

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Extractos Botánicos con Efecto Herbicida para el
Control de Malezas de Hoja Ancha

Por:

YARETH GONZÁLEZ ESQUIVEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA

Evaluación de Extractos Botánicos con Efecto Herbicida para el
Control de Malezas de Hoja Ancha

Por:

YARETH GONZÁLEZ ESQUIVEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal


Dra. Jazmin Janet
Velázquez Guerrero
Coasesor


Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Coasesor


Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Vocal Suplente


Dr. Alberto Sandoval Kengel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2023

Declaración de no plagio

El autor principal quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o el autor original (cortar y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos o de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



Yareth González Esquivel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por las buenas oportunidades que me ha puesto en el camino de la vida para lograr mis metas, una de ellas es mi aceptación a esta universidad en la que culmine mi carrera profesional, por la salud, amor y protección que hasta hoy en día me ha dado. Te agradezco por escucharme esas veces que me encomendó a ti para pedirte fuerzas, inteligencia y dedicación al tomar decisiones importantes a lo largo de mi vida, por no dejarme sola en los momentos difíciles.

A mis padres **Juana Esquivel Nava** y **Francisco González Fonseca** por el amor y confianza que me brindan día con día, por hacer de mí una mujer fuerte, trabajadora, respetuosa, amorosa y con valores, porque a pesar de ser mujer creen en mí para lograr mis metas, por trabajar y esforzarse todos los días para brindarnos a mis hermanos y a mí su apoyo incondicional tanto físico como económico. Por darme una vida sana y plena.

A mis hermanos **Francisco Javier González Esquivel, Adrián González Esquivel, Arturo González Esquivel, Mauricio González Esquivel, Erika González Esquivel**, por creer en mí y por apoyarme todos los días de manera directa o indirecta en las decisiones que tomo, por darme ánimos a seguir adelante en mis sueños, a nunca limitarme de mis capacidades, por darme amor, compañía y apoyo incondicional toda mi vida

A **Alexis Enrique Hernández Zosayas** por ser un buen compañero, amigo y novio durante la carrera, por apoyarme infinitamente en mis decisiones y creer en mí siempre, por darme fuerzas, amor, cariño y confianza para luchar por mis objetivos y seguir adelante día con día.

A mis amigos de la carrera **Esmeralda Amada, Alejandra Nohemí, María Luisa, Samir, Jahzeel Osiris, Hasel Said, Adolfo, Genaro, Rafael Díaz**, y a todos ustedes que me consideran amiga que no están en esta lista pero tiene un gran valor sentimental en mi persona, por hacerme parte de su familia

estudiantil brindándome su amistad y cariño, por todo el apoyo que me dieron cuando lo necesite, por darme consejos y aliento para seguir adelante en mis estudios.

Al equipo de trabajo **Agroinsumos Santa Cruz** por el compañerismo con el que me incluyeron al equipo, por abrirme las puertas a nuevas experiencias principalmente laborales, gracias a todos aquellos que aportaron su granito de arena para darle una formación más profesional a mis aprendizajes académicos, por darme una oportunidad de trabajo donde desarrolle y mejore mis habilidades laborales, gracias por impulsarme a aprender, ser mejor persona y profesional día con día.

A mis **tutores de tesis y maestros académicos** que se esforzaron para que yo me llevara el mejor conocimiento académico, que plantaron en mí el amor a la carrera profesional, y que día con día se levantaba con la mejor actitud y disposición para venir a formar a personas profesionales, gracias por compartir con nosotros sus conocimientos profesionales y laborales.

Para terminar de la mejor manera le agradezco a mi hermosa institución **universidad agraria Antonio narro** por abrirme las puertas de sus aulas, internados, y comedor, por darme la comodidad que un universitario ocupa para un buen desarrollo profesional, por darme la oportunidad de conocer excelentes personas, amigos y maestros, por abrirme las puerta a sus años de conocimiento y desarrollo profesional, Por permitirme formarme como un buen ingeniero agrónomo parasitólogo través de sus maestros llenos de experiencia, gracias por los momentos bonitos e inolvidables que pase gracias a ti mi ALMA TERRA MATER.

DEDICATORIAS

Le dedico este logro principalmente a **Dios** por acompañarme en todo este proceso, por que puso en mi camino todas las oportunidades necesarias para terminar mi carrera profesional, por las fuerzas y la inteligencia que me brido para sobrellevar mis materias y todos los obstáculos que se me interpusieron, por darme salud y bienestar en todos estos años de vida.

A mis padres **Juana Esquivel Nava** y **Francisco González Fonseca** quienes día con día se esforzaron para poder brindarme el apoyo, amor, fuerza y confianza que necesite para poder dejar ese lugar tan hogareño y salir a cumplir mis sueños profesionales, gracias a sus buenos consejos y a sus enseñanzas para afrontar una vida independiente.

A mis hermanos y familia que de manera directa o indirecta siempre me han apoyado en la decisión de salir a adelante y formarme en una adulta profesional. Que me brindan amor y seguridad de mi misma para seguir adelante con cada uno de mis planes.

A **Alexis** quien me ha apoyado infinitamente para culminar de la mejor manera con este logro alentándome a ser mejor persona y profesional todos los días, quien apoya cada una de las decisiones que tomo, por darme amor y cariño incondicional.

A mis tutores y maestros por ayudarme a terminar con este proyecto gracias a sus conocimientos y experiencias, por brindarme la mejor atención en todo el proceso de la carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Malezas.....	4
Características adaptativas de las malezas.....	4
Importancia del control de malezas en el sector agrícola.....	4
Características de las malezas en áreas cultivadas.....	5
Principales desventajas de las malezas en los cultivos.....	5
Las malezas se clasifican a estos criterios.....	5
Ciclo de vida.....	5
Consistencia del tallo.....	5
Hábitat.....	6
Tipo de Hoja.....	6
Por los requerimientos.....	7
Las malezas se pueden mantener bajo control por distintas vías, entre ellas métodos culturales, físicos y químicos.....	8
Métodos culturales.....	8
Control Mecánico.....	8

Control Químico.....	8
El control biológico.....	8
Herbicidas.....	9
Historia de los herbicidas.....	9
Clasificación de los herbicidas.....	9
Composición y uso.....	10
Persistencia.....	10
Movilidad dentro de la planta.....	10
Momento en que debe aplicarse.....	11
Acción sobre las plantas.....	11
Modo y mecanismo de acción de los herbicidas.....	11
Síntomas de fitotoxicidad de los herbicidas.....	12
Herbicidas móviles.....	12
Herbicidas no móviles.....	13
Control químico de las malezas.....	13
Desventajas del uso de herbicidas químicos.....	13
Resistencia de herbicidas.....	13
Toxicidad de los herbicidas.....	14
El glifosato (GPSHs).....	14
Modo de acción del glifosato.....	14
Mecanismo de acción del glifosato.....	15
Síntomas.....	15
Absorción y movimiento en la planta.....	15
Resistencia al glifosato.....	16
Residualidad del glifosato.....	16
Efectos del glifosato en la agricultura.....	16
Efecto del glifosato sobre la salud humana.....	17
El glifosato en México.....	17
Bio-herbicidas.....	19
Características físico-químicas de los bio-herbicidas.....	19
Ventajas del uso de bio- herbicidas.....	20

Desventajas del uso de bio-herbicidas.....	20
Generalidades de algunos Modo de acción.....	20
Aceites esenciales.....	20
Alelopáticas.....	21
Comparativo bio-herbicidas con glifosato.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Localización del experimento.....	22
Establecimiento de maleza de hoja ancha.....	22
Aplicación de experimentos.....	23
Evaluación del experimento.....	24
Metodología de evaluación del efecto herbicida en hoja ancha.	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Porcentaje de toxicidad por suma de repeticiones.....	27
Porcentaje de toxicidad por suma de días.....	28
Diferencia de toxicidad entre días 10%.....	30
Diferencia de toxicidad entre días 15%.....	31
CONCLUSIÓN.....	33
LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Modo y mecanismos de acción de los herbicidas.....	12
Cuadro 2. Porcentaje de evaluación de toxicidad.....	26
Cuadro 3. Comparación de la efectividad del producto entre días.....	27
Cuadro 4. Efectividad de los prototipos por días.....	29
Cuadro 5. Comparaciones de porcentaje de evaluación entre días (10%).....	30
Cuadro 6 comparaciones de porcentaje de evaluación entre días (15 %)	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).....	22
Figura 2. Separación por prototipo con 20 repeticiones y 3 testigos....	23
Figura 3. Identificación y etiquetado de prototipos y tratamientos.....	23
Figura 4. Solución botánica.....	24
Figura 5. Solución química (glifosato).....	24
Figura 6. Aplicaciones de la solución sobre la maleza de hoja ancha..	24
Figura 7. Evaluación de la efectividad de los bio-herbicida 7 días posteriores a la aplicación (prototipo 1 al 10%).....	25
Figura 8. Evaluación de la efectividad del bio-herbicida 7 posteriores a la aplicación (prototipo 2 al 15 %)......	25
Figura 9. Evaluación de la efectividad del herbicida a los 15 días posteriores a la aplicación.....	25

