

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Respuesta de la Pata de Gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) a Glifosato

Por:

JONATHAN AVILA SANJUAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Respuesta de la Pata de Gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) a Glifosato

Por:

JONATHAN AVILA SANJUAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

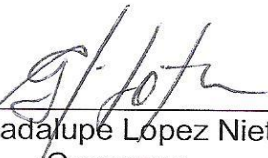
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO



M.C. Arturo Coronado Leza
Asesor Principal



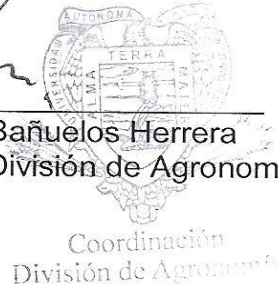
Dr. Pedro Aarón Cerda García
Coasesor



Dr. Guadalupe Lopez Nieto
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2013

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: por darme la capacidad de realizar mi carrera exitosamente, humildad ante las personas que me rodean, por hacerme más sociable durante todos estos años y esperando más éxitos en un futuro.

A MI ALMA MATER por darme las bases, conocimientos de la agricultura, gracias a todas las clases con los mejores maestros.

A MI ASESOR:

Dr. Pedro Aarón Cerda García: por su ayuda desinteresada, el tiempo, la amistad, sus consejos y por la sencillez que tiene como persona y como asesor, así como sus sugerencias para realizar este trabajo, con el gran conocimiento que tiene en el área de parasitología.

DEDICATORIA

GRACIAS A DIOS. POR CUIDARME, EL COBIJO, LA PAZ EN MI INTERIOR, POR AYUDARME A MANTENER LOS PIES SOBRE LA TIERRA, LA HUMILDAD QUE SIEMPRE ME HA DADO FUERA Y DENTRO DE SU CASA, LA MENTALIDAD QUE AHORA TENGO PARA MI FUTURO Y EL DE MI FAMILIA GRACIAS DIOS POR DARMME UNA MADRE TAN EXIGENTE TE LO AGRADECERE TODA LA VIDA.

A MI MADRE. GRACIAS POR TODOS ESOS REGAÑOS, PELLIZCOS ETC. DIA CON DIA, Y ESAS CHINGAS QUE NO OLVIDARE, GRACIAS MADRE. AURORA AVILA SANJUAN

A MI TIA KOKIS. GRACIAS POR TODOS SUS CONSEJOS, REGAÑOS CADA QUE PODIA BUENO CASI DIARIO. GEORGINA ALICIA AVILA SANJUAN

A MI TIA ANA. GRACIAS POR BRINDARME SU APOYO INCONDICIONAL, SUS CONSEJOS

GRACIAS A ESTAS TRES MUJERES TAN MARAVILLOSAS, HERMOSAS, GRACIAS POR FORMARNOS, POR DARNOS LO MEJOR DE USTEDES, SUS MEJORES AÑOS DEDICADOS A NOSOTROS GRACIAS SON EXTRAORDINARIAS.

A MI PADRE. POR SUS SABIOS CONSEJOS, SUS APOYO BRINDADO INCONDICIONALMENTE GRACIAS JEFE. RAFAEL REYES AVILA.

A MI HERMANA. POR SUS GRAN ATENCION HACIA MI, LOS ANIMOS BRINDADOS EN LAS CARTAS ENVIADAS. YENI SELENA NUÑEZ AVILA

A MÍ PRIMO ING. ADALBERTO REYES AVILA GRACIAS POR TUS ENSEÑANZAS, APOYO, REGAÑOS TE LO AGRADECERE TODA LA VIDA PRIMO.

A MIS RATITAS. POR DARMME TANTAS SONRISAS Y ACORDARSE DE MI SIEMPRE. RAFAEL REYES AVENDAÑO Y ELIAM REYES AVENDAÑO

A MI ABUELO: POR EL APRECIO Y CONSEJOS QUE ME HA BRINDADO. TIOMORE

A MI CHAPARRA: MI NOVIA HERMOSA POR TODO SU APOYO, AMOR, CARIÑO BRINDADO DIA A DIA INCONDICIONALMENTE DESDE QUE LA CONOCI. NORMA MARTINEZ OSORIO

A LA SRA ALICIA DE LA ROSA: POR SUS SABIOS CONSEJOS DURANTE MI ESTANCIA EN LA UNIVERSIDAD.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS.....	IIX
INDICE DE CUADROS	IX
INTRODUCCION	1
Objetivo	3
Hipótesis.....	3
Justificación	3
REVISION DE LITERATURA	4
Generalidades del cultivo del maíz.....	4
Importancia del maíz.....	4
Producción mundial.....	5
Producción nacional.....	6
Principales consumidores mundiales	7
Origen del maíz.....	7
Características taxonómicas del maíz	7
Características morfológicas del maíz	8
Sistema radicular	8
Raíz principal	9
Raíces adventicias.....	9
Raíces de sostén	8

Tallo	8
Hojas.....	9
Inflorescencia.....	9
Mazorca	9
Problemas Fitosanitarios	10
Enfermedades del maíz	10
Plagas del maíz	11
Maleza.....	12
Métodos de control de maleza	13
Principales malezas en maíz de México	14
Generalidades de <i>Eleusine indica</i>	15
Descripción de <i>Eleusine indica</i>	15
Características taxonómicas de <i>Eleusine indica</i>	15
Importancia de <i>Eleusine indica</i>	16
Control químico	16
Generalidades de Glifosato	17
Historia.....	17
Modo de acción.....	18
Sitio de acción.....	19
Molécula.....	20
Efectos fisiológicos.....	20
Resistencia a herbicidas.....	21

Resistencia a Glifosato	22
Mecanismos de resistencia.....	22
MATERIALES Y METODOS	24
Metodología experimental	25
Ensayo dosis respuesta.....	26
Análisis de Datos.....	26
RESULTADOS Y DISCUSION	27
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA.....	34

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
FIGURA1.	Estructura molecular del Glifosato	20
FIGURA 2.	Parametros del modelo log-logistic de las curvas de dosis-respuesta de <i>E. indica</i> a glifosato, pruebas de falta de ajuste, dosis efectivas e índices de resistencia para las poblaciones de Lote, Aguacate y Saltillo.....	28
FIGURA 3.	Peso fresco (g) de <i>Eleusine indica</i> de las localidades Lote, Aguacate y Saltillo a 21 días después de tratamiento con diferentes dosis de glifosato.....	29
FIGURA 4.	Porcentaje de plantas de <i>Eleusine indica</i> con presencia de rebrotes después de 21 días de aplicación de diferentes dosis de Glifosato.....	30
FIGURA 5.	Porcentaje de mortalidad de <i>Eleusine indica</i> después de 21 días de aplicación de diferentes dosis de Glifosato.....	31

Resumen

Este estudio presenta los resultados de los análisis de datos de peso fresco (g), porcentaje de plantas con presencia de rebrotes, porcentaje de mortalidad de *Eleusine indica* (L.) Gaertn) de las localidades Lote, Aguacate y Saltillo a 21 días después de tratamiento con diferentes dosis de glifosato, los datos de peso fresco de analizaron por medio de regresión no lineal (Streibig *et al.*, 1993, Seefeldt *et al.*, 1995) utilizando el programa estadístico R, usando el paquete drc (Ritz y Streibig, 2005), con el modelo log-logistic con cuatro parámetros. Se presentó el fenómeno de hormesis en dos poblaciones; en Lote y Aguacate en la dosis 0.27 Kg de a.e. ha⁻¹ de glifosato tuvieron mayor peso fresco que su testigo, otro fenómeno observado en plantas de *Eleusine indica* (L.) Gaertn) aplicadas con glifosato fue el rebrote.

Palabras claves: Biotipos resistentes, glifosato.

INTRODUCCION

El maíz es el cultivo más importante para México. En las áreas rurales es el alimento principal de los agricultores y a veces se usa como insumo intermedio para la alimentación de los animales, el maíz es el insumo principal ya que de él se deriva lo que son las tortillas y la harina de maíz, componentes básicos de la alimentación. Pero su importancia va más allá de su carácter de bien de consumo principal. Este cultivo ocupa entre un tercio y la mitad de la tierra cultivable del país y emplea a uno de cada tres trabajadores rurales. El maíz es cultivado tanto por un gran número de pequeños productores en tierras de temporal como por un número relativamente pequeño de grandes agricultores en tierra de riego (Santiago, 1991).

Resulta esencial proteger el maíz de las malezas, los insectos y las enfermedades a fin de evitar fuertes pérdidas en el rendimiento y en la calidad del grano. El control de malezas es importante como es el caso de *Eleusine indica* porque es un pasto anual. Crece en un amplio rango de tipos de suelos aunque generalmente se ve favorecida por la alta fertilidad. Tolerancia suelos compactados y duros, su crecimiento es extremadamente rápido a temperaturas altas pero su crecimiento se ve reducido cuando se encuentra bajo sombra. Esta maleza crece en bordes de carreteras, caminos y huertas. Es resistente a la sequía y alta humedad (Bayer, 2012). Se encuentra entre las 18 malezas más importantes a nivel mundial, relación basada en su distribución y predominio. El rango de producción de semilla es de hasta 50000 semillas por planta. Está distribuida a lo largo de los trópicos, subtropicales y regiones templadas del mundo (Labrada, 1996).

El Glifosato se aplica como herbicida foliar, con él se controlan eficazmente pastos perennes y anuales, así como también malezas de hoja ancha perennes y anuales. No es selectivo y por lo tanto no se usa en sembradíos excepto en sitios donde pueda mantenerse retirado de las plantas de sembradío (Klingman y Ashton, 1980).

