

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto Postemergente de un Bioherbicida a Base de Guishe de Lechuguilla
(*Agave lechuguilla* Torr.) en Semillas de *Panicum maximum* L.

Por:

JOSÉ EDUARDO CORTEZ TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto Postemergente de un Bioherbicida a Base de Guishe de Lechuguilla
(*Agave lechuguilla* Torr.) en Semillas de *Panicum maximum* L.

Por:

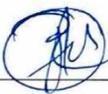
JOSÉ EDUARDO CORTEZ TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal



Dr. David Castillo Quiroz
Asesor Principal Externo



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor



Dr. Francisco Castillo Reyes
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval-Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Satillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

DECLARACION DE NO PLAGIO

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

Reproducción de fragmentos textos sin citar la fuente o autor original (copia-pegar); 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 comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como 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 declaró que este trabajo es original.

Pasante



José Eduardo Cortez Torres

DEDICATORIAS

A mis padres, **José Víctor Cortez Torres** y **María del Carmen Torres Wong**, a mis hermanos **Gerardo Rafael Cortez Torres** y **Víctor Jair Cortez Torres** por haberme apoyado y guiado durante toda mi trayectoria académica, ya que sin el apoyo de ellos, nada de esto hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, quien me ha otorgado la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para completar este proyecto de investigación. Agradezco profundamente por las bendiciones recibidas, por las oportunidades brindadas y por la capacidad de enfrentar y superar los desafíos que se presentaron en el camino

A la **Dra. Adriana Antonio Bautista** por haberme guiado y asesorado durante todo este proyecto de investigación y por estar ahí siempre con la mejor disposición para ayudarnos.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo** por el apoyo durante la realización de este proyecto.

Al **Dr. David Castillo Quiroz** por el apoyo durante la realización de este proyecto.

Al **Dr. Francisco Castillo Reyes** por el apoyo durante la realización de este proyecto.

A **Mariana Sofia Lavreda Lozano** por su ayuda y apoyo para la realización de este proyecto.

Al **Capt. Rodolfo Osthoff Torres** por su amistad y apoyo.

A **Zariel Bracamontes Saldaña, Francisco Israel Alvarado Rocha, Edgar Issac Muñoz Romero, Ariadna Hernández Sánchez, Johan Yaniel Vergara Alvarado, Víctor Villanueva Blanco, Fernanda Chacón, Edwin Ismael Hernández Sánchez, Joaquín Vargas Barba, Isaac Alejandro López Madrueño, Manuel Burciaga, Alberto Rodriguez, Elizabeth Cabrera y a todos mis amigos de Tampico** por su amistad y apoyo durante toda la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO

DEDICATORIAS	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Hipótesis.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Malezas	5
Concepto de malezas	5
Características de las malezas	6
Clasificación de las malezas	8
Ecología de las malezas	9
Manejo integrado de malezas	11
Métodos de control de malezas	12
Herbicidas	15
Concepto de herbicida	15
Clasificación de los herbicidas	16
Factores que afectan la actividad de un herbicida	18

Agricultura Orgánica.....	19
Importancia de la agricultura orgánica.....	21
Herbicidas orgánicos.....	22
Alelopatía.....	23
Compuestos identificados como agentes alelopáticos.....	24
Liberación de compuestos alelopáticos.....	25
Extracto vegetal.....	26
Guishe de <i>Agave lechuguilla</i> Torr.....	27
<i>Panicum maximum</i> L.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Sitio experimental.....	29
Material Vegetal.....	29
Extracto experimental.....	29
Tratamientos.....	29
Desarrollo del experimento.....	30
Variables a evaluar.....	31
Diseño estadístico.....	32
Análisis de la información.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de las malezas	8
Cuadro 2: Descripción de contenido de tratamientos aplicados a semillas de Panicum maximum L.	30
Cuadro 3. Grado de control de malezas según ALAM.	31
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de los nueve tratamientos evaluados en la semilla de Panicum maximum L.	33
Cuadro 5. Comparación de medias para la variable Número de plantas dañadas (NPD).	34
Cuadro 6. Comparación de medias para la variable Porcentaje de Daño (PD).	36
Cuadro 7. Índice de control de maleza.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de comparación de medias Número de plantas dañadas.....	35
Figura 2. Comparación de medias del porcentaje de daño.....	37

RESUMEN

Esta investigación explora el uso de un bioherbicida derivado del guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) para controlar las semillas de *Panicum maximum* L. (pasto guinea). El objetivo es encontrar alternativas más ecológicas a los herbicidas químicos, reduciendo el impacto ambiental.

El estudio aplica diversas concentraciones de guishe de lechuguilla, tradicionalmente utilizado para fibras, a las semillas de *Panicum maximum*, una maleza común en pastizales y cultivos tropicales y subtropicales. Se realizaron varios tratamientos experimentales, midiendo variables como el número de plantas dañadas y el porcentaje de daño a las plántulas, utilizando un diseño completamente aleatorio con repeticiones.

Los resultados indicaron que los tratamientos que combinaban jugos naturales y fermentados de lechuguilla con vinagre y glifosato fueron los más eficaces, alcanzando hasta un 100% de control en algunos casos.

El guishe de lechuguilla demostró una capacidad alelopática notable, posicionándose como una alternativa natural viable a los herbicidas convencionales, ofreciendo efectos similares al glifosato pero con menores riesgos ambientales.

Este estudio sugiere una solución viable para el manejo sostenible de malezas, promoviendo la agricultura orgánica y un manejo integrado de malezas más respetuoso con el medio ambiente.

Palabras clave: Bioherbicida, Guishe de lechuguilla, *Panicum maximum*, alelopática, Manejo sostenible, malezas

INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es un objetivo primordial en la búsqueda de soluciones para minimizar el uso de herbicidas químicos y reducir su impacto ambiental. En este contexto, el uso de bioherbicidas ha surgido como una alternativa prometedora para el control de malezas, ofreciendo una estrategia más ecológica y segura para los ecosistemas agrícolas.

El bioherbicida a base de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) representa un ejemplo destacado de este enfoque, que ha atraído considerable interés en la investigación agrícola reciente. El guishe de lechuguilla, una planta nativa de ciertas regiones áridas y semiáridas ha demostrado poseer propiedades herbicidas potenciales contra una variedad de malezas, lo que lo convierte en un candidato atractivo para el desarrollo de agentes de control biológico (Cuevas-González, 2022).

El estudio del efecto postemergente de este bioherbicida en semillas de *Panicum maximum* L. adquiere relevancia debido a la importancia económica y ecológica de esta maleza en numerosas regiones agrícolas. *Panicum maximum* L., comúnmente conocida como pasto guinea, es una de las malezas más problemáticas en los pastizales y cultivos tropicales y subtropicales, lo que genera pérdidas significativas en rendimiento y calidad de los cultivos (SBCPD, 2022).

En los últimos cinco años, diversos estudios han explorado los beneficios y las limitaciones de los bioherbicidas derivados de recursos naturales como el guishe de lechuguilla. Por ejemplo, (Smith, 2020) destacan la importancia de entender los mecanismos de acción de los bioherbicidas para optimizar su eficacia y minimizar posibles efectos no deseados en los sistemas agrícolas. Además, investigaciones como la de Torra *et al.*, (2022) han examinado la viabilidad comercial y la escalabilidad de la producción de bioherbicidas a base de extractos

vegetales, subrayando su potencial para impulsar la agricultura sostenible en el futuro.

En este contexto, el presente estudio se propone investigar el efecto postemergente del bioherbicida a base de guishe de lechuguilla en semillas de *Panicum maximum* L., con el objetivo de evaluar su potencial como una herramienta efectiva y ecoamigable para el control de esta maleza. A través de un enfoque experimental riguroso, se pretende contribuir al conocimiento científico sobre el uso de bioherbicidas en la agricultura y proporcionar información práctica para su aplicación en el manejo integrado de malezas.

En resumen, este trabajo busca abordar una problemática relevante en la agricultura contemporánea mediante la exploración de alternativas naturales y sostenibles para el control de malezas, en línea con las demandas actuales de conservación ambiental y desarrollo agrícola sustentable.

Hipótesis

El bioherbicida a base de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) tendrá un efecto significativo en la inhibición del crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Panicum maximum* L. después de la emergencia.

Objetivo General

Analizar el efecto postemergente del bioherbicida a base de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en la germinación y desarrollo inicial de las plántulas de *Panicum maximum* L., con el fin de **evaluar** su potencial como una alternativa ecoamigable en el manejo de esta maleza en sistemas agrícolas.

Objetivos Específicos

Analizar el impacto del bioherbicida de lechuguilla en el crecimiento inicial desarrollo de plántulas de *Panicum maximum* L. a través de mediciones morfológicas y fisiológicas, incluyendo altura de la planta y área de daño.

Determinar la eficacia del bioherbicida a base de guishe de lechuguilla en el control del crecimiento y la supervivencia de las plántulas de *Panicum maximum* L. mediante la aplicación del bioherbicida en diferentes concentraciones y momentos post emergentes.

REVISIÓN DE LITERATURA

Malezas

Concepto de malezas

Las malezas pueden ser definidas como la planta que brota en zonas cultivadas de forma silvestre (Esperbent, 2015), así también a aquellas plantas que invaden a los cultivos cuando crecen fuera de su sitio causando un perjuicio cuya principal característica es la sobrevivencia en ambientes o condiciones hostiles (Gómez, 1995). Según (Labrada, 2003) las malezas son tales plantas cuya interferencia está centrada en las áreas cultivables y no cultivables. Se les puede conocer también como malas hierbas o arvenses, y pueden generar disminuciones en el rendimiento de los cultivos y derrames monetarios debido a que estas plantas “dañinas” generalmente no presentan valor económico alguno (Irías, Castro, 2019).

