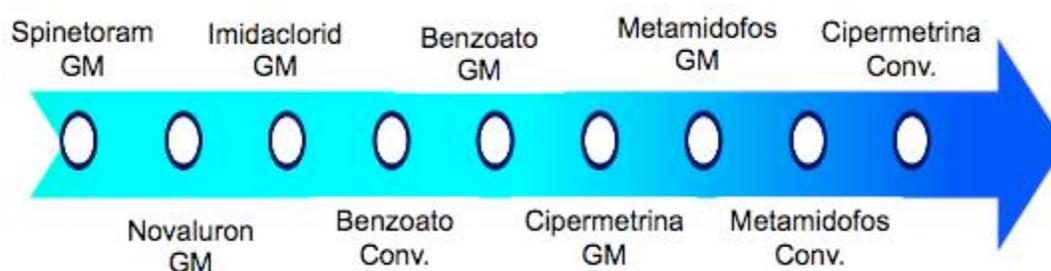


Figura 36. Impacto potencial de los fungicidas de acuerdo a la aproximación del Eco-EIQ de uso en campo.

**Tabla 19. EIQ y Eco-EIQ promedio de los insecticidas aplicados en el cultivo de soya durante el ciclo PV-2013 en el municipio de Campeche.**

Insecticidas						
EIQ de uso en campo						
Cultivo	Metamidofos	Cipermetrina	Benzoato de emamectina	Spinetoram	Novaluron	Imidaclorid
GM	8.56	5.24	0.23	0.48	0.43	0.67
Huasteca	9.56	5.94	0.18	N/A	N/A	N/A
Eco-EIQ de uso en campo						
Cultivo	Metamidofos	Cipermetrina	Benzoato de emamectina	Spinetoram	Novaluron	Imidaclorid
GM	13.02	12.86	0.57	0.19	0.027	0.028
Huasteca	14.56	14.58	0.45	N/A	N/A	N/A

A partir de la aproximación del Eco-EIQ, el orden del impacto potencial determinado mediante el EIQ presenta algunas modificaciones para algunos ingredientes activos de insecticidas. La cipermetrina analizada mediante el Eco-EIQ sugiere un mayor impacto en el sistema convencional, por encima del metamidofos (Figura 37). El impacto potencial de la cipermetrina en el sistema convencional era menor que el impacto del metamidofos usado en ambos tipos de soya, determinado mediante solo el EIQ (Tabla 19). La modificación observada a partir de aplicar el Eco-EIQ se relaciona con la proporción del componente ecológico para estos i.a. en la determinación del impacto potencial.



**Figura 37. Impacto potencial de los insecticidas de acuerdo a la aproximación del Eco-EIQ de uso en campo.**

Tabla 20. EIQ y Eco-EIQ promedio de los herbicidas aplicados en el cultivo de soya durante el ciclo PV-2013 en el municipio de Campeche.

Herbicidas						
EIQ de uso en campo						
Cultivo	Imazethaphyr	Fluazifop-p-butil	Fomesafen	Glifosato	Sulfentrazone	2,4-D <sup>+</sup>
GM	0	0	0	24.7932	0	26.08
Huasteca	4.116	8.2943	5.5467	18.36	4.63905	29.808
Eco- EIQ de uso en campo						
Cultivo	Imazethaphyr	Fluazifop-p.butil	Fomesafen	Glifosato	Sulfentrazone	2,4-D
GM	0	0	0	56.7	0	39.06
Huasteca	6.8229	20.85135	7.3816	37.8	8.4	44.64

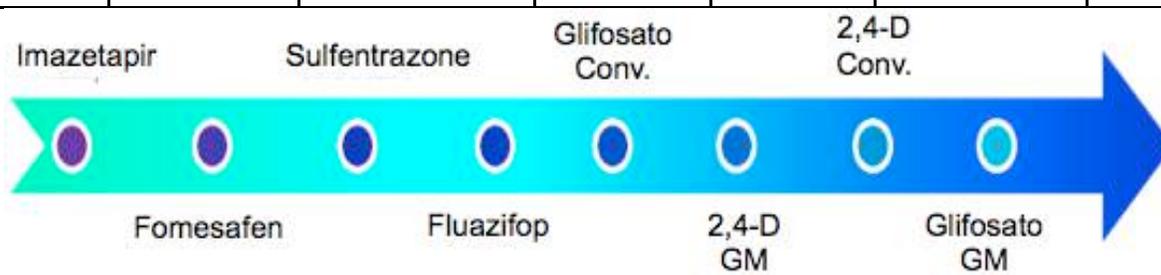


Figura 38. Impacto potencial de los herbicidas de acuerdo a la aproximación del Eco-EIQ de uso en campo.

Para el caso de los herbicidas, el glifosato usado en el cultivo GM presenta el índice de impacto potencial más elevado, mientras que el 2,4-D se ubicó en segundo término en el cultivo convencional (Figura 38). Por otra parte, en el sistema convencional se observa una mayor aplicación de diferentes productos, destacando el Fomesafen y Fluazifop-p-butyl, herbicidas recomendados para el cultivo de la soya con un índice de impacto alto de acuerdo a Kovach y colaboradores (2010) (Tabla 20). Ambos i.a. se combinan en el producto Fusiflex®, también utilizado en el cultivo de soya convencional.

Resulta evidente que el manejo (dosis, frecuencia y método de aplicación) de los insumos, su comportamiento ambiental y su toxicidad son factores que influyen de manera importante en el posible impacto en diferentes compartimentos ambientales. Por ejemplo, a pesar que el glifosato no está recomendado para la aplicación directa en el suelo, una cantidad significativa puede enriquecer al mismo a través de varios mecanismos, como el lavado desde las hojas o la exudación de raíces de plantas tratadas, por lo que su manejo inadecuado puede

potenciar un deterioro severo del suelo (Haney *et al.*, 2000), el cual en términos de impacto, es uno de los compartimentos ambientales con mayor exposición. En el sitio de estudio los productores de soya convencional y GM realizan las aplicaciones de este herbicida, ocasionando impactos en los organismos no blanco clave, como micorrizas arbusculares y lombrices de tierra (Zaller *et al.*, 2014).

No obstante, la sumatoria de los datos obtenidos de acuerdo al Eco-EIQ para cada tipo plaguicida y práctica (Tablas 18, 19 y 20) señala que el grupo de los herbicidas utilizados en la variedad convencional tienen un puntaje de impacto potencial más elevado que el del sistema GM (125.89 vs 95.76, respectivamente) (Tabla 21), debido al número de herbicidas utilizados por productores de soya Huasteca. Sin embargo, tomando en cuenta que ninguno de los agricultores utilizó la totalidad de los i.a. inventariados, la diferencia numérica no representa una cifra significativa para concluir un beneficio ambiental, asociado a una alternativa tecnológica.

**Tabla 21. Impacto potencial total determinado por el Eco-EIQ para los tipos de plaguicidas utilizados en el cultivo de soya GM y convencional.**

Plaguicida	Eco-EIQ GM	Eco-EIQ Convencional
Herbicidas	95.76	125.89
Insecticidas	26.53	29.59
Fungicidas	14.85	8.55

Cabe mencionar que los valores no son indicativos, ni considerablemente significativos en términos biológicos para la estimación de un posible impacto al ambiente. Sin embargo, los valores del Eco-EIQ de uso en campo del cultivo convencional son mayores al cultivo biotecnológico, sugiriendo que las diferencias en el manejo de cultivos, suponen la reducción del impacto sobre el medio ambiente y la diversidad biológica.

Uno de los principales problemas son los residuos remanentes de plaguicidas, particularmente en veranos secos, debido a que la degradación de los plaguicidas es más lenta en estas condiciones pudiendo llegar a representar un riesgo de fitotoxicidad para el siguiente ciclo de cultivo (Bromilow *et al.*, 1996).

Por otra parte, es importante tomar en cuenta los factores que pueden influir en las prácticas recomendadas para el manejo de plagas en la región y que pudieron afectar los resultados del estudio, por ejemplo la diferencia en el número de hectáreas y productores de los tipos de soya analizado, las etapas de aplicación, las condiciones climáticas durante el ciclo agrícola, así como las condiciones locales de cada campo de cultivo evaluado, las cuales influyen en la presión y nivel de plagas presentes.

Los resultados presentados anteriormente se basan en la comparación cuantitativa entre insumos utilizados en variedades transgénicas y las variedades convencionales, mostrando que los cultivos convencionales tienen valores más altos de impacto ecológico, por ejemplo el Fomesafen y Fluazifop, herbicidas cuyo valor de componente ecológico es aporta el 44% y 72%, respectivamente, del EIQ determinado. Estos insumos, al ser ampliamente utilizados en la soya convencional, adicional al glifosato, resultan en mayor impacto potencial que el cultivo de soya GM, de acuerdo a los resultados observados.

Sin embargo, es importante considerar que la determinación de los cambios en la cantidad y número de plaguicidas en diferentes programas de manejo, así como su impacto potencial, resulta sumamente complejo debido a los diferentes patrones de uso implementados por cada agricultor. Por lo tanto, resulta necesaria la evaluación individual del impacto potencial asociado a las prácticas de manejo de plagas implementadas por cada agricultor en los diferentes tipos de soya evaluadas.

La tabla 19 muestra gran variabilidad entre los índices determinados para cada productor y tipo de soya cultivada, sin que exista una asociación clara de un mayor impacto potencial hacia algún cultivo específico. De los cuatro agricultores que solo sembraron soya GM, tres presentan índices de impacto relativamente bajos, menores que los observados en la soya convencional (< 25.00 puntos). Por otra

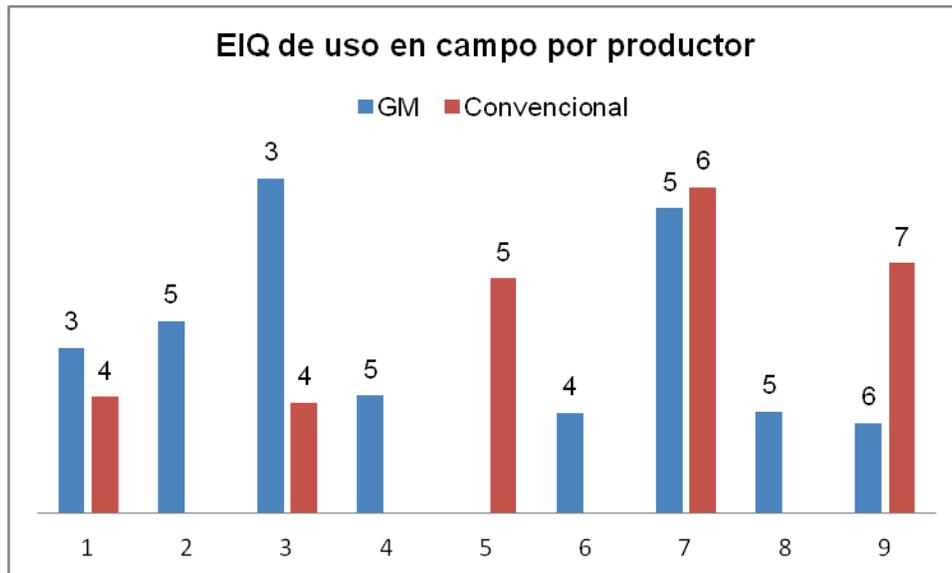
parte, los productores que cultivaron ambos tipos de soya, dos presentan mayores índices para la opción biotecnológica y dos para la soya convencional (Figura 39).