A nivel mundial la resistencia a herbicidas es una rama de la ciencia de la maleza que esta incipientemente desarrollada y por desgracia en México, aunque se sospecha de la existencia de muchas malezas resistentes solo se tienen confirmados tres casos y de estos ninguno se sabe los mecanismos de resistencia involucrados (Castañeda, 2008). Los casos de resistencia más importantes se presentan en los cultivos de trigo, maíz, arroz y soya. Dentro del contexto de control químico, el tema de resistencia de malezas constituye una de las líneas de investigación a destacar a este xenobiotico: el glifosato (Villalba, 2009).

Para determinar la resistencia se analizaron los datos del peso fresco en las diferentes dosis del herbicida por medio de regresión no lineal (Streibig *et al.*, 1993, Seefeldt *et al.*, 1995) utilizando el programa estadístico R, usando el paquete dcr (Ritz y Streibig, 2005), con el modelo log-logistic con cuatro parámetros.

OBJETIVO

- ✓ Conocer la respuesta de un biotipo de *Eleusine indica* (L.) Gaertn sospechoso de ser resistente a glifosato a diferentes dosis de herbicida para determinar su índice de resistencia.

HIPÓTESIS

- ✓ Se espera que pata de gallina *Eleusine indica* del biotipo obtenido en Yecapixtla, Morelos (Aguacate) sea resistente a glifosato.

JUSTIFICACIÓN

- ✓ En la región maicera de Yecapixtla, Morelos con labranza de conservación se observó una falta de control de *Eleusine indica* con el herbicida glifosato.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo de Maíz

Importancia del maíz

Hoy en día el maíz (*Zea mays*) es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (Paliwal *et al.*, 2001).

El maíz es la base alimenticia de varios países del mundo. Este generoso y maravilloso cereal hoy en día es la quinta parte de la fuente de nutrición humana. La producción mundial de este cereal alcanzó los 880 millones de toneladas en el año 2001. Si comparamos las 670 millones de toneladas de trigo o las 400 millones de arroz, se comprende la importancia básica a nivel mundial del maíz, no sólo económicamente sino en todos los niveles (Alonso, 2006).

En México, el maíz por su diversidad en formas y usos, tiene un significado e importancia histórica, sobre todo en el medio rural, que se ha calificado a los mexicanos como gente de maíz (Kato *et al.*, 2009).

Para México el 80% de la superficie se cultiva bajo temporal, de la cual 50% es ecológicamente de productividad baja o marginal. El 92% de los productores siembran menos de 4 hectáreas generalmente aplican tecnologías de producción tradicionales (Schwentenius, 2003).

Olivares (1984) reconoce que la superficie maicera total mexicana, se divide en áreas debido su altitud y climatología.

- a) Área intermedia o región del bajío.- Con alturas que van de 1,100 a 1,800 m.s.n.m comprendiendo parte de los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Querétaro.
- b) Trópico-seco.- Esta área comprende parte de los estados de Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y norte de Tamaulipas y con alturas de 0 a 1,000 m.s.n.m.
- c) Trópico-húmedo.- Esta área comprende parte de los estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, Colima, Guerrero, Nayarit y Sinaloa con alturas que van de 0 a 800 m.s.n.m.
- d) Mesa central norte.- Esta área comprende parte de los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León con alturas de 500 a 2,000 m.s.n.m. esta área es de gran importancia por el número de hectáreas que se siembran con maíz.

Concluyendo que la región de mayor importancia por su mayor producción de grano, es la región de Trópico Seco, ya que presente un clima caliente pero con baja humedad relativa.

Producción mundial

La producción mundial a principios de la década de 1990 ascendió a más de 469 millones de toneladas anuales; por el volumen de producción, el maíz ocupa el tercer lugar detrás del trigo (*Triticum vulgare*) y el arroz (*Oryza sativa*). A lo largo de la década de 1980, la producción de esta especie experimento un crecimiento neto de casi el 11%, debido al cultivo intensivo y a la abundante aplicación de fertilizantes y herbicidas. Estados Unidos es el primer productor y acumula más del 40% de la producción mundial. China, Brasil y México son otros importantes países maiceros

(Encarta, 2000). Para el 2020, la demanda en los países en vías de desarrollo se proyecta que superará la demanda de trigo (*Triticum vulgare*) y arroz (*Oryza sativa*). Esto se refleja en un 50% de aumento en la demanda de maíz global de 558 millones de toneladas en 1995 se proyectara a 837 millones de toneladas en el 2020. Aproximadamente 140 millones de hectáreas de maíz son globalmente cultivadas. Los productores principales son Estados Unidos, China y Brasil, seguidos por Argentina, Sudáfrica y la Unión Europea (Taba *et al*, 2004).

La producción en los países desarrollados es destinada a la ganadería e industria, mientras que en los países en desarrollo constituye un grano básico para la población humana (Quiroga, 1995).

Por otra parte Jugenheimer (1981) menciona que varios factores de los que depende la producción máxima del maíz en los Estados Unidos de América, son por ejemplo la cantidad, distribución y eficacia de las lluvias son factores importantes en la producción de maíz, ya sea escaza o mala afecta adversamente el rendimiento. El calor y la sequía durante el periodo de polinización a menudo causan la desecación del tejido foliar y la formación de semillas.

Producción nacional

En el área tropical de México se siembran anualmente 3 millones de hectáreas de maíz lo que significa el 40% de la producción total nacional.

Los principales estados productores de maíz amarillo son: Chihuahua, Jalisco y Tamaulipas, con una producción total nacional de 1,330,127.71 toneladas. Los principales estados productores de maíz blanco son Sinaloa, Jalisco y Michoacán con 17,961,283.54 toneladas. Sinaloa mantiene el 23 % de la producción con más de 4 millones toneladas de maíz, seguido de Jalisco, Michoacán y Chiapas que producen 2,285,009, 1,288,971 y 1,228,506 toneladas del grano, respectivamente (SIAP, SIACON, SAGARPA, 2009).

Principales Consumidores Mundiales

Estados Unidos es el mayor país consumidor de maíz con 261.67 millones de toneladas lo que representa el 33.9% del consumo mundial, en segundo lugar China con el 19.29%, en tercero la Unión Europea con el 8.22% y México es el cuarto lugar con el 4.14% (Financiera Rural, 2009).

Origen del maíz

Mesoamérica, es una región que comprende una línea irregular desde el estado de Nayarit a la porción media de Veracruz en México, hasta Nicaragua. Es reconocida como un centro de origen de la agricultura en el contexto mundial además de ser el centro de origen y diversidad de aproximadamente 225 especies vegetales cultivadas. México y la región mesoamericana son el centro de origen del maíz y de su diversificación en más de 50 razas nativas reconocidas en nuestro territorio (Kato *et al.*, 2009).

Características Taxonómicas del Maíz (Terán, 2008)

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

SUBCLASE: Commelinidae

ORDEN: Poales

FAMILIA: Poaceae

SUBFAMILIA: Panicoideae

TRIBU: Andropogoneae

GÉNERO: Zea

ESPECIE: *Zea mays*

Características Morfológicas del Maíz

Sistema radicular: Las raíces primarias se desarrollan en la profundidad a la que la semilla se siembra. El crecimiento de estas raíces se disminuye después cuando emerge por encima de la superficie del suelo y prácticamente se detiene en la etapa de tres hojas. Las primeras raíces adventicias comienzan a desarrollarse desde el primer nodo en el mesocotilo, que se produce justo por debajo de la superficie. Estas raíces adventicias continúan desarrollándose en una densa red de raíces fibrosas y son los principales de anclaje de la planta de maíz, sino que también facilitan absorción de agua y nutrientes. Algunas raíces adventicias aparecen en dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo y se denominan las raíces de soporte. La función principal de estos raíces es para mantener la planta erguida y evitar que se alojen en condiciones normales (Belfield y Brown, 2008).

Según la SEP, 1988; el sistema radicular está compuesto por:

Raíz principal: Representada por un grupo de una a cuatro raíces que luego dejan de funcionar, se origina en el embrión y suministra nutrientes a la semilla en los primeros días.

Raíces adventicias: El sistema radicular es totalmente adventicio y puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad.

Raíces de sostén: Estas raíces se originan en los nudos cerca del suelo y favorecen la estabilidad. Disminuye el problema de acame y éstas son las que también realizan la fotosíntesis.

Tallo: El tallo es de consistencia leñosa, cilíndrico y el número de nudos varía de 8 a 25 con un promedio de 16, la variabilidad del diámetro de la caña va de 26 a 45mm., comúnmente de 30 a 35 mm. (Ramella, 1948).

Hojas: La hoja está compuesta de lámina, lígula y vaina foliar, es de forma elongada y aplanada, curvándose (Ramella, 1948), en la cual la vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo con extremos desnudos, su color es verde, aunque hay hojas rayadas de blanco y verde o verde purpura y el número de hojas es variable.

Inflorescencia: El maíz es monoico, las flores masculinas forman la panoja terminal del tallo; las femeninas están dispuestas en una espiga cilíndrica (mazorca) con raquis o marlo grueso y corchoso. El grano se dispone en hileras y es un cariósipide desnudo, variable en tamaño y color (Tocagni, 1980).

Mazorca: Cada planta tiene de una a tres mazorcas, según la variedad y condiciones ambientales en que se encuentre (SEP, 1988).

Los granos de maíz están constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen. La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector. El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza. El germen contiene una pequeña planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, que tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el período de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta (Angel, 2004).