Las malezas forman parte del proceso de la agricultura, ya que estas plantas se encuentran en los agros ecosistemas junto con los productos que se obtienen con el manejo de los cultivos, y aunque no forman parte de los sistemas intencionalmente, presentan la característica de poderse adaptar a diversos ambientes (Liebman, 2001).

La problemática representativa de las malezas es la interferencia en la producción de los cultivos al competir con los mismos por recursos, es decir, nutrientes, espacio, luz solar y agua, causando una disminución de la calidad además de la eficiencia de la cosecha (Leguizamón, 2015). Esta capacidad de competencia que presentan estas plantas se debe a que se encuentran en el mismo nivel trófico que los cultivos, siendo esta la principal razón por la que interfieren en la producción agrícola y de cosecha, así como representan un medio de hospedaje para plagas de insectos o enfermedades (Menalled, 2010). Para algunas especies, los lixiviados foliares y los exudados radicales son tóxicos para las plantas cultivadas, lo cual obstaculiza el proceso de la cosecha, además como consecuencia del desarrollo se presenta una deficiencia de fertilización, la densidad de otras plagas aumenta, terminando en decrecimiento de rendimiento y calidad agrícola (Labrada, 2003). Por otro lado, las malezas pueden ser

consideradas como benéficas para cierto tipo de cultivos o ambientes, proveyendo servicios ecológicos modificando la dinámica hidrológica, interferir en los procesos micro climáticos, ofrecer alimento y hábitat para organismos que pueden resultar beneficiosos a los cultivos (Castro, 2019).

Las arvenses pueden ser beneficiosos para el control biológico de plagas, ayudan a la recirculación de nutrientes, prevén los problemas de erosión, también ayuda en el control biológico al permitir la interacción positiva entre los parasitoides y predadores positiva dentro del ecosistema (Leguizamón, 2015); sin embargo, para un cultivo depende de la especie y de la densidad de la maleza (Castro, 2019).

Características de las malezas

Según Menalled (2010) las malezas en comparación con los cultivos presentan una tasa más alta en el crecimiento relativo, la absorción de nutrientes y reproducción (también puede variar según sea el cultivo contra el que se esté comparando). Por otro lado, presentan una tasa de crecimiento como plántula menor a la de los cultivos, y comparten características en cuanto a la tolerancia a la sombra y a la escasez de nutrientes. Las malezas presentan una frecuente dormición en las semillas y una longevidad alta en el suelo, a diferencia que no se ve regularmente la dormición de las semillas y una longevidad corta de las semillas.

(Solís *et al.*, 2016) menciona que algunas de las características biológicas y fisiológicas que presentan las malezas son la facilidad de dispersión debido a que presentan semillas semejantes a las de los cultivos, además de estructuras como el vilano y los tépalos que permiten este proceso. Estas plantas también presentan una capacidad de persistencia gracias a que presentan una tasa alta de producción de semillas y de periodo de viabilidad. Por otro lado, presentan una capacidad de competencia en comparación con los demás cultivos debido a que superan en densidad y surgen en el área de interés al mismo tiempo que los plantíos.

Alemán F. (2004) menciona que las características que presentan las arvenses que los hacen perjudiciales para las producciones agrícolas son:

- Ciclo de vida. Este tipo de plantas generalmente se encuentra relacionada con una zona donde hay algún cultivo determinado, por lo que el ciclo de vida es similar al del mismo, lo que quiere decir que germinan a la par del cultivo y presentan la madurez antes o muy similar a la del mismo.
- Desarrollo de raíces y partes aéreas. Las malezas presentan la capacidad de establecerse con rapidez, y así aumenta su capacidad de competencia frente a cualquier otra planta. Al desarrollar sus raíces con mayor rapidez presenta, por consiguiente, una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, además de desarrollar la capacidad de tolerar una sequía prolongada. Y las partes aéreas, crean área fotosintética, la cual crea sombra y afecta la exposición de luz solar a las otras plantas, afectando el crecimiento.
- Plasticidad de poblaciones. Cuando en un área determinada se crean las condiciones adecuadas para el establecimiento de un cultivo, también se establece la población de malezas. Como se mencionó anteriormente, estas presentan un número elevado de plántulas, y al llegar a la madurez, la densidad de las mismas se reduce, para dejar un número de arvenses vigorosas para su desarrollo a un nivel óptimo, este fenómeno es conocido como plasticidad de poblaciones.
- Germinación es uniforme de semillas o germinación escalonada. Cuando las malezas producen semillas, pueden llegar al área de cultivo o al suelo para su posible germinación, algunas tardan en germinar durante todo el ciclo del cultivo, dándoles posibilidad de sobrevivencia durante un largo periodo del tiempo. Esto provoca que únicamente se les pueda dar un control parcial presentando estas varias generaciones y asegurando la continuidad de la especie.
- Producción de inhibidores. Ciertas especies de este tipo de planta pueden producir exudados tóxicos que causan la inhibición de la germinación de otras especies consiguientes a las mismas. Esta característica es una adaptación que algunas especies presentan, y pueden inhibir el crecimiento de otras plantas y algunas veces, de la misma especie.

- Producción de semillas y órganos reproductivos vegetativos. Las malezas poseen diferentes tipos de reproducción y una alta cantidad de semillas, presentándose esto bajo condiciones favorables o adversas. Por otro lado, también pueden presentar estructuras vegetativas de reproducción, como los estolones, tubérculos, bulbos o rizomas, siendo estas un impedimento para el control.
- Adaptación a medios ambientes. Las malezas pueden adaptarse a diversas condiciones ambientales y de suelo, siendo el suelo fértil o infértil, y características físicas y químicas. Parte de sus características morfológicas es la plasticidad de poblaciones, lo que les da la ventaja de poderse establecer en el espacio disponible.

Clasificación de las malezas

Según (Alemán F. 2004), las malezas se pueden clasificar dependiendo del ciclo biológico, tipo de planta, hábitat, clasificación botánica y el tipo de propagación, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla.

Cuadro 1. Clasificación de las malezas

Clasificación		Características
Ciclo Biológico	Anuales	Su ciclo de vida es no mayor a un año. Generalmente su reproducción se presenta por medio de semillas
	Bianuales	Ciclo de vida de aproximadamente dos años. El primer año para establecerse y desarrollo vegetativo, y en el segundo se producen flores y semillas.
	Perennes	Requieren varios años para completar los ciclos de vida. Pueden producir varias generaciones a través de semillas, y pueden presentar reproducción vegetativa a través de rizomas, estolones o bulbos.

Tipo de planta	Hoja ancha	Plantas generalmente dicotiledóneas, y de fácil control.
	Hoja fina o angosta	Plantas de las familias <i>Poaceae</i> y <i>Cyperaceae</i> , y presentan un control difícil.
Hábitat	Acuáticas	Se encuentran en estanques y canales de riego o en cultivos que requieren estar bajo condiciones de abundante agua.
	Terrestres	Aquellas que bloquean caminos de penetración, campos que no cuentan con cultivo, y compiten con una gran diversidad de cultivos.
Clasificación botánica	Cotiledóneas	Poseen un hoja cotiledones.
	Dicotiledóneas	Poseen dos hojas cotiledonales.
Tipo de propagación	Rizomatozas	Se propagan a cierta distancia de la planta madre y produce tallos subterráneos.
	Estoloníferas	Su principal característica es la propiedad de enraizar nudos y producir una planta nueva, gracias a sus tallos largos y rastreros.
	Bulbíferas	Presentan tallos cortos que presentan la característica de tener escamas que dan origen a nuevas plantas.

Aguirre (2019) proporciona la clasificación de acuerdo a su hábitat de crecimiento, las cuales pueden ser postradas, trepadoras y erectas, también pueden clasificarse como epifitas, hemiparásitas y parásitas, además de las malezas acuáticas, las cuales están presentes en los trópicos o subtrópicos o en cultivos como los del arroz.

Ecología de las malezas

La agricultura es el proceso en donde se manejan las plantas para poder obtener materiales necesarios a través de los cultivos, estas plantas conviven con el objeto de estudio que son las malezas, las cuales se adaptan a estos

ecosistemas, aunque no necesariamente se siembren y se deseen dentro de estos. Este tipo de plantas cuenta con un rol ecológico, donde pueden verse como “intrusos no deseados” debido a la competencia que generan con los cultivos en donde se requiere un manejo y uso de tecnología para evitar las pérdidas que las malezas generan (Liebman, 2004).

Según Liebman (2001), las malezas se consideran exitosas para establecerse en sitios perturbados con alta productividad, y ser sostenibles en las condiciones con disturbios frecuentes. Esta perspectiva nos da la pauta para tomar a las malezas como componentes de los agroecosistemas, haciendo que existan tanto impactos negativos como una función ecológica (Menalled, 2010).

Las malezas forman parte del control biológico de plagas, ayudan con problemas de erosión de la tierra, además de participar en el proceso de reciclaje de nutrientes y minerales del suelo; otro de sus beneficios es que permite que existan sitios para la reproducción, lo que permite una interacción más efectiva entre parasitoides y depredadores (Vieraa *et al*, 2015). Otras de las funciones positivas que cumplen las malezas es ser el hábitat para insectos benéficos, ayuda al proceso de restaurar condiciones ambientales con los organismos vivos o lo conocido como biorremediación, ayudan a preservar la fertilidad del suelo, algunas contienen vitamina C, lo cual las hace atractivas en el área alimenticia o resultan atractivas para el paisaje (Weyland *et al.*, 2008).

