

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA0



Evaluación del Control de Maleza Mediante la Aplicación de Glifosato de Patente y Genérico en el Cultivo de Algodón Transgénico

Por:

MARTÍN VÁZQUEZ MORALES

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación del Control de Maleza Mediante la Aplicación de Glifosato de Patente y
Genérico en el Cultivo de Algodón Transgénico

Por:


MARTÍN VÁZQUEZ MORALES


TESIS

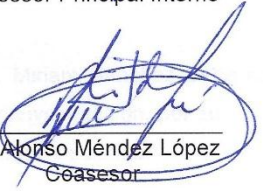
Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

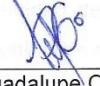
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobado por el Comité de Asesoría:


M.C. Arturo Coronado Leza
Asesor Principal Interno


Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo


Dr. Alonso Méndez López
Coasesor


M.C. José Guadalupe Ontiveros Guerra
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2019

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a *Dios Padre* por todas las bendiciones que me ha regalado a lo largo de mi vida, guiar mis pasos día a día y por darme la oportunidad de culminar una de mis metas en esta vida, que sin sus bendiciones nada de esto fuera posible.

A mi *Alma Mater* por ser la casa de estudios en la cual tuve la oportunidad de realizarme como persona y profesionalmente, para tener mayores oportunidades en la vida.

De este mismo modo, extendiendo el agradecimiento a todas las casas de estudios y docentes que formaron parte de mi educación y preparación en todas las etapas de mi vida y que con sus enseñanzas pude afrontar todo aquello que se fue presentando en mi caminar.

A la Dra. Miriam Sánchez Vega por darme la oportunidad de participar en este trabajo de investigación, por su tiempo, dedicación, contribución de conocimientos y esfuerzo para culminar.

DEDICATORIA

A **Dios Padre** que me acompaña en mi diario caminar, y nunca me abandona con sus bendiciones.

A mis padres **Martiniano Vázquez Gomes** y **Natividad Morales Cruz**, primeramente, por darme la vida, y estar siempre pendiente cuando he necesitado de ellos, por cuidar de mi desde que estaba en el vientre de mi madre hasta estos días de mi vida, por sus sabios consejos que en cada etapa de mi vida me hacían saber, por el apoyo incondicional que me ofrecieron en los momentos difíciles por los cuales he pasado, su dedicación y sacrificio que han hecho, con tal de ver realizado uno de mis sueños en la vida.

A mis hermanos, Idolina, Vilga, Araceli, Everardo, Aroldo, Apolonio, Wilder y Mayrani, que al convivir desde pequeños demostraron su cariño y apoyo, y que en conjunto compartimos momentos buenos y malos y sobre todo de felicidad los cuales nos han fortalecido como familia y personas.

A mi novia Marleni López Santizo, que siempre estuvo conmigo apoyando y aconsejando en cada momento que lo necesite, por sus palabras de aliento en situaciones difíciles y motivarme a siempre dar lo mejor de mí.

A mis familiares que constantemente me aconsejaron para salir adelante y nunca desviar mi objetivo y sueños.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Objetivo	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	2
Generalidades del Glifosato.....	3
Las formas comerciales del glifosato.....	4
El mecanismo de acción del glifosato.....	4
Toxicidad.....	5
Glifosato en el mundo	6
Glifosato en el suelo y en los sedimentos.....	8
Glifosato genérico y de patente.....	8
El glifosato y los cultivos transgénicos	9
Importancia de las Malezas en la Agricultura.....	10
Importancia de los Cultivos GM	10
Importancia del Algodón	11
Algodón transgénico.....	11
Algodón tolerante al glifosato	13
Malezas Resistentes al Herbicida	13

La resistencia y su selección.....	13
Biotipos de maleza resistentes.....	14
MATERIALES Y METODOS	16
Ubicación del Experimento	16
Establecimiento del Experimento.....	16
Características del Híbrido de Algodón.....	17
Características de los Tratamientos.....	17
Variables Evaluadas	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Identificación de Familias y Especies de Maleza	22
Número de Maleza	23
Porcentaje de control:.....	26
Estimación del Grado de Competencia de la Maleza.....	28
CONCLUSIÓN.....	30
LITERATURA CONSULTADA.....	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Familias de maleza colectada en el cultivo de algodón en el rancho "Rincón del Buitre", UAAAN. Región productora de La laguna, municipio de San Pedro, Coahuila, México, 2018.....	22
Cuadro 2. Análisis no paramétrico de la varianza, por la prueba de Kruskal-Wallis, sobre la variable número de maleza presente en el cultivo de algodón, después de haber sido tratado con glifosato a los 45 y 60 días después de la segunda aplicación. San Pedro, Coahuila, México, 2018.....	24
Cuadro 3. Análisis no paramétrico de la varianza, por la prueba de Kruskal-Wallis, sobre la variable número de maleza presente en el cultivo de algodón, después de haber sido tratado con glifosato a los 80 días después de la segunda aplicación. San Pedro, Coahuila, México, 2018.....	24
Cuadro 4. Comparación de medias (Ducán; $\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, en la variable porcentaje de control de maleza con herbicidas a base de glifosato. San Pedro, Coahuila, México, 2018.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del experimento, "Rancho el Rincón del Buitre", localidad del Retiro del municipio de San Pedro, Coahuila, México.....	16
Figura 2. Presencia de maleza por Familia, en el cultivo del algodón GM, a los 60 y 80 días después de la segunda aplicación (ddsa). San Pedro, Coahuila, México, 2018.....	26
Figura 3. Comparación de medias por la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0.05$), en la variable porcentaje de control en maleza que interacciona con el cultivo del algodón. San Pedro, Coahuila, México. 2018.....	28

RESUMEN

A los herbicidas hay que aplicarlos en cultivos específicos sobre los cuales se tenga selectividad y dentro del rango de dosis y recomendaciones señaladas en la etiqueta a fin de evitar problemas futuros como lo es la resistencia. Por otro lado, las formulaciones genéricas tienen el mismo ingrediente activo que las de patente, pero los ingredientes inertes pueden ser diferentes, en ocasiones, el uso de ingredientes inertes diferentes, causa que su efectividad sea menor o más lenta.

La presente investigación se desarrolló en el Rancho el Rincón del Buitre, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en la localidad del Retiro del municipio de San Pedro, Coahuila, México. El experimento se estableció en el ciclo P-V del 2018, con el objetivo de determinar el efecto que ejercen los diferentes herbicidas de patente y genéricos con glifosato como ingrediente activo, sobre el control de maleza en el cultivo de algodón genéticamente modificado (GM), tolerante a herbicida. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; el híbrido de algodón GM que se utilizó fue el FM2334 GLT, los tratamientos fueron herbicidas con ingrediente activo glifosato (T1: Noble®, T2: Glyfos®, T3: Faena Fuerte®, T4: Rondo Super®, T5: Glyf 360®, T6: testigo sin aplicación). Faena Fuerte® representó al producto de patente y los demás a los genéricos.

El análisis de varianza de la variable porcentaje de control identificó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, en tanto que, el daño sobre las malezas que interacciona dentro del cultivo de algodón GM, se encontró a Faena Fuerte® y Glyf 360® con 100% de control de malezas, el resto de los herbicidas presentaron un rango de control de 75% a 87.5%. En este estudio se identificaron 24 especies de malezas, las cuales se agruparon en siete familias asociadas al cultivo. Algunas de las especies que prevalecieron hasta el final del ciclo productivo del cultivo, se han reportado como especies resistentes al glifosato.

Palabras clave: glifosato, herbicida sistémico, modo de acción, inhibidores de aminoácidos aromáticos, resistencia de maleza.

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas deben ser utilizados sobre cultivos específicos para los cuales tengan selectividad y dentro del rango de dosis y recomendaciones señaladas en la etiqueta. Si se aplica menos de las dosis establecidas no se controla la maleza. Si se aplica una dosis muy alta, se puede dañar al cultivo actual o tener problemas de residualidad (Pitty, 1995).

El herbicida glifosato fue descubierto en el año 1970, pertenece al grupo químico de las glicinas sustituidas, las cuales bloquean la síntesis de aminoácidos, es un herbicida organofosforado con amplio espectro de acción, sistémico, no selectivo y usado en post-emergencia; se aplica principalmente en zonas agrícolas y no cultivadas para el control de las malas hierbas y vegetación. Es el herbicida más usado en el mundo (Baylis, 2000), gracias a su rápida degradación en los suelos (Quinn *et al.*, 1988).

Comúnmente está disponible como una formulación de líquido soluble de la sal isopropylamina, con diferentes surfactantes y cantidad de ingrediente activo. El glifosato solamente entra en la planta por vía del tejido verde fotosintéticamente activo y es móvil por vía apoplásto y simplásto. Se mueve hacia los meristemas y puntos de crecimiento; las hojas presentan clorosis y necrosis después de unos pocos días a una semana (Monsanto, 2008).

Actualmente, los grupos de herbicidas en los que se ha reconocido más situaciones de resistencia son los inhibidores de la ACCasa, las triazinas y los inhibidores de la ALS, destaca también el grupo de las glicinas, específicamente el glifosato, por el aumento continuo de casos que se tienen (Powles y Preston, 2006).