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Porcentaje de toxicidad.....	28
Grafica 2. Porcentaje de toxicidad.....	29
Grafica 3. Porcentaje de toxicidad por días 10%.....	31
Grafica 4. Porcentaje de toxicidad entre días 15%.....	32

RESUMEN

Desde los inicios de la agricultura el hombre ha intentado reducir la presencia de malezas con los diferentes medios disponibles, buscando mejorar el rendimiento de su actividad agrícola, durante muchos años las prácticas agrícolas se basaron en la rotación de cultivos o siembra de cultivos mixtos, en la actualidad el principal método de control de malezas es la agricultura tecnificada a base de productos químicos siendo glifosato el herbicida más utilizado en el mundo que ocasiona contaminación ambiental y daños en la salud del ser humano, es por eso que hoy en día se busca el uso de métodos orgánicos y ecológicos que sean más amigables con el medio ambiente. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto herbicida de 7 soluciones a base de extractos botánicos como alternativa al uso de herbicidas químicos en específico el glifosato, para este análisis se establecieron malezas de hoja ancha hasta que obtuvieron la etapa de desarrollo vegetativo adecuado (15 cm de altura), la universidad nos proporcionó 7 soluciones botánicas con su diferente concentración (10 y 15%) y una solución química como testigo con dosis recomendada en el producto comercial, el efecto se evaluó de manera visual durante 7 días después de la aplicación en base a la escala logarítmica (EWRS) que permite una evaluación detallada aceptable. Se obtuvo como resultado que el prototipo 2 con sus diferentes concentraciones del 10 y 15% obtuvo el mejor resultado en el control de malezas con un porcentajes de 83.91, 91.35 respectivamente entre días y por días y un 100 en ambas (10 y 15%) entre la diferencia de días, mientras que el glifosato obtuvo un porcentaje del 17.09 - 48.33%. de acuerdo a estos resultados podemos determinar que los productos biológicos son una alternativa eficiente comparada con el uso de productos químicos.

Palabras Clave: maleza, herbicida, bio-herbicida, toxicidad, glifosato.

ABSTRACT

Since the beginning of agriculture, man has tried to reduce the presence of weeds with the different means available, seeking to improve the performance of their agricultural activity, for many years agricultural practices were based on crop rotation or planting mixed crops, Nowadays, the main method of weed control is technified agriculture based on chemical products, being glyphosate the most used herbicide in the world, which causes environmental contamination and damage to human health, that is why nowadays the use of organic and ecological methods that are more environmentally friendly is being sought. The objective of this study was to evaluate the herbicidal effect of 7 solutions based on botanical extracts as an alternative to the use of chemical herbicides, specifically glyphosate. For this analysis, broadleaf weeds were established until they reached the appropriate stage of vegetative development (15 cm in height), The university provided us with 7 botanical solutions with different concentrations (10 and 15%) and a chemical solution as a control with the dosage recommended in the commercial product. The effect was evaluated visually for 7 days after the application based on the logarithmic scale (EWRS) that allows an acceptable detailed evaluation. It was obtained as a result that prototype 2 with its different concentrations of 10 and 15% obtained the best result in weed control with a percentage of 83.91, 91.35 respectively between days and per days and 100 in both (10 and 15%) between the difference of days, while glyphosate obtained a percentage of 17.09- 48.33%. according to these results we can determine that biological products are an efficient alternative compared to the use of chemical products.

KEYWORDS: undergrowth, herbicide, bio-herbicide, toxicity, glyphosate.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura los productores se enfrentan a diversos problemas abióticos los cuales obstruyen o dificultan la producción de cultivos y calidad de productos. En el área de cultivo no sólo crecen plantas nobles sino también otras especies vegetales denominadas malezas o malas hierbas, las cuales dificultan de alguna manera el crecimiento de las especies deseables, cultivadas en una zona específica y en un momento dado, (Hasan, 2021).

Las malezas constituyen un factor a considerar en todo programa de productividad agropecuaria ya que causan perjuicios en zonas no deseadas, algunas de ellas son en cultivos, sistemas de riego, campos naturales, viveros, bosques, caminos, etc. Las pérdidas económicas más significativas y los costos más elevados para su control ocurren asociadas a las áreas cultivadas, en donde compiten por nutrientes, agua, luz y espacio, (Muñoz, 2021). Entorpecen las tareas de la cosecha, desvalorizan el producto final y lo encarecen, dado que para su control deben invertirse sumas importantes de dinero perjudicando así al consumidor. El control químico es el método de intervención más utilizado y eficiente para su control pero con el paso del tiempo y la no modificación de algunas prácticas, dejaron de funcionar y aparecieron las resistencias (Pedemonte, 2017).

El glifosato es uno de los herbicidas químicos más utilizados mundialmente en la agronomía por ser eficaz y tener buen desempeño en controlar plantas no deseadas en un sitio determinado (Arias *et al.*, 2019). En los últimos años, se encuentra en una controversia mundial ya que es considerado dañino para la salud humana y el medio ambiente; Con el paso del tiempo las plantas adquieren resistencia a plaguicidas forzando a los agricultores adaptar nuevas alternativas como el uso de componentes biológicos, que son una de las nuevas tendencias científicas que están en desarrollo, y que son amigables con el ambiente (Castañeda *et al.*, 2023).

En un futuro el control de maleza provendrá del mejoramiento genético y de la biotecnología, así como del desarrollo de métodos no químicos que si se adaptan

y aplican en forma racional, armónica y equilibrada aumentando la diversidad relativa del agro ecosistema, su estabilidad y sustentabilidad; el productor debe considerar que el control de malezas no pasa únicamente por soluciones químicas ya que, estas pueden generar resistencia tarde o temprano (Muñiz, 2017).

Recientemente se ha reportado el empleo de extractos biológicos de plantas, como una eficiente alternativa para su control, demostrando que poseen propiedades bioactivas, fitotóxicas que alteran la estructura celular, por lo que surge la necesidad de extraer los compuestos de estos, con el fin de producir y aplicar bio-herbicidas potentes, que inhiban la propagación de malezas que perturban los sembradíos (Arias *et al.*, 2019).

La función de los herbicidas es controlar malezas, estos químicos tienen efectos nocivos siendo contaminantes para el suelo, plantas, animales y humanos, es por eso que se dan alternativas ecos-amigables para la producción de bio-herbicida los cuales provienen de extractos botánicos agrícolas que no afectan directamente al ser humano, no causan fitotoxicidad dando como resultado un control de malezas y disminuyendo el impacto ambiental (Carrasco y Guerrero, 2022).

1.1 Objetivo General

Evaluar el porcentaje de efecto bio-herbicida de 7 soluciones botánicas a diferente concentración para el control de malezas de hoja ancha como alternativa al uso excesivo de herbicidas químicos.

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de los bio-herbicidas en malezas de hoja ancha a diferentes concentraciones.

Determinar el porcentaje de efectividad en la evaluación de los 7 bio-herbicidas post emergente para el control de malezas de hoja ancha.

1.3 Hipótesis

Al menos una de las siete soluciones botánicas tendrá efecto herbicida positivo para el control de malezas de hoja ancha.

REVISIÓN DE LITERATURA

Malezas

Se define maleza a cualquier planta o vegetal que interfiere con los propósitos del hombre en un determinado lugar y tiempo, que crecen donde no se desean como en zonas cultivadas o controladas por el ser humano, ya sea cultivos agrícola o jardines, sin introducción voluntaria es decir crecen de manera silvestre (Murillo De León, 2022). La palabra maleza se deriva del latín “malitia” que se traduce como “maldad”; en lengua española se define así: “Maleza”, también se le denomina mala hierba, yuyo, arvenses, y monte (Arias *et al.*, 2019).

Características adaptativas de las malezas

Las malezas tienden a desarrollarse fácilmente e invadir los cultivos agrícolas gracias a características adaptativas que desarrollan, siendo una competencia directa con ellos, ya que pueden germinar antes o al mismo tiempo que las especies agrícolas, comenzar el ciclo de crecimiento simultáneamente y tener vigorosa producción, fácil dispersión de semillas siendo sus estructuras las que permiten trasladarse a través del viento, en el pelo de animales o flotar al ser arrastradas por el agua dándoles capacidad de persistencia; (largo periodo de viabilidad, germinación escalonada, y resistencia fisiológica), se pueden reproducir en ambientes inhóspitos, tienen alta velocidad de crecimiento y desarrollo por ello suelen ser rústicas (Pedemonte, 2017).

Importancia del control de malezas en el sector agrícola

Una de las principales preocupaciones de los productores agrícolas es el manejo y control de las malezas debido a que afecta la competitividad, rendimiento y calidad de la cosecha final o cultivo en general (Pedemonte, 2017). La aplicación de herbicidas con rápida acción limita el desarrollo y propagación de las malas hierbas, evitando así los problemas de incidencia de plagas y enfermedades, competencia por nutrientes y territorio (Chusin, 2020).