Sin embargo, al resultar perjudiciales para el proceso de agricultura, nos demuestra que deben eliminarse por los daños que les causan a las especies de importancia económica. Este proceso de eliminación de arvenses trae consecuencias para el agroecosistema, esto debido a que forman parte del mismo (Alemán, 2004).

Por consiguiente, se presentan desafíos para la agroecología, el observar que tipo de malezas pueden aparecer en el futuro, observar los cambios evolutivos que pueden presentar las poblaciones de malezas y manejar estos procesos para que no interfieran nuevamente con los cultivos (Vitta *et al.*, 2002). Por esta razón se deben tomar en cuenta las perspectivas ecológicas para poder desarrollar un programa integral de manejo de malezas (Menalled, 2010). El manejo de malezas

consiste en modificar el equilibrio entre las malezas y el cultivo para que los cultivos no se reduzcan económicamente (Alemán, 2004).

Según Cerna (2013) el conocer la ecología de las malezas permite determinar los métodos de control, esto debido a que se requiere cierto tipo de manejo dependiendo de la especie de la maleza. Se requieren conocer las fases fenológicas de las malezas, etapas donde presentan resistencia, de reproducción vegetativa o cuando se presenten los órganos subterráneos que sirven para la propagación.

Se requiere observar las vías de propagación (viento, animales, agua, materia orgánica, si el tipo de reproducción es por medio de semillas u órganos vegetativos, y el ciclo biológico, generaciones, si es que son anuales o si son perennes y su fenología. Este aspecto ecológico es necesario para el programa de control y manejo de vegetación para beneficio de las plantas deseadas, tomando en cuenta que se busca conservar las condiciones favorables del medio ambiente para los cultivos (Cerna, 2013).

Manejo integrado de malezas

Este método consiste en emplear la información que se tiene sobre los factores abióticos, biológicos y culturales que estipula la abundancia y el impacto que presentan las malezas, tomando en cuenta la evaluación de las consecuencias ecológicas y sociales de las diversas prácticas de manejo que existen (Menalled, 2010). Si se realiza un manejo de malezas basado en principios ecológicos, se puede alcanzar una agricultura sustentable y garantizar la seguridad alimentaria y ambiental (Lovato-Echeverría, 2022).

El manejo de malezas tiene una gran importancia en el ámbito de la agricultura, siendo una de las prácticas más antiguas en el medio, sin embargo, a lo largo del mundo, los herbicidas representan la primera opción para el control de malezas en la agricultura convencional, y la dependencia de los mismos ha sido relacionada con efectos adversos sobre la biodiversidad y la salud humana. Por esta razón, se ha buscado la implementación de un manejo integrado de malezas que implica el además de emplear el control de maleza convencional prevenir la

producción de propágulos, maximizar la competencia cultivo-maleza y reducir la emergencia de la maleza en los cultivos (Medina, 2022).

El manejo integrado de malezas presenta el objetivo de disminuir las pérdidas causadas por este tipo de plantas, reducir los costos que implica el control de malezas, conservar la calidad ambiental y obtener beneficios para los productores mediante la integración de prácticas preventivas, de manejo y conocimientos científicos (Medina, 2022).

Para poder realizar un eficiente control de malezas, se requiere seguir una serie de pasos fundamentales según Serverla (2010) y Labrada (2003):

1. Identificar la especie problema de maleza y el nivel de infestación que han desarrollado sobre el cultivo.
2. Tomar en cuenta la ecológica y biología de las malezas que predominan en el predio, así como también el efecto competitivo de las especies.
3. Elegir el herbicida que más conviene para controlar la maleza o en todo caso el método de control que será económicamente viable, seguro para el ambiente y técnicamente efectivo.
4. Observar las condiciones climáticas, el desarrollo fenológico del cultivo y de la maleza para decidir el momento adecuado para la aplicación del herbicida.
5. Analizar dosis tolerables para el cultivo.

Dentro del concepto de manejo de malezas encontramos las practicas preventivas, culturales, biológicas y químicas, las cuales deben estar en sistemas de rotaciones a largo plazo para establecer un control integrado de las comunidades para minimizar su interferencia en los sistemas de producción (López-Valdez *et al.*, 2021).

Métodos de control de malezas

Preventivo

Este método implica las medidas para impedir el establecimiento y desarrollo de malezas en las áreas de cultivo, estas medidas son el uso de semilla certificada, para evitar las semillas contaminadas, también la limpieza de malezas en los canales de riego y caminos, limpieza en la maquinaria, para asegurar que estos

se encuentren limpios de residuos. Y si es el caso, controlar la maleza antes de su floración para impedir un posible banco de semillas (Medina, 2022).

Cultural

Este método implica prácticas como la selección y rotación de cultivos, fecha y sistema de siembra, para que el cultivo presente una mayor capacidad competitiva frente a la maleza. Este método se establece bajo la premisa de que un área con baja población de plantas es más susceptible a infestarse con malezas. Además, la rotación de cultivos es vital para impedir la selección de especies de maleza; también se pueden incluir cultivos de cobertura viva, que crecen asociados al cultivo que es de mayor importancia.

Los beneficios de este sistema de control es la reducción de la erosión, se establece la materia orgánica en el suelo, se mejora la estructura y se reduce la compactación (Medina, 2022).

Solarización

Este método puede ser empleado para organismos en áreas de clima cálido, y se refiere a una técnica compatible con el medio ambiente donde se usan mantas de polietileno (negras o transparentes) para cubrir el suelo húmedo. Este proceso se realiza de 30 a 45 días antes de la siembra en la época más cálida y de mayor radiación solar. Dentro de sus beneficios se obtiene un incremento en la disponibilidad de nutrientes del suelo para las plantas cultivables, y permite la resiembra del área posterior a la primera cosecha (Castro, 2019).

Mecánico

Este tipo de método implica el uso de herramientas o sistemas de aclareo de cultivos, aquí se emplean las técnicas de enterrar, cortar y arrancar. Este tipo de herramientas eliminan la maleza fuera de la línea del cultivo, siendo la desventaja que, al ser mecánicas, no son selectivas, es decir, no puede distinguir entre la maleza y el cultivo. Algunas de las herramientas convencionales usadas en este tipo de método son, en la labranza a voleo la rastra de cadenas y de púas

flexibles, y azadas rotativas, para la labranza entre hileras, desmalezadoras, azadas de disco, desmalezadoras de cesta o canasta, para la labranza en hileras, desmalezadoras de torsión, cepillos y dedos (Espinoza-Hernández *et al.*, 2021). Medina (2022) menciona que en este tipo de prácticas se emplea la fuerza física, se puede emplear el fuego o los deshierbes manuales. Se puede hacer la práctica de la labranza convencional, donde se preparará el terreno por medio de arado, subsuelo o rastra, así como también la labranza secundaria con la siembra y el paso de escalada. En esta metodología, el control de malezas es recomendado por “un tiempo reducido” o para pequeñas infestaciones (Rosales, E., & Esqueda, V, 2006).

Químico

Esta metodología se basa en el desarrollo de herbicidas selectivos, que al ser agentes químicos inhiben el crecimiento normal de las malezas. La premisa del desarrollo de esta tecnología es la búsqueda de formas efectivas y baratas de control de malezas y un uso menor de mano de obra, además de una necesidad de mayor margen de ganancia (Cerna, 2013).

En la actualidad, este método representa la herramienta más efectiva en el control, sin embargo, solo debe emplearse cuando las otras metodologías no se pueden emplear o si el uso de esta representa un beneficio para el productor (Medina, 2022). Por otro lado, también puede emplearse en combinación con otras modalidades de control, tomando en cuenta los factores ecológicos, económicos y labores agronómicas (Cerna, 2013).

Para poder emplear esta metodología, se requiere de conocimientos técnicos para la aplicación y elección del herbicida (Medina, 2022). Este método sirve para el control de malezas en las primeras etapas de cultivo, para prevenir las reducciones del rendimiento por competencia de las malezas (Cerna, 2013). La premisa de los herbicidas es que son reguladores de crecimiento para disminución de la población o eliminación selectiva de las malezas (Rosales, E., & Esqueda, V, 2006).

Uno de las desventajas del uso de herbicidas tanto para el medio ambiente y para la agricultura, por ejemplo, se puede dañar el cultivo por una dosis excesiva o a

algún cultivo vecino por acarreo del herbicida, al existir residuos en el suelo puede dañar a cultivos que se siembran en rotación, una adaptación de las malezas que provoca una posible resistencia al herbicida por el uso constante (Medina, 2022).

Biológico

El control biológico se basa en el uso de organismos vivos como insectos, hongos, bacterias y virus que son altamente específicos en su acción que atacan a una maleza en particular (Medina, 2022). Esta metodología se emplea para controlar y no erradicar, es decir, reducir la población de malezas a niveles no dañinos; estos agentes son diseminados por medio de agentes ambientales como el viento o la lluvia, como animales superiores como los insectos y la infección a las malezas, se puede producir por medio de las superficies vegetales, aberturas naturales de las plantas como los estomas, lenticelas o heridas producidas por los humanos (Cerna, 2013).

La premisa de esta metodología es el daño que hacen los microorganismos a las malezas mediante acciones fisiológicas o morfológicas y degradaciones bioquímicas que debilitan a la planta disminuyendo la capacidad competitiva de la misma. Sin embargo, este método tiene los limitantes que los agentes infectantes pueden alcanzar a los cultivos de interés y atacar a estos, beneficiando a las malezas (Cerna, 2013).