El uso continuo de glifosato puede causar un cambio de las malezas en una zona, aumentando la frecuencia de las malezas tolerantes (Monquero y Christoffoleti, 2003); además ha llegado a causar problemas ambientales con efectos directos e indirectos en los agroecosistemas. Con la introducción de cultivos transgénicos resistentes, el uso de este producto se incrementó 15 veces desde 1996, al día de hoy 44 especies de malezas han adquirido resistencia al glifosato en 37 países, la dependencia a este herbicida a futuro dará como resultado la resistencia múltiple

en las malezas, no solo en México, sino en el mundo (Heap, 2019). El uso de diversas formulaciones de herbicidas con este ingrediente activo, así como la mala aplicación en campo pueden llegar a favorecer casos importantes de biotipos resistentes a este producto.

Justificación

La resistencia es la habilidad inherente de una maleza o de un biotipo cultivado para sobrevivir a la aplicación de un herbicida, al cual la población original es susceptible, debido a que el glifosato es uno de los herbicidas más empleado, sobre todo en cultivos genéticamente modificados (GM), diseñados con tolerancia a este producto, se sabe que existe alta presión de selección en los campos de producción de estos cultivos. Se ha detectado que los campos producidos con algodón(GM) tolerantes al glifosato presentan mayor número de malezas y es posible detectar biotipos de plantas que permanecen en el campo y desarrollan todo su ciclo, principalmente en terrenos donde las aplicaciones para el control de la maleza se han hecho con productos genéricos a este ingrediente activo, ocasionando daños irreversibles en el cultivo, por tal motivo, en esta investigación se evaluó el efecto de los herbicidas a base de glifosato, tanto de patente como genéricos en la malezas que interaccionan con el cultivo del algodón(GM).

Objetivo

Determinar el efecto que ejercen los diferentes herbicidas genéricos y de patente con glifosato como ingrediente activo, sobre el control de maleza en el cultivo de algodón genéticamente modificado (GM), tolerante a herbicida.

Hipótesis

El control de la maleza con productos comerciales de patente con ingrediente activo glifosato es mayor al control que se puede alcanzar con los productos genéricos, debido a las características de los diferentes ingredientes inertes, de cada formulación, lo cual causa que su efectividad sea menor.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Glifosato

La formulación de glifosato más conocida es la sal isopropilamina con tres componentes básicos: el ingrediente activo, un agente tenso-activo y agua (Giesy, 2000). Inició su comercialización en 1974; normalmente se distribuye como concentrados solubles en agua y polvos, debido a que estas sales son iónicas y altamente polares. Entre diferentes formulaciones las sales catiónicas son más tóxicas que las aniónicas. Cuando se usa de acuerdo a las indicaciones puede ser seguro a la salud humana (William *et al.*, 2000).

El nombre químico del glifosato es N-fosfometilglicina, un ácido que pertenece al grupo de los herbicidas organofosforados y cuyo principal producto de degradación es el metabolito ácido fosfónico aminometil (AMPA, por sus siglas en inglés) (Contardo-Jara *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2011). En grado técnico, el glifosato es un polvo cristalino incoloro, inoloro, poco soluble en agua (1.2% a 25 °C) e insoluble en otros solventes debido a los fuertes puentes de hidrógeno intramoleculares que genera (SIDCA, 2009; Pérez *et al.*, 2011). A pesar de esto, varias sales derivadas del glifosato tienen una solubilidad mayor sin perder la capacidad herbicida que caracteriza al compuesto original (Pérez *et al.*, 2011).

El glifosato [(N-(fosfometil) glicina)] se degrada a ácido aminometil fosfónico (AMPA), principal producto de degradación en agua, plantas y suelos (Janet *et al.*, 2009). El glifosato también se adsorbe a los suelos, sin embargo, su comportamiento en suelos puede variar en función de las características del suelo como contenido de óxidos de hierro y aluminio, materia orgánica, arcilla y pH del suelo (Morillo *et al.*, 2000). La degradación microbológica es la causa principal de su pérdida con la liberación de dióxido de carbono (Cesare *et al.*, 2005).

Las formas comerciales del glifosato

Generalmente contienen algunos ingredientes inertes o adyuvantes, los cuales principalmente son agentes tensoactivos o surfactantes y compuestos antiespumantes (Jeyaratnam y Maroni, 1994; SIDCA, 2009). Los surfactantes son sustancias químicas que reducen la tensión superficial del líquido en el que están disueltos y disminuyen la permeabilidad de las membranas, perturbando el transporte a través de éstas; los compuestos antiespumantes son aditivos químicos que reducen y dificultan la formación de espuma en procesos industriales (Storm, 2012; Mesnage *et al.*, 2013). Algunos ingredientes inertes incluidos en formulaciones de glifosato son el polioxietileno alquilamina (POEA), el propilenglicol, la glicerina, el sulfito de sodio, el benzoato de sodio, el ácido sórbico, la sal de sodio de o-fenilfenol, el metil p- hidroxibenzoato, el 3-yodo-2-propinilbutyl carbamato, entre otros (SIDCA, 2009). Numerosas investigaciones han demostrado que los coadyuvantes les confieren mayor toxicidad a los plaguicidas sobre los organismos, razón por la cual es poco común que en las etiquetas de los productos se listen los componentes en su totalidad. Una de las formulaciones comerciales de glifosato más empleadas a nivel mundial es el Roundup®, el cual contiene sal isopropilamina (IPA) (35-50%), además de los ingredientes inertes, entre los que resalta el POEA el cual es altamente tóxico y está presente en un 15-18% del producto (Pérez *et al.*, 2011).

El mecanismo de acción del glifosato

El glifosato es un herbicida de tipo sistémico, lo que indica que se moviliza por el xilema y floema, llegando a todos los órganos de la planta. Al ser aplicado entra en contacto con la superficie de las hojas, para luego ser absorbido por las células y transportado hacia las fuentes de síntesis y almacenamiento de azúcares, tales como los brotes, las raíces y los tejidos meristemáticos (Pérez *et al.*, 2011). Una vez allí interviene en la ruta del ácido shikímico durante la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos, por medio de la inhibición de la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3 fosfato sintetasa (EPSP), lo que impide la producción de ácido

corísmico, el cual es precursor de diversos compuestos aromáticos en bacterias, hongos y plantas (Duke y Powles, 2008). Los compuestos aromáticos esenciales generados por estos organismos son usados en la síntesis de proteínas y en la elaboración de productos secundarios de las plantas, entre los que cabe mencionar los promotores e inhibidores de crecimiento, los precursores de lignina, los flavonoides, los taninos y otros compuestos fenólicos (Relyea, 2005; Pérez *et al.*, 2011).

El glifosato ejerce su acción herbicida a través de la inhibición de la enzima 5-enolpiruvil-shikímato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), impidiendo que las plantas elaboren tres aminoácidos aromáticos esenciales (fenilalanina, tirosina y triptófano) para su crecimiento (Della-Cioppa *et al.*, 1986).

Toxicidad

Diferentes estudios muestran que el glifosato es nocivo para el organismo humano, ya que causa toxicidad en células humanas placentarias, actúa como un disruptor endocrino en la actividad de la aromatasa, puede alterar la estructura del ADN en otro tipo de células como las de mamíferos, Roundup® puede provocar toxicidad *in vitro* en células humanas así como provocar muerte celular en el hígado (Richard *et al.*, 2005) otros autores afirman que el uso de Roundup® no provoca efectos adversos en el desarrollo, reproducción o sistema endocrino (Williams *et al.*, 2000).

La toxicidad del glifosato, con base en la cual se ha establecido que no es tóxico para los mamíferos, se resumen en los siguientes puntos (MacBean, 2009):

- DL₅₀ oral aguda igual a 56 000 mg·Kg⁻¹.
- En ratas 11300 mg·Kg⁻¹ y en ratones DL₅₀ percutánea aguda en piel y ojos mayor a 5000 mg·Kg⁻¹.
- Irritación moderada en ojos, no irritante en la piel (en conejos) CL₅₀ de inhalación mayor a 12.2 mg·L⁻¹ de aire (4h)

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ubica al glifosato en categoría III de toxicidad por ser irritante en los ojos. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica de categoría IV de toxicidad aguda para exposición oral, dérmica e inhalación. Algunas formulaciones comerciales que contienen este agrotóxico se encuentran en la categoría I y II de toxicidad, debido a que la mezcla con otras sustancias causa la irritación primaria de los ojos o la irritación de la piel. Los síntomas por contacto, de formulaciones comerciales que contienen glifosato, en seres humanos incluyen irritaciones dérmicas, oculares, náuseas, mareos, edema pulmonar, descenso de la presión sanguínea, reacciones alérgicas, dolor abdominal, vómitos, pérdida de conciencia, destrucción de glóbulos rojos y falla renal (EPA, 2000).

Glifosato en el mundo

Aunque el glifosato se ha utilizado en la agricultura desde su descubrimiento como herbicida, es a partir de la introducción de cultivos genéticamente modificados tolerantes a esta sustancia que su uso aumentó considerablemente. Se estima que en 2014 se aplicaron 747 millones de toneladas de glifosato en un aproximado de 1400 millones de hectáreas de terreno arable a nivel mundial (Benbrook, 2016).