Características de las malezas en áreas cultivadas

Las malezas compiten principalmente por agua, luz, nutrientes y espacio estando presentes en todo el ciclo del cultivo principalmente en los que tiene mucha densidad, suelen tener mucha reproducción vegetativa como estolones, rizomas, tubérculos, bulbos, fragmentación de tallo, yemas axilares, presentan germinación escalonada de las semillas (dormancia, latencia) lo cual les facilita permanecer por mucho tiempo en zonas cultivadas, algunas especies secretan sustancias alelos tóxicos (alelopatía) la cual impide el desarrollo normal del cultivo, además de que son uno de los principales hospederos de plagas y enfermedades lo cual nos llevan a tener pérdidas de rendimiento en el cultivo de importancia (Hasan, 2021).

Principales desventajas de las malezas en los cultivos

Chusin en el 2020 al igual que Zita en 2013 señalan que las malezas reducen la tasa de crecimiento, causan problemas de contaminación, perjudican la calidad del grano, atrasa y dificultan las tareas de recolección, ocasionan perdidas económicas por mala calidad del producto, incrementando los costó de producción debido a la inversión extra para combatirlas.

Las malezas se clasifican a estos criterios:

Ciclo de vida:

Anuales: Viven sólo un año, durante el cual producen semillas (su único medio de propagación) y mueren.

Bianuales: (Ciclo de vida de dos años). En el primer año, el crecimiento es netamente vegetativo; en el segundo año florecen, producen semillas y mueren.

Perennes: Viven tres años y/o más). Se reproducen por rizomas, estolones, raíces y semillas (Hasan, 2021).

Consistencia del tallo:

Herbáceas: Malezas con tallos blandos, formado por tejido no leñosos (no lignificado). Aquí se incluyen la mayoría de las especies de gramíneas, ciperáceas y de hojas anchas anuales.

Semileñosas: Las que tienen la base del tallo leñoso (material suberificado) y el resto no lignificado o herbáceo.

Leñosas: Incluyen especies con tallos lignificados en toda su longitud a excepción de las partes terminales de las ramas (Murillo De León, 2022).

Hábitat:

Terrestres: Deben indicarse las condiciones que le son propicias para su desarrollo (relieve, textura, exigencias en pH, humedad y nutrientes en el suelo).

Acuáticas: Crecen en sitios con una lámina de agua permanente, dependiendo su persistencia de una humedad alta en el suelo, en alguna etapa de su desarrollo (crecimiento vegetativo).

Parásitas: Viven sobre o dentro de otras plantas, sustentándose de la planta parasitada y pueden ser parásitas de tallo o de raíces (Murillo De León, 2022).

Tipo de Hoja:

Fina o Angosta: Esta categoría incluye todas las especies de las familias de Gramíneas y Ciperáceas (Murillo De León, 2022).

Hoja Ancha: Son plantas anuales, se reproducen por semilla, crecen con rapidez y no soportan las bajas temperaturas, sus semillas quedan en el suelo en estado de latencia hasta que llegue de nuevo la temporada de lluvia, son más fáciles de manejar y a un menor costo.

Entre ellas se encuentran:

- Malezas con roseta en la base

- Malezas que no forman roseta de hojas en la base
- Plantas con tallo postrado y trepador
- Postradas de hoja ancha
- Lianas
- Plantas con tallo erecto
- Plantas con hojas simples
- Plantas con hojas compuestas (Paniagua, 2014).

Por los requerimientos:

Hídricos: Hidrófitas (altos requerimientos de agua), Mesófitas (intermedios requerimientos de agua), Xerófitas (plantas adaptadas a condiciones de sequía o de clima seco) e Higrófitas (plantas que requieren alta humedad atmosférica).

Lumínicos: Heliófitas (altos requerimientos de luz), Hemiesciófitas (con requerimientos intermedios de luz) y Esciófitas (bajos requerimientos de luz).

Térmicos: Macrotérmicas (Tierra Caliente), Macro-mesotérmicas (Tierra Templada), Mesomicrotérmicas (Tierra Fría) y Holotérmicas (Termobucuas), (Murillo De León, 2022).

Castañeda y colaboradores en 2023 señalan que para un buen control de malezas se debe considerar algunos factores desde evitar la diseminación de semillas a través de la maquinaria utilizada y la preparación de suelo hasta la cosecha, entre ellos se encuentran:

- Identificación de las malezas y su nivel de infestación.
- Biología y ecología de las especies de malezas predominantes.

- El efecto competitivo y los umbrales económicos de las especies de malezas predominantes.
- Métodos de control técnicamente efectivos, económicamente viables y seguros para el ambiente.

El manejo integrado de malezas (MIM) es un conjunto de prácticas y herramientas para prevenir, evitar, minimizar y optimizar el empleo de herbicidas, busca producir de una manera más amigable para el agro ecosistema, como la rotación o secuencias de cultivos, el cambio de las fechas de siembra, la arquitectura de cultivo, el uso de cultivos de cobertura y modelos predictivos de emergencia de malezas (Muñiz, 2017).

La aplicación de estas estrategias y prácticas efectivas te asegura un control de largo plazo minimizan el riesgo de la evolución de la flora, limita especies altamente competitivas, y reduce el riesgo de desarrollo a resistencia de herbicidas en malezas (Castañeda *et al.* 2023).

Las malezas se pueden mantener bajo control por distintas vías, entre ellas métodos culturales, físicos y químicos.

Métodos culturales: incluyen la rotación de cultivos, la preparación del terreno, los cultivos de relevo y el asocio de cultivos.

Control Mecánico: es la eliminación de la maleza, empleando cualquier equipo agrícola (arados, rastras, azadones rotatorios y cultivadoras tiradas por tractor o por animales de tiro).

Control Químico: es la utilización de productos químicos efectivos, por ese motivo son métodos más utilizados pero causan un agresivo daño al medio ambiente y a los seres humanos.

El control biológico: existen diferentes tipos de control biológico entre ellos los de extractos vegetales los cuales se adquieren de diferentes partes de las plantas, estos son amigables para el medio ambiente, económicos y rentables. (Paniagua, 2014).

Herbicidas

Los herbicidas se definen como un producto fitosanitario que se utiliza para eliminar plantas indeseadas o malas hierbas, en terrenos que se destinan al cultivo o lugares de interés económico y estético. Los herbicidas son productos químicos capaces de alterar la fisiología de la planta causando la muerte o desarrollo anormal de ellas, actúan al interferir con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas, generan el efecto letal actuando sobre un sitio primario de acción y generando una serie de efectos secundarios y terciarios que conllevan a la muerte de la planta (Arias *et al.*, 2019).

Etimológicamente la palabra herbicida se compone de los vocablos “herbi”: Hierba, vegetal, y “cida”: Matar, muerte. Como antes mencionado un herbicida es todo compuesto químico que inhibe total o parcialmente el crecimiento de las plantas. Básicamente lo que hacen al introducirse en la planta es interrumpir alguno de los procesos fisiológicos esenciales de la misma (Muñiz, 2017).

Los plaguicidas deben utilizarse con la finalidad de proteger al cultivo o especie de interés, con responsabilidad de acuerdo al conocimiento de todas sus características y propiedades, para obtener el máximo provecho de su acción sin perjudicar otras especies, ya que por ser compuestos que producen un impacto ambiental, no se justifica el uso irracional de estos (Arias *et al.*, 2019).

Historia de los herbicidas

Los herbicidas son métodos químicos para el control de malezas entre los más usados están los fenoxiacéticos, carbamatos, triazinas, dinitroanilinas, difeniléteres, y sulfonilureas. Para su comercialización, deben pasar por distintos análisis ambientales y toxicológicos, para ser suministrado debe verificar su seguridad para el operador y que el uso en el cultivo sea de bajo riesgo (Carrasco y Guerrero, 2022).

Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas, pueden ser agrupados según su naturaleza química, mecanismo de acción y el momento de aplicación; un mismo herbicida puede ser englobado en

cuatro categorías: selectivos, de contacto, reguladoras del crecimiento y esterilizadores del suelo (Hasan, 2021).

Composición y uso

Herbicidas totales: se clasifican por plaga, marca, materia activa y cultivos autorizados, son productos que se utilizan con la finalidad de controlar la totalidad de las malezas anuales y perenes, sin discriminación para limpieza de terrenos.

Herbicidas selectivos: utilizados para eliminar un tipo concreto de mala hierba conservando el resto de cultivo sobre el que se aplica.

Herbicidas foliar de contacto: es para gramíneas o para hojas anchas, sin afectar en ningún momento a la raíz. Este se centra en la destrucción de hojas y tallos en el lugar donde se aplica (Arias *et al.*, 2019).

De acuerdo a características comunes entre ellos

Persistencia

Residuales: Son los que se aplican directamente al suelo, formando una ligera película residual de carácter tóxico que tiene el fin de eliminar las malas hiervas que están emergiendo. Estos herbicidas suelen tener menos eficiencia sobre especies que brotan a partir de rizomas, estolones o bulbillos y más eficientes cuando la mala hierba brota de semillas.