Problemas fitosanitarios

Enfermedades del maíz

Todas las partes de la planta de maíz son susceptibles a un cierto número de enfermedades que reducen la capacidad de la planta para crecer de una manera normal y puede producir en última instancia la pérdida de la cosecha de grano. Las principales enfermedades producidas por hongos en el maíz son: carbón del maíz, pudriciones del tallo y la mazorca, tizón de la hoja, (White, 2004).

El carbón es una enfermedad extremadamente común en el maíz, palomero, dulce y blanco en todo el mundo. La planta puede ser infectada en los estados tempranos de crecimiento, pero puede llegar a ser menos susceptible después de la formación de la espiga. Es causado por el hongo *Ustilago maydis* sobrevive como una espora resistente bajo invierno y posiblemente de dos a tres años en el suelo (Rowe *et al.*, 2001).

Los síntomas causados por *Gibberella zeae* y *Fusarium moniliforme* son similares. Las plantas infectadas normalmente se marchitan, las hojas se tornan de color verde grisáceo y el tallo inferior cambia de color verde oscuro a color amarillento. El tejido interno de la parte baja del tallo se empieza a desintegrar y se ablanda. Cuando se abren, los tallos presentan una coloración rojiza (CIMMYT, 2004).

El carbón de la espiga puede ocasionar daños económicos significativos en zonas maiceras tanto secas y cálidas como altitud intermedia y clima templado. La infección es sistémica, el hongo se desarrolla dentro de las plantas sin que estas presenten síntomas, hasta que llegan a la floración y la emisión de estigmas (CIMMYT, 2004).

El daño causado por el tizón foliar (*Helminthosporium maydis*) es la pérdida de área foliar fotosintética, debido a las lesiones foliares se reduce la producción de fotosintatos para el llenado de granos (CIMMYT, 2012).

Plagas del maíz

Al maíz lo atacan más de 30 especies de insectos algunos son de suma importancia, por la frecuencia con que inciden y por la gravedad de sus daños, siendo mayores las poblaciones en el periodo de lluvias (Rabi, 2001).

Spodoptera frugiperda (gusano cogollero) causa grandes daños en la hoja, los cuales llegan hacer completamente notables, son causados por los primeros instares del gusano cogollero, se empiezan alimentar raspando la epidermis de la hoja y más tarde migra al suelo (Ortega, 1987).

Helicoverpa zea en ocasiones se puede alimentar en el cogollo de las hojas tiernas, las larvas pueden dañar el grano principalmente del maíz. Comienza a alimentarse muy pronto después de la emergencia, se concentra en los canales de seda, Además de causar daño directo a los granos, se abren vías para la infección de patógenos en la raíz (Ortega, 1987).

Gallina ciega (*Phyllophaga spp.* y *Ciclocephala spp.*) el daño que causan se manifiesta primero en las plántulas marchitas y después en zonas con baja población de plantas inclinadas, curvas o acamadas que crecen de forma irregular (Ortega, 1987).

Diatraea grandiosella este barrenador hace pequeños agujeros en el cogollo, corta parcialmente el tallo desde adentro, cerca del nivel del suelo y los tallos que han sido cortados se quiebran fácilmente (Ortega, 1987).

Afido de la hoja de maíz (*Rhopalosiphum maidis*) las infestaciones normalmente empiezan en la vaina de la hoja. Altas infestaciones puedes enrollar las hojas y doblar la planta. Más tarde pueden llegar a cubrir las hojas superiores (Godfrey *et al.*, 2012).

Maleza

La infestación de hierbas dentro del cultivo en ocasiones llega a reducir el rendimiento de la producción cuando el control se realiza después de la época oportuna. Por lo anterior, el cultivo debe mantenerse libre de hierbas durante los 60 días posteriores a la emergencia. Con este propósito se debe efectuar una escardilla y uno o dos cultivos de acuerdo a la incidencia de la maleza y a las condiciones de humedad del suelo (Rabi, 2001).

Las malezas compiten con el maíz por luz, nutrientes y agua, especialmente durante las primeras 3 a 5 semanas después de la emergencia del cultivo. Es importante controlar las malezas en un campo de maíz antes de los 15 a 20 cm de alto, es cuando empieza a impactar en la producción. La Sociedad de la Ciencia de la Maleza de América ha identificado 2 mil especies de malezas de importancia económica entre las que destaca *Eleusine indica* (L.) Gaertn (Wright *et al.*, 2012).

La formación de malezas se considera generalmente como uno de los factores más esenciales que merman el rendimiento del cultivo de grano de maíz de un 25 a un 50%. Esto se debe a que el maíz crece muy lentamente en la primera etapa de su desarrollo. En la etapa de tres o cuatro hojas se detiene en su crecimiento aéreo para adelantar especialmente el desarrollo de sus raíces. De ahí que en su desarrollo juvenil casi no puede competir con las malezas así que quedaría oprimido por ellas, sino se toman las medidas de cultivo del caso. Pero las malezas, bajo ciertas circunstancias, también pueden tener una influencia positiva, obrando como capa protectora contra la erosión. De ahí que en las regiones expuestas al peligro de la erosión, el combate contra las malezas siempre se realizara en combinación con medidas tendientes a conservar el suelo (Glanze, 1973).

Los estudios demuestran que cuando la maleza alcanza una altura de 15 a 20 cm al inicio del cultivo, hace un daño total, que reduce sustancialmente el crecimiento del maíz (Lesur, 2005).

Métodos de control de malezas

Control químico: siendo este método más eficiente en muchos casos, es selectivo, versátil, económico y alta efectividad pero se necesita de una inversión inicial y de personal calificado (Dow, 2012).

Manual: consiste en arrancar las malezas alrededor de las plantas de maíz, utilizando las manos o estacas elaboradas con diferentes materiales, o cortarlas con machete, azadón o escardilla. Tiene bajo costo inicial, menor inversión inicial. Las desventajas que tiene este método son: método lento, gran necesidad de mano de obra, rápida infestación (rebrotos vigorosos) (Dow, 2012).

Mecánico: este método incluye la labranza y el acondicionamiento previo del terreno para la siembra mediante el uso de arados, rastras u otros implementos, así como el pase de segadoras y cultivadoras mecánicas, acopladas al tractor. Este método es rápido, hay menor necesidad de mano de obra y un costo final alto pero no es selectivo. Su uso depende de la topografía y grado de mecanización del área (Dow, 2012).

Los herbicidas se pueden aplicar sobre toda la superficie cultivada o solamente sobre las hileras de maíz. En comparación con el combate mecánico contra las malezas, se pueden mencionar las ventajas ya destacadas de los herbicidas. Como ventaja frente al combate químico contra las malezas cabe señalar que en el suelo no se conservan residuos químicos y que el método es más barato. Pero esto último dependerá esencialmente de las relaciones de precios entre los herbicidas y combustibles empleados. La ventaja decisiva podría consistir en que no solo combaten las malezas de follaje, sino también las poaceas (Glanze, 1973).

Las principales malezas en maíz de México

Entre las malezas tenemos: *Sorghum halepense*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus rotundus*, *Chenopodium album*, *Eleusine indica*, *Portulaca oleracea*, *Cynodon dactylon* y *Helianthus annuus* (Conabio, 2011).

Además de los daños que ocasiona *E. indica* en el rendimiento del maíz por ser una especie altamente competitiva por agua, nutrientes, altamente prolífica y adaptable; *E. indica* ha desarrollado resistencia a herbicidas de los grupos inhibidores de la Acetolactato Sintetasa, (Valverde *et al.*, 1993), y Acetil Coenzima A Carboxilasa (Leach *et al.*, 1995), bipiridilos, glicinas (Lim y Ngim, 2000) y dinitroanilinas (Mudge *et al.*, 1984).

Generalidades de *Eleusine indica*

La pata de gallina *Eleusine indica* es una *poaceae* que está considerada como una de las cinco malezas más problemáticas en el mundo (Holm, 1977).

El género *Eleusine*, contiene nueve plantas anuales o perennes, todos nativos de África a excepción de *E. tristachya* de América del Sur (Hilu y Johnson, 1992; Phillips, 1972). Pertenece a la subfamilia Chloridoideae, que es distante con todos los cultivos de cereal, excepto uno, el mijo (*E. coracana*), que se cree que ha surgido a partir de *Eleusine indica* (Hilu y de Wet, 1976, Hilu y Johnson, 1992, Hiremath y Salimath, 1992) y es un cereal básico importante en la India y algunas regiones de África oriental (Rachie y Peters, 1977). Sin embargo, *E. coracana* es considerada como una maleza secundaria en Tailandia y Vietnam (Waterhouse, 1994).