Este herbicida se emplea en 130 países entre ellos: Estados Unidos, Brasil, Argentina, Paraguay, Perú, México y Colombia, quienes registran el uso del glifosato para el control de malezas de cultivos como maíz, frijol, trigo, tomate, vid, sorgo, papa, caña de azúcar, café, plátano y algunos cítricos, entre otros. Sin embargo, el verdadero aporte a las estadísticas del uso del glifosato se atribuye a la introducción de los cultivos genéticamente modificados (GM), específicamente aquellos resistentes al glifosato (GR), los que comenzaron a comercializarse en Estados Unidos desde el año 1996 (Salazar y Aldana, 2011; Mink *et al.*, 2012). El primer cultivo GR introducido en el mercado fue la soya, seguida por el algodón, maíz, canola, alfalfa y remolacha azucarera (Pérez *et al.*, 2011).

Los cinco principales países que lideraron las mayores extensiones cultivadas con algodón transgénico para el año 2018, fueron Estados Unidos (75 millones de

hectáreas), Brasil (51.3), Argentina (23.9), Canadá (12.7) e India (11.6), lo que da una superficie de 174.5 millones de hectáreas, esto representa el 91% de la superficie global de cultivos biotecnológicos de un total de 191.7 millones de hectáreas, donde se evidencia en este sentido y para esa superficie, el uso continuo y elevado de glifosato (ISAAA, 2018).

El glifosato en México

De acuerdo a la Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos, A.C., el mercado de agroquímicos en México tiene un valor anual aproximado de 15684 millones de pesos; los plaguicidas son el segundo insumo de mayor valor para la producción agrícola, después de los fertilizantes (COFECE, 2015).

Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indican que entre los años 2009 y 2010 en México se aplicaron aproximadamente 4.55 toneladas de plaguicidas por cada 1000 hectáreas; sólo en 2013 se aplicaron 31,195 toneladas de herbicidas (Arellano y Rendón, 2016).

En México el uso de plaguicidas es de 122,990 toneladas anuales, siendo el glifosato el herbicida más consumido por su bajo costo, sus diversas formas de comercialización bajo los nombres de Agroma®, Aquamaster®, Cacique 480®, Eurosato®, Faena®, Glyfos®, Lafam®, Mamba®, Nobel 62%®, Roundup®, Ramrod®, Sankill®, entre otros, con glifosato como ingrediente activo, en sus múltiples presentaciones incluidas el concentrado, el gránulo, líquido y polvo soluble, la solución concentrada y la solución acuosa, las cuales se expenden en concentraciones de $350 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ a $720 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de ingrediente activo (IA) (Salazar y Aldana, 2011; García-Gutiérrez y Rodríguez-Mesa, 2012; Arellano-Aguilar y Montero-Montoya, 2017). Según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), el glifosato se considera un herbicida ligeramente tóxico (grado IV de toxicidad) (COFEPRIS, 2009).

Glifosato en el suelo y en los sedimentos

Las sales derivadas del glifosato son altamente solubles en agua (10,000 a 15,700 mg·L⁻¹ a 25 °C) y se fijan con relativa facilidad a las partículas de suelo. La vida media estimada para este herbicida tiene un amplio rango que va de 1.7 a 142 días, lo que es debido a algunos factores, siendo el más importante la biología del suelo, de la cual dependerá la degradación del herbicida (Annett *et al.*, 2014). Otros factores que afectan la disponibilidad del glifosato en el suelo son la composición mineralógica, el pH, el contenido de fosfatos y la cantidad de materia orgánica, además del tipo de metabolito en contacto con el suelo, es decir, si se trata de glifosato puro, AMPA o productos comerciales (Annett *et al.*, 2014). Comparativamente con otros pesticidas, el glifosato tiene una adsorción muy alta debido a los tres grupos funcionales con los que cuenta (carboxilo, amino y fosfato), característica que se facilita por los diferentes minerales del suelo. Además, al ser un ácido poliprótico a pH de 4–8 forma aniones mono y divalentes los cuales son altamente afines por cationes trivalentes tales como Al³⁺ y Fe³⁺ (Borggaard y Gimsing, 2008). El pH y el contenido de materia orgánica son inversamente proporcionales a la absorción de glifosato en el suelo, de esta manera a medida que incrementa el pH y el contenido de materia orgánica mayor es la disponibilidad del herbicida, facilitando su lixiviación y escorrentía a las fuentes de agua subterráneas o superficiales cercanas (Barja y Dos Santos, 2005). Otro factor que afecta la fijación de glifosato en el suelo es el contenido de moléculas fosfatadas, las cuales compiten por los sitios de absorción con este herbicida (por el grupo fosfato que posee), de esta manera, cuando la concentración de fósforo es alta, como en el caso de suelos fertilizados con fosfatos, el glifosato no es fijado al sedimento (Tu *et al.*, 2001; Duke y Powles, 2008; Annett *et al.*, 2014).

Glifosato genérico y de patente

La compañía Monsanto introdujo en 1974 el glifosato con el nombre comercial Roundup® del cual obtenía aproximadamente el 40% de sus ingresos. La patente

para los Estado Unidos de este herbicida expiró en el año 2000, desde ese año cualquier persona puede producir glifosato y venderlo comercialmente con distinto nombre comercial (Fedit, 2004). Todas las formulaciones genéricas tienen el mismo ingrediente activo, pero los ingredientes inertes pueden ser diferentes; sin embargo, las casas formuladoras no están obligadas a indicar en la etiqueta los componentes inertes. En ocasiones, el uso de ingredientes inertes diferentes, causa que su efectividad sea menor (Morazán, 2007).

El glifosato y los cultivos transgénicos

A mediados de la década de 1990, en los Estados Unidos y en algunos países del mundo se autorizó la siembra a gran escala de diversas variedades de maíz, soya y algodón genéticamente modificados para tolerar herbicidas con glifosato como ingrediente activo (ISAAA, 2016). El rasgo de tolerancia a glifosato se introdujo en los cultivos transgénicos al insertar el gen cp4 epsps de la cepa CP4 de *Agrobacterium tumefaciens*, que codifica para la proteína que es capaz de metabolizar el glifosato, haciendo a la planta modificada tolerante al herbicida (Mazur y Falco, 1989).

La tolerancia a herbicidas es el principal rasgo de los cultivos transgénicos disponibles actualmente y esta tendencia se mantendrá en el futuro cercano con la introducción de cultivos transgénicos tolerantes a diversos compuestos con actividad herbicida, e incluso con un aumento creciente de variedades transgénicas con rasgos biotecnológicos apilados, a partir de cruza convencionales entre líneas transgénicas que expresan diferentes rasgos recombinantes (Parisi *et al.*, 2016). Adicionalmente, se han desarrollado variedades de plantas capaces de tolerar altas concentraciones de glifosato sin tener afectaciones aparentes en el rendimiento productivo, debido principalmente a la aparición de especies vegetales resistentes al glifosato y que son consideradas malezas agrícolas (Guo *et al.*, 2015).

Importancia de las Malezas en la Agricultura

Desde el punto de vista agrícola, las malezas, como producto de alteración de la vegetación natural, son plantas indeseables y, posiblemente, constituyen el componente económico más importante del total del complejo de plagas, que también incluyen insectos, ácaros, vertebrados, nematodos y patógenos de plantas (Jarma, 2004).

Las malezas forman uno de los factores que más influyen en el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, compiten por luz, agua, nutrientes y espacio, entre otros aspectos, lo cual se refleja en la pérdida cuantitativa y cualitativa de la producción y rendimiento agrícola, además de incrementar los costos operacionales de la cosecha y beneficio del producto agrícola. Así mismo, liberan sustancias alelopáticas perjudiciales, sirven de hospederos de plagas y enfermedades comunes a la especie cultivada e interfieren en la cosecha (Freitas *et al.*, 2004).

El uso de herbicidas de manera continua además de ser antieconómico genera problemas ambientales y ecológicos, por el incremento de la resistencia de las malezas a los herbicidas, la contaminación de las aguas y la polución ambiental (Riaz *et al.*, 2006).

Importancia de los Cultivos GM

Los cultivos GM pueden tener impactos positivos en la seguridad alimentaria y en la reducción de la pobreza como consecuencia de diversos efectos. En primer lugar, incrementando la productividad vegetal, la cantidad de alimentos a nivel local y global. En segundo lugar, mejorando el contenido nutricional de los alimentos, aliviando las deficiencias de proteínas, minerales y vitaminas y combatiendo la malnutrición; en tercer lugar, disminuyendo los costos de producción y los precios de los alimentos, y facilitando su acceso; y cuarto, creando nuevas oportunidades laborales. El mejoramiento de la calidad de vida y de los ingresos económicos de las personas en las áreas rurales y urbanas es

fundamental para la seguridad alimentaria, dado que el acceso a una mejor alimentación depende de los ingresos económicos de las familias, en términos generales, los resultados y el impacto obtenido del uso de variedades GM comerciales demuestra que la biotecnología es una herramienta neutra y que su utilidad dependerá de la biotecnología que desarrolla para resolver un problema particular en un contexto determinado (Qaim y Kouser, 2013).

Importancia del Algodón

en la actualidad el cultivo de algodón tiene un valor económico y social de suma importancia para nuestro país ya que su producción, transformación y comercialización, permite generar empleos e ingresos directos e indirectos para quienes los producen, transforman y comercializan (Quiñones, 2007).

Como respuesta a esta crisis de los sistemas alimentarios, la biotecnología moderna desde la última década del siglo XX ha promovido la implementación de los cultivos genéticamente modificados (GM) como una solución para reducir el hambre de la humanidad y otros aspectos como las aplicaciones de químicos que amenazan al medio ambiente, al aumentar la producción agrícola (Rodríguez, 2017).