En este grupo se ubican a los productores que realizaron prácticas con mayor impacto potencial (productores 3 y 7), destacando el caso del productor 7, cuyo impacto potencial en ambos cultivos presentó el mayor puntaje de acuerdo al EIQ. El único agricultor incluido en el estudio que solo cultivó soya convencional (productor 5) presentó un puntaje por encima del registrado para la mayoría de los agricultores de soya GM.

Por otra parte, es relevante mencionar que los mayores puntajes, asociados a un mayor impacto potencial, no se relacionan directamente con el número de plaguicidas utilizados. El mayor puntaje registrado en este estudio (75.32) es para la práctica realizada en la soya GM por el productor 3; no obstante, el control de plagas se llevó a cabo mediante 3 productos. En el otro extremo, el productor 9 registró la práctica con menor puntaje en la soya GM, utilizando 6 productos diferentes. Estos resultados sugieren que uno de los aspectos de mayor importancia en la detonación de impactos al medio ambiente asociados a plaguicidas es el patrón de uso de plaguicidas específicos, donde las dosis utilizadas pueden tener mayor influencia.

**Tabla 22. EIQ ecológico por productor.**

ID Productor	GM		Convencional	
	No. de plaguicidas aplicados	EIQ uso en campo	No. de plaguicidas aplicados	EIQ uso en campo
1	3	37.24	4	26.17
2	5	43.26	--	--
3	3	75.32	4	25.00
4	5	26.60	--	--
5	--	--	5	52.84
6	4	22.64	--	--
7	5	68.70	6	73.34
8	5	23.00	--	--
9	6	20.41	7	56.25



**Figura 39. EIQ de uso en campo y número de plaguicidas utilizados por los productores de soya GM y convencional en el municipio de Campeche, durante el ciclo agrícola PV-2013.**

Los productores (7 y 2) con estos altos valores de EIQ de uso en campo se encuentran dentro de una unidad de manejo ambiental “Ejido Cano Cruz” (UMA), la cual se enfoca en la recreación ambiental y cultural, permitiendo actividades como la caza y el manejo forestal autorizado (Figura 40). El productor 5 de soya convencional, también tiene un valor alto de impacto potencial, este sitio es el único que se encuentra adyacente a un área natural protegida (ANP) “Reserva

ecológica de Calakmul” a una distancia de 3,888 metros. Es importante mencionar que todos los sitios de estudio se encuentran en áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS), este cambio de uso de suelo puede ser beneficio social y económicamente para los productores pero podría representar importantes daños ecológicos, ambientales e incluso sociales. En 2012 procedimientos legales pidieron detener la siembra de soya en Chiapas, Yucatán, Quintana Roo y Campeche, advirtiendo que hay consecuencias en la exportación de miel debido a la presencia de polen de soya GM en el producto (Burgeff,2013). La diferencia entre cada cultivo nos muestra la relevancia de realizar estudios caso por caso.

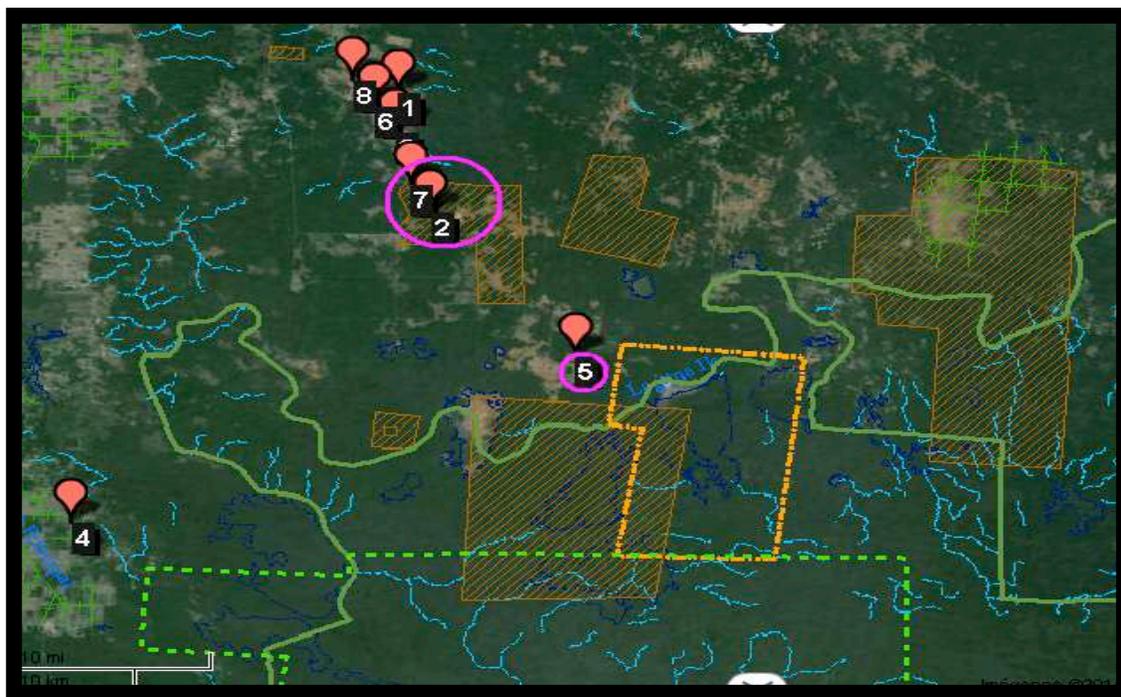


Figura 40: ANP y UMA alrededor de los sitios de estudio.(SEMARNAT SIGEIA,2014)

— Reservas de la biosfera, — ANP, // UMA. ~ Cuerpos de agua.

Los desarrollos recientes de índices de impacto ambiental por plaguicidas han sido hechos para el fácil uso y predicción de algún riesgo al ambiente, existen varios tipos de indicadores especializados en la salud humana o impactos al ambiente; sin embargo la disponibilidad de la información y recursos son los limitantes del uso de estos índices. (Maud *et al.*, 2001; Reus *et al.*, 2002). El EIQ es un índice que limita el análisis ya que no toma en cuenta el sitio de estudio por lo que no permite el análisis del radio de exposición toxicológico, este radio permite una mejor estimación a los efectos potenciales por el uso de plaguicidas. La ventaja del cociente de Impacto Ambiental es que no solo incluye la vida media de los productos en diferentes escenarios, sino que también nos proporciona información acerca de la persistencia ambiental de cada uno (Giuseppea *et al.*, 2010).

## **9. DISCUSIÓN GENERAL**

La introducción de los plaguicidas en la práctica agrícola ha contribuido a mejorar la producción de alimentos a nivel mundial al disminuir las pérdidas ocasionadas por diversas plagas. Sin embargo, también están asociados a una serie de externalidades negativas (FAO, 2012), como la disminución de la diversidad biológica (Klejin *et al.*, 2009) e impactos al medio ambiente por el uso de insumos en forma fertilizantes y plaguicidas (Warren *et al.*, 2008), especialmente los orgánicos persistentes y bioacumulables (Tilman *et al.*, 2002), por lo que se han establecido diferentes herramientas y estrategias para su regulación y control. No obstante, a pesar de los avances realizados en la materia, actualmente no existe un registro sistemático de su uso en campo en el país, por lo que no es posible desarrollar estudios sólidos sobre los posibles impactos relacionados con estas prácticas agrícolas a nivel nacional, así como establecer diagnósticos claros sobre las diferentes alternativas tecnológicas. Dicha limitante guarda relación directa con la dinámica y heterogeneidad de los diferentes escenarios agrícolas en el país, lo que en última instancia dificulta la captura sistemática de datos a través de censos, e incluso de muestreos representativos.

Para el caso de cultivos biotecnológicos, sujetos a evaluaciones de riesgo, su introducción en diferentes contextos agrícolas se ha realizado bajo la expectativa de contribuir a mejorar los niveles de producción a partir de reducir las pérdidas ocasionadas por la presión de diferentes plagas insectiles y malezas. A nivel global el principal fenotipo de las plantas GM cultivadas es la tolerancia a herbicidas, para los que se ha señalado que uno de los principales riesgos es el potencial uso no racional de los insumos fitosanitarios que forman parte del paquete tecnológico. Dicha tendencia puede generar incrementos importantes en las cantidades y frecuencias de aplicación de herbicidas específicos, cuyo impacto potencial sobre el medio ambiente se suma al de otros plaguicidas utilizados para el control de diferentes plagas importantes del cultivo. Si bien diversos autores concluyen que el uso de un solo i.a. incentivado por los cultivos TH disminuye el número de plaguicidas requeridos en los esquemas de manejo de malezas (Carpenter 2011; Brookes & Barfoot, 2013; James 2014), generando beneficios económicos y ambientales, pocas veces se analiza el contexto agronómico global de dichos cultivos, los cuales requieren de diferentes prácticas e insumos fitosanitarios que inciden negativamente sobre los ecosistemas. Adicional al tema de las evaluaciones de riesgo, los análisis costo-beneficio pueden aportar información útil sobre las ventajas de una tecnología determinada. No obstante, existen pocos estudios locales o regionales al respecto.

La soya GM tolerante a herbicidas es una de las principales plantas biotecnológicas cultivadas globalmente y sus aportes sobre la producción son ampliamente difundidos. Sin embargo, existen datos contrastantes al respecto al incremento o reducción de herbicidas aplicados durante su ciclo de producción, especialmente para el caso de México, donde recientemente (2012) se permitió la liberación comercial de este cultivo en diferentes regiones del país. Por esta razón, resulta importante el desarrollo de estudios que consideren el contexto y las prácticas agrícolas regionales con el fin adaptar estrategias adecuadas para la generación de información de línea base y determinar los riesgos o beneficios potenciales de manera casuística en función de las metas de protección definidas en cada caso. Por otra parte, adicional al apoyo en la determinación de riesgos,

esta información puede contribuir en la formulación de programas y estrategias de monitoreo caso-específico de los efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento de cultivos GM.

El cultivo de la soya GM cuenta con importantes antecedentes en el agro mexicano, específicamente con el evento MON-Ø4Ø32-6; no obstante, la tendencia de adopción con respecto a otros países presenta diferencias importantes. En el tema de los beneficios potenciales, la información disponible sobre los rendimientos obtenidos en este cultivo no permite realizar conclusiones en el mismo sentido que los reportes globales. Aun cuando el objetivo de este estudio exploratorio no se enfocó en determinar las tendencia de producción de los tipos de soya evaluada, la información contenida en los reportes de resultados de las liberaciones de soya MON-Ø4Ø32-6 y los registros del SIAP, representan un insumo importante que permite inferir de forma indirecta que no existe una correlación positiva entre los niveles de adopción del cultivo GM con un incremento en los rendimientos registrados para la región de estudio, donde la soya GM y convencional niveles similares (INECC, 2014).