Eleusine indica es conocida como pata de gallina, es originaria de África (Phillips, 1972), en sustitución de una visión alternativa que era de la India (Holm *et al.*, 1977; Waterhouse, 1994). Se distribuye a lo largo de los trópicos, subtropicos y regiones templadas del mundo, incluyendo África, Asia, el sudeste de Asia, Australia, el Pacífico y América. En nuestro país se encuentra en todos los estados y está presente en 26 cultivos (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Descripción de *Eleusine indica*

Es una planta anual, de hasta de 80 cm de alto con tallos erectos, las hojas tienen vainas foliares comprimidas y aquilladas, glabras o con algunos pelos marginales en la parte superior, lígula en forma de membrana ciliada de más o menos 1 mm de largo, lámina a menudo plegada, hasta de 30 cm de largo y 9 mm de ancho, por lo general glabra, pero con un mechón de pelos en la garganta y a veces con algunos pelos largos en los márgenes cerca de la base. Las ramas de la inflorescencia pueden ser de 1 a 17, de 3 a 15 cm de largo, dispuestas en forma digitada, pero con frecuencia una o dos se sitúan más abajo. Las espiguillas de 3 a 7 mm de largo, compuestas de 4 a 9 flores, densamente apiñadas sobre un ráquis angostamente alado o sin alas; primera gluma de 1.5 a 1.8 mm de largo, la segunda de 2 a 3 mm de largo; lema de 2.5 a 4 mm de largo, con las nervaduras laterales prominentes cerca del ápice, pálea un poco más corta que la lema (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características Taxonómicas de *Eleusine indica* (L.) Gaertn (Juan *et al.*, 2009)

REINO: *Plantae*

SUBREINO: *Tracheobionta*

DIVISIÓN: *Magnoliophyta*

CLASE: *Liliopsida*

SUBCLASE: *Commelinidae*

ORDEN: *Cyperales*

FAMILIA: *Poaceae*

GÉNERO: *Eleusine*

ESPECIE: *Eleusine indica*

Importancia de *Eleusine indica*

La pata de gallina es una maleza importante en más de 60 países en al menos 46 cultivos y, en éstos, tiene el carácter de una maleza seria en 30 países y 27 cultivos. Se estima como la quinta peor maleza en el mundo (Holm *et al.*, 1977). Crece bien en lugares soleados o con poca sombra, en pantanos, terrenos baldíos, bordes de caminos, a lo largo de las fronteras de los campos de regadío, canales, prados y pastos, y es particularmente problemático en las tierras de cultivo. *E. indica* puede producir más de 50,000 pequeñas semillas por planta, que se mueven con facilidad por el viento, en el barro en los pies de los animales y en la maquinaria agrícola. Las semillas son consumidas por los animales salvajes y domésticos que las dispersan con facilidad (Everest, 1974).

Control Químico

El control de la pata de gallina, como un pasto anual, se basa en la utilización de herbicidas de los grupos glicinas, inhibidores de la Glutamina Sintetasa, inhibidores de la fotosíntesis (fotosistema I y II), inhibidores del crecimiento de plántulas (brotes) e inhibidores de la Acetolactato Sintetasa (CIPM-NCSU, 2011). Además de los daños que ocasiona *E. indica* en el rendimiento del maíz por ser una especie altamente competitiva por agua, nutrientes, altamente prolífica y adaptable; la pata de gallina ha desarrollado resistencia a herbicidas de los grupos inhibidores de la Acetolactato Sintetasa, (Valverde *et al.*, 1993), inhibidores de la Acetil Coenzima A Carboxilasa (Leach *et al.*, 1995), bipyridilos, glicinas (Lim y Ngim, 2000), dinitroanilinas (Mudge *et al.*, 1984), inhibidores de la Glutamina Sintetasa (Adam *et al.*, 2010) e inhibidores del fotosistema II (Brosnan *et al.*, 2008).

Generalidades del Glifosato

Historia

El glifosato fue introducido en 1971, controla especies monocotiledóneas y dicotiledóneas consideradas como malas hierbas y es particularmente activo sobre especies perennes. De ahí que se pueda considerar como un herbicida total (García y Quintanilla, 1989).

El glifosato se aplica como herbicida foliar, con él se controlan eficazmente pastos perennes y anuales, así como también malezas de hoja ancha perennes y anuales. No es selectivo y por lo tanto no se usa en sembradíos excepto en sitios donde pueda mantenerse retirado de las plantas de sembradío (Klingman y Ashton, 1980).

Este herbicida no presenta efecto a través del área radical de las malezas, por lo tanto, las aplicaciones realizadas antes de la brotación de los cultivos, no tienen efecto sobre las plantas, no hay efecto residual en el suelo ya que es rápidamente degradado, pero en las plantas superiores parece ser más resistente a la descomposición (Klingman y Ashton, 1980).

Gómez (1993) citó que se inactiva al contacto con el suelo, agua o materia orgánica en suspensión, por lo que en aplicaciones pre-emergente (pre-siembra) se puede sembrar luego de los 10 a los 15 días posteriores a la aplicación.

Este herbicida es uno de los más ampliamente usados en la actualidad y que además está considerado como relativamente sano debido a su rápida inactivación en el suelo (Quinn, 1988). Sin embargo, el comportamiento de glifosato en suelo puede variar en función de las características del suelo sobre el que se aplique. En lo que muchos autores parecen estar de acuerdo es en el importante papel que ejercen los óxidos de hierro y aluminio, así como el pH del suelo en los procesos de adsorción de glifosato en suelo (De Jonge *et al.*, 2001; Gimsing *et al.*, 2004, Calderón *et al.*, 2005).

Modo de Acción

El glifosato funciona interfiriendo en el metabolismo de la planta; pocos días después de la aspersión, las plantas se marchitan, se ponen amarillas y se mueren. Los herbicidas a base de glifosato contienen también productos químicos que hacen que el herbicida se adhiera a las hojas, de modo que el glifosato pueda pasar de la superficie a las células de la planta. (Lang, 2005).

El glifosato es absorbido por el follaje y se mueve dentro de la maleza hasta el interior de las raíces, donde afecta el crecimiento y provoca la muerte de los tejidos. Actúa en el nivel de varios sistemas enzimáticos e interfiere en la formación de aminoácidos y otras sustancias importantes. Provoca el desecamiento de órganos aéreos (hojas y tallo) y subterráneos (Gómez, 1993).

El glifosato se absorbe rápidamente por las hojas. La lluvia disminuye su absorción si tiene lugar cuatro o seis horas después de aplicarse el herbicida. Se transloca rápidamente a través del floema, y también en muchas especies en el xilema. Luego se suele redistribuir, siguiendo el flujo de sustancias fotosintetizadas, depositándose en aquellas partes donde hay mayor demanda de éstas, como son los frutos, órganos de reserva, o zonas apicales meristemáticas. A mayor intensidad luminosa la translocación del glifosato aumenta. Los síntomas típicos producidos por el glifosato son detención del crecimiento y clorosis en las hojas, seguida luego de necrosis. Dichos síntomas son más acentuados y ocurren primero en el ápice y zonas meristemáticas. Luego se extienden a la parte más vieja de la planta. Con frecuencia los rebrotes en especies perennes muestran hojas malformadas o estriadas (García y Fernández, 1989).

Sitio de Acción

La penetración de los herbicidas en general es a través de la cutícula puede ocurrir de una o más de las tres formas siguientes:

Siendo parcialmente adsorbida en la zona cerosa o lipófila de esta. Atravesando totalmente la cutícula y alcanzando las paredes celulares del protoplasma pero sin llegar a penetrar en este (vía simplástica). Y también a través de la cutícula, alcanzando las paredes celulares y alcanzando el interior de las células protoplasmáticas (vía simplástica) (García y Quintanilla, 1989).

Los estomas de las hojas es otra vía de entrada de los herbicidas. A su través pueden penetrar en particular en los herbicidas volátiles y algunas soluciones acuosas. Estas penetraran con mayor facilidad si su tensión superficial ha disminuido suficientemente por la acción del surfactante. No obstante lo anterior debe señalarse que la densidad de estomas suele ser muy baja en el haz o cara superior de las hojas de la mayoría de las especies dicotiledóneas, sobre las cuales se depositan la mayoría de las gotitas pulverizadas (García y Quintanilla, 1989).

El principal mecanismo de acción del glifosato, materia activa del herbicida, es la inhibición competitiva de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS). Esta enzima forma parte de la ruta del ácido shikímico implicado en la producción de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano) y otros componentes aromáticos en plantas, esenciales para la síntesis proteica. Al ser las proteínas necesarias para el crecimiento y las funciones vitales, la aplicación del glifosato lleva a la muerte de la planta (Cámara Uruguaya de Semillas, 2009).

La función de la EPSPS es unir el ácido shikímico con ácido fosfoenolpirúvico para formar la EPSPS. Como la estructura de PEP y del glifosato son muy similares, el glifosato actúa como inhibidor competitivo y se une fuertemente al complejo formado por el shikimato y la EPSPS, resultando una acumulación de shikimato en concentraciones tóxicas. El glifosato se transporta simplásticamente hacia los

meristemas de la planta en crecimiento y, al actuar como inhibidor competitivo de la EPSPS, resulta en la acumulación de shikimato y el bloqueo de la síntesis de los aminoácidos aromáticos. Ésta es la forma en que comienza a actuar el glifosato. En consecuencia, la presencia de glifosato determina supresión de crecimiento y muerte (Villalba, 2009).

Molécula

El glifosato (N-fosfometilglicina, $C_3H_8NO_5P$), al ser de amplio espectro (no selectivo) puede causar daño a los cultivos si no se tiene cuidado al aplicarlo (Gómez, 1993).

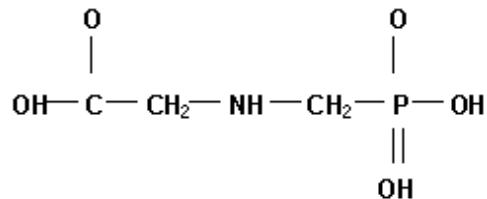


Figura 1. Estructura molecular del Glifosato

Efectos Fisiológicos

Es un herbicida inhibidor de la síntesis de aminoácidos en plantas, bacterias, algas, hongos y parásitos apicomplejos, a través de la inhibición de la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3- fosfato sintetasa). La EPSPS es codificada por el núcleo celular y transportada al cloroplasto a través de un péptido de transporte, y es en el cloroplasto donde participa de la ruta metabólica del ácido shikímico. En esta vía se emplea un 20 por ciento del carbono fijado durante la fotosíntesis. Esta enzima está asociada a la síntesis de tres aminoácidos esenciales aromáticos: fenilalanina, tirosina y triptofano. Además, este trayecto está relacionado a la síntesis de compuestos aromáticos como ligninas, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos y

hormonas vegetales, puesto que los aminoácidos sintetizados son precursores de estos compuestos secundarios. Ya en el cloroplasto, la EPSPS enlaza primero una molécula de shikimato-3-fosfato (S3P), inmediatamente después una molécula de PEP se enlaza al sitio activo de la enzima. La EPSPS cataliza entonces una reacción de condensación para producir 5-enolpiruvilshikimato-3- fosfato. Queda claro que PEP no presenta afinidad por EPSPS a menos que una molécula de S3P se enlace primero (Villalba, 2009).