El control biológico representa una alternativa sostenible de bajo impacto ambiental en comparación con el uso de herbicidas y manejos mecánicos. Para poder seleccionar un agente se debe tomar en cuenta la especificidad, factores ambientales como el clima y la fitogeografía, el impacto del agente sobre la maleza blanco, red trófica y los niveles de interacción entre los agentes seleccionados para el control biológico (Walsh, 2018).

Herbicidas

Concepto de herbicida

Los herbicidas son compuestos que cuentan con la propiedad de controlar a las malezas en los cultivos, también se puede definir como el químico que causa una

alteración en el metabolismo o fisiología de una planta por un suficientemente largo tiempo como para poder reducir su crecimiento hasta poder matarla (Anzalone, 2008). Otra definición que se le ha dado a los herbicidas es que son los productos químicos que interrumpen o inhiben el crecimiento y el desarrollo de la planta, además son empleados en la agricultura, industria y zonas urbanas debido a su eficacia en el control de maleza y su bajo costo (Rosales, E., & Esqueda, V, 2006).

La aplicación de los herbicidas sobre los cultivos crea condiciones negativas extremas ambientales artificialmente para la vegetación en general si es que se emplea un herbicida de acción total o si es uno selectivo, únicamente para las malezas (M. Papa, 2004).

La aplicación de los herbicidas es el principal método de control debido a que son productos fiables y eficaces, siendo que ofrecen un control completo sobre una amplia variedad de especies de malezas, presentan un fácil manejo porque no se requiere maquinaria o prácticas culturales específicas para su aplicación, también, producen un menor costo por unidad de superficie, lo que habla que son económicamente rentables, también, son agronómicamente versátiles, es decir, que pueden ser empleados tanto en la preemergencia como en la pos emergencia tardía, dando la opción de tener diversos tratamientos (De Prado, R., & Cruz-Hipólito, H., 2005).

Clasificación de los herbicidas

Algunos de los criterios empleados para la clasificación de los herbicidas según De Prado, R., & Cruz-Hipólito, H. (2005) depende del uso según los cultivos, el efecto observado, el tiempo de aplicación sea en la pre-siembra, preemergencia o post emergencia, el comportamiento de la planta, en el suelo, el modo de acción y según su estructura química. Según Robles (2006) los herbicidas se pueden clasificar dependiendo de su modo de acción de la siguiente manera:

Época de aplicación

- Preemergentes: son aplicados después de la siembra, pero antes de que emerjan las malezas y el cultivo; el objetivo de este tipo de herbicidas es

eliminar a las malezas en la germinación o recién emergen, y así reducir la competencia con el cultivo. La dosis de estos tipos de herbicidas depende del tipo de suelo y la materia orgánica, debido a que están constantemente en interacción con la textura, pH y materia orgánica del suelo.

- Postemergentes: son aplicados después que ha emergido tanto el cultivo como la maleza. Generalmente, su aplicación se realiza en los primeros estados de desarrollo, para que sean más susceptibles a la acción de los herbicidas y la no haya suficiente capacidad de competencia. La actividad de estos herbicidas depende de factores como el grupo químico, la maleza que sobre la cual se aplica, y condiciones climáticas y de medio ambiente como la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad de viento y presencia de lluvia.

Selectividad

- Selectivos: afectan a un grupo específico de plantas sin dañar a las que no son del interés, empleándose en dosis, forma y época específica.
- No selectivos: son empleados en áreas donde no hay cultivos debido a que no son específicos y su toxicidad ataca a toda clase de vegetación. También pueden ser empleadas donde se evite el contacto con los cultivos.

Tipo de acción

- De contacto: actúan sobre las partes de la planta con las que están en contacto al aplicarse, además el transporte dentro de la planta es limitado. Es recomendado su aplicación para la maleza anual.
- Sistémicos: son absorbidos y transportados por toda la planta para transporte a raíces y órganos subterráneos, y son aplicados directamente al suelo o sobre el follaje. Es recomendada su aplicación sobre la maleza perenne.

Familia química

Esta clasificación se refiere a la agrupación donde se cuentan con características químicas y moleculares comunes; para esta clasificación se requiere conocer cada ingrediente activo con el que se cuenta, debido a que pueden existir herbicidas con características de uso práctico distintas (Anzalone, 2008).

Modo de acción

Por modo de acción se entiende la secuencia entre la absorción del herbicida hasta la muerte de la planta, por lo que este tipo de clasificación desarrolla síntomas en las plantas similares cuando son tratadas. Esto permite predecir el espectro de control, la época para su aplicación, la selectividad en el cultivo y la persistencia en el suelo. También se permite diseñar los programas de control químico con mayor eficiencia.

El mecanismo de acción se refiere a el proceso que se desarrolla después de la aplicación del herbicida hacia el sitio o proceso bioquímico que se está afectando, por ejemplo, los reguladores del crecimiento, los inhibidores del crecimiento de las plántulas, los inhibidores de la fotosíntesis, inhibidores de la síntesis de pigmentos, inhibidores de la síntesis de lípidos, de aminoácidos y destructores de membranas celulares.

Factores que afectan la actividad de un herbicida

Para poder ponerse en contacto el herbicida con la planta, debe ser retenido por los coloides del suelo o estar presente en el agua de los poros, en esta región, en el agua, es el único lugar donde un herbicida puede ponerse en contacto para ingresar a los órganos de las plantas y poder entrar en acción. Sin embargo, hay factores que pueden afectar la actividad de un herbicida como son las características de los suelos, las propiedades del herbicida y las condiciones del ambiente (Bedmar *et al.*, 2022).

En el suelo, los herbicidas pueden ser retenidos, acumulados y degradados, debido a ciertas características que este puede presentar, como la textura, el contenido de materia orgánica, pH y contenido de humedad. Por otro lado, dentro de los factores climáticos y del medio ambiente, la temperatura, lluvias, humedad

y luz solar están involucradas en la degradación de los herbicidas; la luz solar puede afectar en la degradación de las moléculas porque aumenta el nivel de energía de los compuestos y altera las estructuras de estos. Al aumentar los factores como la temperatura, lluvias y humedad las tasas de degradación química aumentan (Bedmar *et al.*, 2022).

Por su parte, las propiedades de los herbicidas que influyen en su persistencia son la adsorción al suelo, su capacidad de solubilidad en agua, potencial de ionización, dosis aplicada, formulación, propiedades físico-químicas como la presión de vapor, conmovión y susceptibilidad a la degradación de las moléculas (Bedmar *et al.*, 2022).

Agricultura Orgánica

Desde los inicios de la agricultura, el manejo de malezas ha sido un problema debido a la problemática que estas causan, como la reducción en el rendimiento de la producción de los cultivos. La agricultura moderna depende del uso de los herbicidas sintéticos a diferencia de las prácticas agrícolas ancestrales que dependían del trabajo manual (Dayan *et al.*, 2009).

Sin embargo, en la actualidad se sabe que los agroquímicos eliminan a todo tipo de microorganismos, así como los insectos, que también pueden estar considerados como plaga, y el uso frecuente e indiscriminado de las mismas puede causar que los mismos generen un mecanismo de resistencia a los herbicidas, lo cual requiere que se aplique una mayor dosis o concentración de producto o con una mayor potencia de los mismos. Es por esta razón que dentro de las ramas de ecología, microbiología y agronomía se han planteado la búsqueda de una producción agrícola que no se ponga en peligro la salud de los productores, consumidores y del medio ambiente (MadridS, 2009).

La agricultura orgánica se basa en combinar prácticas ancestrales, como el uso de plantas, animales y microorganismos para poder mantener la fertilidad de los suelos en combinación con tecnologías y conocimientos de la actualidad. Esta práctica se fundamenta en la combinación de elementos técnicos, económicos,

sociales y agroecológicos y reducir la dependencia de insumos externos como fertilizantes o agroquímicos para sustituirlos por insumos naturales y de esta manera reducir y hasta eliminar los impactos ambientales (Soto & Reinhold, 2001).

IFOAM (2008) define a la agricultura orgánica como: “Un sistema de producción que sostiene la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en procesos ecológicos, biodiversidad y ciclos adaptados a las condiciones locales, en lugar del uso de insumos con efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para beneficiar al medio ambiente y promover las relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los involucrados”

Por otro lado, el Codex alimentarius define a la agricultura orgánica como: “Un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo. Empleando métodos culturales, biológicos y mecanismos, en contraposición al uso de materiales sintéticos para cumplir cada función específica dentro del sistema.

Según IFOAM (2008), la agricultura orgánica se basa en cuatro principios:

1. Salud. Debe sostener y mejorar la salud del suelo, plantas, animales, seres humanos y el planeta como uno e indivisible.
2. Ecología. Se debe basar en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos.
3. Equidad. Deben presentarse relaciones que garanticen la equidad entre el medio ambiente común y las oportunidades de vida.
4. Cuidado. Se debe gestionar de manera preventiva y responsable con el fin de proteger la salud y bienestar de generaciones actuales y futuras, además del medio ambiente.

Importancia de la agricultura orgánica

En la actualidad, los herbicidas representan más de la mitad de la densidad de pesticidas agrícolas aplicado en el mundo, siendo la principal preocupación el impacto de los compuestos de estos sobre la salud y del medio ambiente, siendo esta la razón por la que la agricultura orgánica cuenta con popularidad, ya que esta modalidad, no permite los pesticidas sintéticos (Dayan *et al.*, 2009).

Algunos de los cambios que se pueden considerar como beneficiosos que trae consigo la agricultura orgánica es que cambia la composición de los insumos cambia, debido a que se elimina el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas, en cambio, se agrega material orgánico, mano de obra y maquinaria (Garibay, 2003).