No residuales: Son muy degradables y tienden a tener menor persistencia ya que solo actúan en las plantas sobre las que cae el producto (Tercero, 2015).

Movilidad dentro de la planta

Sistémicos: estos son absorbido y transportados a través del floema a otras zonas y partes de la planta por ello puede afectar a partes que no tuvieron un contacto directo con él.

De contacto: solo afectan partes de la planta que tiene contacto directo es decir en las que cayó producto, no se pueden transportar por el floema de la planta (Tercero, 2015).

Momento en que debe aplicarse

De pre siembra: se aplican antes de la siembra.

De preemergencia: se tienen que aplicar antes de la germinación del cultivo. (Tercero, 2015).

De post-emergencia: la aplicación se realiza sobre la maleza cuando el cultivo ya se encuentra establecido, generalmente en los primeros estados de desarrollo ya que en esta etapa son más susceptibles; la actividad de estos productos varía de acuerdo a las malezas presentes, velocidad del viento, temperatura, humedad y precipitación (Muñiz, 2017).

Acción sobre las plantas

Selectivos: elimina la mayoría de las plantas indeseadas conservando los cultivos.

No selectivos: Eliminan todo tipo de vegetación en la que cae producto por ese motivo de utilizan principalmente en zonas no cultivables ya que son muy fuertes que eliminan todos los vegetales (Tercero, 2015).

Modo y mecanismo de acción de los herbicidas

El modo de acción se refiere a la interacción de herbicida- planta es decir toda la secuencia de eventos que ocurren en la planta desde que intercepta el herbicida como la absorción y el movimiento. El mecanismo de acción, de un herbicida se refiere a la ruta metabólica o el sitio bioquímico específico en el cual interactúa el herbicida para matar a la planta (Pitty, 2018).

Zita en 2013 clasifica a los herbicidas de acuerdo a los síntomas provocados y el bloqueo de algunos procesos vitales para las plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modo y mecanismos de acción de los herbicidas.

Modo De Acción	Mecanismos O Sitios De Acción
Fotosíntesis	Fotosistema I Fotosistema II
Síntesis de pigmentos	Fitoeno desaturasa Deoxi-xilulosa-5-fosfato sintasa Hidroxifenilpiruvato dioxigenasa protoporfirinogeno oxidasa
Auxinicos	Auxinas sintéticas Transporte de auxinas
Biosíntesis de lípidos	Síntesis de ácidos grasos a nivel de ACCasa Formación de ácidos grasos de cadena muy larga
Biosíntesis de aminoácidos	5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintasa Acetato lactato sintasa Glutamino sintetasa
División celular	Síntesis de tubulina y de la organización de los microtúbulos Síntesis de celulosa Dihidropteroato sintetasa
Otros	Inhibición de la fosforilación oxidativa Dihidropteroato sintetasa

Fuente: (Zita, 2013)

Síntomas de fitotoxicidad de los herbicidas

Herbicidas móviles

La fitotoxicidad se observa primero en los márgenes y la punta de las hojas más viejas o las hojas que están en la base de la planta debido a que el herbicida es transportado por el xilema cuyos vasos conductores terminan en los márgenes de

la hoja. Pueden ser aplicados en preemergencia o pos emergencia, pero el daño es igual (Pitty, 2018).

Herbicidas no móviles

Estos solamente queman el área donde que hacen contacto directo con la planta, quemando solamente las partes verdes porque ahí es donde hay fotosíntesis. El área afectada se vuelve acuosa, amarillenta, luego bronceada y finalmente se necrosa y muere (Pitty, 2018).

Control químico de las malezas

Chusin en 2020 menciona que el enfoque más utilizado para el control de malezas es la aplicación de herbicidas químicos por su eficacia renovada y el constante lanzamiento de nuevos insumos, en el sector agropecuario es posible y necesario erradicar todas las especies perjudiciales para el desarrollo de los cultivos en altos niveles de población sin embargo el uso constante y rutinario que se ha realizado durante décadas está siendo una preocupación por los efectos negativos, ha provocado la aparición de malezas ya que son más resistentes y tolerantes, daños al medio ambiente, a la salud humana y animal.

Desventajas del uso de herbicidas químicos

Son cada vez menos sostenible ya que las demandas y exigencias de los mercados aumentan día con día por el uso excesivo e inapropiado, el desarrollo de herbicidas químicos es un proceso muy costoso y lleva mucho tiempo, además el uso de estos ponen en riesgo la salud humana, el desequilibrio ambiental, ocasionan la resistencia y tolerancia de las plantas forzando a los agricultores a adoptar alternativas nuevas (Arias *et al.*, 2019; Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2021; Carrasco y Guerrero, 2022).

Resistencia de herbicidas

La resistencia a herbicidas es la capacidad de evolución heredada de una población de malezas para sobrevivir a una dosis de aplicación con la cual normalmente se tendría un control efectivo (Zita, 2013).

Toxicidad de los herbicidas

Es la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo en la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto. La dosis letal media (DL50), dérmica u oral y la concentración media letal (CL50), inhalada (Muñoz, 2021).

En las últimas décadas se han utilizado diferentes tipos de herbicidas en los que destacan paraquat, atrazinas y el glifosato quien tuvo muy buena aceptación ya que se presentaba como una alternativa para cualquier herbicida.

El glifosato (GPSHs)

es el compuesto químico más utilizado en el mundo, por sales como isopropilamina, potasio y sal de amonio, contiene sustancias como agente surfactante, anti-espumante, biosidas e inorgánicos, que generalmente son las responsables de los efectos adversos en la población expuesta, es un herbicida no selectivo de amplio espectro pertenece a la familia química de las glicinas, utilizado para eliminar malezas en ambientes agrícolas y forestales como pastos anuales o perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas. El glifosato fue introducido en la agricultura desde 1970 a nivel mundial; siendo Colombia quien dio inicio de fumigación mediante aspersión en enero de 1992, se estima que del total de los herbicidas utilizados el glifosato representa entre un 43 a un 51 % (Cortina *et al.*, 2017).

El glifosato, es una molécula formada por una fracción de glicina y un radical amino fosfato unido como sustituyente de uno de los hidrógenos del grupo α -amino. Es una sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina. Constituye uno de los descubrimientos agroquímicos más importantes, siendo el herbicida de mayor uso en el mundo por su efectividad, bajo costo y facilidad de aplicación de diversas maneras (Pedemonte, 2017).

Modo de acción del glifosato

Penetra en las plantas a través de las partes verdes, como hojas y tallos se mueve por el floema hacia las yemas o tejidos de crecimiento del tallo y de la raíz. En estos

sitios empiezan actuar e impiden la producción de 3 aminoácidos que solamente producen las plantas: fenilalanina, tirosina y triptófano, luego las plantas mueren por la incapacidad de producir proteínas (Tercero, 2015).

Mecanismo de acción del glifosato

Inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos esenciales (fenilalanina, tirosina y triptófano) en las plantas, 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, 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. La función de la EPSP es unir el ácido shikímico con ácido fosfoenolpirúvico para formar la EPSPS. Como la estructura de PEP y del glifosato es muy similar, 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 (Pedemonte, 2017).

Síntomas

Se observa clorosis leve en los tejidos jóvenes que se transforma en necrosis de 7-14 días después de la aplicación, pueden presentar coloraciones rojizas y generar descomposición en órganos subterráneos (Diez, 2013).

Absorción y movimiento en la planta

Se absorben a través de la superficie de la hoja no de la raíz, posee acción sistémica sus propiedades fisicoquímicas posibilitan su translocación vía floema a los tejidos que son destinos metabólicos de sacarosa tales como los meristemas

apicales, meristemos radicales y órganos reproductivos subterráneos de especies perennes (Diez, 2013).

Resistencia al glifosato

En 1996 se reportó el primer caso de resistencia a glifosato en Australia, últimamente se han reportado 35 especies resistentes en el mundo con 258 casos. En México existen dos casos de malas hierbas resistentes a este herbicida, registrados oficialmente; *Leptochloa virgata* (L.) P. Beauv (2010) y *Bidens pilosa* L. (2014) Inhibidores de la EPSPS (Alcántara-de la Cruz, 2016).

Residualidad del glifosato

El uso de estos ponen en riesgo la salud humana ya que ocasionan el desequilibrio ambiental, el empobrecimiento de los suelos, la contaminación de los mantos acuíferos, aguas subterráneas y superficiales las cuales tienen el riesgo de contaminar producciones siguientes y pierde la calidad del agua que se ingiere, pueden estar presentes en los alimentos, impactando de forma negativa en la salud de los agricultores, usuarios y consumidores de productos agrícolas (Muñoz, 2021).