Resistencia a herbicidas

De acuerdo a Valverde (2000), se define resistencia como la capacidad heredada que posee una especie para sobrevivir a la dosis de un herbicida a la cual la población original era susceptible. Se asume que cualquier población de malezas puede contener biotipos resistentes en baja frecuencia. Así, el uso repetido de un mismo herbicida, expone a la población a una presión de selección que conduce a un aumento del número de individuos resistentes.

Para Chaudhry (2008), la resistencia a un herbicida ocurre cuando éste es incapaz de controlar de manera efectiva una especie de maleza que antes controlaba y se detecta cuando, dentro de una especie de maleza, aumenta la cantidad de biotipos resistentes, mientras los susceptibles disminuyen al ser controlados por el herbicida.

La resistencia de las malezas a los herbicidas se refiere a muchos sectores de la comunidad agrícola: productores, asesores, investigadores y la industria agroquímica. Existe el gran temor de que en un caso extremo de resistencia, los agricultores podrían perder una herramienta valiosa que en este caso son los químicos, los cuales les había facilitado un control efectivo de malezas. La resistencia a menudo es vista como un problema causado por un ingrediente activo en particular. Esto es una simplificación excesiva y una idea errónea. Resultados de

la resistencia de los sistemas agronómicos que se han desarrollado dependen demasiado de los herbicidas como el único control de malezas (Nevill *et al.*, 1998).

Resistencia a Glifosato

Mecanismos de resistencia

La resistencia se define como la capacidad hereditaria natural de algunos biotipos de malezas dentro de una población para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida que, bajo condiciones normales de empleo, controla efectivamente esa población de maleza. La especie es afectada por el herbicida a las dosis recomendadas; pero gracias a la selección de individuos resistentes completan su ciclo reproductivo a pesar de la aplicación del herbicida. La tolerancia es la capacidad hereditaria natural que tienen todas las poblaciones de una maleza para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida (Valverde *et al.*, 2000).

Los mecanismos que pueden conferir resistencia a los herbicidas se pueden agrupar en dos categorías: 1) resistencia basada en el sitio objetivo, y 2) la resistencia basada en el sitio no-objetivo. La resistencia basada en el sitio objetivo consiste en una modificación del sitio de acción de tal manera que el herbicida tiene una reducida afinidad ya no se une a la enzima alterada. Esto se debe a un único cambio de nucleótido del gen que codifica la enzima a la que el herbicida se une (Devine y Shukla, 2000; Preston y Mallory-Smith, 2001). La resistencia basada en el sitio objetivo es el más común y se ha documentado para los herbicidas con los sitios de acción más conocidos, incluyendo aquellos que inhiben la transferencia de electrones en el fotosistema II (PS-II) (Gronwald, 1994), la Acetil-Co Carboxilasa (ACCase) (Delye *et al.*, 2005), Acetolactato Sintetasa (ALS) (Tranel y Wright, 2002), y la polimerización de tubulina (Yamamoto *et al.*, 1998). La resistencia basada en el sitio no objetivo implica la exclusión de la molécula del herbicida del sitio de destino a

la absorción o desplazamiento diferencial, el secuestro o el aumento del metabolismo de desintoxicación.

La resistencia es causada en las plantas debido a la inaccesibilidad de la molécula en su sitio de acción tóxica. En otras palabras, es la incapacidad de la molécula del herbicida para concentrarse en la cantidad letal correcta en el punto de acción dentro de las malezas. Esto proporciona un escape de morir y hacer uso de un tipo de resistencia a los herbicidas. Esta exclusión de los herbicidas en el sitio de acción puede ser debido a varias razones. Puede ser la absorción diferencial de los herbicidas, debido a la barrera morfológica en las hojas como capa extraordinariamente mayor cerosa de la cutícula, epidermis peluda y el número de follaje bajo y tamaño, etc También puede ser debido a la translocación diferencial por el que camino apoplástica (tubos del xilema) o simplástica (células del floema) restringir o retrasar el movimiento de concentración correcta de herbicida en el sitio de acción (Chaudhry *et. al.*, 2008).

La respuesta de las plantas al herbicida se mide por evaluaciones visuales de fitotoxicidad, porcentaje de mortalidad o inhibición de crecimiento en relación con plantas no tratadas. Se confirma resistencia si las curvas dosis- respuesta muestran diferencia estadística y el biotipo potencialmente R no se controla con las dosis que controlan el biotipo S (Gómez, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo experimental del presente trabajo se estableció dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Saltillo, Coahuila, México (Figura 1).



Localización de la UAAAN en Saltillo, Coahuila, México

Metodología experimental

Obtención de semilla del pasto pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn)

Se colectó semilla de pata de gallina siguiendo la metodología descrita por Moss (1995). Se colectaron inflorescencias de *E. indica* en Saltillo, Coahuila, México de una zona urbana (Lote) y de una zona rural no abierta a cultivo (Saltillo) y en Yecapixtla, Morelos, México en un lote de maíz bajo labranza de conservación (Aguacate) el cual se sospechaba resistente a glifosato.

Las inflorescencias se tomaron de un área delimitada por un rectángulo de 100 x 50 m. Una vez colectadas se llevaron al Laboratorio de Malezas dentro del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, donde se limpiaron por medio de un soplador de semillas y se almacenaron a temperatura ambiente.

Obtención del material vegetal pasto pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn)

Se colocaron 200 semillas de *E. indica* de las dos poblaciones en charolas de plástico negro rectangulares de 40x60x7 cm previamente llenas con sustrato (Berger, BM2) más 20 gr de fertilizante de lenta liberación (Osmocote, 14-14-14), y se colocaron en una cámara bioclimática ajustando a un fotoperiodo de 12 h, con una intensidad de luz de $800 \mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$ y a una temperatura constante de $29 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y se dieron riegos tantas veces como lo requirieron las plantas.

Ensayo de dosis-respuesta al herbicida glifosato en las diferentes poblaciones de pata de gallina.

Al momento de la emergencia de la primera hoja verdadera se trasplantó una planta a una maceta de plástico negro de 1 kg de capacidad y fueron colocadas en invernadero. Al alcanzar la tercera hoja verdadera se escogieron 21 plantas por población con altura similar para estandarizar las condiciones de la prueba y se asperjan con diferentes dosis de glifosato (0, 0.27, 0.54, 1.08, 2.16, 4.32, 8.64, 17.28 y 34.56 kg ae ha⁻¹). La dosis comercial (1X) comúnmente utilizada es 1.08 kg ae ha⁻¹.

Análisis de datos

Los datos del peso fresco en las diferentes dosis del herbicida se analizaron por medio de regresión no lineal (Streibig *et al.*, 1993, Seefeldt *et al.*, 1995) utilizando el programa estadístico R, usando el paquete drc (Ritz y Streibig, 2005), con el modelo log-logistic con cuatro parámetros.

$$F(\text{dosis}, (b, c, d, e)) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(\text{dosis}) - \log(e)))}$$

Los parámetros c y d se refieren a las asíntotas inferior y superior de la curva. El parámetro e es el punto de inflexión y el parámetro b es la pendiente a la dosis donde intercepta e . Se realizaron pruebas de ajuste al modelo comparándolo con un modelo lineal ANVA con una prueba de falta de ajuste a la vez con una prueba F y una prueba de razón de verosimilitud. El nivel de resistencia relativa se expresa como la relación de la I_{50} de la población que se cree es resistente sobre la I_{50} de la población susceptible (Beckie *et al.*, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los parámetros del modelo log-logistic por medio del software estadístico R, pudiéndose observar que los valores de los parámetros b , c , d y e son muy similares para las poblaciones de Lote y Aguacate (Figura 2); no así para la localidad Saltillo. Para la prueba de falta de ajuste se realizaron dos pruebas, la prueba F y la prueba de razón de verosimilitud, teniendo que para las localidades de Lote y Aguacate ambas pruebas mostraron ajuste. La localidad de Saltillo, no ajusto con la prueba de F pero mostro el mismo valor que para la prueba de razón de verosimilitud de las otras localidades, por lo que se aceptó el ajuste del modelo (Figura 2). Se calcularon las dosis efectivas donde la inhibición en el crecimiento se producía (I_{10} , I_{50} e I_{90}), las I_{10} e I_{50} de la localidad Aguacate fueron ligeramente superiores a las de Lote y Saltillo, sin embargo fueron suficientes para no ser efectivos en el control de *E. indica* en maíz en labranza de conservación en el estado de Morelos. Los índices de resistencia encontrados en biotipos resistentes de *Eleusine indica* se reportan desde 1.33 a 4.75X (Baerson, 2002; Ng, 2004, Kaundum, 2008) que son similares a los encontrados de la localidad Aguacate con respecto al Lote (1.08X) y con Saltillo (1.01X). Normalmente glifosato controla la pata de gallina en la dosis comercial (1.08 kg a.e. ha⁻¹) del 65 al 90 % (Culpepper *et al.*, 2000, Clewis *et al.*, 2008). Se compararon las I_{90} , donde las poblaciones de Lote y Aguacate tuvieron valores de 0.5449 y 0.6085 respectivamente; siendo estos bajos con respecto a la población de Saltillo cuya fue I_{90} de 1.4202, viéndose reflejado en las dosis necesaria para controlar completamente *E. indica* en condiciones de invernadero que fue de 34.56 kg a.e. ha⁻¹.