La agricultura orgánica se basa en un sistema que inicia con la caracterización de las condiciones locales, requerimientos de las especies que son de interés en la zona, y condiciones socio económicas de la región. Las prácticas en las que se basa la agricultura orgánica hacen referencia a que se puede subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema, por medio de servicios ecológicos; con base en esto, se puede afirmar que la agricultura orgánica es considerada como una de las herramientas para el desarrollo sostenible y por consiguiente la reducción de la pobreza de los países en desarrollo (Martínez *et al.*, 2012).

De acuerdo con el IFOAM (2008) los fundamentos de la agricultura orgánica son los siguientes:

- Mantener y mejorar el paisaje natural y los agroecosistemas.
- Evitar la sobre explotación y la contaminación de los recursos naturales.
- Reducir el consumo de energía y de los recursos naturales no renovables.
- Producir en cantidad suficiente alimentos sanos, nutritivos y de alta calidad.
- Reconocer el conocimiento indígena y los sistemas agrícolas tradicionales.

Herbicidas orgánicos

Las sustancias tóxicas liberadas por los compuestos químicos que contienen los herbicidas, que fueron creadas originalmente para interferir sobre un sistema biológico, carece de selectividad por lo que pueden afectar a más de una especie de plantas u organismos vivos como lo son los humanos (Ramírez-Muñoz, 2021). Además de todos los efectos negativos que les puedan provocar a los organismos vivos, existe el riesgo que el biotipo seleccionado pueda generar resistencias, generándose la problemática de encontrar otro herbicida que funcione por otro mecanismo de acción que presente la misma eficacia para la diversidad de malezas presentes en un cultivo (Torra *et al.*, 2022).

Una alternativa para el control de arvenses es el uso de metabolitos secundarios o aleloquímicos que se obtienen de las plantas, que sirven para suprimir o controlar el crecimiento de especies no deseadas y en algunos casos estimular ciertos procesos biológicos de los cultivos. Los metabolitos secundarios son aquellos que no participan en los procesos básicos de crecimiento y desarrollo de las células vegetales; algunos de los metabolitos secundarios presentan propiedades fitotóxicas, es decir, compuestos que impiden el crecimiento y desarrollo de uno o más tipos de plantas, dándoles la clasificación de herbicidas naturales o herbicidas orgánicos (López-Valdez *et al.*, 2021).

Ronco (2018) define a los compuestos fitotóxicos como compuestos de origen natural que impiden el desarrollo y crecimiento normal de uno o varios tipos de planta al estar expuestos a una dosis determinada del compuesto, llegando hasta provocar la muerte. Estos compuestos son empleados como herbicidas debido a que implican que la planta lleve a cabo una función metabólica esencial, por ejemplo, detener la fotosíntesis por la alteración de los fotosistemas.

Generalmente, los metabolitos secundarios con actividad fitotóxica son específicos a los organismos blanco, es decir, a los que se busca detener su desarrollo, y frecuentemente no afectan a los organismos de interés o los organismos benéficos. Sin embargo, este tipo de compuestos se requiere considerar diversos factores como la sensibilidad a la temperatura, luz, humedad,

pH y oxígeno que dificultan la formulación de los productos para su conservación y futura aplicación en el campo (López-Valdez *et al.*, 2021).

Los fitotóxicos se plantean como una alternativa prometedora al uso de herbicidas, gracias a las ventajas que conlleva su uso, como al medio ambiente porque no genera contaminantes como los herbicidas sintéticos, únicamente afectan a los organismos blanco, así como a los niveles de producción gracias a la reducción de costos (Ronco, 2018).

Alelopatía

Oliveros (2008) define al fenómeno de alelopatía como un efecto directo o indirecto causado por una planta sobre otras por medio de la producción de compuestos químicos que son liberados al medio ambiente. Según Hans Molisch (1937) la alelopatía se refiere a las interacciones bioquímicas entre las plantas, incluyendo a los microorganismos, por medio de la producción de compuestos químicos; estas interacciones bioquímicas pueden tener acciones estimulantes o inhibitorias (Giardina & Bonfin, 2018).

La Allelopathy Society (1996) definió la alelopatía como: “Cualquier proceso que implica metabolitos secundarios producidos por especies exóticas que influyen en el crecimiento y desarrollo de las especies nativas, incluyendo plantas y animales, comprendiendo efectos positivos y negativos”.

Otra de las definiciones empleadas por la Sociedad Allelopathy Society (1996) es: “Cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos y agrícolas”.

El término alelopatía proviene del griego *allelon* que significa uno al otro y *pathos* que significa sufrir, por lo que se puede definir como un efecto injurioso de uno sobre otro. El término fue empleado para referirse a efectos, ya sean perjudiciales o benéficos, que son directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que al ser liberados por las plantas ejercer su potencial sobre otra (Blanco, 2006).

El fenómeno de la alelopatía se basa en tres rasgos, cuando un compuesto es liberado al ambiente que está encargado de transmitir un efecto, la absorción del compuesto liberado por un organismo receptor y como esto provoca un efecto sobre el crecimiento normal del organismo receptor (Oliveros, 2008).

Los compuestos con propiedades alelopáticas son productos del metabolismo secundario, y se producen dentro de las plantas y son liberados al ambiente, tienen la propiedad de alterar diversos procesos fisiológicos como la división y diferenciación celular, traslado de agua e iones, metabolismo de fitohormonas, respiración, fotosíntesis, funciones enzimáticas, y traducción y expresión de genes (Arévalo, 2011).

Para que se pueda ejercer el fenómeno alelopático deben existir ciertas condiciones, que en el suelo de interés exista la suficiente concentración del compuesto alelopático, además que este compuesto debe entrar en contacto directo o dependiendo cual sea el caso, interactuar con la planta susceptible (Blanco, 2006).

Compuestos identificados como agentes alelopáticos

Las plantas liberan los metabolitos secundarios por las rutas metabólicas primarias y dependiendo de su capacidad fitotóxica, la concentración bioactiva y la persistencia y el entorno en donde son liberados, pueden actuar como compuestos alelopáticos. Dentro de los ecosistemas, los compuestos identificados con una función alelopática son los fenoles simples, flavonoides, terpenoides, alcaloides, ácidos grasos, poliacetilenos, compuestos sulfurados, oligopéptidos y glucosinolatos (Lorenzo, 2010).

Por otro lado, Arévalo (2011) menciona que los compuestos más importantes que presentan propiedades alelopáticas son los:

1. Fenoles y derivados del ácido benzoico.
2. Flavonoides y taninos.
3. Alcaloides.
4. Terpenoides y esteroides.
5. Glucósidos cianogenéticos.

6. Aminoácidos no proteicos.
7. Lactonas no saturadas.
8. Ácidos orgánicos, alcoholes alifáticos, aldehídos y cetonas.
9. Ácidos grasos, naftoquinonas, antraquinonas y complejos de quinonas.
10. Coumarina.

Liberación de compuestos alelopáticos

Si los aleloquímicos no son liberados al ambiente por los mecanismos efectivos que garanticen una concentración tóxica a la planta o al organismo receptor, no se tendrán significados ecológicos. Existen diversos mecanismos de excreción de estos compuestos al ambiente, donde se involucra la volatilización, lixiviado, descomposición de partes de la planta en el suelo y exudados por la raíz (Oliveros, 2008).

Sampietro (2001) menciona que los compuestos alelopáticos son liberados al entorno dependiendo del tipo de estrés al que estén sometidos, sean bióticos o abióticos, y plantea que existen cuatro vías de liberación de aleloquímicos al entorno:

- Volatilización: esta vía de liberación está relacionada con las plantas que producen terpenoides. La toxicidad de los compuestos es prolongada, gracias a la adsorción de las partículas de los mismos al suelo, permitiéndoles una permanencia prolongada que se puede extender a meses en él.
- Lixiviación: este proceso se refiere a la remoción de sustancias que están presentes en la planta por factores como la lluvia, nieve, niebla y rocío; el proceso depende del tejido vegetal, edad de la planta y las condiciones de la precipitación. A través de esta vía se liberan compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides.
- Exudados radiculares: existen sustancias exudadas por las raíces que limitan la germinación de las semillas, crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y nodulación. La liberación de sustancias por las raíces está regulada por factores como la edad vegetal, nutrición, luz y humedad.

- Descomposición de residuos vegetales: los residuos en descomposición de la planta liberan agentes alelopáticos. El proceso está regulado por la naturaleza del residuo, tipo de suelo y condiciones de descomposición. Los compuestos que son liberados por medio de la planta hacia el suelo sufren transformaciones provocadas por la micro flora, lo que puede generar actividad biológica mayor, y su mecanismo de acción consiste en que, al liberarse las sustancias en el suelo, entran en contacto con las raíces y ejercen su acción.

Extracto vegetal

Los extractos vegetales como una opción para el control de plagas, enfermedades y arvenses conforman una alternativa promisorio dentro de la agricultura sostenible debido a su efectividad, bajo costo y no ser un contaminante para el ambiente (Celis, 2019). El empleo de los extractos vegetales como herbicidas alternativos, presenta la ventaja de proveer el control sin los problemas que generan los herbicidas químicos, como los desequilibrios ambientales, es decir, la contaminación de los recursos hídricos, o desencadenar el surgimiento de organismos resistentes, hasta los residuos tóxicos para los humanos (Jozivan, 2008).