Efectos del glifosato en la agricultura

Chusin en el 2020 señaló que el glifosato, es el herbicida más usado en el mundo, la mayoría de los agricultores lo usan para combatir las malezas pero este tiene efectos tóxicos secundarios sobre la mayoría de especies de plantas, Dosis altas pueden incrementar la susceptibilidad de algunas plantas a enfermedades causadas por hongos. Puede interferir en la absorción de potasio, sodio y en la reducción producción de lignina, se ha encontrado glifosato en aguas superficiales y subterráneas en Canadá, Holanda y el Reino Unido y el 45% de los suelos de cultivo europeos. Las concentraciones halladas demuestran ser tóxicas para organismos del suelo como lombrices, bacterias y hongos benéficos, causa el fenómeno de reducción de la población de insectos y polinizadores siendo un factor de alto riesgo para los seres humanos y la soberanía alimentaria mexicana (Soza, 2022).

Efecto del glifosato sobre la salud humana

La Organización Mundial de la Salud (OMS), el Departamento de Salud de los Estados Unidos y otras organizaciones internacionales, han alertado sobre los potenciales efectos carcinogénicos del glifosato debido a su alta toxicidad, haciendo mención que este herbicida es un disruptor endocrino, causante de alteraciones metabólicas, estrés oxidativo celular y se asocia con el desarrollo de enfermedades neurológicas y crónico degenerativas (Soza, 2022).

La Agencia de Protección Ambiental descubrió que exposiciones a residuos de glifosato en aguas de consumo humano por encima del límite máximo autorizado que es de 0.7 mg/L pueden causar respiración acelerada y congestión pulmonar, daño renal y efectos reproductivos en seres humanos (EPA, 1999). La ingestión de una cantidad subletal de glifosato puede llevar a la muerte, con letalidad del 3 a 30 %, con resultados clínicos que varían desde toxicidad de múltiples órganos, con nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, gastrointestinal, cardiovascular y efectos respiratorios (Cortina *et al.*, 2017).

El glifosato en México

Del 2021 a la actualidad existe una polémica judicial en México sobre el uso legítimo del glifosato, este debate legal ha culminado con la prohibición total de este herbicida para el año 2024, alegando que presenta efectos nocivos para la salud en seres humanos y algunas especies de animales. A nivel económico en México afectan entre el 30-35% del rendimiento potencial de los cultivos, pero estas pérdidas pueden alcanzar el 70% o destruir por completo el cultivo si no son atendidas correctamente durante el ciclo productivo (Sierra *et al.*, 2021).

Debido a lo anterior se han desarrollado algunos procesos biológicos como alternativas naturales, extraídas del mismo ecosistema con el fin de dar opciones a un manejo de malezas de manera más amigable para los agros ecosistemas entre ellos los herbicidas alelopáticos y extractos naturales.

La formulación y desarrollo de herbicidas naturales con compuestos alelopáticos tiene una ventaja ya que son fácilmente biodegradables y muchos de ellos son seguros y limpios desde el punto de vista ambiental (Celis *et. al.* 2008).

La alelopatía es definida como la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta. Los compuestos alelopáticos pueden ser liberados de las plantas al ambiente por medio de la exudación de las raíces, lixiviación, volatilización y descomposición de los residuos de las plantas en el suelo (Muñiz, 2017).

Existen diversos estudios en países como Brasil, Argentina, Colombia, México y Costa Rica, Enfocados en el uso de extractos de plantas con efectos alelopáticos para el control de arvenses. Una cualidad de las plantas de este género es la presencia de aceites esenciales, que podrían ser característicos de cada especie (Chusin, 2020).

Aceites esenciales Son compuestos que se evaporan, se obtienen de diferentes partes de la planta, como hojas, corteza, flores, frutos, semillas, raíces y también de la planta entera. Los terpenoides son los principales compuestos de actividad de los aceites esenciales que podrían ser candidatos potenciales para el desarrollo de nuevos bio-herbicidas. Estos compuestos tienen una fuerte actividad tóxica hacia diferentes especies de arvenses. Al aplicar aceites esenciales se ha observado en las plantas amarillamiento, quema de hojas, reducción del crecimiento, disminución del contenido de clorofila y daño oxidativo (Castañeda *et al.*, 2023).

Fenoles son uno de los compuestos activos en las plantas con características antioxidantes y biosidas, tienen influencia en varios procesos fisiológicos, principalmente en la permeabilidad de la membrana, la actividad enzimática, el balance iónico, la fotosíntesis, la relación agua-planta, la respiración, y la síntesis de proteína y clorofila (Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2021).

En los últimos años una de las nuevas tendencias científicas que están en desarrollo es el uso de componentes biológicos como bio-herbicidas, estos productos

naturales han comenzado a ser valorados como un elemento crucial para controlar arvenses ya que no causan toxicidad y no dañan al medio ambiente (Soza, 2022)

La capacidad fitotóxica de los extractos vegetales es la mejor alternativa para suplantar a los agroquímicos, el estudio de los nuevos herbicidas biológicos a base de extractos vegetales prometen mucho en el sector agrícola debido a la capacidad que tienen al inhibir la germinación, crecimiento y elongación de la radícula de las malezas gracias al mecanismo de defensa de las plantas, se desarrollan metabolitos fitotóxicos posicionándolos como posibles candidatos a herbicidas biológicos Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2021).

Bio-herbicidas

Son químicos que causan una disrupción en la fisiología o metabolismo de una planta por un tiempo suficientemente largo como para matarla o reducir su crecimiento, son extractos de diferentes plantas, que producen alelopatía a otros cultivos su objetivo es reducir la germinación y crecimiento de arvenses antes de que compitan con el cultivo principal. Son una alternativa degradable a partir de recursos agrícolas como residuos de productos agrícolas y plantas (Castañeda *et. al.* 2023).

Unas de las características de estos materiales es que son de post emergencia, no selectivo, herbicidas de contacto que trabajan de diversas maneras, pero básicamente alteran las membranas celulares causando que las plantas desequen. Funcionan mejor en las plantas jóvenes y tienen múltiples aplicaciones, suelen ser necesarios para controlar malezas perennes o pre emergentes (Chusin, 2020).

Para el desarrollo de bio-herbicidas es necesario que la materia prima usada tenga moléculas con fitotoxicidad que va a permitir un control de maleza de forma efectiva (Carrasco y Guerrero, 2022)

Características físico-químicas de los bio-herbicidas

Las características físico-químicas e identidad de un compuesto químico son consecuencia de su estructura depende de la naturaleza y tipo de átomos o grupos funcionales que la conforman y del arreglo espacial de estos. Los herbicidas

modernos son moléculas orgánicas conformadas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno; también, dependiendo del herbicida se encontrarán átomos de cloro, flúor, nitrógeno y fósforo, cuyas combinaciones y ubicación espacial dentro de la molécula depende el comportamiento del compuesto en el ambiente y la planta (Martínez, 2015).

Los alelopáticos o alelo químico son sustancias que una planta produce para dañar a las plantas que la rodean, son solubles en agua, lo que los hace más fáciles de aplicar sin agregar surfactantes. Los bio-herbicidas alelo químicos suelen tener una persistencia ambiental de corta duración y baja toxicidad (Castañeda *et al.* 2023).

Ventajas del uso de bio- herbicidas

Pueden ser selectivos con ciertos tipos de malezas y menos agresivos con los enemigos naturales, la maleza tiende a desarrollar menor resistencia a productos naturales que a productos químicos por su rápida degradación disminuyendo el riesgo de residuos en los alimentos ya que la mayoría de estos productos tienen una peligrosidad o grado de toxicidad relativamente baja y pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha, reducen la contaminación , tienen bajo costo y son de fácil aplicación (Muñiz, 2017)

Desventajas del uso de bio-herbicidas

Presentan una efectividad de control menor en general que los productos químicos, es necesario hacer aplicaciones constantemente para tener una mayor efectividad y Soza, 2022).

Generalidades de algunos Modo de acción

Aceites esenciales

Afectan en procesos fisiológicos esenciales, como la fotosíntesis, síntesis de clorofilas o por provocar desorganización celular ya que atraviesan fácilmente las membranas celulares, modificando su fluidez o inhibiendo enzimas causando muerte celular (Martínez, 2015).

Alelopáticas

las interacciones planta-planta, estos compuestos naturales han mostrado efectos sobre procesos fisiológicos vegetales, tales como la inhibición del proceso germinativo, la inhibición de la elongación de tallos y raíces, el oscurecimiento y engrosamiento de las semillas, la necrosis de los meristemos radiculares, la decoloración, la reducción del número de pelos radiculares o la inhibición de la capacidad reproductiva. Estos efectos, primarios o secundarios, pueden ser el resultado de distintos efectos a nivel celular o molecular (Martínez, 2015).

Comparativo bio-herbicidas con glifosato

El Bio-herbicida hace contacto con la maleza se posa en el tejido de la planta y empieza a actuar a las tres o cuatro horas y la planta va tornando su color a café. Mientras que con el glifosato, empieza a verse el efecto en la planta a los diez días porque la planta debe tomarlo por la savia, subirlo por el xilema hasta que penetre en toda la planta (Soza, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, Norte de México, con las coordenadas (25° 21' 10" N y 101° 1' 52" W) específicamente en los invernadero del laboratorio de toxicología (Figura 1).