FIGURA 2. Parámetros del modelo log-logistic de las curvas de dosis-repuesta de E. indica a glifosato, pruebas de falta de ajuste, dosis efectivas e índices de resistencia para las poblaciones de Lote, Aguacate y Saltillo.

Localidad	Parámetros del modelo log-logistic		Prueba de falta de ajuste			Dosis efectivas		Índice de resistencia			
			Valor de F	Pr(>F)	Razón de verosimilitud						
Lote	b	21.8267	0.1396	0.9664	0.9553	I_{10}	0.4420				
	c	0.0339				I_{50}	0.4843				
	d	2.3182				I_{90}	0.5449				
	e	2.9407									
Aguacate	b	21.8201	0.1398	0.9664	0.9553	I_{10}	0.4516	1.02 Lote	2.1 Saltillo		
	c	0.0339				I_{50}	0.5242	1.08 Lote	1.01 Saltillo		
	d	2.3182				I_{90}	0.6085				
	e	2.9407									
Saltillo	b	5.0924	0.6972	0.6284	0.9553	I_{10}	0.2148				
	c	0.1153				I_{50}	0.5164				
	d	3.4627				I_{90}	1.4202			2.6 Lote	2.33 Aguacate
	e	2.8413									

Se presentó el fenómeno de hormesis en dos poblaciones; en Lote y Aguacate en la dosis de 0.27 kg de a.e. ha⁻¹ de glifosato tuvieron mayor peso fresco que su testigo después de 21 días de aplicación y se volvió a presentar en Lote con la dosis de 1.08 kg de a.e. ha⁻¹ que presento mayor peso que la dosis anterior (Figura 3). La hormesis es una relación en la dosis respuesta caracterizada por una estimulación a bajas dosis y una inhibición a altas dosis (Calabrese *et al.*, 2003). El glifosato es hormético en una variedad de plantas (Wagner *et al.*, 2003; Schabenberger *et al.*, 1999), pues se ha reportado que promueve el crecimiento en la cebada a dosis menores a 60 g a.e. ha⁻¹ (Cedergreen, 2008).

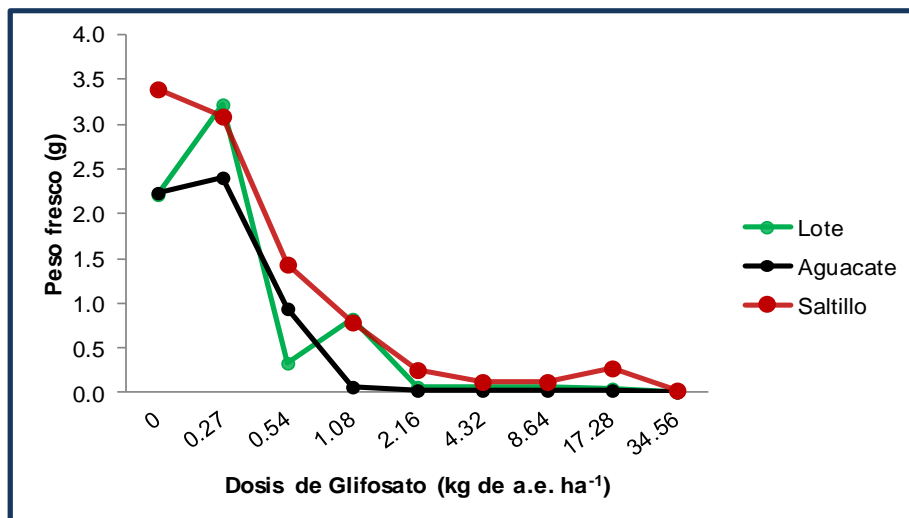


Figura 3. Peso fresco (g) de *Eleusine indica* de las localidades Lote, Aguacate y Saltillo a 21 días después de tratamiento con diferentes dosis de glifosato.

Otro fenómeno observado en plantas de *Eleusine indica* aplicadas con glifosato fue el rebrote; para la población de Lote la dosis de 1.08 kg a.e. ha⁻¹, tuvo 16.7% de plantas con rebrote a 1.08 kg a.e. ha⁻¹; el mismo porcentaje de rebrote lo tuvo la población Aguacate pero en la dosis de 0.27 kg a.e. ha⁻¹. El mayor porcentaje de rebrote lo tuvo la población de Saltillo a una dosis de 0.54 kg a.e. ha⁻¹ con 83.3% de plantas con rebrotos y en la dosis de 1.08 kg a.e. ha⁻¹ con 16.7% (Figura 4). La evidencia de rebrotos hace pensar que las dosis reducidas del herbicida estimularon la producción de nuevos brotes en las plantas. La hormesis también inhibe el efecto del herbicida a dosis altas, lo que le permitió a la población de Saltillo rebrotar y soportar mayor cantidad de glifosato que las poblaciones de Lote y Aguacate, sin embargo, la determinación de la resistencia está dada por los valores de la I₅₀.

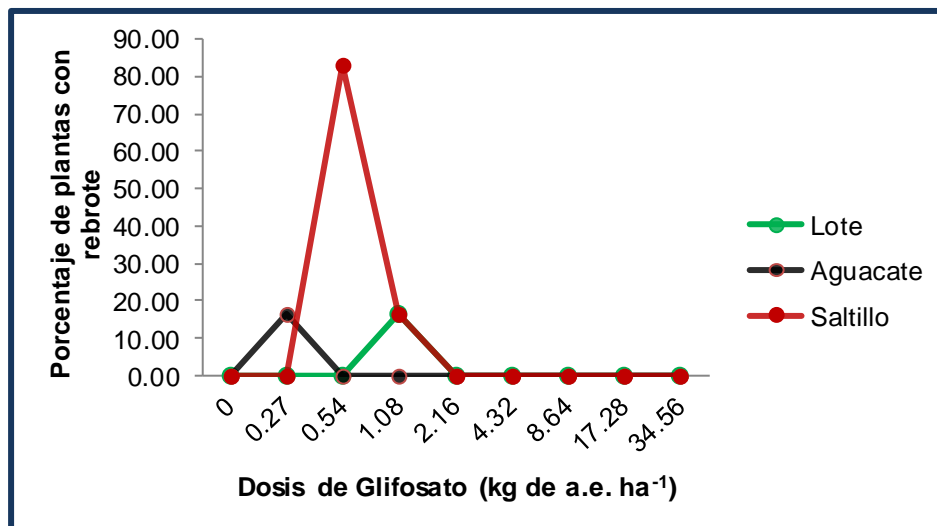


Figura 4. Porcentaje de plantas de *Eleusine indica* con presencia de rebrotes después de 21 días de aplicación de diferentes dosis de Glifosato.

La mortalidad fue diferente en las plantas aplicadas con glifosato, ya que para las poblaciones de Lote y Aguacate se tuvo una mortalidad de 100 % a 2.16 kg a.e. ha⁻¹. Mientras que para la localidad Saltillo, la mortalidad al 100% se presentó en la dosis de 34.56 kg a.e. ha⁻¹ (Figura 5). Se volvió a presenta hormesis, ya que para las dosis de 8.64 y 17.28 kg a.e. ha⁻¹ los porcentajes de mortalidad bajaron de 83 al 16%, presentándose así inhibición a dosis altas de glifosato en la población de Saltillo.

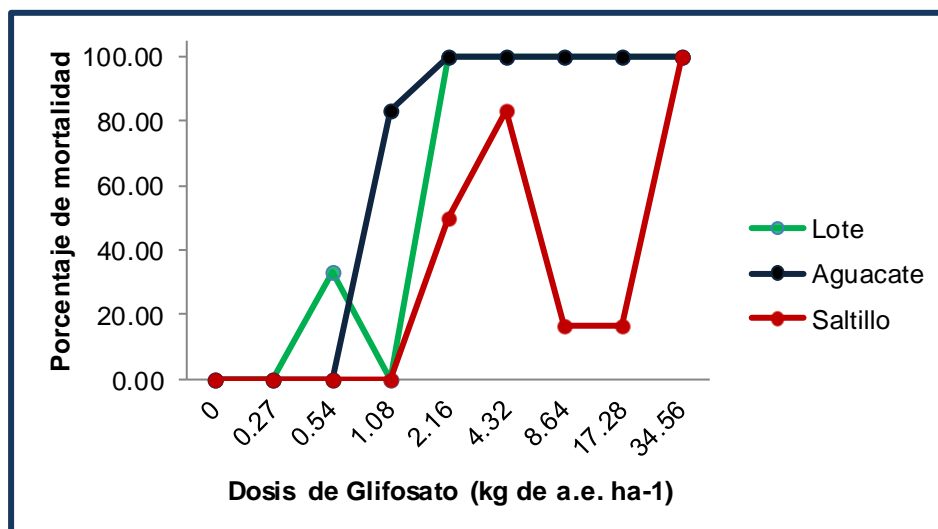


Figura 5. Porcentaje de mortalidad de *Eleusine indica* después de 21 días de aplicación de diferentes dosis de Glifosato.