Los extractos vegetales presentan la característica de contener metabolitos secundarios que forman parte de los mecanismos de defensa de las plantas, y contienen compuestos que les proporcionan propiedades antialimentarias, antivirales, antimicrobianos, repelentes, inhibidores de germinación, dichos compuestos pueden ser agrupados en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides (Celis, 2019). Además, los extractos vegetales presentan compuestos bioactivos que son extraídos de los órganos de las plantas que presentan un potencial fitotóxico, lo que los hace ser útiles como un bioherbicida (Cruz-Ortiz *et al.*, 2021).

Los extractos vegetales, como se mencionó anteriormente, son complejas mezclas de metabolitos secundarios que son aisladas de las plantas por diversos métodos, tales como destilación por arrastre de vapor, expresión de frutos, entre

otros. Sus principales componentes químicos son los mono y sesquiterpenos, los cuales incluyen a los carbohidratos, alcoholes, éter, aldehídos y cetonas (García *et al.*, 2010).

La fitotoxicidad de los extractos vegetales depende de la metodología que se emplea para su extracción, además de cómo se emplea el material vegetativo, es decir, si está deshidratado, fresco o congelado, el estadio y especie de la planta, el órgano vegetal que se emplea, fecha de cosecha y condiciones abióticas del medio. Esta capacidad es la mejor alternativa en la actualidad para sustituir a los agroquímicos, para reducir costos y contaminación ambiental (Cruz-Ortiz, 2021).

Guishe de *Agave lechuguilla* Torr.

Agave lechuguilla es una planta suculenta encontrada en la zona semidesértica de México, es empleada por los agricultores para la extracción de fibras (Sánchez-Robles *et al.*, 2023). Esta planta presenta un metabolismo CAM, está adaptada a condiciones de baja precipitación, así como a suelos calizos, calcáreos rocosos y arcillosos (Pelletier, 2021).

Uno de los beneficios de esta planta es su aplicación comercial, es empleada para la extracción de fibras naturales denominadas “ixtle”, siendo una de las principales actividades socioeconómicas de las comunidades rurales. Estas fibras se pueden emplear para la fabricación de cepillos, escobetas, sacos, tapetes, entre otras (Chávez, 2022).

Durante la fabricación de estos productos, se genera un residuo conocido como “guishe” o bagazo, el cual puede contener moléculas bioactivas como saponinas, ácidos fenólicos y flavonoides, las cuales pueden presentar la capacidad de inhibir el crecimiento de las malezas. Estos compuestos presentan una capacidad alelopática con los que se puede desarrollar bioherbicidas a base de este guishe (Sánchez-Robles *et al.*, 2023).

Por otro lado, también es empleado para mejorar el suelo en áreas que fueron altamente cultivadas y empleadas como composta, además en la producción de

biocombustible, o compuestos bioactivos con capacidad antimicrobiana, antifúngica y antioxidante (Chávez, 2022).

Entre los compuestos bioactivos con los que cuenta el compuesto de interés, son los flavonoides y compuestos polifenólicos. Morreeuw (2021) menciona que las condiciones ambientales como el índice de agua y vegetación no afecta en los compuestos polifenólicos encontrados, sin embargo, la composición del guishe está relacionada dependiendo de cómo es que se obtuvo el extracto; diversos autores mencionan que en los extractos etanólicos se contiene una mayor diversidad de flavonoides en comparación con los extractos metanólicos.

***Panicum maximum* L.**

Según la CONABIO (s.f), *Panicum maximum* es una de las especies que más se encuentran en el paisaje cultural por todo el trópico mexicano, se considera una maleza o también se le considera una planta forrajera.

Sus características taxonómicas son:

- Reino: Plantae
- Subreino: Traqueobionta, aquí se encuentran las plantas vasculares.
- Subdivisión: Spermatophyta, donde se encuentran las plantas con semilla.
- División: Magnoliophyta, se refiere a las plantas con flor.
- Clase: Liliopsida, plantas monocotiledóneas.
- Subclase: Commelinidae.
- Orden: Cyperales.

Es una planta de ciclo de vida perenne, amacollada, robusta y puede presentar entre 1 y 2.5 metros de alto. Su propagación es a base de semillas y se pueden dispersar por medio de adherencia a animales, vehículos y por el agua; presenta una polinización principal por medio del viento. Es una especie que invade bosques y pastizales naturales, puede considerarse como una de las plantas forrajeras más importantes en México, pero también como una maleza invasiva y difícil de combatir.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de producción y almacenamiento de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923 Col. Buenavista, Saltillo Coah. C.P. 25315 (25° 23' 42" N, 100° 59' 57" O).

Material Vegetal

Se utilizó un lote de semillas de Panicum (*Panicum maximum* L.), esta semilla fue proporcionada por investigadores del INIFAP localizado en el estado de Veracruz. Debido a su efecto en los cultivos de la región, esta especie es vista como una maleza importante en el área de estudio.

Extracto experimental

La Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila suministró una mezcla experimental elaborada a partir de extractos orgánicos Guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.).

Tratamientos

Se utilizaron 9 tratamientos con mezclas experimentales obtenidas del guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), además de un testigo que solo fue regado con agua destilada (Cuadro 1).

Cuadro 2: Descripción de contenido de tratamientos aplicados a semillas de *Panicum maximum* L.

Tratamientos	Descripción
JG	100% jugo natural
JGN-A	85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20
JGN-M	60% jugo natural + 36% vinagre blanco + 4% tween 20
JGN-B	35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20
JGA	100% jugo fermentado
JGA-A	85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween 20
JGA-M	60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20
JGA-B	35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20
GL	100% glifosato
TESTIGO	100% agua destilada

Desarrollo del experimento

Se realizó un experimento inicial para comprobar la viabilidad de las semillas de *Panicum maximum*. L. y descartar la latencia. Para ello, se colocaron 4 repeticiones de 25 semillas en cajas de Petri con papel de filtro, regadas con agua destilada y mantenidas en una cámara de germinación a 25 °C. La evaluación se llevó a cabo después de siete días.

Después de haber verificado que si había viabilidad en la semilla se realizó la siembra en turba (Peat moss) marca Berger.

Se llevaron a cabo cuatro repeticiones de cada tratamiento, cada una con la siembra de 5 semillas en bolsas de vivero negras de 10 x 20 cm, colocadas sobre una capa de turba (Peat moss). Por cada tratamiento se aplicaron 8 ml de cada mezcla con una jeringa de 10 ml sobre la plúmula, teniendo una altura de 20 cm, realizando 2 aplicaciones en total. Durante estas 2 aplicaciones se regó con agua destilada para mantener su optima humedad. La evaluación se realizó a los once días después de la siembra

Variables a evaluar

IDCM: Índice de control de maleza; esta variable mide que tanto fue controlada la maleza. Lo resultados obtenidos fueron comparados con la escala utilizada por la Asociación Latinoamericana de Malezas (Cuadro 2).

Cuadro 3. Grado de control de malezas según ALAM.

Índice	% de control
0-40	Ninguno o pobre
41-60	Regular
61-70	Suficiente
71-80	Bueno
81-90	Muy bueno
90-100	Excelente

NPD: Número de plantas dañadas; esta variable mide la cantidad de plantas que fueron afectadas por la aplicación del bioherbicida.

PDD: Porcentaje de daño; esta variable mide el porcentaje de daño que tuvo la plúmula al aplicarle el bioherbicida. Este porcentaje varió en cada uno de los tratamientos debido a las diferentes concentraciones.

Diseño estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar, en el cual se analizaron diez tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, utilizando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable aleatoria que representa la observación.

μ = Media general.

T_i = Efecto de los tratamientos.

E_{ij} = Error experimental

Análisis de la información

Rstudio 2024.04.1. fue el software estadístico utilizado para hacer el análisis de varianza de los datos y la comparación de medias

Cuando las variables mostraron significancia estadística, se procedió a realizar una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de los nueve tratamientos evaluados en la semilla de *Panicum maximum* L.

F.V	G.L	NPD	PD
Trat	9	15.736**	3839.3**
EE	30	0.325	68.6

**=Diferencias altamente significativas, F.V: Fuente de variación, G.L: Grados de libertad, NPD: Número de plantas dañadas, PD: Porcentaje de daño.

Los resultados del análisis revelan que la fuente de variación asociada a los tratamientos presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$), tanto en el número de plantas dañadas como en el porcentaje de daño registrado. Esto indica que los diferentes tratamientos aplicados en el experimento no solo impactan de manera directa sobre el daño causado a las plantas, sino que además generan una variabilidad notable en los resultados observados. Estas diferencias significativas sugieren que cada tratamiento tiene un efecto diferencial en la afectación de las plantas, lo cual puede atribuirse a factores como la eficacia del tratamiento, su mecanismo de acción, o incluso interacciones específicas con las condiciones ambientales.

Cuadro 5. Comparación de medias para la variable Número de plantas dañadas (NPD).

Tratamientos	NPD	
JG	4.00	bc
JGN-A	5.00	a
JGN-B	4.75	ab
JGN-M	-----	--
JGA	3.50	c
JGA-A	4.00	bc
JGA-B	5.00	a
JGA-M	5.00	a
GL	5.00	a
TESTIGO	0.00	d

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa.

100% jugo natural (JG); 85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-A); 60% jugo natural + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-M); 35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-B); 100% jugo fermentado (JGA); 85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-A); 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-M); 35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20 (JGA-B); 100% glifosato (GL); 100% agua destilada (Testigo).