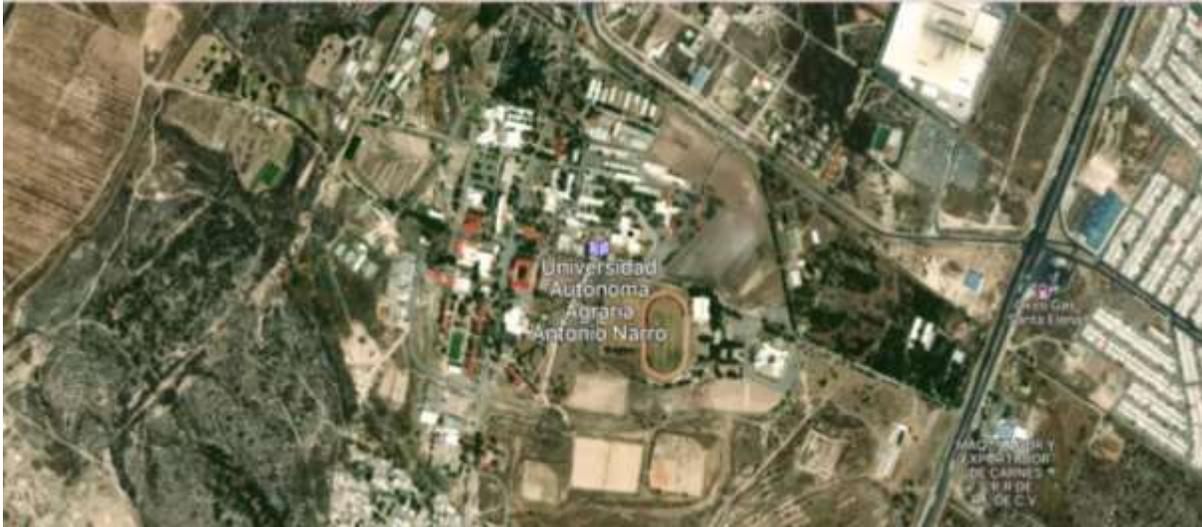


Figura 1. Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

Establecimiento de maleza de hoja ancha

Se sembraron semillas de maleza de hoja ancha traídas del estado de México, en vasos de unicel con sustrato peat moss, estos se colocaron en invernadero a temperatura ambiente hasta la etapa de desarrollo adecuada, con ligeros riegos todos los días, se tomaron 340 plantas con suficiente desarrollo vegetativo (15 cm) de altura, se etiquetaron 23 plantas para cada uno de los prototipos (20 repeticiones y 3 testigos), con diferente concentración de solución botánica (10 y 15%), 18 plantas para la solución química (15 repeticiones y 3 testigos) con concentración (1 ml de I.A.) de acuerdo a la recomendación en ficha técnica del producto químico como se aprecia en la Figura 2., separamos y etiquetamos 15 bloques de experimento (prototipos y testigo) Figura 3.



Figura 2. Separación por prototipo con 20 repeticiones y 3 testigos.



Figura 3. Identificación y etiquetado de prototipos y tratamientos.

Aplicación de experimentos

La universidad nos proporcionó 14 soluciones botánicas (bio-herbicidas) a evaluar, 7 soluciones al 10% de concentración y 7 al 15% de concentración de como se muestra en la Figura 4., 1 solución química (herbicida) a 1ml de concentración de I.A. (Glifosato) (Figura 5), Con ayuda de un aspersor se realizó solo una aplicaron de cada una de las soluciones (15), post-emergentes, sobre el follaje de la maleza de la manera como se muestra en la Figura 6.



Figura 4. Solución botánica.



Figura 5. Solución química (glifosato).



Figura 6. Aplicaciones de la solución sobre la maleza de hoja ancha.

Evaluación del experimento

Se evaluó el porcentaje de efectividad durante 7 días posteriores a la aplicación con soluciones botánicas de las diferentes concentraciones 10 y 15% representadas en las Figuras 7 y 8, la solución química (Figura 9), se evaluó el nivel de toxicidad de manera visual de acuerdo a los síntomas que presentó la maleza (marchitamiento, clorosis, amarillamiento, quemadura de la parte aérea y muerte de la planta).



Figura. 7 Evaluación de la efectividad de bio-herbicida 7 días posteriores a la aplicación (prototipo 1 al 10%).



Figura 8 Evaluación de la efectividad del bio-herbicida 7 días posteriores a la aplicación (prototipo 2 al 15 %).



Figura 9 Evaluación de la efectividad del herbicida a los 15 días posteriores a la aplicación.

Metodología de evaluación del efecto herbicida en hoja ancha

La efectividad biológica de estos herbicidas se puede evaluar o demostrar a través de métodos cualitativos y cuantitativos, para ofrecen información confiable y suficiente garantizando que los productos se desempeñan adecuadamente teniendo un efecto toxico positivo en el control de malezas. Se utilizó la escala desarrollada por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS), es una escala logarítmica, en donde los niveles de actividad decrecen a medida que la efectividad crece, lo que permite una evaluación más detallada en el rango de actividad aceptable como se describe en el Cuadro 2, (López, 2016).

Cuadro 2. Porcentaje de evaluación de toxicidad

VALOR	EFFECTOS SOBRE LA MALEZA
1	Muerte completa
2	Buen control
3	Control medio
4	Control regular
5	Control pobre
6	sin efecto

TRANSFORMACION DE ESCALA A PORCIENTO	
VALOR PUNTUAL	PORCIENTO DE CONTROL
1	90% - 100%
2	75% - 89%
3	61% - 75%
4	41% - 60%
5	11% - 40%
6	0 - 10%

Fuente: (López, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

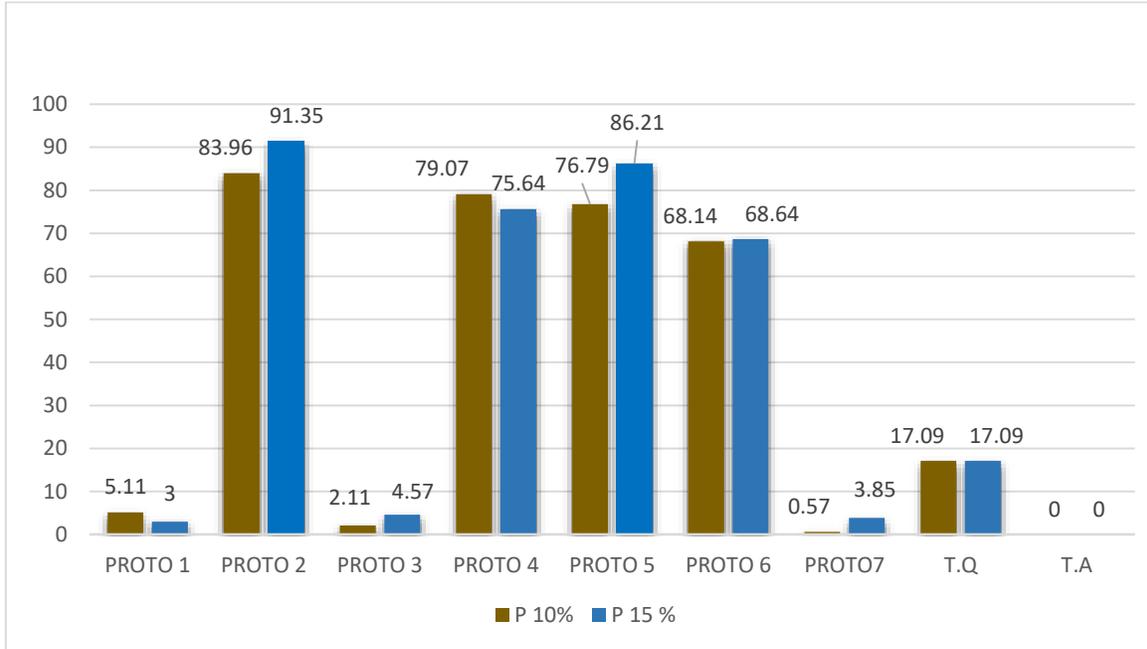
Se muestran diferencias significativas entre prototipos desde el día 1 posterior a la aplicación hasta el día 7 de evaluación.

Porcentaje de evaluación por suma de repeticiones

En el Cuadro 3 demuestra de acuerdo a la escala de evaluación de toxicidad (EWRS) y la prueba ANOVA que existe una diferencia significativa entre las concentraciones del 10 y 15 % en la suma de los días de evaluación, donde el prototipo 2 al 10 y 15%, tuvo la mejor efectividad en el control de malezas de hoja ancha con un porcentaje de toxicidad de 83.96, 91.35 respectivamente, es decir muerte completa, mientras que el tratamiento químico obtuvo un control pobre con porcentaje de 17.09, se representa en la Grafica 1 **Cuadro 3**. Comparación de la efectividad del producto entre días

Tratamiento	p 10%	p 15%
PROTO 1	5.11b	3b
PROTO 2	83.96a	91.35a
PROTO 3	2.11b	4.57b
PROTO 4	79.07a	75.64a
PROTO 5	76.79a	86.21a
PROTO 6	68.14a	68.64a
PROTO7	0.57b	3.85b
T.Q	17.09b	17.09b
T.A	0.0b	0.0b
P.VALOR	0.0001	0.0001

*Las medias en las mismas columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$).