Se obtuvieron los parámetros del modelo log-logistic por medio del software estadístico R, pudiéndose observar que los valores de los parámetros b , c , d y e son muy similares para las poblaciones de Lote y Aguacate (Figura 2); no así para la localidad Saltillo. Para la prueba de falta de ajuste se realizaron dos pruebas, la prueba F y la prueba de razón de verosimilitud, teniendo que para las localidades de Lote y Aguacate ambas pruebas mostraron ajuste. La localidad de Saltillo, no ajusto con la prueba de F pero mostro el mismo valor que para la prueba de razón de verosimilitud de las otras localidades, por lo que se aceptó el ajuste del modelo (Figura 2). Se calcularon las dosis efectivas donde la inhibición en el crecimiento se producía (I_{10} , I_{50} e I_{90}), las I_{10} e I_{50} de la localidad Aguacate fueron ligeramente superiores a las de Lote y Saltillo, sin embargo fueron suficientes para no ser efectivos en el control de *E. indica* en maíz en labranza de conservación en el estado de Morelos. Los índices de resistencia encontrados en biotipos resistentes de

Eleusine indica se reportan desde 1.33 a 4.75X (Baerson, 2002; Ng, 2004, Kaundum, 2008; Yuan, 2005) que son similares a los encontrados de la localidad Aguacate con respecto al Lote (1.08X) y con Saltillo (1.01X). Normalmente glifosato controla la pata de gallina en la dosis comercial (1.08 kg a.e. ha⁻¹) del 65 al 90 % (Culpepper *et al.*, 2000, Clewis *et al.*, 2008). Se compararon las I₉₀, donde las poblaciones de Lote y Aguacate tuvieron valores de 0.5449 y 0.6085 respectivamente; siendo estos bajos con respecto a la población de Saltillo cuya fue I₉₀ de 1.4202, viéndose reflejado en las dosis necesaria para controlar completamente *E. indica* en condiciones de invernadero que fue de 34.56 kg a.e. ha⁻¹.

Se presento el fenómeno de hormesis en dos poblaciones; en Lote y Aguacate en la dosis de 0.27 kg de a.e. ha⁻¹ de glifosato tuvieron mayor peso fresco que su testigo después de 21 días de aplicación y se volvió a presentar en Lote con la dosis de 1.08 kg de a.e. ha⁻¹ que presento mayor peso que la dosis anterior (Figura 3). La hormesis es una relación en la dosis respuesta caracterizada por una estimulación a bajas dosis y una inhibición a altas dosis (Calabrese *et al.*, 2003). El glifosato es hormetico en una variedad de plantas (Warger *et al.*, 2003; Schabenberger *et al.*, 1999), pues se ha reportado que promueve el crecimiento en la cebada a dosis menores a 60 g a.e. ha⁻¹ (Cedergreen, 2008).

CONCLUSIONES

Los índices de resistencia encontrados para la localidad de Aguacate de Yecapixtla, Morelos aunque bajos (1.08 y 1.01X) demuestran la resistencia que ha desarrollado *E. indica* a glifosato y explican la falta de control del herbicida.

Se presentó el fenómeno de hormesis manifestado por el aumento de la biomasa en dosis bajas y en la inhibición de la acción del glifosato ya que se produjeron rebrotes en todas las localidades y porcentajes de mortalidad reducidos en dosis altas del herbicida.

BIBLIOGRAFIA

- Adam, J., Ngim J., Bakar B. y Z. Alias. 2010. Preliminary findings of potentially resistant goosegrass (*Eleusine indica*) to glufosinate-ammonium in Malaysia. *Weed Biology and Management* 10(4):256-260
- Alonso, A. 2006. El maíz y la nutrición humana [en línea] Infomed red de salud de cuba. <<http://www.sld.cu/saludvida/nutricion/temas.php?idv=12860>> [consulta: 03 febrero 2012]
- Angel, M. 2004. Maiz de Alimento Sagrado a Negocio del Hambre. Hivos. p 9.
- Baerson S R, D J Rodriguez, N A Biest, M Tran, J You, R W Kreuger, G M Dill, J E Pratley, J Gruys. 2002. Investigating the mechanism of glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Sci.* 50:721-730.
- BayerCropScience. Crop Compendium [en línea] <<http://www.compendium.bayercropscience.com>> [consulta: 29 enero 2012]
- Beas, JC. 1982. Como lo usamos. 1ra ed. México, DF. Arbol Editorial. 102 p.
- Beckie H J, I M Heap, R J Smedad, L M. Hall. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Tech.* 14 (2):428 - 445.
- Belfield, S; Brown, C. 2008. Field Crop Manual: Maize A Guide to Upland Production in Cambodia. NSW DPI Department of Primary Industries, Cardi, Murdoch University, Canberra University. 50 pp. Cambodia.
- Brosnan, J.T., Nishimoto, R.K. y J. De Frank. 2008. Metribuzin-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) in bermudagrass turf. *Weed technology* 22:675- 678.
- Calabrese E J, L A Balwin. 2003. Hormesis: the dose – response revolution. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology.* 43: 175 – 197.

- Calderón, MJ; Celis R; Quintana, MA; Durand, S; Cornejo, J. 2005. Soil components as affecting glyphosate soil retention (unpublished results).
- Camara Uruguaya de Semillas. Resistencia a Glifosato [en línea] <www.cus.org.uy/es/biotecnologia/cultivos-aprobados> [consulta: 13 febrero 2012]
- Castañeda Z., Yolanda. 2008. Una visión sobre la importancia de diversidad del maíz en México. Acción Social de los Jesuitas. <http://sjsocial.org/crt/articulos/762castaneda.htm>.
- Cedergreen, N. 2008. Is the growth stimulation by low doses of glyphosate sustained over time?. *Environmental Pollution* 156 (3): 1099-1104.
- Chaudhry O. 2008. Herbicide-Resistance and Weed-Resistance Management. Toronto, Ontario, Canada, 27p.
- Cimmyt. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Cuarta edición. México, D.F. Pg. 6.
- Cimmyt. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo [en línea] <<http://www.maizedoctor.cimmyt.org>> [consulta: 03 febrero 2012]
- Cipm-Ncsu. 2011. North Carolina Agricultural Chemical Manual. College of Agriculture and Life Sciences. North Carolina State University.
- Clewis S B, D K Miller, C H Koger, T A Baughman, A J Price, D. Porterfield, J W Wilcut. 2008. Weed management and crop response with Glyphosate, S-metolachlor, Trifloxysulfuron, Prometryn and MSMA in Glyphosate – resistant cotton. *Weed Technology* 22:160-167.
- Conabio, 2011, Malezas de México: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/paginas/lista-plantas.htm>.

- Culpepper A S, A C York, R B Batts, K M Jennings. 2000. Weed Management in Glufosinate and Glyphosate – Resistant Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 14(1):77 – 88.
- De Jonge, H; de Jonge, LW; Jacobsen, OH; Yamaguchi, T; Moldrup, P. 2001. Glyphosate sorption in soils of different pH and phosphorus content. *Soil Science* 166, 230-238
- Délye, C., . Q. Zhang, S. Michel, A. Matějček, and S. Powles. 2005. Molecular bases for sensitivity to Acetyl-Coenzyme A carboxylase inhibitors in black grass. *Plant physiol.* 137:794-806.
- Devine, M. and A. Shukla. 2000. Altered target sites as a mechanism of herbicide
- Dow Agrosiences. Métodos de control de malezas [en línea].<<http://www.dowagro.com.ar>> [consulta: 04 febrero 2012]
- Enciclopedia. Microsoft® Encarta® 2000 © . Principales Paises Productores de Maiz.
- Espinosa, F. J. y J. Sarukhán, 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Everest, S.L. 1974. Poisonous plants of Australia. 2nd Ed. Angus and Robertson. 650 p.
- Figliola, S. S., N. D. Camper y W. H. Ridings. 1988. Potential Biological Control Agents for Goosegrass (*Eleusine indica*). *Weed Science* 6:830-835.
- Financiera Rural. 2009. Acceso: Enero 2012. <[http://www.Financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaMa%C3%ADz\(jun11\).pdf](http://www.Financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaMa%C3%ADz(jun11).pdf)>

- Gagne, R. J. 1985. A taxonomic revision of the Asian Rice Gall Midge, *Orselia oryzae* (Wood-Mason) and its relatives (Diptera: Cecidomyiidae). Entomography 3: 127-162
- García Torres, L; Fernández-Quintanilla, C. 1989. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Coedición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 348p.
- Gimsing, AL; Borggaard, OK; Jacobsen, OS; Aamand, J; Sørensen, J. 2004. Chemical and microbiological soil characteristics controlling glyphosate mineralisation in Danish surface soil. Appl. Soil Ecol. (27) 233-242 p.
- Glanze P. 1973. El Maíz de Grano. Producción mecanizada de maíz de grano en las regiones tropicales y subtropicales. Edición Leipzig. D.F., México. Ediciones Euroamericanas Klaus Thiele. 198p.
- Godfrey LD; Wright S.D. Pest Management Guidelines. Corn Integrated Pest Management. Agriculture and Natural Resources. University of California. <www.ipm.ucdavis.edu/> [consulta: 03 febrero 2012]
- Gómez Brindis JG. 1993. Control Químico de la Maleza. 1ra ed. México D.F. Editorial Trillas. 246 p.
- Gomez, Brindis J. G. 2006. Herbicidas agrícolas: formulaciones, usos, dosis y aplicación. 2ª ed. Mexico, Trillas. 270p.
- Gomez, C. 2009. Mecanismos de Resistencia de *Parthenium hysterophorus* L.A Glifosato, Valle del Cauca, Colombia. Tesis (Doctora en Ciencias Agropecuarias, Área Agraria). Bogota D. C. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. 203 h.
- Gronwald, J. W. 1994. Resistance to photosystem II inhibiting herbicides. Pages 27-60 in S. B. Powles and J. A. M. Holtum, eds. Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc.