Por otra parte, aun cuando los beneficios de un sistema de producción no se reflejen directamente en la producción, existen otros factores positivos que pueden contribuir de manera importante en la implementación de tecnologías sostenibles. En el caso de la agricultura, una de las principales metas es la reducción del impacto ocasionado por las prácticas de manejo asociadas, principalmente el uso de plaguicidas. Sin embargo, la falta de registros sistematizados no permite realizar una evaluación entre diferentes opciones tecnológicas.

A partir de los resultados obtenidos en el estudio realizado durante el ciclo agrícola PV-2013, se generó un inventario con el registro de 14 ingredientes activos, de los cuales más de 6 no están recomendados para el cultivo de la soya de acuerdo a la COFEPRIS, como los herbicidas 2,4-D y sulfentrazone, los insecticidas benzoato de emamectina, spinetoram y novaluron y el fungicida propiconazole. Pese a esto, los productores emplean estos compuesto ya que cada uno de ellos les proporciona beneficios al evitar pérdidas en la producción por la presión de

diferentes plagas y les facilitan la cosecha, de manera que notablemente cada uno de los productores tiene estrategias diferentes para las prácticas agronómicas, específicamente en el manejo de plagas.

Los resultados de este estudio demuestran en primer término la variabilidad existente en las prácticas de control de malezas, insectos y hongos fitopatógenos entre los diferentes productores entrevistados (Tabla 5 y 6). Los diferentes insumos utilizados para el control de plagas y malezas, registrados a partir de una pequeña muestra de productores de soya en el municipio de Campeche, resalta la complejidad de las dinámicas agrícolas regionales donde incluso la soya GM tolerante al i.a. glifosato presentó algunas modificaciones a la práctica recomendada para el control de malezas. Este punto es importante, considerando que el uso de herbicidas adicionales al paquete tecnológico de la soya GM, aunado a los incrementos potenciales del i.a. glifosato y otros plaguicidas necesarios en los esquemas de control fitosanitario, puede generar potenciar los impactos negativos en diferentes compartimentos ambientales.

El control de malezas en la soya convencional (Huasteca) se realizó mediante un mayor número de herbicidas (2 o 3 compuestos diferentes), los cuales varían en cuanto a su composición y nivel de toxicidad (Tabla 11). En resumen, los productores de soya convencional utilizaron 6 i.a. diferentes para el control de malezas, mientras que en la soya GM requirió 2 i.a. diferentes, números que pueden variar entre años debido a diversos factores, como las condiciones agronómicas, climáticas y posiblemente económicas. Es importante mencionar que el uso de herbicidas a base del i.a. glifosato no se restringe al cultivo GM y fue la principal opción para el manejo de malezas en el cultivo de soya convencional, ubicando a este i.a. como el insumo más utilizado por los productores entrevistados. En este sentido, dada la amplia variedad de cultivos en los que se utiliza el glifosato, los diferentes objetivos de aplicación, así como sus características para controlar diversos tipos de malezas, es necesario contar con mayor información del patrón de su uso en campo no sólo para el caso de los cultivos de soya GM y su contraparte convencional, si no para otros cultivos, con

el fin de realizar pronósticos más certeros sobre el incremento en las cantidades aplicadas en diferentes alternativas tecnológicas y contextos agrícolas.

El incremento considerable en el uso de este herbicida en algunos países se debe a varios factores, entre los que destacan en primer lugar el aumento en la superficie destinada a la siembra de cultivos GM tolerantes a herbicidas (eventos simples o apilados), y la fabricación de insumos genéricos debido al vencimiento de la patente. Adicionalmente, el aumento de su uso en sectores diferentes al agrícola incide de manera importante en los incrementos observados (Bonny, 2011).

Para el caso del municipio de Campeche, los resultados obtenidos muestran que el glifosato se aplica de 1 a 3, con mayor frecuencia en el cultivo GM, con dosis de 0.5 a 3 L, mientras que el resto de los herbicidas se aplican solo una vez en dosis variables (Tabla 12). Aun cuando en términos generales no parecen existir diferencia importante entre las aplicaciones del herbicida glifosato en ambos tipos de soya evaluada, un análisis individual permite observar que la mayor parte de los agricultores de soya convencional que basaron el control de malezas a partir del glifosato, realizaron una sola aplicación de este herbicida a una dosis que no superó los 2 L/ha, empleando productos formulados diferentes al Faena con Fuerte®. Por otra parte, la mayor parte de los agricultores de soya GM realizaron dos o más aplicaciones del herbicida Faena con Fuerte® a una dosis mínima de 2 L/ha, de acuerdo a la práctica recomendada para este cultivo biotecnológico.

En este sentido es importante considerar los posibles factores que influyen para que el i.a. glifosato sea el insumo base para realizar el control de malezas en las localidades visitadas. La Península de Yucatán, y específicamente el estado de Campeche, es la principal región en la que se ha adoptado el paquete biotecnológico de la soya Solución Faena®, llegando en algunos años a cubrir el 100 % del área destinada al cultivo de la soya en el estado (INECC, 2014). No obstante, algunas situaciones han limitado la expansión de este tipo de cultivo, como el caso de la demanda interpuesta por apicultores de la región de la Península, lo que evito la siembra de la soya GM durante el 2012 en el estado de

Campeche. Sin embargo, en un contexto donde una gran proporción de productores de soya utilizó la alternativa biotecnológica en años anteriores, pero debido a las controversias actuales deciden cultivar las variedades convencionales (comunicación personal), es posible que apliquen esquemas de manejo agronómico similares a las acostumbradas en los paquetes de soya GM con las restricciones obvias por la potencial fitotoxicidad del herbicida en cultivos convencionales, por lo que utilizan frecuencias y dosis menores. Adicional a este factor, el i.a. es importante considerar que glifosato está recomendado para una gran gama de cultivos, entre ellos la soya, por lo que su uso en el cultivo convencional puede ser una práctica muy común.

Por otra parte, los insecticidas y fungicidas se aplicaron una sola vez en el ciclo agrícola PV-2013 a dosis de 0.25 a 1 L/ha en los resultados se contempla que los sistemas GM hacen más uso de estos plaguicidas, sugiriendo que las plagas y enfermedades fueron más frecuentes en este cultivo, sin que se tengan evidencias sobre la posible relación de este resultado con la susceptibilidad de la variedad cristalina (GM) o las prácticas agronómicas en este sistema de cultivo. Cabe mencionar que cada agricultor tiene sus propias prácticas de manejo, se observó que aquellos propietarios de cultivos GM y convencional, en general mantienen las mismas prácticas para ambos cultivos; sin embargo, el manejo realizado no siempre fue el más sostenible con el ambiente, ya que el productor emplea insumos para obtener un beneficio propio desconociendo los efectos potenciales que pueden existir por su uso inadecuado. Lo anterior resulta evidente al observar la cantidad de i.a. utilizados que no son recomendados para este cultivo y que no forman parte de los programas de manejo sugeridos por las instancias técnicas.

Con respecto a la información generada sobre las cantidades de i.a. aplicado en cada tipo de soya, resulta claro que en promedio el glifosato es el insumo fitosanitario que se aplica en mayor cantidad (kg), principalmente en el cultivo GM (1.55 kg/ha). No obstante, más allá de los resultados obtenidos en esta investigación, en términos generales es posible que la práctica convencional requiera de mayores cantidades de plaguicidas, ya es necesario el uso de diferentes herbicidas (con diferente i.a.) para el control de malezas, adicional al

uso otros plaguicidas, como insecticidas y fungicidas, de acuerdo a las prácticas recomendadas por el INIFAP.

Adicionalmente, la heterogeneidad en las condiciones agronómicas de cada parcela cultivada y en las prácticas de control entre productores, así como las variaciones en las condiciones climáticas y la evolución de malezas (y otras plagas) resistentes puede incrementar la presión sobre los agricultores, con un consecuente aumento en las cantidades y número de plaguicidas requeridos para asegurar la sanidad del cultivo, aún en la soya biotecnológica, con potenciales repercusiones ambientales.

Por otra parte, uno de los argumentos a favor del uso de herbicidas con i.a. glifosato en cultivos biotecnológicos se basa en su categoría toxicológica en comparación con las categorías toxicológicas establecidas para otros herbicidas utilizados en la producción convencional. Si bien dicha categoría se define a partir de estudios de toxicidad aguda, subcrónica y crónica, realizados en diferentes modelos (principalmente en ratas) con el objetivo de evaluar los efectos adversos en la salud, es común que se sugiera la asociación de este nivel con impactos mínimos al medio ambiente. En este sentido, la información obtenida sobre los herbicidas utilizados en ambos tipos de cultivos no presenta variaciones importantes en cuanto a la categoría toxicológica (Tabla 11), ya que con excepción del i.a. 2,4-D, los demás compuestos están clasificados en la categoría IV, señalados como *ligeramente tóxicos* (CICOPLAFEST, 2004). Sin embargo, para la determinación de impacto negativo existen otros parámetros y propiedades de los plaguicidas que deben ser evaluados. Algunos parámetros importantes son el tiempo de persistencia, su solubilidad en agua, el coeficiente de partición lípido-agua, así como varias características físico-químicas que influyen en su nivel de movilidad (transporte) y estabilidad en compartimientos ambientales específicos (Badii *et al.*, 2006; Rey, 2013).

En este sentido, debido a la complejidad en los procesos involucrados en la detonación de efectos adversos a la biodiversidad y el medio ambiente, no es suficiente obtener solamente el registro de las dosis y número de aplicaciones de

plaguicidas para realizar la evaluación de los posibles impactos (De Smet *et al.*, 2005); mientras que los muestreos de diferentes matrices para determinar niveles de plaguicidas son operativamente complejos y costosos.

Una solución alternativa a este problema es la aplicación de índices de impacto por el uso de plaguicidas desarrollados desde diferentes enfoques, que utilizan diferente metodología y están dirigidos a compartimentos ambientales y contextos agronómicos específicos (Castañeda, 2013). Para el análisis de la información generada en este estudio se decidió utilizar el coeficiente de impacto ambiental (EIQ), desarrollado por Kovach y otros (1992). Si bien se ha señalado que este índice fue diseñado con base en contextos agronómicos determinados y que es un modelo de ayuda principalmente para el productor, cuenta con amplia información aplicable a diversos plaguicidas y disponible públicamente, a diferencia de otras herramientas desarrolladas.