Grafica 1. Porcentaje de toxicidad.

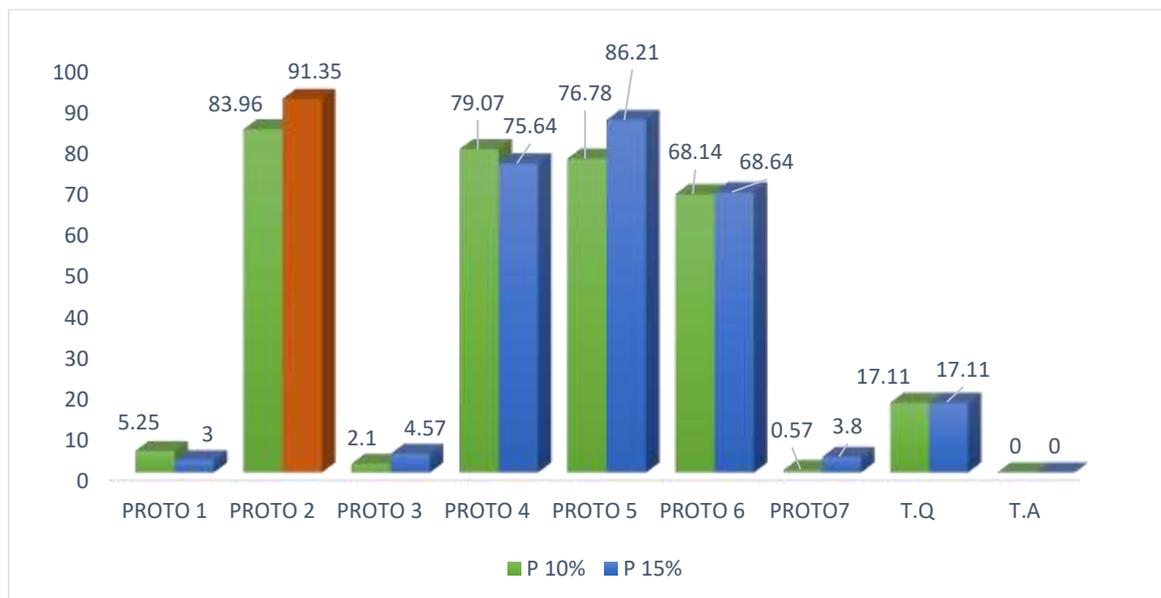
Porcentaje de toxicidad Por suma de días

De acuerdo a los resultados de toxicidad el prototipo 2 con diferentes concentraciones (10 y 15 %), fue el que mejor efecto presento durante los 7 días de evaluación con un porcentaje de 83.96, 91.35 respectivamente, un buen control y muerte completa de la maleza, sin embargo el glifosato solo obtuvo un porcentaje de 17.11 observandose con control pobre como se muestra en el Cuadro 4 y representado en la Gráfica 2.

Cuadro 4. Efectividad de los prototipos por días

Tratamiento	p 10%	p 15%
PROTO 1	5.25dc	3.0dc
PROTO 2	83.96a	91.35a
PROTO 3	2.10d	4.57dc
PROTO 4	79.07ba	75.64ba
PROTO 5	76.78ba	86.21a
PROTO 6	68.14b	68.64b
PROTO7	0.57d	3.8 dc
T.Q	17.11c	17.11c
T.A	0.0d	0.0d
P.VALOR	0.0001	0.0001

*Las medias en las mismas columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$).



Grafica 2. Porcentaje de toxicidad.

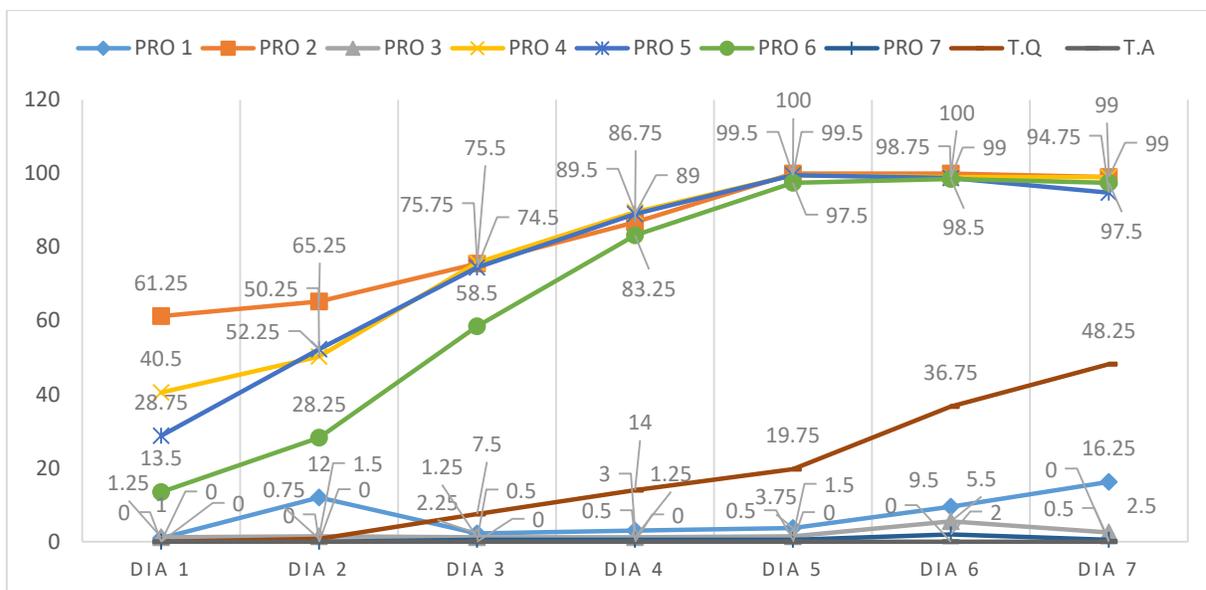
Diferencia de toxicidad entre días 10%

En el Cuadro 5 se observa que la toxicidad entre días tiene diferencia significativa donde se muestra que el prototipo 2 al 10% llego a su nivel máximo de control desde el día el 5 con un porcentaje de 100%, de la misma manera el prototipo 4 y 5 con un porcentaje de 99.50 obteniendo una muerte completa de la maleza de hoja ancha mientras que el glifosato solo un 48.25 con un control regular representada en la Grafica 3.

Cuadro 5. Comparaciones de porcentaje de evaluación entre días (10%)

Tratamiento	d 1	d 2	d3	d 4	d 5	d 6	d7
PRO 1	1e	1d	2.25dc	3.0c	3.75c	9.50c	16.25c
PRO 2	61.25a	65.25a	75.50a	86.75a	100.0a	100.0a	99.0a
PRO 3	1.25e	1.50d	1.25dc	1.25c	1.50c	5.50dc	2.50d
PRO 4	40.50b	50.25b	75.75a	89.50a	99.50a	99.0a	99.0a
PRO 5	28.75c	52.25b	74.50a	89.00a	99.50a	98.75a	94.75a
PRO 6	13.50d	28.25c	58.50b	83.25a	97.50a	98.50a	97.50a
PRO 7	0.0e	0.0d	0.50d	0.50c	0.50c	2.0dc	0.50d
T.Q	0.0e	0.75d	7.50c	14.0b	19.75b	36.75b	48.25b
T.A	0.0e	0.0d	0.0d	0.0c	0.0c	0.0d	0.0d
P.VALOR	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

*Las medias en las mismas columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$).