Algodón transgénico

Un total de 70 países adoptaron cultivos biotecnológicos a través del cultivo y la importación en 2018, el año 23 de la adopción continua de cultivos biotecnológicos, de acuerdo con el estado global de cultivos biotecnológicos/GM comercializados en 2018, publicado por el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA) en la actualidad, veintiséis países (21 países en desarrollo y 5 industrializados) plantaron 191.7 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos, lo que agregó 1.9 millones de hectáreas al registro de plantaciones en 2017. La adopción continua de cultivos biotecnológicos por parte de los agricultores de todo el mundo indica que los

cultivos biotecnológicos continúan ayudando a cumplir desafíos mundiales del hambre, la desnutrición y el cambio climático (ISAAA, 2018).

A través del mejoramiento genético el hábito de crecimiento de esta planta ha sido modificado para adaptarla a la producción comercial, pasando de las plantas nativas, perennes e indeterminadas a plantas anuales y de crecimiento más o menos determinado que producen algodón semilla más temprano que las plantas nativas (Cadena, 2000).

En los últimos 60 años, el mejoramiento genético convencional de la especie, es decir, la introducción de características útiles en la planta (productividad, precocidad, resistencia a insectos y enfermedades, arquitectura de la planta y calidad de fibra, entre otras) ha permitido obtener nuevas y mejores variedades. (Mendoza, 2000).

En el algodón genéticamente modificado el material genético (ADN) ha sido alterado, a través de la biotecnología moderna denominada también “tecnología del ADN recombinante” o “ingeniería genética”, insertando genes seleccionados de otros organismos para obtener variedades que expresan nuevas características. La obtención de tales plantas envuelve diversas etapas: la identificación y aislamiento de un gen que confiere la característica deseada, la clonación (multiplicación del gen); la transformación o transferencia de ese gen al genoma de la célula, al que debe integrarse de manera estable y expresarse adecuadamente; la regeneración de la planta y la fijación de la característica obtenida (Lajolo y Nutti, 2003).

El algodón pertenece a la primera generación de cultivos modificados genéticamente que ha dado como resultado el desarrollo de cultivares con un potencial importante para aumentar la productividad del cultivo, reducir el impacto ambiental al disminuir el uso de insecticidas y herbicidas; y mejorar la calidad del producto a través de la introducción de resistencia a insectos y de tolerancia a herbicidas o de una combinación de estas dos características en una misma variedad. El método de transformación comúnmente utilizado en algodón, es a través de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens*, el cual utiliza las

propiedades biológicas de dicha bacteria para introducir el gen correspondiente al rasgo o característica deseada. Tal método, es bien conocido y ha sido empleado en la modificación genética de diversas plantas dicotiledóneas (Monsanto, 2002).

Algodón tolerante al glifosato

Las malezas constituyen una severa limitante para la producción de algodón en el mundo. El cultivo compete desfavorablemente, principalmente en los estados iniciales de crecimiento, y debe ser protegido de la invasión de malezas agresivas. Los métodos actuales de manejo de malezas combinan prácticas culturales y mecánicas con la aplicación de herbicidas de amplio espectro y residuales para contrarrestar el efecto de competencia. El algodón tolerante a herbicida, obtenido por ingeniería genética, ofrece a los agricultores una manera eficaz, para combatir las malezas siendo esta compatible con los métodos de labranza mínima, los cuales ayudan a preservar el suelo. El algodón GM, permite cierta flexibilidad a los agricultores en relación con la aplicación de los herbicidas.

El glifosato, elimina las plantas inhibiendo competitivamente la enzima (EPSPS). La EPSPS es esencial para la producción de aminoácidos aromáticos en las plantas. La estrategia de tolerancia consistió en conferirles a las plantas de algodón, la capacidad de producir la proteína CP4 EPSPS, derivada de *Agrobacterium* sp. cepa CP4 que de forma natural es tolerante al herbicida y de esta manera generar en la planta la tolerancia al herbicida (AGBIOS, 2002).

Malezas Resistentes al Herbicida

La resistencia y su selección

Un biotipo es un individuo o grupo de individuos de una especie que, por causas naturales, muestra una capacidad de respuesta diferencial ante la ocurrencia de un determinado factor que actúa seleccionándolos entre el resto de la población. Ese nuevo biotipo se podría manifestar a partir de mutación natural y espontánea

(única o múltiple) que ocurriera a través de la semilla a partir de la cual germina, uno de los factores ante los cuales el nuevo biotipo podría mostrar una respuesta diferencial es la aplicación de un herbicida que antes resultaba efectivo para toda su población. El herbicida no es el que genera la mutación, pero puede seleccionarla. La ventaja adaptativa del nuevo biotipo le permitirá sobrevivir a la aplicación del herbicida que, de ese modo, podría favorecer su selección entre los demás individuos susceptibles de la misma especie (Monsanto, 2008).

En todas las poblaciones naturales de malezas se encuentran biotipos que son resistentes a herbicidas y dado que se trata de un fenómeno natural, los genes responsables de la resistencia pueden estar presentes en una especie de maleza antes que el herbicida haya sido introducido al mercado (Kogan y Pérez, 2003).

Los herbicidas hay que usarlos en cultivos específicos a los cuales tengan selectividad y dentro del rango de dosis señalado en la etiqueta. Si se aplica menos de la dosis requerida no se controlan las malezas. Si se aplica una dosis muy alta, se puede dañar el cultivo actual o tener problemas de residualidad con el cultivo siguiente (Pitty, 1995).

El aumento en el uso de glifosato en parcelas agrícolas genera una presión de selección muy elevada sobre especies vegetales que desarrollaran resistencia natural al glifosato. Hasta el año 2003, los reportes sobre la expansión de malezas tolerantes a glifosato fueron reducidos, sin embargo, la cantidad de reportes sobre malezas resistentes aumentó a partir de dicho año, siendo las malezas asociadas a cultivos tolerantes a glifosato (soya, maíz, algodón) las más representadas (Bonny, 2016).

Biotipos de maleza resistentes

Tomando como punto de partida los datos emitidos hacia fines del año 2003 por la WSSA (Weed Science Society of America) y la HRAC (Herbicide Resistance Education Committee), dos organizaciones vinculadas al estudio de las malezas y la resistencia a los herbicidas en todo el mundo, actualmente se reconocen 315 biotipos de malezas que han presentado resistencia a distintos herbicidas. entre

ellos, los llamados "inhibidores de la enzima ALS " (sulfonilureas, imidazolinonas, sulfonamidas) son herbicidas que mayor tipo de biotipos resistentes han seleccionado: 95 hasta ahora. Las triazinas (familia en la que se ubica la atrazina, simazina, metribuzin entre otros), por su parte se sitúa en el segundo lugar con un total de 66 biotipos resistentes (Monsanto, 2008).

El glifosato, por su parte, ha promovido la selección de biotipos resistentes en algunas 9 especies de malezas. las cuales son: *Amaranthus palmeri* (EE. UU), *Ambrosia artemisiifolia* (EE. UU), *Conyza bonariensis* (Sudafrica), *Coniza canadensi* (EE. UU), *Eleusine indica* (Malasia), *Lolium multiflorum* (Chile y EE. UU), *Lolium rigidum* (Australia, EE. UU y Sudáfrica), *Plantago lanceolata* (Sudáfrica) y *Sorghum halepense* (Argentina) (Monsanto,2008).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento

La presente investigación se desarrolló en el Rancho el Rincón del Buitre, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en la localidad del Retiro del municipio de San Pedro, Coahuila, México, el cual se encuentra a una latitud $25^{\circ}50'07.81$ N; a una longitud oeste del meridiano de Greenwich de $103^{\circ}06'48.47$ " y una altura de 1103 msnm (Figura 1). La Región donde se encuentra el rancho es conocida por la alta producción de hortalizas, cucurbitáceas como la sandía y el melón; forrajes y granos como maíz y sorgo y cultivos industriales como el algodón, principalmente GM, a esta región se le conoce como La Comarca Lagunera.



Figura 1: Localización del experimento, situado en el “Rancho el Rincón del Buitre”, localidad del Retiro del municipio de San Pedro, Coahuila, México.

Establecimiento del Experimento

El experimento se estableció en el ciclo P-V del 2018, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, la parcela experimental se estableció con cuatro surcos de 6.0 m de largo por tratamiento, los cuales fueron

herbicidas con ingrediente activo glifosato (T1: Noble®, T2: Glyfos®, T3: Faena Fuerte®, T4: Rondo Super®, T5: Glyf 360®, T6: testigo sin aplicación). La unidad experimental consistió de los dos surcos centrales. La superficie total del experimento fue de 640 m² cada bloque estuvo separado por calles de 1.5 m.