En base a los resultados obtenidos (Cuadro 3) demuestran que, en el número de plantas dañadas, los tratamientos 85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-A), 35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20 (JGA-B), 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-M), glifosato (GL) fueron los más efectivos ya que las cinco plantas fueron dañadas. 100% jugo natural (JG) obtuvo 4 plantas dañadas, 35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-B) tuvo 4.75 plantas dañadas, 100% jugo fermentado (JGA) 3.5 plantas dañadas y 85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween

20 (JGA-A) 4 plantas dañadas, mientras que 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-M) y el testigo no tuvieron ninguna planta dañada. Díaz (2015) demostró que al utilizar bioherbicidas a base de guishe de lechuguilla en el cultivo de frijol a los 15 días después de la aplicación en una dosis de 10 L/ha incrementaba el porcentaje de daño a más del 40%.

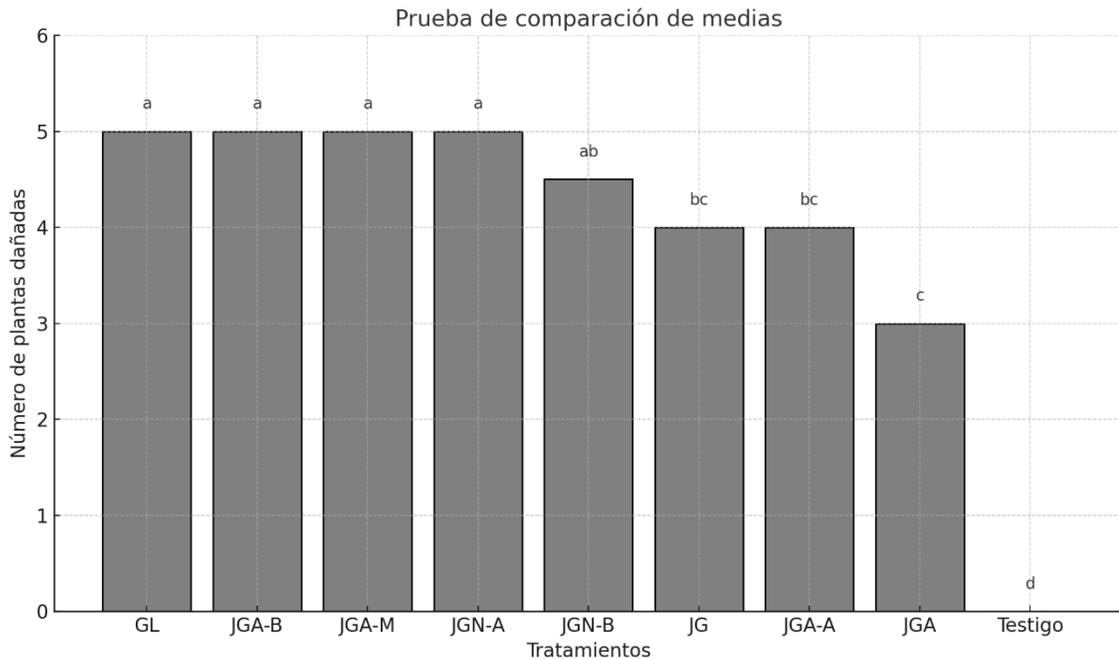


Figura 1. Prueba de comparación de medias Número de plantas dañadas

100% jugo natural (JG); 85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-A); 60% jugo natural + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-M); 35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-B); 100% jugo fermentado (JGA); 85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-A); 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-M); 35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20 (JGA-B); 100% glifosato (GL); 100% agua destilada (Testigo).

Cuadro 6. Comparación de medias para la variable Porcentaje de Daño (PD).

Tratamientos	PD	
JG	79.75	b
JGN-A	100.00	a
JGN-B	88.25	ab
JGN-M	-----	--
JGA	90.75	ab
JGA-A	100.00	a
JGA-B	100.00	a
JGA-M	100.00	a
GL	100.00	a
TESTIGO	0.00	c

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa.

100% jugo natural (JG); 85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-A); 60% jugo natural + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-M); 35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-B); 100% jugo fermentado (JGA); 85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-A); 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-M); 35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20 (JGA-B); 100% glifosato (GL); 100% agua destilada (Testigo).

En cuestión del porcentaje de daño, JGN-A, JGA-B, JGA-M, GL obtuvieron el 100% de porcentaje de daño, ya que no dejaron que la maleza se desarrollara, el extracto JG tuvo un 79.75%, JGN-B 88.25%, JGA 90.75% y el testigo no tuvo porcentaje de daño ya que fue solo regado con agua destilada.

Gutiérrez *et al.*, (2008) utilizaron bioherbicidas convencionales como Oxifluorfen para el control de malezas en el cultivo de yuca, obteniendo porcentajes de 92.8% y 93.5%, ya que fue utilizado en dos diferentes concentraciones, estos resultados

fueron similares a los que obtuvimos utilizando el bioherbicida en plantas de *Panicum maximum* L.

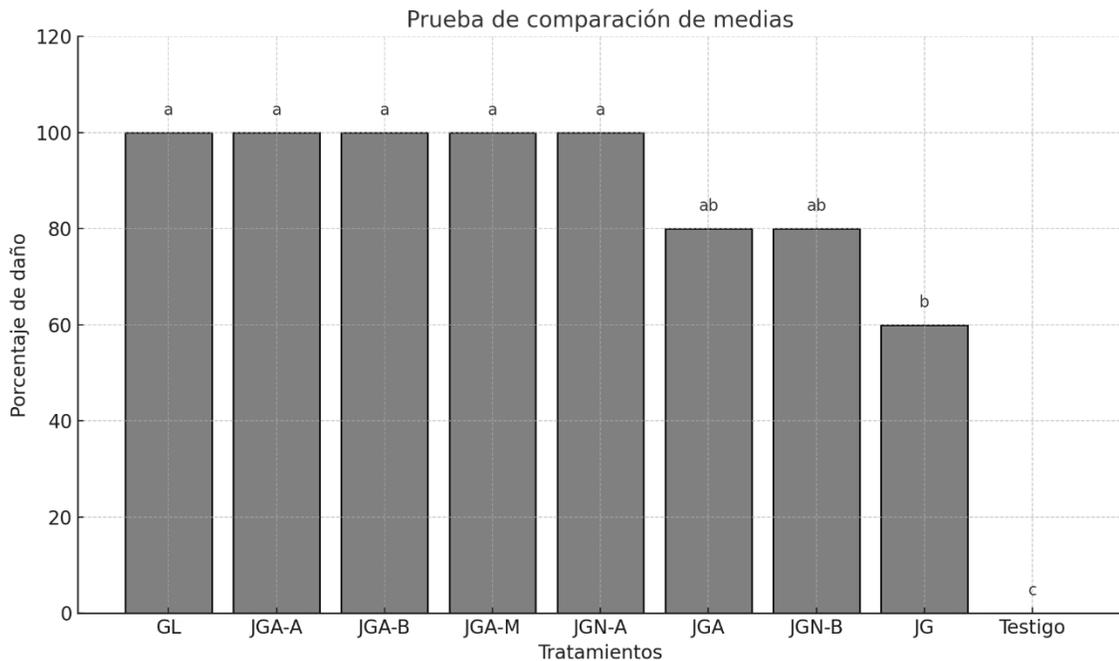


Figura 2. Comparación de medias del porcentaje de daño

Cuadro 7. Índice de control de maleza

Tratamiento	ICM	% de Control
JG	80	Bueno
JGN-A	100	Excelente
JGN-M	-----	-----
JGN-B	95	Excelente
JGA	70	Bueno
JGA-A	80	Bueno
JGA-M	100	Excelente
JGA-B	100	Excelente
GL	100	Excelente
TESTIGO	0	Ninguno o pobre

100% jugo natural (JG); 85% jugo natural + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-A); 60% jugo natural + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-M); 35% jugo natural + 61% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGN-B); 100% jugo fermentado (JGA); 85% jugo fermentado + 11% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-A); 60% jugo fermentado + 36% vinagre blanco + 4% tween 20 (JGA-M);

35% jugo natural + 61% vinagre + 4% tween 20 (JGA-B); 100% glifosato (GL); 100% agua destilada (Testigo).

En base al grado de control de maleza ALAM (1974) podemos decir que los tratamientos JGN-A, JGN-B, JGA-M, JGA-B Y GL tuvieron un excelente control de maleza, mientras que JG, JGA Y JGA-A obtuvieron un control bueno. Mientras que el testigo tuvo ninguno o pobre, ya que no tuvo ningún control.

Quesada (2024) hizo experimentos en diferentes biotipos de *Panicum maximum* aplicando diferentes herbicidas comerciales como Diuron (5.0 kg.i.a.ha), Ametrina (3.0-4.0 kg.i.a.ha), Cletodim (0.032 kg.i.a.ha) y Hexazinona (0.35 kg.i.a.ha) y estos dieron como resultado que se logra tener un control del 60% a los 14 días después de la aplicación.

CONCLUSIONES

Este estudio investigó el efecto de un bioherbicida postemergente hecho de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en semillas de *Panicum maximum* L. Los hallazgos revelaron que los tratamientos más efectivos, que incluían combinaciones de jugo natural con vinagre y tween 20, lograron un control de malezas comparable a herbicidas sintéticos como el glifosato.

Específicamente, los tratamientos JGN-A, JGA-M, JGA-B y GL demostraron un control de malezas excelente, alcanzando una eficacia del 100% en algunos casos. Esto resalta el potencial de estos bioherbicidas como alternativas ecológicas a los herbicidas convencionales.