El método para calcular el EIQ incorpora parámetros para establecer el impacto en tres componentes principales: a) el trabajador agrícola; b) el consumidor y c) el componente ecológico. La estimación del valor de cada componente depende de la información técnica disponible para cada i.a., por lo que existen variaciones entre los componentes para diferentes plaguicidas. Una vez calculados estos valores se promedian para obtener el EIQ de un ingrediente activo determinado.

A partir de la información obtenida sobre los diferentes herbicidas utilizados en los diferentes tipos de soya evaluada, es posible suponer un mayor impacto asociado a la práctica convencional, tomando en cuenta que se registró un mayor número de plaguicidas utilizados para el control de malezas en la soya Huasteca. Es importante resaltar que el uso de diferentes plaguicidas fue heterogéneo entre productores, por lo que la comparación del impacto potencial total entre ambas tecnologías no es la aproximación más adecuada, principalmente si no se cuenta con un muestreo representativo.

EL impacto potencial de uso en campo determinado mediante la aplicación EIQ demostró que la mayor parte de los plaguicidas utilizados en la soya convencional presentaron puntajes relativamente menores, debido principalmente a su frecuencia y dosis de uso. Con respecto a los herbicidas, de acuerdo al patrón de uso registrado, resulta evidente que el herbicida glifosato utilizado en la práctica GM presente los mayores puntajes de EIQ de uso en campo debido al número de productores de soya MON-Ø4Ø32-6 incluidos en la muestra. Sin embargo, es importante mencionar que la n de este estudio no permite concluir al respecto del patrón de uso de herbicidas en la práctica convencional, por lo que se decidió obtener el puntaje promedio de EIQ de uso en campo para cada herbicida con el fin de realizar una comparación no sesgada por el número de agricultores incluidos en cada grupo analizado. Mediante este enfoque, el resultado obtenido para los herbicidas aplicados en ambos tipos de soya, muestra que en promedio el puntaje más alto (asociado a impactos mayores) lo presenta el i.a 2,4-D amina, y en segundo término el i.a. glifosato (Tabla 20). Dicho resultado se basa en las características de cada i.a. determinadas mediante el modelo del EIQ, para el que el 2,4-D tiene mayor potencial de impacto que el glifosato (Tabla 17).

Por otra parte, el Azoxystrobin y el metamidofos usados en sistemas GM obtuvieron los puntajes más altos de EIQ; sin embargo, la suma de los valores de ingredientes activos de herbicidas e insecticidas fueron mayores en sistemas convencionales, a excepción de los fungicidas, los cuales presentan un mayor valor en sistemas GM. Para una mayor contribución se analizaron los datos por productor, de los cuales 8 adoptaron el sistema GM y 5 el convencional, determinando que los productores de soya convencional tienen menor impacto, sin embargo comparando las prácticas agronómicas de los 4 productores con ambos sistemas de cultivo, apreciamos que todos manejan de manera similar los insecticidas, aplicando únicamente cipermetrina con metamidofos o cipermetrina con benzoato de emamectina, y fungicidas, aplicando azoxystrobin y propiconazole para ambos cultivo. La principal diferencia es el uso de diferentes herbicidas en ambos sistemas, para el campo GM todos utilizan faena fuerte y 2

los mezclan con 2,4-D, mientras que en el campo convencional 3 hacen uso de glifosato con fusilade, fluazifop, 2,4-D o sulfentrazone pese a que el sistema convencional hace más uso de herbicidas, los valores del eco-EIQ son menores que en un GM, estos se puede atribuir a que las dosis empleadas son las que establecen los valores del EIQ junto con el porcentaje de ingrediente activo presente en el insumo; cabe mencionar que los campos de los productores encuestados se encontraban cada uno en diferente zona, con clima y vegetación un poco diferentes, ya que algunos se encontraban en ejidos dedicados a la agricultura y ganado, mientras que otros estaban como islotes adyacentes a grandes superficies de selva baja, por lo que se podría retribuir la presencia de plagas o malezas y en su caso un uso mayor de los plaguicidas. Por lo que los datos correspondientes a cada productor y sistema agrícola obtenidos podrían ser una herramienta necesaria para la agricultura en México.

Los índices de impacto ambiental son empleados en varios países para evaluar los riesgo que tienen los plaguicidas agrícolas, en E.U.A se desarrolló el EIQ por Kovach y colaboradores; mientras de forma paralela se ha desarrollados diferentes herramientas metodológicas con diferentes propósitos en diversos países. Para el caso de América Latina, en Argentina recientemente se desarrolló el RIPEST (Riesgo de Plaguicidas) con un enfoque basado en el rasgo que vincula la toxicidad de distintos plaguicidas (herbicidas, insecticidas o fungicidas) con su dosis empleada para estimar un valor de riesgo ambiental (UBAAR, 2014). En México hay estudios que emplean índices de impacto ambiental para determinar el efecto ambiental de plaguicidas en algodón (reyes, 2010) y huertos de manzano (Legarreta, 2002), sin embargo, no hay índices desarrollados como herramienta para la regulación o monitoreo de plaguicidas en el ambiente.

Pese a que los cultivos GM estiman una reducción en el uso de plaguicidas y un aumento en el rendimiento de soya, los productores no optan por esta variedad como prioritaria para la siembra, ya que hay variedades que proporcionan las necesidades que ellos requieren, como es el caso de la huasteca 200. Sin embargo, los resultados obtenidos no otorgan un valor de impacto por el uso de plaguicidas debido a que no hay diferencia significativa, por lo que los valores no

son adecuados para cuantificar un riesgo absoluto, no obstante, tanto los valores como el uso de los índices, contribuyen al desarrollo de políticas para el fortalecimiento del monitoreo ambiental, a sabiendas que la contaminación del suelo y agua ha ido en aumento al mismo tiempo que el uso de insumos agrícolas, esto se da por medio de lixiviación, escorrentía, aspersión área, entre otros (Villanueva, 2014). Ligado a esto, el uso de plaguicidas se viene cuestionando cada vez más en los últimos años, con aspectos que incluyen la potencial acumulación de residuos en el suelo debido a repetidas aplicaciones en el cultivo y los efectos negativos sobre los microorganismos del suelo, con consecuencias adversas en la fertilidad del suelo en el largo plazo (Bromilow et al., 1996).

Por otro lado, existen varios estudios que muestran los efectos de plaguicidas, principalmente glifosato, tienen en aves, mamíferos, peces y anfibios (Relyea 2012; Richard et al. 2005; Benachour and Seralini 2009; Carrasco, 2009). Factores bióticos y abióticos pueden contribuir a estos análisis, como el tipo de suelo de la región o el clima, En Campeche el principal tipo de suelo son los leptosoles, bajos en fósforo al igual que en la región del soconusco de Chiapas, por lo que las moléculas de glifosato no se adhieren al suelo con la fuerza suficiente, promoviendo la lixiviación a los cuerpos de agua más cercanos y a las ANP (Ruiz-Toledo et al., 2014). Estas afectaciones pueden ser metas de protección para el monitoreo, teniendo un punto final de estudio y así medir la abundancia, diversidad, mortalidad, entre otros puntos, de algún organismo en específico; con el fin de prevenir efectos adversos asociados a las prácticas agronómicas.

La regulación aplicable a OGM de uso agrícola señala tres fases o etapas: liberación experimental, liberación en programa piloto y liberación comercial. (LBOGM; 2008). La liberación realizada del evento MON-04032-6 fue etapa comercial por lo que la promotora ya no está obligada a entregar un reporte final de resultado en donde monitorea las actividades agronómicas del cultivo. Actualmente la norma NOM-164-SEMARNAT/SAGARPA-2013, establece que el reporte de resultado de las liberaciones experimental y piloto de OGM, deberán incluir información en relación con los posibles riesgos para el medio ambiente y la diversidad biológica y, adicionalmente, a la sanidad animal, vegetal y acuícola,

relacionada con las prácticas de uso y aprovechamiento de OGM (DOF,2014). Sin embargo, aún queda en blanco el registro sistemático del uso en campo de plaguicidas en cualquier tipo de cultivo, en México aproximadamente el 61% de los productores utilizan herbicidas químicos, el 45% insecticidas (ENA, 2012), de los cuales no hay información registrada por estado o por cultivo, las únicas actividades que se encuentran reguladas son la formulación, fabricación, aplicación, comercialización y la importación.

## **10. CONCLUSIÓN**

A partir de los resultados obtenidos se concluye que las practicas de uso y aprovechamiento de la soya huasteca 200 y MON-04032-6 cultivadas en el estado de Campeche presentan un manejo heterogéneo en el manejo de diversas plagas, específicamente para el caso de las malezas. El presente estudio analizo 14 ingredientes activos mediante un índice de impacto ambiental para estimar un impacto de los plaguicidas sobre el ambiente, comparando dos tipos de cultivo de soya, uno con tecnología transgénica y su contraparte convencional. Diversos estudios realizados señalan que el manejo de cultivos GM presenta características menos impactantes al ambiente y la diversidad biológica, principalmente debido la reducción en la cantidad y número de plaguicidas utilizados. Sin embargo en el presente estudio, tomando en cuenta los valores del EIQ y las cantidades de i.a. registradas en campo, podemos estimar que no hubo diferencias significativas en las prácticas de control de plagas debido a la adopción de soya transgénica, como consecuencia del nivel de tecnificación en el cultivo de la soya, la cual requiere de diferentes prácticas e insumos fitosanitarios para evitar un posible efecto adversos en la sanidad del cultivo y finalmente en la producción.

En este sentido es posible establecer las siguientes conclusiones puntuales:

### **Plaguicidas:**

- La disponibilidad de la información acerca del uso de plaguicidas en campo se encuentra muy limitada o es inexistente en el país.

- Los datos registrados en la salida de campo presentan algunas limitaciones, por lo que es necesario establecer un programa de seguimiento sistemático con el propósito de confirmar los patrones de uso de diferentes plaguicidas, así como el inventario obtenido; sin embargo, la información obtenida representan una aproximación importante para direccionar futuras investigaciones que apoyen la implementación de programas de monitoreo ambiental.
- La mayoría de los estudios de investigación sobre el uso de plaguicidas están enfocados a la contaminación del agua y el efecto en la salud humana. No obstante, es importante generar mayor información sobre otros compartimentos ambientales y componentes ecosistémicos que apoyen el uso de herramientas metodológicas, como los índices de impacto.
- Los plaguicidas de uso agrícola registrados en el inventario de este estudio se ubican en una categoría toxicología de II, III y IV, algunos de ellos restringidos en el cultivo de soya, de acuerdo al catálogo de COFEPRIS.
- A pesar de que la soya MON-04032-6 es tolerante a herbicida, y se recomienda el uso exclusivo de herbicidas a base de glifosato, el productor emplea otros i.a. como coadyuvantes para eliminar las malezas, lo cual puede incrementar el impacto potencial de los paquetes biotecnológicos.
- El uso de glifosato es parte del paquete tecnológico de diversos cultivos GM; sin embargo, su uso no es exclusivo de este tipo de cultivos, por lo que es importante registrar su patrón de uso en diversos sistemas de producción con el fin de poder establecer vínculos causales entre los efectos de este i.a. y determinadas alternativas tecnológicas.
- El uso de los paquetes tecnológicos y plaguicidas en general se ofertan a personas cuya experiencia y preparación en el campo de la agricultura es limitada, por lo que la aplicación de las recomendaciones de uso por parte del fabricante de insumos fitosanitario es nula o muy poca por parte del productor, lo cual influye de manera importante en los factores de riesgo asociados a uso de plaguicidas.