Características del Híbrido de Algodón

El híbrido de algodón GM que se estableció fue el FM2334 GLT, con una densidad de plantación estimada de 138,750 plantas por hectárea. Este híbrido, es uno de los materiales que se siembra con mayor frecuencia y superficie en la región, expresa las proteínas insecticidas Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* subsp. K urstaki y Cry2Ae de *Bacillus thuringiensis* subsp. dakota, que le confieren resistencia al ataque de insectos lepidópteros como gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) y gusano tabacalero (*Heliothis virescens*), así mismo expresa las proteínas PAT de *Streptomyces hygroscopicus* y 2mEPSPS del maíz, que le confieren tolerancia a las aplicaciones totales de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato, permitiendo el uso de dos mecanismos de acción herbicida para un manejo más eficiente de la maleza en el cultivo del algodón, además llega a tener los rendimientos más altos en comparación con otros híbridos. puede requerir aplicaciones complementarias de insecticidas para el control de insectos difíciles como gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner), por lo tanto, se debe mantener un monitoreo constante de plagas en el cultivo para determinar si es necesaria la aplicación complementaria de insecticidas para asegurar el nivel control deseado.

Características de los Tratamientos

Se realizaron dos aplicaciones de cada tratamiento a los 20 y 40 días después de la siembra, con una mochila manual con boquilla de abanico plano.

Tratamiento 1. Noble®: Es un herbicida no selectivo de aplicación post-emergente a la maleza y de acción sistémica, ya que al ser aplicado al follaje, penetra a través de la hoja, y se trasloca hasta la raíz y rizomas eliminando completamente la maleza, evitando los rebrotes. Se usa principalmente en el control de maleza anual y perenne en post-emergencia. De concentración soluble, para cítricos y frutales. Con una dosis de 2.0-4.0 L·Ha⁻¹.

Tratamiento 2. Glyfos®: Es un herbicida de acción sistémica, no selectivo de solución acuosa, para maíz, sorgo, soya, algodón. Con una dosis de 2.0-4.0 L·Ha⁻¹.

Tratamiento 3. Faena Fuerte®: Es un herbicida y desecante agrícola. El producto es absorbido por las hojas y llega hasta las raíces y otras partes de la maleza ya brotada. formulado como concentrado soluble, para cultivo (GM). Con una dosis de 2.0-4.0 L·Ha⁻¹.

Tratamiento 4. Rondo Super®: Herbicida de solución acuosa. Con una dosis de 2.0-4.0 L·Ha⁻¹.

Tratamiento 5. Glyf 360°®: Es un herbicida no selectivo con actividad sistemática. El ingrediente activo es traslocado desde el follaje de las plantas tratadas, a las raíces, rizomas y meristemas especiales. Esta propiedad sistemática permite la distribución de las malezas perennes. Este herbicida se inactiva al contacto con el suelo y agua con materia orgánica en suspensión. Solución acuosa, con una dosis de 5.0-6.0 L·Ha⁻¹.

Tratamiento 6. Testigo: Se realizó una aplicación utilizando únicamente agua.

En todos los tratamientos se utilizó la dosis más alta, recomendada para el cultivo; además, se aplicó el fertilizante sulfato de amonio 21-0-0 24S(120 g, por cada tratamiento) para potenciar el efecto del herbicida el cual le confiere al ácido glifosato una alta solubilidad, absorción en la planta y traslocación a los puntos de crecimiento, además mayor actividad en las plantas por la fuente de nitrógeno que contiene, esto se traducen a una acción rápida en el control de la maleza.

Variables Evaluadas

La primera toma de datos se consideró a 15 días después de la aplicación (dda) y posteriormente se hicieron visitas cada 15 días para continuar con la evaluación del herbicida hasta que el cultivo cerró, las variables consideradas fueron:

Identificación de familias y especies de maleza: Se identificaron las familias y especies de maleza presentes en el cultivo. Se realizaron recorridos en el experimento para la identificación de malezas y reportar un listado de las malezas que interaccionan en el cultivo de algodón, la lista se complementó con la maleza presente en los tratamientos testigo, donde se hicieron muestreos al azar por el método del cuadro (0.50 x 0.50 m).

La identificación de especies se realizó en el campo con el apoyo de claves de identificación de maleza (Villarreal, 1983) y comparación fotográfica electrónica (CONABIO, 2008) que describen las características y clasifican la vegetación de la región. De las plantas no identificadas en campo, se tomó una muestra representativa de cada especie (plantas adultas completas, con estructuras reproductivas sexuales (flores), con fruto o semilla y hojas completas), se colocaron en bolsas de papel en forma individual con su respectiva clave de identificación, etiqueta y se colocaron en una prensa botánica, posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Malezas de la UAAAN unidad Saltillo, en el Departamento de Parasitología, donde se procedió a realizar el secado adecuado y la identificación con apoyo de expertos y material impreso y digital (Villarreal, 1983; Pitty y Muñoz, 1994; CONABIO, 2008; Faccini *et al.*, 2012).

Número de maleza: Se registró el número de maleza presente en cada tratamiento por unidad experimental a los 45 días después de la segunda aplicación (ddsa), la evaluación implicó cualquier planta que no fuese el cultivo, en cualquiera de las etapas fenológicas de estas (plántula, etapa vegetativa o planta

adulta con floración y/o fructificación); además, se realizó un conteo a los 60 y 80 dds y el dato se registró por familia identificada.

Porcentaje de control: esta variable, se tomó a los 45 (dds) y estuvo en función al porcentaje de cobertura de maleza que había en cada unidad experimental donde 100% se refirió a ninguna maleza presente en el tratamiento, por efecto de la aplicación del herbicida y 0% a la cobertura total por la maleza, es decir sin ningún efecto de control.

Estimación del grado de competencia de la maleza: se muestrearon y contaron las malezas por medio del método del cuadro al azar, solo en los tratamientos testigo, donde no se realizó ninguna aplicación de herbicida, con la finalidad de determinar el grado de competencia que ejercieron sobre el cultivo del algodón. Se utilizó un cuadro de maderade 0.50x 0.50 m, el cual se lanzó tres veces al azar en tres puntos distintos de la parcela testigo, se identificaron las malezas, se separaron por familia, se contabilizaron y se tomó el peso fresco y el peso seco para determinar la biomasa acumulada y el efecto en el cultivo.

Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo el modelo estadístico que se ajusta a bloques completos al azar (BCA), sobre la variable porcentaje de control, con apoyo del paquete estadístico R.

El ANOVA fue el indicado para realizar el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan con una confiabilidad del 5%. Para normalizar los datos, se utilizó la transformación de arco seno de la raíz cuadrada de los valores porcentuales.

Los datos que se metieron al modelo estadístico se transformaron bajo dos parámetros, con la finalidad de que los valores no se alejen de manera considerable de la media, desviación estándar y de comparar si bajo las dos

transformaciones de datos los resultados muestren algún tipo de variación. Las formulas empleadas, fueron las siguientes:

$$A_{seno} = \sqrt{(\% \text{ efectividad}) / (100)}$$

$$raiz = \sqrt{(\% \text{ efectividad} + 0.5)}$$

En el caso de la variable Número de maleza se realizó un análisis de varianza ajustado al modelo de bloques completamente al azar con una comparación múltiple de medias (confiabilidad del 99% y $\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos, usando el paquete estadístico computacional de SAS (SAS Institute, 2002), bajo una prueba no paramétrica, por el método de Kruskal-Wallis esto debido a que los supuestos básicos en el planteamiento del experimento no cumplen con una escala nominal u ordinal para esta variable, pues se trabajó con número de individuos, tanto a los 45 dds, como por familia a los 60 y 80 dds.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de Familias y Especies de Maleza

Dentro de los resultados obtenidos en este experimento, fue la identificación de la maleza que interacciona durante el ciclo de producción con el cultivo de algodón, por lo que se logró identificar a nivel familia y especie algunas de las plantas que interfieren con el cultivo. En este sentido, se encontró que existen siete familias y 24 especies; Poaceae con 10 especies, Asteraceae, Convolvulaceae y Solanaceae con tres especies cada una, Amaranthaceae y Fabaceae con dos especies, respectivamente y Aizoaceae con una especie (Cuadro 1). Heap (2019), reportó que Poaceae, Asteraceae y Amaranthaceae fueron las principales familias que generaron resistencia a herbicidas en 1995 y se fueron presentando en distintos países; este mismo autor, señala que en la actualidad después de 24 años las familias que han generado mayor resistencia a productos químicos para el control de maleza, son Poaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Cyperaceae y Amaranthaceae. Las cuales coinciden con tres familias que se identificaron en el presente trabajo de investigación, por lo tanto, pueden ser más propensas a adquirir resistencia, en este caso al glifosato, debido a la alta presión de selección que existe en la región aldononera de México.

Cuadro 1. Familias de maleza colectada en el cultivo de algodón en el rancho "Rincón del Buitre", UAAAN. Región productora de La laguna, municipio de San Pedro, Coahuila, México, 2018.

Familia	Nombre científico
Aizoaceae	<i>Trianthem portulacastrum</i> L.
Poaceae	<i>Setaria adheerens</i> (Forsk.) Chiov. <i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv. <i>Setaria verticillata</i> (L.) Vau. <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link. <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. <i>Eragrostis spectinacea</i> (Michx.) Nees <i>Echinochloa lemmonii</i> Vassey & Scribn. <i>Brumusa</i> spp. <i>Brachiaria</i> sp. <i>Digitaria</i> sp.

<i>...continuación del Cuadro 1.</i>	
Amaranthaceae	<i>Amaranthushybridus</i> L. <i>Amaranthuspalmieri</i> S. Wats.
Convolvulaceae	<i>Convolvulusequitans</i> Benth. <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth. <i>Convolvulusarvensis</i> L.
Solaneaceae	<i>Chamaesarachacoronopus</i> (Dun.) Gray. <i>Datura quercifolia</i> H.B.K. <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.
Asteraceae	<i>Helianthuslacinatedus</i> Gray. <i>Verbesinaencelioides</i> (Cav.) Gray. <i>Viguiera dentada</i> (Cav.) Spreng.
Fabaceae	<i>Hoffmanseggia glauca</i> (Ort.) Eifert. <i>Medicago sativa</i> L.