- Heap, I. 2011. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (<http://www.weedscience.org/In.asp> consultado 6 de diciembre de 2011)
- Hilu, K.W. y J.L. Johnson. 1992. Ribosomal DNA variation in finger millet and wild species of *Eleusine* (Poaceae). TAG Theoretical and Applied Genetics 83: (6-7): 895 -902.
- Hilu, K.W. y J.M.J. de Wet. 1976. Domestication of *Eleusine coracana*. Economic Botany 30(3): 198:208.
- Hiremath, S.C. y S.S. Salimath. 1992. The "A" genome donor of *Eleusine coracana* (L.) Gaertn (Gramineae). TAG Theoretical and Applied Genetics 84 (5-6): 747 -754.
- Holm, L. G., D. L. Plucknett, J. V. Pancho, y J. P. Herberger. 1977. The World's Worst Weeds—Distribution and Biology. Honolulu: The University Press of Hawaii. pp. 47–53.
- Juan, MP; Francisco, HB. 2009. *Eleusine indica* (L.) Gaertn. [en línea] <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/eleusine-indica/fichas/ficha.htm>>
- Jugenheimer, W.R. 1981. Variedades mejoradas. métodos de cultivo y producción de semillas. Ed. LIMUSA, México
- Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Kaundum S S, I A Zelaya, P D Richard, A J Lycett, P Carter, K R Sharples, E McIndoe. 2008. Importance of the P106S Target-Site Mutation in Conferring Resistance to Glyphosate in a Goosegrass (*Eleusine indica*) Population from the Philippines. Weed Science. 56(5): 637-646.

- Klingman, G; Ashton, F. 1980. Estudio de las plantas nocivas. Principios y prácticas, México. Editorial Limusa. 449 p.
- Labrada, R., Caseley, J., Parker. 1996. Estudio FAO Produccion y Proteccion Vegetal. Roma. 120p.
- Lang, C. Glyphosate herbicide, the poison from the skies. [en línea] World Drain Forest Movement. August 2005. No97 < <http://www.wrm.org.uy/bulletin/97/Glyphosate.html>> [consulta: 30 enero 2012]
- Leach, G. E., M. D. Devine, R. C. Kirkwood, y G. Marshall. 1995. Target enzyme-based resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors in *Eleusine indica*. Pestic. Biochem. Physiol. 51:129–136.
- Lesur, Luis. 2005. Manual del cultivo del maíz: una guía paso a paso. –México: Trillas, 80 p.)
- Lim, J. L. y J. Ngim. 2000. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) in Malaysia. Pest Manag. Sci. 56: 336–339.
- Moss, S.R. 1995. Techniques for determining herbicide resistance. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 547-556.
- Mudge, L. C., B. J. Gossett, y T. R. Murphy. 1984. Resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to dinitroaniline herbicides. Weed Sci. 32:591–594.
- Neira, E. Seminario Internacional: Diagnóstico y manejo de la resistencia a herbicidas. 2009. Carillanca Temuco – Chile, Centro Regional de Investigacion INIA. 117p.
- Nevill, D; Cornes, D; Howard, S. Weed Resistance. [en línea] The Role of HRAC in the Management of Weed Resistance. August 1998. <<http://www.hracglobal.com/Publications/HRACManagementandWeedResistance/tabid/228/Default.aspx>> [consulta: 30 enero 2012]

- Olivares, SG. 1984. Mejoramiento genético del maíz: cosechas abundantes y más nutritivas, ciencia y desarrollo. (55-58): 84-93 p.
- Ortega, A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F.: CIMMYT. Pg 79.
- Ortega, OC. 1987. Insect Pests of Maize: A Guide for Field Identification. México, D.F.: CIMMYT. Pg. 79.
- Paliwal RL; Garnados, G; Lafitte, HR; Violic, DA. 2001. El Maiz en los Tropicos mejoramiento y producción. Coleccion FAO: Produccion y protección vegetal. No 28. Mundi prensa. 376p.
- Phillips, S. M . 1972. A Survey of the Genus *Eleusine Gaertn.* (Gramineae) in Africa. Kew Bulletin. Vol. 27, No. 2, pp. 251-270.
- Preston, C. and C. A. Mallory-Smith. 2001. Biochemical mechanisms, inheritance, and molecular genetics of herbicide resistance in weeds. Pages 23-60 *in* S. Powles and D. Shaner, eds. Herbicide resistance and world grains. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc.
- Quinn, JP; Peden, J. MM; Dick, RE. 1988. Glyphosate tolerance and utilization by the microflora of soils treated with the herbicide. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 29,511-516
- Quiroga, M. R. R. 1995. Enfermedades de maíz (*Zea mays, L.*) en algunas regiones tropicales de México, con énfasis en el estado de Chiapas: Manual para técnicos, investigadores y estudiantes. Universidad Autónoma de Chiapas. 16p.
- Rabí. 2001. Guía Técnica para la producción del cultivo del Maíz (*Zea mays, L.*). Apoyo al programa para el cultivo popular de productos básicos en las provincias orientales del país. 8p.
- Rachie, O.K. y V.L. Peters. 1977. The Eleusines- A review of the world literature. pp 179. Patancheru, A.P. 502 324 India. ICRISAT.

- Ramella, R. 1948. El Maíz en la Argentina, la planta y su cultivo. Editorial Sudamérica. Buenos Aires Argentina.
- Ripudusan L. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. [en línea] Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO. <<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.HTM>> [consulta: 13 febrero 2012]
- Ritz C, J C Streibig. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software 12(5):1-22.
- Rowe, RL; Lipps PE; Mills, DR. 2001. Corn Smut. The Ohio State University. [en línea] Extension FactSheet. <<http://ohioline.ag.ohio-state.edu>> [consulta. 30 enero 2012]
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Santiago, L. 1991. El maíz y el acuerdo de libre comercio entre México y los Estados Unidos. El trimestre Económico, Fondo de Cultura Económica, vol. 4(232).
- Schabenberger, O.; Kells, J.; Penner, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose response. Agronomy Journal. 91, 713–721, 1999.
- Schwentenius, R. 2003. ¿El campo no aguanta más? CIESTAAM – UACH y La Jornada.
- Seefeldt S S , J E Jensen, E P Fuerst. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. Weed Technol 9:218–227.
- SEP. 1988. Manual para Producción agropecuaria de Maíz, Editorial Trillas 7ma reimpresión.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, SAGARPA. Consulta de Indicadores de Producción Nacional de Maíz. Disponible en www.siap.sagarpa.gob.mx/siacon.

- Steckel, L. Goosegrass. [en línea] University of Tennessee Institute of Agriculture, U.S. Department Agriculture <<http://www.utextensio.tennessee.edu/>> [consulta : 29 enero 2012]
- Streibig J C, M Rudemo, J E Jensen.1993. Dose-response curves and statistical models. p. 355 in J. C. Streibig and P. Kudsk, eds. Herbicide Bioassays. CRC Press. Boca Raton, FL,
- Taba, S; Van Ginkel, M; Hoisington, D; Poland, D. 2004. Wellhausen-Anderson Plant Genetic Resources Center: Operations Manual. El Batán, México: CIMMYT. 29 p.
- Terán, G. 2008. Corrección del anteproyecto de tesis “Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays L.*) Con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción cantón Mira”.
- The CIMMYT Maize Program. 2004. Maize Diseases: A Guide for Field Identification. 4th edition. 119p.
- Thorner, DW; Peterson, HB. 1975. Técnica de riego, fertilidad y explotación de los suelos. 6ta reimpression. Ed. C.E.C.S.A. México. 15-20 p.
- Tocagni, H. 1980. El Maíz. 1ra Ed. Buenos Aires, Argentina. Editorial Albatros. 143 p.
- Tranel, P. J. and T. R. Wright. 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? *Weed Sci.* 50:700-712.
- Valverde, B. E., L. Chaves, J. Gonzales, y I. Garita. 1993. Field evolved imazapyr resistance in *Ixophorus unisetus* and *Eleusine indica* in Costa Rica. Brighton Crop Protection Conf.—Weeds. Volume 3. Surrey, U.K. Pp. 1189–1194.

- Valverde, B. E., L. Chaves, J. Gonzales, y I. Garita. 1993. Field evolved imazapyr resistance in *Ixophorus unisetus* and *Eleusine indica* in Costa Rica. Brighton Crop Protection Conf.—Weeds. Volume 3. Surrey, U.K. Pp. 1189–1194.
- Valverde, B.E.; Riches, C.R. y Caseley, J.C. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. San José, C. R. Cámara de Insumos Agropecuarios. 1ra ed. 136 p.
- Villalba, A. 2009. Resistencia a herbicidas. [en línea] Ciencia exactas y naturales. Noviembre. No 39 <www.scielo.org.ar> [consulta: 27 enero 2012]
- Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa García. 1998. Catalogo de malezas de México. Ediciones Científicas Universitarias, UNAM, Consejo Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México.
- Wagner R, M Kogan, A M Parada. 2003. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). *Weed Biol. Manag.* 3: 228-232.
- Waterhouse, D. F. 1994. Biological control: Pacific prospects. Supplement 2. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 138 pp.
- White, G. Plagas y Enfermedades del maiz. Madrid, Mundi – Prensa, 2004. 78p.
- Wright SD; Canevari W. M, Munjer D.J. Pest Management Guidelines. Corn Integrated Weed Management. Agriculture and Natural Resources, University of California. <www.ipm.ucdavis.edu/> [consulta : 27 enero 2012].
- Yamamoto, E., L. Zeng, and W. V. Baird. 1998. α -tubulin missense mutation correlate with antimicrotubule drug resistance in *Eleusine indica*. *Plant Cell* 10:297-308.