Grafica 3. Porcentaje de toxicidad por días 10%

Diferencia de toxicidad entre días 15%

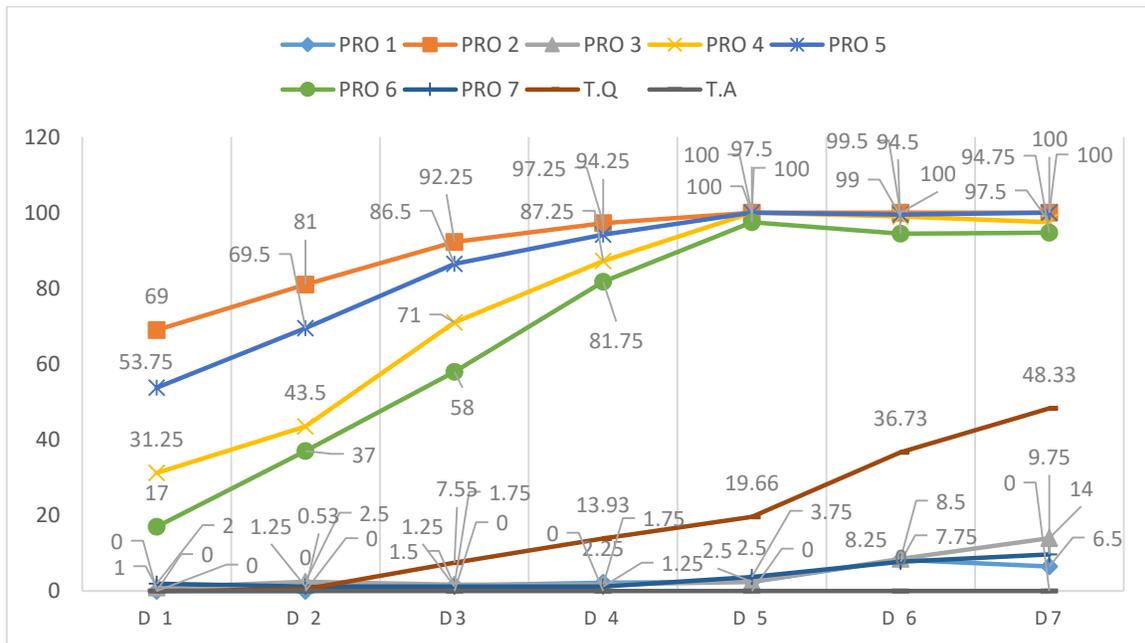
En el Cuadro 6. Se observa que la toxicidad entre días tiene diferencia significativa donde se muestra que el prototipo 2 al 15% llego a su nivel máximo de control desde el día 5 con un porcentaje de 100%, de la misma manera el prototipo 5 con un porcentaje de 100 % obteniendo una muerte completa de la maleza de hoja ancha y el glifosato un control regular con solo el 48.33 como porcentaje representado en la Grafica 4.

Cuadro 6. Comparaciones de porcentaje de evaluación entre días (15 %)

TRATAMIENTO	D 1	D 2	D3	D 4	D 5	D 6	D7
PRO 1	0.0e	0.0c	1.50de	2.25e	2.50c	8.25c	6.50dc
PRO 2	69.00a	81.00a	92.25a	97.25a	100.00a	100.00a	100.00a
PRO 3	1.0e	2.50c	1.75ed	1.75e	2.50c	8.50c	14.00c
PRO 4	31.25c	43.50b	71.00b	87.25bc	100.00a	99.00a	97.50a
PRO 5	53.75b	69.50a	86.50a	94.25ba	100.00a	99.50a	100.00a
PRO 6	17.0d	37.00b	58.00c	81.75c	97.50a	94.50a	94.75a
PRO 7	2.0e	1.25c	1.25ed	1.25e	3.75c	7.75c	9.75dc
T.Q.	0.0e	0.53c	7.55d	13.93d	19.66b	36.73b	48.33b

T.A	0.0e	0.0c	0.0e	0.0e	0.0c	0.0c	0.0d
P.VALOR	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

* Las medias en las mismas columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$).



Grafica 4. Porcentaje de toxicidad entre días 15%

La estrategia de EWRS y la prueba ANOVA comprueban que el prototipo 2 tiene efecto positivo como herbicida, a las concentraciones 10 y 15%, en base a los resultados obtenidos a los 7 días posteriores a la aplicación donde demostró ser el mejor control para erradicar malezas de hoja ancha ya que a partir de 5 horas de aplicación ya se apreciaban síntomas de toxicidad (marchitamiento, cambio de color de las hojas y debilidad del tallo), estos datos coinciden a los presentados por Carrasco y Guerrero en 2022 donde se probó un bio-herbicida para el control de malezas de una fermentación a base alcohol del mucilago de café en donde especifica que a las 12 horas ya presentaban síntomas de toxicidad (manchas en las hojas, debilidad de tallo y amarillamiento de hojas).

CONCLUSIÓN

En este estudio se evaluó el porcentaje de efectividad toxica de soluciones botánicas pos emergentes con diferente concentración 10 y 15%, para el control de malezas de hoja ancha en comparación a una solución química de concentración señalada en la etiqueta del producto.

Cuatro de las soluciones botánicas con diferentes concentraciones 10 y 15% tuvieron un efecto herbicida del 90 al 100% de efectividad toxica en malezas de hoja ancha provocando muerte completa de ellas, superando a la solución química que obtuvo un porcentaje de efectividad del 17 al 49% a los 7 días de evaluación.

LITERATURA CITADA

- Alcántara-de la Cruz, R. 2016. Mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de tolerancia/resistencia a glifosato en especies de México. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba. 29 p.
<http://hdl.handle.net/10396/13849>
- Arévalo, C.P.F. 2022. Fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el control de malezas del cultivo de banano. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 12-15 Pp.
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11370>
- Arias, D.M., Mora, R.E.G., y Romero, O.S.D. 2019. Uso de herbicidas en el control de malezas. Importancia de su conocimiento para el profesional agrónomo. Opuntia Brava, 11(1): 204-210 pp.
<https://doi.org/10.35195/ob.v11i1.712>
- Carrasco, R.C.B., y Guerrero, C.S.M. 2022. Obtención y caracterización de un bioherbicida mediante fermentación bifásica alcohólica y acética del mucílago del café en la variedad robusta. Tesis licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60194>
- Castañeda, R.J., Guzmán, R.A., y López, M.A.S. 2023. Efecto de bioherbicidas en malezas bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 46p.
<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/5722>
- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., y Cuca, L.E. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia *Piperaceae*. Una revisión. Agronomía Colombiana. Vol. (26): 97 - 106 pp.
- Chusin, A.L.P. 2020. Evaluación del extracto acuoso de semilla de higuera (*Ricinus communis L.*) Como herbicida pre siembra para el control de malezas en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) en el Barrio Santa grande

de la parroquia Ignacio Flores Del Cantón Latacunga. Tesis licenciatura. Universidad Técnica De Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. 36-49 pp. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6620>

Cortina, C.C., Fonnegra, L.M.F., Pineda, K.M., Muñoz, M.P., Fonnegra, J.R., y Díaz, Z.J.P. 2017. Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema. Revista CES Salud Pública. 8(1): 121-133 Pp.

Cruz-Ortiz, L., Flores-Méndez, M. 2021. Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. Informador Técnico. 86(1): 34 – 45 Pp. <https://doi.org/10.23850/22565035.3648>

Diez, P. 2013. Manejo de malezas problema: Modos de acción de herbicidas. Red de conocimiento en malezas resistentes. Rosario, Argentina. 103(4): 24p.

Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M.S., Rosli, A. M., y Hamdan, H. 2021. Bio herbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. Plants, 10(6), 1212. <https://doi.org/10.3390/plants10061212>

López, V.H.J. 2016. Evaluación de la efectividad de dos herbicidas post-emergentes para el control de malezas en el cultivo de soya (*Glycine Max*), cultivada en sistema de siembra directa. Tesis licenciatura. Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Quevedo, Ecuador. 39 p.

Martinez, E.G. 2015. " Mode of action and herbicide potential of the terpenoids farnesene and citral on" Arabidopsis thaliana" metabolism (Doctoral dissertation, Universidade de Vigo). 22-30 Pp. <http://hdl.handle.net/11093/414>.

Muñiz, M.L. 2017. Manejo de herbicidas sintéticos y extractos vegetales para controlar malezas en cultivos básicos: maíz, frijol y sorgo. Tesis maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. General Escobedo, Nuevo León, México. 30-40 pp. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16024>

- Muñoz, F.R. 2021. El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie de informes técnicos IRET. (44) 54p. [ISBN 978-9968-924-43-6](#)
- Murillo De León, M.O. 2022. Evaluación de herbicidas en el control de malezas de hoja ancha y angosta en el cultivo de Banano (*Musa Acuminata*). Tesis de licenciatura. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agropecuarias. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 25-30 pp. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6672>
- Paniagua, B.J.C. 2014. Evaluación de eficiencia de opciones para el manejo de malezas de hoja ancha con enfoque pre emergente en la Finca Santa Elisa, Del Ingenio Magdalena, Guatemala, CA. Tesis licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 38-46 pp. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/2858>
- Pedemonte, C.F.E. 2017. Problemática del uso de glifosato. Monografía licenciatura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 7-10 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3011>
- Pitty, A. 2018. Modo de Acción y Resistencia de los Herbicidas que Interfieren en el Fotosistema II de la Fotosíntesis. Ceiba. 55(1): 45-59 pp. <https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/1220>
- Sierra, R.H., Luzón, G.D., y Zepeda, R.H. 2021. Uso del glifosato en México: problemas ecológicos e implicaciones éticas. Revista Iberoamericana de Bioética. (17): 3-12 Pp. <https://orcid.org/0000-0001-5790-9336>
- Soza, B.M.L. 2022. Formulación y Evaluación de Bioherbicidas Orgánicos como alternativas al uso del Glifosato. Tesis licenciatura. Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Tlajomulco De Zúñiga, Jalisco. 17 p.
- Tercero, T.H.R. 2015. Evaluación de los métodos manual y químico para el control de maleza en el crecimiento inicial de Melina (*Gmelina arborea Roxb*) en la hacienda Pizará, cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 20-27 pp. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3886>

Zita, P.G.A. 2013. Resistencia de malas hierbas a herbicidas inhibidores de la enzima ACCasa. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 24-35 pp. <http://hdl.handle.net/10396/8894>