Domínguez-Valenzuela *et al.* (2017), reportaron una población de *Amaranthus palmieri* S. Wats. en Texcoco, Estado de México, en huertos de cítricos, está maleza fue posible identificarla en este trabajo en el cultivo de algodón, sin embargo, faltan estudios para determinar si es un biotipo resistente al glifosato; los mismos autores indican que el modo de acción al que pertenece el glifosato, es uno de los que mayor probabilidad existe para generar resistencia en maleza.

Jalaludin *et al.* (2014), reportaron el primer caso de resistencia múltiple a tres herbicidas globales no selectivos, glufosinato, glifosato y paraquat, en una población de *Eleusine indica* L. (Poaceae) cuya maleza es resistente a ocho modos de acción, esta especie estuvo presente en este trabajo de investigación, por la cual, no sería nada nuevo que el biotipo de esta especie en la zona de la comarca lagunera ya presente o haya adquirido resistencia al glifosato, todo esto al ser este herbicida el más utilizado en esta zona pues se aplica de manera recurrente y constante al algodón GM.

Número de Maleza

El análisis de varianza efectuado sobre esta variable, tanto para la presencia de maleza a los 45 dds, como a los 60 y 80 dds para el número de individuos reportados en cada familia de maleza, arrojó diferencias altamente significativas entre tratamientos, con una confiabilidad del 99% ($\alpha \leq 0.01$) (Cuadro 2 y 3), lo que

indica que los herbicidas tuvieron efecto sobre la presencia de la maleza y su incidencia dentro del cultivo del algodón GM.

Cuadro 2. Análisis no paramétrico de la varianza, por la prueba de Kruskal-Wallis, sobre la variable número de maleza presente en el cultivo de algodón, después de haber sido tratado con glifosato a los 45 y 60 días después de la segunda aplicación. San Pedro, Coahuila, México, 2018.

Fuente de variación	gl	45 ddsa	Numero de malezas a los 60 ddsa				
			Poaceae	Convolvulaceae	Amaranthacea	Asteraceae	Malvaceae
Herbicida	5	90.22**	97.42**	116.10***	84.50***	86.40***	68.22***
Bloque	3	37.96 ^{NS}	7.70 ^{NS}	4.28 ^{NS}	12.11 ^{NS}	6.03 ^{NS}	4.25 ^{NS}
Error	14	13.12	29.59	27.22	23.33	8.82	4.44
Total	22						
corregido							
CV (%)		30.18	45.33	43.48	40.25	20.21	17.56
R ²		0.74	0.56	0.60	0.60	0.84	0.85
Media		0.55	6.96	7.42	4.15	0.96	0.48

CV (%): porcentaje del coeficiente de variación; R²: Coeficiente de determinación; gl: grados de libertad; ddsa: días después de la segunda aplicación de los tratamientos (Herbicidas); ***: diferencias estadísticas altamente significativas con una confiabilidad del 99.9% ($\alpha \leq 0.01$).

Cuadro 3. Análisis no paramétrico de la varianza, por la prueba de Kruskal-Wallis, sobre la variable número de maleza presente en el cultivo de algodón, después de haber sido tratado con glifosato a los 80 días después de la segunda aplicación. San Pedro, Coahuila, México, 2018.

Fuente de variación	gl	Numero de malezas a los 80 ddsa				
		Poaceae	Convolvulaceae	Amaranthacea	Asteraceae	Aizoaceae
Herbicida	5	68.09**	78.55 ^{NS}	90.41**	68.22***	94.81***
Bloque	3	56.16 ^{NS}	19.72 ^{NS}	5.12 ^{NS}	4.25 ^{NS}	13.39 ^{NS}
Error	14	21.76	38.07	32.27	4.44	14.21
Total	22					
corregido						
CV (%)		38.87	51.42	47.34	17.56	31.41
R ²		0.64	0.46	0.52	0.85	0.72
Media		4.84	9.43	4.10	0.22	0.86

CV (%): porcentaje del coeficiente de variación; R²: Coeficiente de determinación; gl: grados de libertad; ddsa: días después de la segunda aplicación de los tratamientos (Herbicidas); ***: diferencias estadísticas altamente significativas con una confiabilidad del 99.9% ($\alpha \leq 0.01$); **: diferencias estadísticas significativas con una confiabilidad del 95% ($\alpha \leq 0.05$).

En lo que respecta a las comparaciones significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos, el producto Faena Fuerte® fue quien presento mayor efectividad al tener

diferencias altamente significativas dentro de las comparaciones que arroja el análisis Kruscall-Wallis, con respecto al resto de los otros herbicidas (%). En este mismo sentido el Glyf360®, también presento diferencias significativas (%) pero menores a Faena Fuerte®, por lo tanto, estos dos herbicidas actuaran en forma efectiva en el control de la maleza.

La presencia de maleza en el cultivo del algodón (60 y 80 ddsa) con aplicaciones oportunas de los herbicidas como se realizó en esta investigación es variable y presento diferencias significativas (Cuadro 2 y 3), por lo que las familias que prevalecieron en el cultivo después de los 80 ddsa y hasta la cosecha fueron Poaceae, Convolvulaceae, Asteraceae y Amaranthaceae, de las cuales hubo mayor número de individuos monitoreados (Figura 2). SAGARPA-INIFAP (2010), citaron que la presencia de malezas es uno de los principales problemas que limitan la producción de algodón, este tipo de plantas presentan una alta adaptación a las áreas disturbadas por las labores agrícolas y si no son controladas oportuna y eficientemente disminuyen significativamente el rendimiento y la calidad de fibra del algodón, tanto por daños directos e indirectos, en general, la competencia es más crítica durante la primera etapa del desarrollo vegetativo del cultivo y de no hacer oportunamente el control se reduce el rendimiento de 30 a 50%. En un estudio que realizaron en el norte de Tamaulipas en el cultivo de algodón se han identificado alrededor de 30 especies de maleza asociadas a este cultivo, dentro de las cuales destacan las familias Poaceae, Convolvulaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, estas coinciden en gran medida con las familias encontradas en la presente investigación.

Además, hubo presencia de otras familias conforme paso el tiempo, en este sentido se presentaron las Aizoaceae y Fabaceae (a los 80 ddsa), pero con poco número de individuos, probablemente una segunda generación de este tipo de plantas. Sin embargo, hubo algunas familias que se controlaron oportunamente con los tratamientos y ya no se presentaron en el cultivo, tal es el caso de las familias Malvaceae y Fabaceae (Figura 2).

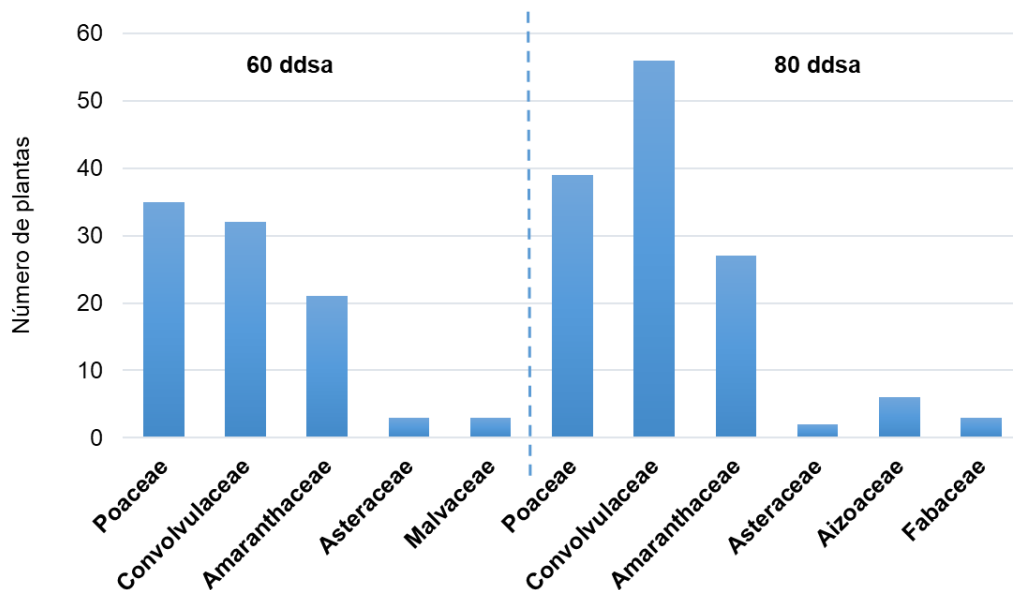


Figura 2. Presencia de maleza por Familia, en el cultivo del algodón GM, a los 60 y 80 días después de la segunda aplicación (ddsa). San Pedro, Coahuila, México, 2018.

Porcentaje de control

En los análisis realizados a la variable porcentaje de control se encontró que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos, referentes al daño que ocasionaron los herbicidas en la maleza que interacciona en el cultivo de algodón GM, donde se encontró que Faena Fuerte® y Glyf 360® fueron los que mayor control presentaron, con un 100%; mientras que Glyfos® solo obtuvo el 87.5% de efectividad; en cuanto a Noble®, este presentó el 82.5% de efectividad y por último Rondo Súper® fue el que manifestó menor control con un 75% de efectividad. En el testigo, no hubo control (0%), las malezas se expresaron hasta floración y producción de semilla (Cuadro 4; Figura 3).