## **Regulación:**

- El registro sistemático de los niveles de plaguicidas usados en la agricultura no forman parte de los censos o monitoreos por parte de instancias regulatorias, por lo que no es posible generar diagnósticos certeros sobre su estatus a nivel nacional.
- Las evaluaciones del impacto potencial de diferentes programas de manejo de plagas o de diversos insumos fitosanitarios, a partir del uso de índices de impacto ambiental, no forman parte de las estrategias que deben de ser consideradas por diversos actores involucrados en el manejo de plaguicidas, aun cuando organismos internacionales como la OECD y la ONU (FAO/OMS) recomiendan su uso en diversos reportes.

## **Índice de Impacto Ambiental:**

- Al recurrir a índices de impacto ambiental se detectan brechas en la información relacionada a efectos sistémicos de los plaguicidas en el ambiente y de su toxicidad para ciertos organismos.
- Para la extrapolación de datos del índice de impacto ambiental se necesita información robusta sobre los patrones de uso en campo y sobre las condiciones bióticas y abióticas de la región de estudio. Para el caso del EIQ, el modelo considera parámetros como la persistencia y vida media del plaguicida, los cuales son de suma importancia para la predicción de un impacto en algunos componentes ambientales.

Los resultados de este trabajo proporcionan información acerca del uso de plaguicidas en el estado de Campeche, lo cual nos permite diseñar nuevas metodologías para el monitoreo ambiental y así analizar los efectos potenciales.

El uso de plaguicidas en ambos cultivos aquí descritos, mostraron concordancia tanto en el tipo de insumo como las dosis empleadas; con algunas diferencias que nos indican una posible predicción del destino de los plaguicidas al ambiente tomando en cuenta sus características fisicoquímicas, en este caso del uso del índice de impacto ambiental, nos proporcionó valores únicos que pueden ser utilizados como posible herramienta para el monitoreo de las prácticas de uso y

aprovechamiento en zonas de cultivos GM y convencionales. Sin embargo, su implementación es costosa y operativamente compleja; por lo que se han desarrollado metodologías para predecir el impacto ambiental de plaguicidas con el propósito de describir el riesgo que tienen los plaguicidas en ambientes que coexisten con el sistema agrícola; tal es el caso del EIQ, utilizado en este trabajo, donde se muestra la importancia de realizar estudios caso por caso, en cuanto a comparaciones entre los sistemas genéticamente modificados y convencionales. Por lo tanto, es necesaria la implementación de estudios representativos y dar seguimiento a los resultados obtenidos con el objeto de evaluar los posibles efectos asociados a las prácticas de uso y aprovechamiento de OGM en diferentes regiones y cultivos del país.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Albert, Lilia, (2005) Panorama de los plaguicidas en México, 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica, <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>
- Altieri, M. A. (2001). Los Impactos Ecológicos de la Biotecnología Agrícola. *Asuntos críticos*.
- ASERCA. (2001). Tabaco y frijol soya. Revista *Claridades Agropecuarias No. 89*. ASERCA-SAGARPA. México, D.F.
- Badii, M., Almanza, V. G., & Landeros, J. (2006). Efecto de los plaguicidas en la fauna silvestre. *CULCyT*, 3(14-15), 22.
- Basu, S. K., Dutta, M., Goyal, A., Bhowmik, P. K., Kumar, J., Nandy, S., ... & Prasad, R. (2010). Is genetically modified crop the answer for the next green revolution?. *GM crops*, 1(2), 68-79.
- Baumann, P. A., P. A. Dotray and E. P. Prostko.(1998). Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas Agriculture Extension Service. *The Texas A&M University System*. SCS-1998-07. 10 p.
- Benbrook C. Impacts on genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Science Europe* 2012.
- Boatman, N. D., Brickle, N. W., Hart, J. D., Milsom, T. P., Morris, A. J., Murray, A. W., & Robertson, P. A. (2004). Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis*, 146(s2), 131-143.
- Bonny S. (2011) Herbicide-tolerant Transgenic Soybean over 15 Years of Cultivation: Pesticide Use, Weed Resistance, and Some Economic Issues. The Case of the USA. *Sustainability* , 3(9), 1302-1322
- Brooke G., Barfoot, P. Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects, 1996-2006. *Journal of agrobiotechnology management and economics* 2008. Vol. 11 No. 1 Art. 3
- Bromilow R. Evans A. Nichols P. Todd A. Briggs G. (1996) The Effect on Soil Fertility of Repeated Applications of Pesticides over 20 Years *Pesticide Science Volume 48, Issue 1, pages 63–72*
- Burn, A. J. (2000). Pesticides and their effects on lowland farmland birds. *Ecology and conservation of lowland farmland birds*, 89-104.
- Burgeff, C. Huerta E. Acevedo F. Sarukhan J. (2013) . How much can GMO and non-GMO cultivars coexist un megadiverse country?. *Journal of agrobiotechnology management and economics* Vol 17. No. 1 Article 17
- Carmona M.; Lopez P.; Gally, M.; Sautua, F. (2011) Uso de Mezclas de Azoxystrobina y Triazoles para el Control de las Enfermedades de Fin de Ciclo en el Cultivo de Soya. Cátedra de Fitopatología
- Carpenter J.E. (2011), Impact of Gm crops on biodiversity. *GM Crops* 2:1, 7-23.
- Carrasco, A, (2009)Efecto del glifosato en el desarrollo embrionario de *Xenopus laevis* (Teratogénesis y glifosato) *Laboratorio Embriología Molecular* Argentina
- Civeira, G. (2012). Recopilación sobre los efectos del glifosato en agroecosistemas. Instituto de Suelos, INTA Castelar. <http://www.suelos.org.ar/sitio/recopilacion-sobre-los-efectos-del-glifosato-en-agroecosistemas/>

- Cobos-Gasca M, Barrieto M, Chi Novelo C.,(2011) Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán. *Cuerpo Académico de Ecología Tropical*, Departamento de Ecología tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias – UADY.
- Cobos, V., Mora, M. y Escalona, G. (2006). Inhibición de colinesterasa plasmática en el zorzal pardo (*Turdus grayi*) expuesto al diazinón en cultivos de papaya maradol en Yucatán, México. *Revista de Toxicología* 23:17-21.
- CONABIO. (2010) La biodiversidad de Campeche. Estudio de Estado
- CONABIO (2007) Prioridades de conservación del sureste mexicano.
- CLASIFICACIÓN DEL MODO DE ACCIÓN DE INSECTICIDAS Y ACARICIDAS, (2011), España, universidad de Madrid
- Crisanto T.; Sanchez-Martín, M. J. & Sanchez-Camazano, M. (1994). Mobility of pesticides in soil. Influence of soil properties and pesticide structure. *Toxicol. Environ. Chem.*, 45,97-104
- Croft BA (ed) (1990) Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. Wiley-Interscience. New York, 723 pp.
- Davies, W. P. (2003). An historical perspective from the Green Revolution to the gene revolution. *Nutrition reviews*, 61(s6), S124-S134.
- De Smet B., Claeys S., Vagenende B., Overloop S., Steurbaut W., Van Steertegem M. (2005) The sum of spread equivalents: a pesticide risk index used in environmental policy in Flanders, *Belgium*. Vol. 24. Pp. 363-374
- Desneux N., Decourtye A., Delpuech JM., (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* Vol.52 pp. 81-106
- Dieleman, J. A. and D. A. Mortensen.. (1997) Influence of weed biology and ecology on development of reduced dose strategies for integrated weed management systems. pp. 333-362.
- Duke, S. O., & Powles, S. B. (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest management science*, 64(4), 319-325.
- EASAC, (2009) Ecosystem Services and Biodiversity in Europe. European Academies Science Advisory Council, London, UK, p. 70.
- Edwards, W. M.; Triplett, G. B. & Kramer, R. M. (1980). A watershed study of glyphosate transport in runoff. *J. Environ. Qual.*, 9, 661-665.
- Escobar-Castillejos, D., Caballero-Roque, A., & Rendón-Von Osten, J. (2011). Prácticas de utilización para plaguicidas en la localidad nueva libertad, la concordia, chiapas\* pesticide use practices in the locality of nueva libertad, la concordia, chiapas. *Publicación Especial Número*, 19
- Evenson R., Gollin D.(2003), Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*: Vol. 300 no. 5620 pp. 758-762
- Evenson R., Gollin D. (2003) Crop variety improvement and its effect on productivity: The impact of international agricultural research. USA
- FAO, (2008) Use of environmental impact quotient In IPM programmes in ASIA.
- Feng, J. C.; Thompson, D. G. & Reynolds, P. E. (1990). Fate of Glyphosate in a Canadian Forest Watershed. 1. Aquatic Residues and Off Target Deposit Assessment. *J. Agric.Food Chem.*, 38, 1110-1118

- Fenik, J., Tankiewicz, M., & Biziuk, M. (2011). Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(6), 814-826.
- Fernandez-Cornejo J. Genetically engineered crops for pest management in U.S. Agriculture: Farm-level effects. U.S. Department of agriculture, 2000
- Finizio A.; Calliera M y Vighi. M.( 2001). Rating systems for pesticide risk classification on different ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49, 262-274.pp.
- Fry, D. M. (1995). Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl 7), 165.
- García-Gutiérrez, C., & Rodríguez-Meza, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3).
- Gepts, P. (2002) A Comparison between Crop Domestication, Classical Plant Breeding, and Genetic Engineering. *Crop Science Vol. 42 No. 6*, p. 1780-1790.
- Gepts, P (2004) Crop domestication as a long term selection experiment. *Plant breeding reviews*. Volumen 24 Part 2., USA.
- Giuseppea F., Rahna E., Bindera C. R. (2010.) Testing environmental and health pesticide use risk indicators. The case of potato production in Boyacá, Colombia. *Department of Geography, University of Zurich*
- Glass, R.. (1987) Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 35: 497-500.
- Google earth. 7.1.1.1888 (2014) Mapa de la península de Yucatan,
- Gomez-Brindis J.,(2011) Herbicidas: Usos, Productos Químicos Agrícolas, usos, dosis y aplicaciones.
- Haney, R. Senseman, S. Hons, F. Zuberer, D. (2000) Effect of glyphosate on – soil microbial activity and biomass. *Weed Science* 48: 89-93, year..
- Iannacone, J., Onofre, R., Huanqui, O., Giraldo, J., Mamani, N., Miglio, M. C., & Alvarino, L. (2007). Evaluación del Riego Ambiental del Insecticida Metamidofos en Bioensayos con Cuatro Organismos Acuáticos no Destinatarios. *Agricultura Técnica*, 67(2), 126-138
- INIFAP. (2011)Guia para la asistencia técnica agrícola para la producción de soya en la planicie huasteca
- INECC (2013) “Seguimiento a los compromisos de México en convenios internacionales en materia del manejo adecuado de sustancias químicas”
- James C. (2012) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011 ISAAA Brief No. 46., 2012
- James C. (2014) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013 ISAAA Brief No. 46.
- Jhala A J., Lowell D. S, Kruger G. R. (2014) Control of Glyphosate-Resistant Giant Ragweed (*Ambrosia trifida* L.) with 2,4-D Followed by Pre emergence herbicides in Glyphosate-Resistant Soybean (*Glycine max* L.)
- Jordan, D. L., Johnson, D. and York. (2006) Influence of foliar fertilizers and pesticides on efficacy of selected postemergence herbicides. *Weed Sci. Soc. Am. Abstr.* 46: 38. Nebraska, USA

- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J. and Tette J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences *Bulletin. NYS Agricul. Exp. Sta. Cornell University, Geneva, NY*, 139. 8 pp.
- Khush, G. S. (2001). Green revolution: the way forward. *Nature Reviews Genetics* 2, 815-822
- Kleijn, D., Kohler, F., Báldi, A., Batáry, P., Concepcion, E. D., Clough, Y., ... & Verhulst, J. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 276(1658), 903-909.
- Lackey, J. A. (1981). Systematic significance of the epihilum in Phaseoleae (Fabaceae, Faboideae). *Botanical Gazette*, 160-164.
- Legarreta, M. R. R., & Cuéllar, J. L. J. (2002). Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano del noroeste de Chihuahua, México. *Revista mexicana de Fitopatología*, 20(2), 168-173.
- Liess, M. Schulz, R. (1999). Linking insecticide contamination and population response in an agricultural stream. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18: 1948-1955.
- Maldonado, N. M. (2004). Huasteca 100 y Huasteca 200 nuevas variedades de soya para el sur de Tamaulipas. CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas., México. *Folleto técnico*. Núm. 9. 20 p.
- Maldonado, M. N.; Ascencio, L. G. y Ávila, V. J. (2007). Guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México. *Folleto para productores*. Núm. 2. 83 p.
- Maldonado, N., y Ascencio, G. (2010). Huasteca 200, variedad de soya de baja sensibilidad al fotoperiodo corto para el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(5), 707-714.
- Maldonado, N., y Ascencio, G (2009) Huasteca 300, nueva variedad de soya para el sur del estado de Tamaulipas
- Maldonado, N., y Ascencio, G (2010) Huasteca 400, nueva variedad de soya para el sur del estado de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 1 No. 5 Oct/dic
- Maldonado, M.N. (1994). Huasteca 100 y Huasteca 200 nuevas variedades de soya para el sur de Tamaulipas. *Folleto Técnico No.9*. Campo Agrícola Experimental del sur de Tamaulipas. INIFAP.
- Maldonado, M.N., Garza, L.J.G. y Teran,, V.P.A. (1991). Guía para cultivar soya en las Huastecas. *Folleto para Productores No. 1*. Campo Agrícola Experimental del sur de Tamaulipas. INIFAP.
- Mamy, L. Barriusco E. Gabrielle B. (2005) Environmental fate of herbicides trifluralin, metazachlor, metamitron and sulcotrione compared with that of glyphosate, a substitute broad spectrum herbicide for different glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science* Volume 61, Issue 9, pages 905–916,
- Manzur, I., Catacora, G., Carcamo, Ml., Bravo E, Altieri, M. (2009) America Latina Transgenesis de un continente. (Ed.). Henrich Böll Stiftung Cono Sur.

- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G., & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277(5325), 504-509.
- Maud, J., Edwards-jones, G., Quin, (2001). Comparative evaluation of pesticide risk indices for policy development and assessment in the United Kingdom. *Agriculture Ecosystems and Environment* 86: 59-73
- Maule, A. & Wright, S. J. L. (1984). Herbicide effects on the population growth of some green algae and cyanobacteria. *J. Appl. Bacteriol.*, 57, 369-376. .
- Millenium Ecosystem Assessment, (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC,p. 137.
- Monsanto (2012) Solicitud de permiso de liberación al ambiente en etapa comercial, soya solucion faena® Evento MON- Ø4Ø32-6 (GTS 40-3-2),
- Muhammetoglu, A., Durmaz, S., Uslu, B. (2010) Evaluation of the environmental impact of pesticides by application of three risk indicators. *Environmental Forensics* 11: 179-186
- Mugni H, Demetrio P, Bulus G., (2011) Effect of aquatic vegetation on the persistence of cypermethrin toxicity in water, *Bulletin of environmental Contamination Toxicologic* 86:23-27
- Orozco Santos Mario, (2008) Nuevos mecanismos de acción de los fungicidas en la agricultura, *Bayer cropscience*, INIFAP Sinaloa, México,
- Padgett, X. Delannay, K. Kolacz, D.L. Nida, V.M. Peschke, C.W. Derting, S.G. Rogers, J.W. Edwards, G.F. Barry, and N.A. Biest. (1993.) Petition for Determination of Nonregulated Status: Soybeans with a Roundup Ready Gene. Submitted to USDA-APHIS by Monsanto Company, St. Louis, Missouri.
- Pérez, G. L.; Torremorell, A.; Mugni, H.; Rodríguez, P.; Vera, M. S.; Do Nascimento, M.; Allende, L.; Bustingorry, J.; Escaray, R.; Ferraro, M.; Izaguirre, I.; Pizarro, H.; Bonetto, C.; Morris, D. P. & Zagarese, H. (2007). Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecol. Appl.*, 17, 2310–2322.
- Perez M. Banakar, R. Gomez S, Zurrilla L, (2013), The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: opportunities and constraints. *Genes and nutrition*. Vol 8 pp 29-41
- Pope, K. O., Pohl, M. E. D., Jones, J. G., Lentz, D. L., von Nagy, C., Vega, F. J. & Quitmyer, I. R. (2001) Origin and Environmental Setting of Ancient Agriculture in the Lowlands of Mesoamerica. *Science*. Vol. 292 no. 5520 pp. 1370-1373
- Qiu, L., & Chang, R. (2010). The Origin and History of Soybean. En G. Singh (Ed.), *Soybean. Botany, production and uses* (CABI., p. 494). Londres.
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor*, 4(2), 67-75.
- Relyea R. (2012) New effects of Roundup on amphibians: Predators reduce herbicide mortality; herbicides induce antipredator morphology. *Ecological Applications* 22:634–647
- Reus, J. Leendertse, P. Bockstaller, C. Fomsgaard, I. Gutsche, V. Lewis, K. Nilsson, C., Pussemier, L. Trevisan, M. Van Der Werf, H. Alfaro, F. Blümel, S. Isart, J. Mcgrath, D. Seppälä, T. (2002). Comparison and evaluation of eight

pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture Ecosystems and Environment* 90: 177-187.

- Reyes, G., Chaparro-Giraldo, A., & Ávila, K. (2010). Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), 151-162.
- Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N., & Seralini, G. E. (2005). Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environmental health perspectives*, 716-720.
- Robertson, A. I. (2000). The gaps between ecosystem ecology and industrial agriculture. *Ecosystems*, 3(5), 413-418.
- Rocha P, Villalobos V. (2012), Estudio comparativo entre el cultivo de soja genéticamente modificada y el convencional en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca de argentina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Rodrigues E. Occurrence, (2013,) fate and effects of azoxystrobin in aquatic ecosystems: A review. *Environment International Volume* 53, Pages 18–28
- Rosales R., (2000) Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción, INIFAP Tamaulipas,
- Roy, D. N.; Konar, S. K.; Banerjee, S.; Charles, D. A.; Thompson, D. G. & Prasad, R. (1989). Persistence, movement and degradation of glyphosate in selected Canadian boreal forest soils. *J. Agric. Food Chem.*, 37, 437-440
- Ruiz-Toledo J. Castro R. Rivero-Pérez N. Bello R. Sanchez D. (2014) Occurrence of Glyphosate in Water Bodies Derived from Intensive Agriculture in a Tropical Region of Southern Mexico Bulletin of *Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 93, Issue 3, pp 289-293
- Sanvido, O., Romeis, J., Gathmann, A., Gielkens, M., Raybould, A., & Bigler, F. (2012). Evaluating environmental risks of genetically modified crops: ecological harm criteria for regulatory decision-making. *Environmental Science & Policy*, 15(1), 82-91.
- Sasal, C., Castiglioni MG., Paz FJ., Wilson MG., Oszust J. (2009) Propiedades hidrológicas edáficas bajo diferentes secuencias de cultivos en siembra directa. Estudios en la zona no saturada del Suelo Vol 9.
- Sánchez-Bayo, Francisco. (2011). Ecological Impacts of Toxic Chemicals, chapter Impacts of Agricultural Pesticides on Terrestrial Ecosystems, pages 63–87..
- Sánchez-Bayo, F., Baskaran, S., & Kennedy, I. R. (2002). Ecological relative risk (EcoRR): another approach for risk assessment of pesticides in agriculture. *Agriculture, ecosystems & environment*, 91(1), 37-57.
- Seralini G.E. Clair, E. Mesnage R. Gress S. Defarge N. Malatesta M. Hennequin D. Spiroux J. (2014) Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize,
- Seralini G.E. Benachour N.. (2009) Glyphosate Formulations Induce Apoptosis and Necrosis in Human Umbilical, *Embryonic, and Placental Cell. Chem. Res. Toxicol*, 22 (1), pp 97–105

- Sonnenfeld D.(1992), Mexico's Green revolution 1940-1980: Towards an environmental story. University of California. Vol 16. No. 4
- Soto Mora, C. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones geográficas*, (50), 173-195.
- Talebi, K., Kavousi, A., & Sabahi, Q. (2008). Impacts of pesticides on arthropod biological control agents. *Pest Technology*, 2(2), 87-97.
- Taylor, N. Fuch R., Macdonald J., Shariff R. Padgett S. (1999) Compositional analysis of glyphosate-tolerant soybeans treated with glyphosate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol 47. Art. 10 pp. 4469-4473
- Thompson, S., Budzinski, H., LeMenach, K., Letellier, M., & Garrigues, P. (2002). Multi-residue analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorobiphenyls, and organochlorine pesticides in marine sediments. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 372(1), 196-204.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Toledo, R. (2003). *Fases de desarrollo del cultivo de soja*. Importancia de la soya en México (económica, social y ambiental) regiones donde se siembra soya Productos derivados de la soya y su comercialización (p. 12). Argentina
- Stark J., Banks E., P. (2003) Population Level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review Of Entomology*. Vol 48 pp. 505-519
- Steinrücken, H. Amrhein N. (1980). The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl-shikimic acid 3-phosphate synthase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. Vol, 94 pp- 1207-1212
- Van der werf, H. (1996) Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol 60. Pp. 81-96
- Vavilov N.I, (1926) Studies on the origin of cultivated plants. *Bulletin of applied botany, and plant breeding*. 16:1-248
- Vendrell, E.; Ferraz, D. G.; Sabater, C. & Carrasco, J. M. (2009). Effect of glyphosate on growth of four freshwater species of phytoplankton: a microplate bioassay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 82, 538-42
- Villanueva Gutierrez R. Echazarreta C. Roubik D.W. Miguel O.Y. (2014) Transgenic soybean pollen (*Glycine max* L.) in honey from the Yucatán peninsula, Mexico,
- Warren, C. S., Parkerton, T. F., Rohde, A. M., Prince, R. C., Manning, R., & Letinski, D. J. (2008). Development of a multimedia model for the fate prediction of hydrocarbon fluids in agrochemical formulations. *Journal of ASTM International*, 5(11).
- Williams, G. M., Kroes, R., & Munro, I. C. (2000). Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 31(2), 117-165.
- Ying Yu<sup>a</sup>, Qi-Xing Zhou 'Adsorption characteristics of pesticides methamidophos and glyphosate by two soil

- Zaller, J. G., Heigl, F., Ruess, L., & Grabmaier, A. (2014). Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. *Scientific reports*, 4.