El estudio destaca la viabilidad del guishe de lechuguilla como bioherbicida postemergente, proponiendo una opción prometedora para el manejo sostenible de malezas. Los resultados ayudan a reducir la dependencia de productos químicos en la agricultura, promoviendo un enfoque más ecológico y menos perjudicial para el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Jaramillo, N., & Quizhpe, W. (2019). Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador. In Estudios de Biodiversidad.
- ALAM. (1974). Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. Resumen del panel sobre métodos para la evaluación de ensayos en control de malezas en Latinoamérica. II Congreso de ALAM. Cali, Colombia. 12 p.
- Alemán, F. (2004) Manejo de arvenses en el trópico. (2da Edición). Managua, Nicaragua. Imprimatur.
- Anzalone, A. (2008). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. ResearchGate, June 2008, 31–62. (1ra ed). Barquisimeto, Venezuela. Fondo Editorial de la Universidad Centroccidental.
- Arévalo, R. A., Bertoncini, E. I., Aranda, E. M., & González, T. A. (2011). Alelopatía en *Saccharum* spp. (caña de azúcar). Avances En investigación Agropecuaria, 15(2), 51–60.
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=60199357&lang=es&site=ehost-live>
- Bedmar, F., Gianelli, V., & Panaggio, H. (2022). Herbicidas en el suelo en sistemas de siembra directa. Septiembre. 1–40. <https://www.aapresid.org.ar/blog/herbicidas-suelo-sistemas-siembra-directa>
- Blanco, Y. (2006). Revisión bibliográfica: La utilización de la alelopatía y sus efectos. Cultivos Tropicales, 27(1), 5–16.
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825001.pdf>
- Cerna, L. (2013). Ciencia y tecnología de malezas. Journal of Chemical Information and Modeling, 429. <https://agraria.pe/descargas/libro-completo.pdf>
- Chávez-Cobián, J. A. (2022). Análisis de factibilidad de un bioproceso para la obtención de antocianinas a partir del bagazo de *Agave lechuguilla* (Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.). <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2649>
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, E. (2019). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas. In Scielo (Vol. 18, Issue 29, pp. 1–12).

- CONABIO. (s.f.). *Panicum maximum* L. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de <https://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/panicummaximum/fichas/ficha.htm>
- Cuevas González, R. (2022). Extracto a base de guishe de lechuguilla y hojasén como herbicida pre-emergente sobre plantas de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Tesis de Ingeniero Agrónomo en Horticultura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Departamento de Horticultura.
- Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17(12), 4022–4034. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046>
- De Prado, R., & Cruz-Hipólito, H. (2005). Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas. *Revista de la Ciencia de la Agricultura*, 22(1), 15-30.
- Díaz, A. I. (2015) Potencial Manejo Post-emergente de Malezas con Alternativas de Extractos Vegetales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Esperbent, C., (2015). Malezas: el desafío para el agro que viene. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(3), 235-240.
- Espinoza-Hernandez, J., Juárez-González, C., Mota-Delfin, C., & Romantchik-Kriochkava, E. (2021). Control de maleza mediante la robótica. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11, 54–67.
- Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica. (2008). Definición de agricultura orgánica. Recuperado de <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>.
- García, C. L., Martínez, A. R., Luis Ortega, J. S., Castro, F. B., & Concepción García Luján, D. C. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales Versión para imprimir Autora responsable de la publicación. *Revista QuímicaViva -Número*, 2(9). www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar
- Garibay, S. V. (2003). La investigación en la agricultura orgánica y su importancia. I Encuentro Mesoamericano y Del Caribe y III Encuentro Costarricense de

Agricultores Experimentadores e Investigadores En Producción Orgánica., 1–6.
<http://orgprints.org/2683/>

- Giardina, S. L., & Bonfim, J. A. (2018). Alelopatía: como alternativa ancestral para el control de plagas en huertas familiares. *Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 6(1), 11-24.
- Gutiérrez, W, Morán, J, Daboin, B, Ferrer, J, Medina, B, & Villalobos, Y. (2008). Evaluación de diferentes herbicidas sobre el control de malezas, desarrollo, rendimiento y beneficio neto relativo del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz bajo las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(1), 26-42., http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000100002&lng=es&tlng=es.
- Irías, T.A.J. Castro, C.R. (2019) Algorithm of weed detection in crops by computational vision”, *International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)*, Ed. IEEE, Cholula, Mexico, pp. 124-128, <https://doi.org/10.1109/CONIELECOMP.2019.8673182>.
- International Allelopathy Society. (1996). Definition of allelopathy. En *Proceedings of the Second World Congress on Allelopathy*. International Allelopathy Society.
- Labrada, R., (2003). *Weed Management for Developing Countries*. Addendum 1. Plant production and protection papers N°120. FAO, Rome
- Leguizamón, E. (2000). *Las malezas y el agroecosistema*. Cátedra de Malezas, Depto. de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.R., Zavalla, Santa Fe.
- Leguizamón, E. S. (2015). *El monitoreo de malezas en el campo*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Recuperado de <https://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/17/1AM17.htm>
- Liebman, M, Mohler, Ch, Staver, Ch. (2001). *Ecological management of agricultural weeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Liebman, M. (2004). *Sistemas de Producción Agroecológica*. Sistemas de policultivos. <http://www.ciedperu.org/bae/b52b.htm>.
- López-Valdez, F., Ríos-Cortes, A. M., López-Gayou, V., Torres-Valencia, N., Cabrera-Hilerio, S. L., & Miranda-Arámbula, M. (2021). Fitotóxicos como herbicidas

naturales: otras alternativas de uso. *Frontera Biotecnológica*, 52(55), 22–25.
<https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol-18/pdf/vol-18-4.pdf>

- Lovato Echeverría, R. A., Giménez, L. I., & López, M. G. (2022). Ecología de comunidades de malezas de arroz (*Oryza sativa* L.) como aporte hacia una agricultura sustentable. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 48(2), 148–154.
- Madrid, A. T. (2009) *La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural*. Letras verdes, Quito: FLACSO sede Ecuador. Programa de Estudios Socioambientales. pp. 24-26. ISSN: 1390-4280.
- Martínez, L. F., Bello, P. L., & Castellanos, O. F. (2012). *Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Menalled, F. D. (2010). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5, 73–78.
- Morreuw, Z. P. (2021). *Identificación y extracción de los flavonoides de alto valor comercial: valorización de guishe de Agave lechuguilla* (Tesis de doctorado). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, Baja California Sur.
- Oliveros, A. (2008). El fenómeno alelopático . El concepto , las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales . *Revista QuímicaViva*, 7(1), 1–34.
- Quesada-Cabezas, O., Ramírez-Muñoz, F., Calvo-Araya, J. A., & Peraza-Padilla, W. (2024). Respuesta de biotipos de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaza a los herbicidas ametrina, diuron, cletodim y hexazinona (solos y en mezclas), usados en plantaciones de piña de la región Huetar Norte de Costa Rica. Trabajo Final de Graduación, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
<https://repositorio.una.ac.cr/items/c4470c93-2a11-49ae-9de1-2c60e3211b0d/full>
- Ronco, C. A. (2018). Fitotóxicos como alternativa a herbicidas contaminantes. *MoleQla*, (30), 71-74.

<https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqlla/documentos/Numero30/Fitotoxicos.pdf>.

- Rosales-Robles, E., & Esqueda Esquivel, V. (2006). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. Ciudad Río Bravo, Tamaulipas: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Río Bravo; Fundación Produce Tamaulipas.
- Sánchez Robles, J. H., Luna Enríquez, C. F., Reyes, A. G., Cruz Requena, M., Ríos González, L. J., Morales Martínez, T. K., Ascacio Valdés, J. A., & Medina Morales, M. A. (2023). Initial Study of Fungal Bioconversion of guishe (Agave lechuguilla Residue) Juice for Bioherbicide Activity on Model Seeds. *Fermentation*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/fermentation9050421>
- Smith, A.B. (2020). Understanding of the mechanisms of action of bioherbicides for optimizing efficacy and minimizing unintended effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(35), 9352-9365.
- Soto, G., y Reinhold, M. (2001). Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica. *Manejo integrado de plagas (Puerto Rico)* (62), pp. 101-105.
- Solís, S., Martínez, O. Y. y Castillo, A. S. (2016). Los paradigmas de las malezas. *Ciencias*, núm. 120-121, abril-septiembre, pp. 90-97.
- SBCPD. (2022). Interferencia de *Panicum maximum* en el cultivo de caña de azúcar en tres localidades de Tucumán, Argentina. Recuperado de <https://sbcpd.org/uploads/trabalhos/interferencia-de-panicum-maximum-en-el-cultivo-de-cana-de-azucar-para-tres-localidades-de-tucuman-ar-226.pdf>
- Torra, J., González, I., Recasens, J., Clemente, B., García, C., & Montul, J. (2022). Nuevos mecanismos de acción herbicida y actualización de su sistema de clasificación. *Phytoma*. (366 ed.) February.
- Vitta, J. I., Tuesca, D. H., Puricelli, E. C., Nisensohn, L. A., & Faccini, D. E. (2002). El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral*, 12 (Forcella 1997), 83–87.

- Walsh, G. C. (2018). El control biológico de malezas. Fundación para el Estudio de Especies Invasivas FuDEI. Buenos Aires, Argentina. Sociedad Colombiana de Entomología.
- Weyland, F., Poggio, S.L., (2008). Agricultura y Biodiversidad. <https://www.researchgate.net/publication/246548170>.
- Viera, W., Mejía, P., Noboa, M., Obando, J., Sotomayor, A., Vásquez, W., Viteri, P.,. (2015). Arvenses Asociadas a los Cultivos de Naranjilla y Tomate de Árbol. Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana.2 . 41-47 .