Cuadro 4. Comparación de medias (Ducán; $\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, en la variable porcentaje de control de maleza con herbicidas a base de glifosato. San Pedro, Coahuila, México, 2018.

Tratamiento	Efectividad (%)	Aseo	Gramos de I.A·L ⁻¹	Ingredientes inertes
FaenaFuerte®	100.0	a	363	Acarreador, anticoagulante, antiespumante, colorante y surfactante, Sulfato de Potasio
Glyf 360®	100.0	a	360	Diluyentes y humectantes
Glyfos®	87.5	b	360	Diluyentes y humectantes
Noble®	82.5	c	356	Diluyentes y surfactantes
RondoSuper®	75.0	d	360	Humectante y solvente
Testigo	00.0	e		

I.A.: Ingrediente activo. Las medias, con la misma letra, son estadísticamente iguales.

En la comparación múltiple de medias, por la prueba de Duncan (Cuadro 4; Figura 3), se encontró que el producto, Faena Fuerte® quien representa al producto de patente, fue estadísticamente superior al resto, esto quiere decir que hubo mayor control en la maleza, y que el cultivo tuvo oportunidad de crecer adecuadamente en las primera etapas de desarrollo y con ello evitar que se establecieran otras plantas; además que es uno de los productos que mayor cantidad, tanto de ingrediente activo como de ingredientes inertes en su formulación, en comparación con el resto de los tratamientos considerados como herbicidas genéricos. Este herbicida además es el único que agrega sal de potasio a su fórmula quien le confiere una alta solubilidad, absorción en la planta y translocación a los puntos de crecimiento, que se traducen en una acción rápida en el control de malezas (Morazán, 2007).

Morazán (2007), menciona que las formulaciones genéricas que probó en su investigación son a base de glifosato como ingrediente activo, pero los ingredientes inertes pudieron ser diferentes; sin embargo, las casas formuladoras no están obligadas a indicar en la etiqueta los componentes inertes pues se considera información comercial confidencial. En ocasiones, el uso de ingredientes inertes diferentes causas que su efectividad sea menor o en dado caso sea más lenta; con esto se confirma el efecto de los otros tratamientos sobre las malezas

presente en el cultivo de algodón, ya que en algunos casos el producto llega a presentar costos bajos, debido a la cantidad de ingredientes inertes y con ello afectar la efectividad del plaguicida.

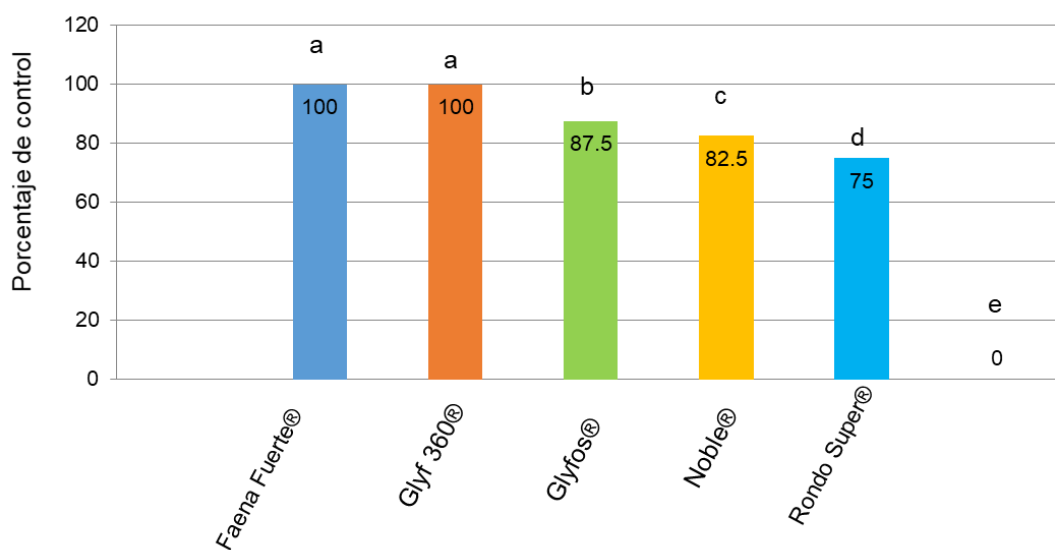


Figura 3. Comparación de medias por la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0.05$), en la variable porcentaje de control en maleza que interacciona con el cultivo del algodón. San Pedro, Coahuila, México. 2018.

Estimación del Grado de Competencia de la Maleza

La determinación de esta variable estuvo en función de la población de maleza presente en los testigos, ya que fue donde ésta se expresó hasta demeritar la calidad de las plantas del algodón, por lo tanto, con el muestreo del cuadro al azar de 0.50 x 0.50 m, se tomaron tres muestreo de cada tratamiento testigo, obteniéndose 96 plantas en promedio, con un peso fresco en promedio de 1802.67 g el cual al someterlo a una desecación en una estufa a 40°C dio un total de peso seco de 348.32 g, por tanto, se refleja una pérdida de agua de 1454.35 g, solo por la maleza muestreada; mientras que del cultivo de algodón la muestra

consistió de cinco plantas, estas tuvieron un peso fresco de 48.57 g y al someterlos al mismo proceso de secado se obtuvo 13.18 g, por lo cual, refleja una pérdida de agua de 35.39 g., por lo que es evidente considerar la interferencia de la maleza en el cultivo, ya que la magnitud de biomasa y de agua que pueden generar y absorber este tipo de plantas con respecto al cultivo es considerable.

Rodríguez (2002), expreso que, si las malezas compiten por un mayor tiempo en un cultivo, la reducción del rendimiento aumenta hasta que se alcanza la pérdida de total, a lo que se le conoce como daños ocultos ocasionados por la interferencia con este tipo de plantas, las cuales llegan a competir durante todo el ciclo de crecimiento. Los datos de biomasa recabados en este trabajo en cultivo de algodón nos expresan una fuerte competencia en cuanto a la relación cultivo-maleza.

CONCLUSIÓN

El control ejercido sobre las malezas con glifosato de patente en el cultivo de algodón transgénico en la comarca lagunera, es mejor con respecto al efecto obtenido con los productos genéricos, por lo que, se recomienda el uso de productos de patente a fin de lograr un control de malezas adecuado durante todo el ciclo del cultivo, lo que permitirá alcanzar mejores rendimientos de fibra.

LITERATURA CONSULTADA

- AGBIOS. 2002. Agriculture & Biotechnology Strategies.. Essential biosafety. CD-ROM, AGBIOS. Montreal.
- Annett, R., Habibi, H. R.; Hontela, A. 2014 Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the fresh water environment. *Journal of Applied Toxicology*, 34, 458–479. <http://doi.org/10.1002/jat.2997>.
- Arellano. O.; J. Rendón von O. 2016. La Huella de los Plaguicidas en Mexico. Greenpeace. Cd. de México, México. 39 pp.
- Arellano-Aguilar, O.; J. Rendón von Osten. 2016. La Huella de los Plaguicidas en Mexico. Greenpeace. Cd. de México, México. 39 pp.
- Baylis, a.d., 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weak Nesses and prospects. *Pest Manag. Sci.* 56: 299-308.
- Barja, B. C. y Dos Santos Afonso, M. (2005). Aminomethyl phosphonic acid and glyphosate adsorption on to goethite: a comparative study. *Environmental Science y Technology*, 39(2), 585–92.
- Benbrook, C. 2016. Trends in Glyphosate Herbicide Use in the United States and Globally. *Environ Sci. Eur.* 28(3): 1-15
- Bonny, S. 2016. Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: overview and impact. *Environmental Management.* 57(1): 31-48
- Borggaard, O. K. y Gimsing, A. L. (2008). Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surfacewaters: A review. *Pest Management Science*, 64, 441–456. <http://doi.org/10.1002/ps.1512>.
- Cadena, T.J. 2000. Crecimiento y desarrollo de la planta de algodón y sus efectos sobre el manejo del cultivo. In: Memoria curso manejo integrado del algodonero, Corpoica. Valledupar. pp. 46-57.
- Cesare, A; Willian, C; Koskinen, Jeffrey, D; Seebinger, A. V: Michael I; Sadowsky. 2005. Effects of incorporated corn residue son glyphosate mineralization

and sorption in soil. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 53 (10), 4110-4117.

COFECE. 2015. Reporte sobre las Condiciones de Competencia en el Sector Agroalimentario. Comisión Federal de Competencia Económica. Cd. de México, México. 579 pp.

COFEPRIS. 2009. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, Catálogo de Plaguicidas. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de http://www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/catalogo_de_plaguicidas.

CONABIO. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Última actualización: viernes 19 diciembre, 2008. Disponible enweb:<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/bioseguridad.html>

Contardo-Jara, V., Klingelmann, E. y Wiegand, C. 2009. Bioaccumulation of glyphosate and its formulation Roundup Ultra in *Lumbriculus variegatus* and its effects on biotransformation and antioxidant enzymes. *Environmental Pollution*. 151(1), 57 – 63. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.07.027>

Coupe, R. H., Kalkhoff, S. J., Capel, P. D. y Gregoire, C. 2011. Fate and transport of glyphosate and aminomethyl phosphonic acid in Surface waters of agricultural basins. *Pest Management Science*, 68, 16 – 30. <http://doi.org/10.1002/ps.2212>.