#### Bibliografía electrónica

- CENECAM. Boletín meteorológico. Disponible en <http://www.cenecam.gob.mx/> (consultada del 24 al 27 de noviembre de 2013)
- CIBIOGEM Registro nacional de OGM. Disponible en <http://www.conacyt.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/registro-nacional-bioseguridad-ogms> (consultada el 18 de mayo de 2014)
- CONAGUA . Sistema de Información nacional del agua, Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/atlas/> (03 de Julio de 2014)
- CONAGUA. Información geográfica del Agua 2006. Disponible en <http://siga.cna.gob.mx/> (consultada el 03 de Julio de 2014)
- DOF, Norma oficial mexicana NOM-164-SEMARNAT/SAGARPA-2013. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5328792&fecha=03/01/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5328792&fecha=03/01/2014) (consultada el 28 de mayo de 2014)
- EPA. Pesticides database. Disponible en <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-federal-insecticide-fungicide-and-rodenticide-act> (consultada el 10 de Julio de 2014)
- FAO/ FAOSTAT. Niveles de producción de soya, Disponible en [stat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/\\*E](http://stat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/*E) (consultada el 10 de abril de 2014)
- Ficha técnica Boral 480. Disponible en <http://www.fmcagroquimica.com.mx/pdf/boral-etq.pdf> (consultada el día 13 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Combat 20. Disponible en <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/legamb/Combat20.pdf> y <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/combata-20-518-3#inicio> (consultado el día 20 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Corax SC. Disponible en <http://www.lapisa.com/ag/ft/FichaTecCoraxSC.pdf> (consultada el día 20 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Denim. Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/denim-19-ce.aspx> (Consultada el día 20 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Durango. Disponible en [http://www.dowagro.com/mx/pdf/herbicidas/Ficha\\_Tecnica\\_DURANGO.pdf](http://www.dowagro.com/mx/pdf/herbicidas/Ficha_Tecnica_DURANGO.pdf) (Consultada el 13 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Flex. Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/flex-biw.aspx> (Consultada el 13 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Fusiflex

- Ficha técnica Fusilade. Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/fusilade-biw.aspx> (consultada el 12 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Herbipol. Disponible en [http://www.polakgrupo.com/index.php?page=shop\\_product](http://www.polakgrupo.com/index.php?page=shop_product) (consultada el 12 de Febrero de 2014)
- Ficha técnica Tamaron 600 Disponible en <http://www.pro-agro.com.mx/prods/bayer/bayer78.htm> (consultada el 20 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Palgus Disponible en [https://www.dowagro.com/mx/pdf/insecticidas/Ficha\\_Tecnica\\_PALGUS.pdf](https://www.dowagro.com/mx/pdf/insecticidas/Ficha_Tecnica_PALGUS.pdf) (consultada el 20 de Febrero de 2014)
- Ficha técnica Pivot Disponible en <http://www.pro-agro.com.mx/prods/basf/basf37.htm> (Consultada el 13 de febrero de 2014)
- Ficha Técnica Piori Disponible en <http://www3.syngenta.com/country/cl/cl/soluciones/proteccioncultivos/Documents/Etiquetas/Piori.pdf> (consultada el 19 de Febrero de 2014)
- Ficha técnica Quilt Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/quilt.aspx> (consultada el 19 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Rimon Disponible en [http://www.adama.com/mexico/es/Images/FT\\_RIMON%20100%20EC\\_tcm43-9958.pdf](http://www.adama.com/mexico/es/Images/FT_RIMON%20100%20EC_tcm43-9958.pdf) (consultada el 20 de febrero de 2014)
- Ficha técnica Solución Faena Fuerte con Transorb. Disponible en <http://www.monsanto.com.mx/faenafuerte.htm> (consultada el 11 de febrero de 2012)
- GMO- Compass. Cultivo de soya genéticamente modificada. Disponible en [http://www.gmo-compass.org/eng/agri\\_biotechnology/gmo\\_planting/](http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/) (consultada el 28 de abril de 2014)
- INEGI Estadísticas del medio ambiente 2013, Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/glosario/default.aspx?clvglo=scma&c=14386&s=est> (consultada el 07 de junio de 2014)
- INEGI ENA. Encuesta Nacional Agropecuaria 2012. Disponible en [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/en\\_a2012/](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/en_a2012/) (consultada el 07 de junio de 2014)
- IUPAC Pesticides properties data base. Disponible en <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/> (consultada el 10 de Julio de 2014)
- Legarreta, M. R. R., & Cuéllar, J. L. J. (2002). Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano del noroeste de Chihuahua, México. *Revista mexicana de Fitopatología*, 20(2), 168-173.
- MONSANTO, Consulta pública para la liberación de soya comercial 007/2012. Disponible en <http://www.senasica.gob.mx/?id=1344>
- NACIONAL FINANCIERA Semillas. Disponible en <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaSemillaSoya.pdf> (consultada el 8 de mayo de 2014)
- OECD Consenso para las variedades de soya. Disponible en [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mo-no\(2012\)24&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mo-no(2012)24&doclanguage=en) (consultada el 13 de mayo de 2014)

- OMS. Contexto de la seguridad química. Disponible en [www.who.int/entity/ifcs/documents/forums/forum5/colombiango.pdf](http://www.who.int/entity/ifcs/documents/forums/forum5/colombiango.pdf) (consultada el 8 de abril de 2014)
- Reyes, G., Chaparro-Giraldo, A., & Ávila, K. (2010). Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), 151-162.
- RLBOGM. Artículo 18 Fracción VII. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/pot2009/XIV%20Marco%20Normativo/Reg%20LBOGM.pdf> (consultada el 28 de mayo de 2014)
- SAGARPA. Estudios de mercado. Disponible en [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/GRANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf) (consultada el 02 de junio de 2014)
- SEMARNAT SIGEIA. (2014) Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental . Disponible en <http://mapas.semarnat.gob.mx/SIGEIA5e5PUBLICO/BOS/Bos.php#> (consultada el 13 de agosto de 2014)
- SENASICA. Estatus de solicitudes 2009-2014. Disponible en <http://www.senasica.gob.mx/?doc=25576>. (consultada el 17 de mayo de 2014)
- SIAP. Producción agropecuaria anual de soya. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (consultada el 05 de mayo de 2014)
- UBAR. Riesgo de Plaguicidas en argentina. Disponible en <http://malezas.agro.uba.ar/ripest/> (consultada el 16 de Julio de 2014)
- USDA. Adopcion de cultivos GM. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us.aspx> (consultada el 20 de mayo de 2014)

## 12. ANEXOS

### DATOS DUROS DEL ANALISIS DE EIQ DE USO EN CAMPO Y ECOLOGICO

Convencional	Insumo	IA	Nombre	Ha	app.	/Ha	L	hectáreas	i.a/L	campo	C	T	E
Huasteca 200	herbicida	Imazethaphyr	Pivot	80	1	2	100	16,000.00	10.50%	3.5	10.61	15.62	32.49
Huasteca 200	herbicida	Fluazifop-p.butil	Fusiflex	80	1	1	125	10,000.00	12.50%	3.1	3.33	10.65	72.15
Huasteca 200	herbicida	Fomesafen	Fusiflex	80	1	1	250	20,000.00	12.50%	2.6	8.83	31.95	32.59
Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	80	1	0.5	200	8,000.00	24%	3.7	5.9	13.8	89.35
Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	80	1	0.5	600	24,000.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	30	2	2	0.4 82	57.84	48%	18.9	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20,	30	1	0.5	200	3,000.00	24%	3.7	5.9	13.8	89.35
GM	insecticida	metamidofos	metamidofos	30	1	0.5	600	9,000.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	60	2	2	0.4 82	115.68	48%	18.9	3	8	35
GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	60	1	0.1	200	1,200.00	2%	0	4	9	65.85
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	60	1	1	200	12,000.00	24%	7.5	5.9	13.8	89.35
GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	60	1	0.3	600	10,800.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	fungicida	Azoxystrobin	Priori	60	1	0.9	250	13,500.00	25%	5.2	6.05	8.1	66.62
Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	80	1	1	0.4 82	38.56	48%	5.4	3	8	35
Huasteca 200	herbicida	Fluazifop-p.butil	Fusiflex	80	1	0.6	125	6,000.00	13%	1.8	3.33	10.65	72.15
Huasteca 200	herbicida	Fomesafen	Fusiflex	80	1	0.6	125	6,000.00	13%	1.6	8.83	31.95	32.59
Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	80	1	0.5	200	9,600.00	24%	3.7	5.9	13.8	89.35
Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	80	1	0.5	600	24,000.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	1	0.4 82	7.71	48%	5.4	3	8	35
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	3	0.4 82	23.14	48%	14	3	8	35
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	2	0.4 82	15.42	48%	9.3	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	16	1	0.5	200	1,600.00	24%	3.7	5.9	13.8	89.35
GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	16	1	0.5	600	4,800.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	300	2	2	0.4 82	578.40	48%	18.9	3	8	35
GM	insecticida	Spinetoram	Palgus	300	1	0.3	60	5,400.00	5.87%	0.4	6.9	2.45	73.98
GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	300	1	0.3	19. 2	1,728.00	2.12%	0.1	4	9	65.85
GM	insecticida	Novaluron	Rimon	300	1	0.3	100	9,000.00	10%	0.40	3	6	34
GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	300	1	1	75	22,500.00	11.79%	3.2	19	12	63.9
Huasteca 200	Herbicida	2,4-D amina	Herbipol	85	1	1	0.7 2	61.20	66.80%	11.8	7	24	31
Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	85	2	2	0.4 82	163.88	48%	9.3	3	8	35
Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	85	1	1	200	17,000.00	24%	7.5	5.9	13.8	89.35
Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	85	1	0.3	600	15,300.00	60%	9.4	9.5	45	56
Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	quilt	85	1	0.5	75	3,187.50	11.79%	1.6	19	12	63.9
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	3.5	1	2	0.4 82	3.37	48%	9.3	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	3.5	2	0.25	200	350.00	24%	1.9	5.9	13.8	89.35
GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	3.5	1	0.25	600	525.00	60%	9.4	9.5	45	56
GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	3.5	1	0.5	75	131.25	11.79%	1.6	19	12	63.9
Huasteca 200	Herbicida	2,4-D amina	Herbipol	8	1	3	0.72	17.28	66.80%	35.4	7	24	31
Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	8	1	3	0.482	11.57	48%	14	3	8	35
Huasteca 200	herbicida	Sulfentrazone	Boral 480	8	1	1	375	3,000.00	39.65%	4	8	6	21..

Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	8	1	1	200	1,600.00	24%	7.5	5.9	13.8	89.3
Huasteca 200	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	8	1	0.5	19.2	76.80	2.12%	0.2	4	9	65.1
Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	quilt	8	1	0.5	75	300.00	11.79%	1.6	19	12	63.1
GM	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	5	1	3	0.72	10.80	66.80%	35.4	7	24	31
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	5	1	3	0.482	7.23	48%	14	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	5	1	1	200	1,000.00	24%	7.5	5.9	13.8	89.3
GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	5	1	0.5	19.2	48.00	2.12%	0.2	4	9	65.1
GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	5	1	0.5	75	187.50	11.79%	1.6	19	12	63.1
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	24	1	3	0.482	34.70	48%	14	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	24	1	0.3	200	1,440.00	24%	2.2	5.9	13.8	89.3
GM	insecticida	Imidaclorid	Corax SC	24	1	0.1	201	482.40	18.80%	0.6	10.35	6.9	92.1
GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	24	1	1	19.2	460.80	2.12%	0.5	4	9	65.1
GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	24	1	0.75	75	1,350.00	11.79%	2.4	19	12	63.1
GM	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	150	1	0.5	0.72	54.00	66.80%	5.9	7	24	31
GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	150	1	1	0.482	72.30	48%	5.4	3	8	35
GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20,	150	1	0.4	200	12,000.00	24%	3	5.9	13.8	89.3
GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	150	1	0.15	19.2	432.00	2.12%	0.1	4	9	65.1
GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	150	1	0.75	75	8,437.50	11.79%	2.4	19	12	63.1
GM	fungicida	Azoxystrobin	Priori	150	1	0.25	250	9,375.00	25%	1.4	6.05	8.1	66.1
Huasteca 200	herbicida	Fomesafen	Flex	850	1	1	125	106,250.00	25.00%	5.2	8.83	31.95	32.1
Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	850	1	2	0.482	819.40	48%	9.3	3	8	35
Huasteca 200	herbicida	Fluazifop-p-butil	Fusilade	850	1	3	125	318,750.00	12.50%	9.2	3.33	10.65	72.1
Huasteca 200	herbicida	Hidroxifosfato natural	Segador	850	1	2							
Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	850	1	0.4	200	68,000.00	24%	3	5.9	13.8	89.3
Huasteca 200	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	850	1	0.15	19.2	2,448.00	2.12%	0.1	4	9	65.1
Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	Quilt	850	1	0.75	75	47,812.50	11.79%	2.4	19	12	63.1
Huasteca 200	fungicida	Azoxystrobin	Priori	850	1	0.25	250	53,125.00	25%	5.2	6.05	8.1	66.1

ID	GM/ Convencional	Insumo	IA	Nombre	Ha	No. de app.	Dosis /Ha	EIQ del ingrediente activo	EIQ campo con formula	EIQ eco= ecologico*IA*dosis*
1	Huasteca 200	herbicida	Imazethaphyr	Pivot	80	1	2	19.57	4.1097	6.8229
1	Huasteca 200	herbicida	Fluazifop-p.butil	Fusiflex	80	1	1	28.7	3.5875	9.01875
1	Huasteca 200	herbicida	Fomesafen		80	1	1	24.46	3.0575	4.07375
1	Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	80	1	0.5	36.4	4.368	10.722
1	Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	80	1	0.5	36.8	11.04	16.8
1	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	30	2	2	15.33	29.4336	67.2
1	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	30	1	0.5	36.4	4.368	10.722
1	GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	30	1	0.5	36.8	11.04	16.8
2	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	60	2	2	15.3	29.376	67.2
2	GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	60	1	0.1	26.3	0.055756	0.139602
2	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	60	1	1	36.4	8.736	21.444
2	GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	60	1	0.3	36.8	6.624	10.08
2	GM	fungicida	Azoxystrobin	Priori	60	1	0.9	26.92	6.057	14.9895
3	Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	80	1	1	15.3	7.344	33.6
3	Huasteca 200	herbicida	fluazifop-p.butil	Fusiflex	80	1	0.6	28.7	2.2386	5.6277
3	Huasteca 200	herbicida	Fomesafen	Fusiflex	80	1	0.6	24.5	1.911	2.54202
3	Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	80	1	0.5	36.4	4.368	10.722
3	Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	80	1	0.5	36.8	11.04	16.8
3	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	1	15.3	7.344	16.8
3	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	3	15.3	22.032	50.4
3	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	16	1	2	15.3	14.688	33.6
3	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	16	1	0.5	36.4	4.368	10.722
3	GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	16	1	0.5	36.8	11.04	16.8
4	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	300	2	2	15.3	29.376	67.2
4	GM	insecticida	Spinetoram	Palgus	300	1	0.3	27.8	0.489558	1.3027878
4	GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	300	1	0.3	26.3	0.167268	0.418806
4	GM	insecticida	Novaluron	Rimon	300	1	0.3	14.3	0.429	1.02
4	GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	300	1	1	31.6	3.72564	7.53381
5	Huasteca 200	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	85	1	1	20.7	14.904	22.32
5	Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	85	2	2	15.3	29.376	33.6
5	Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	85	1	1	36.4	8.736	21.444
5	Huasteca 200	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	85	1	0.3	36.8	6.624	10.08
5	Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	quilt	85	1	0.5	31.6	1.86282	3.766905
6	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	3.5	1	2	15.3	14.688	33.6

6	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	3.5	2	0.25	36.4	4.368	10.722
6	GM	insecticida	Metamidofos	Metamidofos	3.5	1	0.25	36.8	5.52	8.4
6	GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	3.5	1	0.5	31.6	1.86282	3.766905
7	Huasteca 200	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	8	1	3	20.7	44.712	66.96
7	Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	8	1	3	15.3	22.032	50.4
7	Huasteca 200	herbicida	Sulfentrazone	Boral 480	8	1	1	11.7	4.63905	8.4058
7	Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	8	1	1	36.4	8.736	21.444
7	Huasteca 200	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	8	1	0.5	26.3	0.27878	0.69801
7	Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	Quilt	8	1	0.5	31.6	1.86282	3.766905
7	GM	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	5	1	3	20.7	44.712	66.96
7	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	5	1	3	15.3	22.032	50.4
7	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	5	1	1	36.4	8.736	21.444
7	GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	5	1	0.5	26.3	0.27878	0.69801
7	GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	5	1	0.5	31.6	1.86282	3.766905
8	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	24	1	3	15.3	22.032	50.4
8	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	24	1	0.3	36.4	2.6208	6.4332
8	GM	insecticida	Imidacloprid	Corax SC	24	1	0.1	36.7	0.68996	1.746144
8	GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	24	1	1	26.3	0.55756	1.39602
8	GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	24	1	0.75	31.6	2.79423	5.6503575
9	GM	Herbicida	2,4-D, Amina	Herbipol	150	1	0.5	20.7	7.452	11.16
9	GM	herbicida	Glifosato	Solucion Faena	150	1	1	15.3	7.344	16.8
9	GM	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	150	1	0.4	36.4	3.4944	8.5776
9	GM	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	150	1	0.15	26.3	0.083634	0.209403
9	GM	fungicida	Propiconazole	Quilt	150	1	0.75	31.6	2.79423	5.6503575
9	GM	fungicida	Azoxystrobin	Priori	150	1	0.25	26.9	1.68125	4.16375
9	Huasteca 200	herbicida	Fomesafen	Flex	850	1	1	24.5	6.125	8.1475
9	Huasteca 200	herbicida	Glifosato	Durango	850	1	2	15.3	14.688	33.6
9	Huasteca 200	herbicida	Fluazifop-p-butyl	Fusilade	850	1	3	28.7	10.7625	27.05625
9	Huasteca 200	herbicida	Hidroxifosfato natural	Segador	850	1	2			0
9	Huasteca 200	insecticida	Cipermetrina	Combat 20	850	1	0.4	36.4	3.4944	8.5776
9	Huasteca 200	insecticida	Benzoato de emamectina	Denim	850	1	0.15	26.3	0.083634	0.209403
9	Huasteca 200	fungicida	Propiconazole	Quilt	850	1	0.75	31.6	2.79423	5.6503575
9	Huasteca 200	fungicida	Azoxystrobin	Priori	850	1	0.25	26.9	1.68125	4.16375

## Encuesta utilizada en campo

Nombre del Encuestador: _____	
Estado: _____	Municipio: _____
Fecha: _____	Localidad: _____
Coordenadas de la Localidad: _____ ° _____ ' _____ "N; _____ ° _____ ' _____ " W	
Num. de Encuesta: _____	

### Datos Generales

Nombre del Productor: _____	Edad: _____
_____ Experiencia: _____	
Nivel de Educación: _____	Dirección: _____
_____ Es su principal actividad la producción agrícola: _____ Si	

### Características de la Siembra

Nombre de parcela	Área (has)	Régimen de propiedades de parcelas	Localización (coordenadas)	
			X	Y
1.-		Comunal		
2.-		Propio		
		Prestado		
		Rentado		
3.-				
4.-		Otro		
5.-				

Parcela	Fecha de siembra	Variedad	Si siembra mas de una variedad de soya, estas la siembra:	
			Mezcladas	Separadas

1.5 ¿Lo que sembró éste año regularmente lo siembra en cada una de sus parcelas?..... \_\_\_\_\_ SI NO Indicar motivo del cambio

**Características del Manejo agronómico**

HERBICIDA						Etapa de aplicación		
Sup. tratada	Producto	dosis	IA	MODO/ METODO DE APLICACIÓN	FECHA DE APLICACION	PRE	SIEMBRA	POST

INSECTICIDA						Etapa de aplicación		
Sup. tratada	Producto	dosis	IA	MODO/ METODO DE APLICACIÓN	FECHA DE APLICACION	PRE	SIEMBRA	POST

FUNGICIDA						Etapa de aplicación		
Sup. tratada	Producto	dosis	IA	MODO/ METODO DE APLICACIÓN	FECHA DE APLICACION	PRE	SIEMBRA	POST