Mac Bean. 2009. The Pesticide Manual Crop Protection publications, Pag. 306. <http://tsime.uz.ac.zw/claroline/backends/download.php?url=L1BNMTYtc3Vw cGxlbWVudGFyeS1CQ1BDLnBkZg%3D%3D&cidReq=MCP508>

Della-Cioppa, G; Christopher, B.S; Klein, B.K; Shah, D.M; Fraley, R.T; Kishore, G.M. 1986. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants *in vitro*. *The Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 83, 6873-6877.

Dominguez-Valenzuela J., Gherekhloo P.T., Fernández-Moreno H.E., Cruz-Hipolito R., Alcántara-de la Cruz E. y Sánchez-González R. De Prado, 2017.

- First confirmation and characterization of target and non-target site resistance to glyphosate in Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) from Mexico, *Plant Physiology et Biochemistry*. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.03.022
- Duke, S. O. y Powles, S. B. (2008). Glyphosate: A once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, 64(4), 319 – 325. <http://doi.org/10.1002/ps.1518>
- EPA. 2000. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2000.http://www.ag.ny.gov/media_center/2000/aug/pesticide_report.pdf (Página visitada el 29-05-2011).
- Fedit. 2004. Monsanto Agricultura España (en línea). Consultado 10 de octubre de 2007. Disponible en: <http://www.mityc.es/NR>
- Freitas, R.S., M.A.N. Sedyama, P.C. Pereira, F.A. Ferreira, P.R. Cecon y T. Sedyama. 2004. Períodos de interfêrencia de plantas daninhas na cultura da mandioquinha – salsa. *Planta Daninha* 22(4), 499-506.
- García-Gutierrez, C. y Rodríguez-Mesa, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 1 - 10.
- Giesy, j.p., dobson, s. y solomon, k.r. 2000. Ecotoxicological risks assessment for Roundup herbicide. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 167: 35-120.
- Guo, B., Y. Guo, H. Hong, L. Jin, L. Zhang, R-Z. Chang W. Lu, M. Lin & L-J Qiu. 2015. Co-Expression of G2- EPSPS and Glyphosate Acetyl transferase GAT Genes Conferring High Tolerance to Glyphosate in Soybean. *Front Plant Sci*. 6: 1–11
- Heap I. 2019. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Resistance to glyphosate by species. <http://weedscience.org/Graphs/activebyspecies.aspx>
- Heath, A. 1995. *Water pollution and fish physiology* (2nd ed). Lewis Publishers, Florida.

- ISAAA. 2016. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications. Brief 52. Ithaca, NY. 125 pp.
- ISAAA. 2018. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change. ISAAA Brief No. 54. ISAAA: Ithaca, NY.
- Jalaludin A., Yu Q. and P. S. 2014. Multiple resistancea cross glufosinate, glyphosate, paraquat and ACCase-inhibiting herbicides in an Eleusine indica population. Weed Research. DOI: 10.1111 / wre.12118
- Jan, M.R; Shah, J; Muhammad, M; Ara, B. 2009. Glyphosat eherbicide residue determination in samples of environment alimportance using spectro photometric method. Journal of Hazard Material. 169, 742-745.
- Jarma Orozco, A., Angulo, A., Jaramillo, J., & Hernández, J. (2004). Efecto alelopatico de extractos de crotalaria (Crotalariajuncea L.) y coquito (Cyperusrotundus L.) sobre malezas y cultivos anuales. Temas Agrarios, 9(2).
- Jeyaratnam , J. y Maroni, M. (1994). Organophosphorous compounds. Toxicology, 91, 15 - 27.
- Kogan, M. y Pérez, A. 2003. Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica e Chile. Santiago, Chile
- Lajolo, F.M.; Nutti, M.R. 2003. Transgênicos: bases científicas da suasegurança. São Paulo: SBAN. 112 p.
- Mazur, B. J.; S. C. Falco. 1989. The Development of Herbicide Resistant Crops. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 40: 441–470.
- Mendoza, O. A. 2000. Desarrollo de variedades de algodón con alto porcentaje de fibra y productividad. In: Memoria curso manejo integrado del algodonoero, Corpoica. Valledupar. pp. 12-18

- Mesnage, R., Bernay, B. y S eralini, G. E. (2013). Ethoxy late adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human celltoxicity. *Toxicology*, 314(2-3), 122–128. <http://doi.org/10.1016/j.tox.2012.09.006>
- Miles, C.J; Moye, H. 1988. Extraction of glyphosate herbicide from soil and clay minerals and determination of residual in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 36, 486-491.
- Mink, P. J., Mandel, J. S., Scurman, B. K. y Lundin, J. I. (2012). Epidemiologic studies of glyphosate and cancer: A review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. <http://doi.org/10.1016/j.yrtph.2012.05.01>
- Monquero, P.A; Christoffole, P.J. 2003. Seed bank dynamics in áreas with frequent glyphosate application. *Sociedad Brasileña de ciencia de las plantas*. Brasil. Vol. 21. 69 p.
- Monsanto Agricultura España. 2002. Seguridad del algodón Bollgard  evento 531, genéticamente protegido contra las orugas de las cápsulas. Cuaderno Técnico N  4. Madrid. 44 p.
- Monsanto. 2008. gua de uso de las tecnologías, manejo de malezas, paj. 50, 6-9
- Morasan P., J.A. 2007. Evaluación del control de malezas con Glifosatos genéricos. (Tesis licenciatura). Zamorano, Honduras. 23 p.
- Morillo, E; Undabeytia, C; Maqueda, C; Ramos, A. 2000. Glyphosate adsorption on soils of different characteristics: Influence of copper addition. *Chemosphere*. 40, 103-107.
- Parisi, C., P. Tillie & E. Rodríguez-Cerezo. 2016. The Global Pipeline of GM Crops out to 2020. *Nature Biotechnology*. 34: 31–36
- Pérez, A. G. L., Torremorell, A., Mugni, H., Rodríguez, P., Vera, M. S., Allende, L., Zagarese, H. (2010). Effects of the Herbicide Roundup on Freshwater

- Microbial Communities : A Mesocosm Study *Ecological Appl.*, 17(8), 2310–2322.
- Pérez, G. L., Vera, S. M. y Miranda, L. A. (2011). Effects of Herbicide Glyphosate and Glyphosate- Based Formulation son Aquatic Ecosystems. En A. Kortekamp, *Herbicides and Environment*. InTech, Rijeka. pp 746.
- Pitty, A. 1995. Modo de acción y síntomas de fototoxicidad de los herbicidas. Primera Edición, Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 63 p.
- powles S.B., Preston C. 2006. Evolved Glyphosate Resistance in Plants, Biochemical and Genetic Basis of Resistancen *Weed Tecnology*. 20:282-289.
- Qaim, M., Kouser, S., 2013, Genetically Modified Crops and Food Security. *PLoS ONE* 8(6).
- Quiñones S., M. (2007) Análisis del eslabón primario (producción) en la cadena productiva del algodón en la Comarca lagunera del Estado de Coahuila. (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Quinn, J.P; Peden, J.M.M; Dick, R.E. 1988. Glyphosatetolerance and utilization by the microflora of soil treated with the herbicide. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 29, 511-516.
- Relyea, R. a. (2005). TheLethallImpact of Rounupon Aquatic and Terrestrial Amphibeans. *Ecological Applications*, 15(4), 1118–1124. <http://doi.org/10.1890/04-1291>
- Riaz, M., M. AzimMalik, T.Z. Mahmood y M. Jamil. 2006. Effect of variousweed control metho dsonyield and yieldcomponents of wheat under different cropping patterns. *Int. J. Agri. Biol.* 8(5), 636-640.
- Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N. y Seralini, G.E. 2005. Differentialeffects of glyphosate and Roundupon human placentalcells

and aromatase. *Environmental Health Perspectives*. 113(6): 716-20.

Rodríguez Vega, P. (2017). Implicaciones ambientales de la siembra de algodón transgénico en Colombia. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Colombia

SAGARPA-INIFAP (2010). Manejo de maleza en algodón en el norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, Diciembre de 2010 Folleto Técnico Núm. 47, ISBN: 978-607-425-466-2

Salazar, N. J.; Aldana, M. L. (2011). Herbicida Glifosato: Usos, Toxicidad Y Regulación. *Revista de Ciencias Biológicas Y de La Salud de La Universidad de Sonora*, 13(2), 23–28.

SAS. Instituto de Sistema de Análisis Estadístico (2002) Guía del usuario de SAS / STAT. Versión 8, 6ta edición, SAS Institute, Cary, 112.

Storm, J. E. (2012). Organophosphorus Pesticides. *Patty's Toxicology*, 95, 1077–1234. doi:10.1002/0471435139.tox095.pub2

SIDCA, S. (2009). Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de www.panap.net

Tu, M., Hurd, C., Robison, R. y Randall, J. M. (2001). Glyphosate. *Weed Control Methods Handbook*, The Nature Conservancy, 7, 1–10.

Villarreal (1983). malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agrícola Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México., 1983.271p.

Williams, G.M., Kroes, R. y 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.