

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



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.).

Por:

RAYMUNDO CUEVAS GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

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.).

Por:

RAYMUNDO CUEVAS GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal Interno

Dr. Francisco Castillo Reyes
Asesor Principal Externo

Dr. David Castillo Quiroz
Coasesor

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

Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el 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 autor original (corta 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 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.

Pasante



Raymundo Cuevas González

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y la salud que tengo, por iluminarme en el camino y darme las fuerzas para seguir adelante.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas y permitir culminar esta etapa de mi vida.

A la **Dra. Adriana Antonio Bautista** por su apoyo brindado y contribución en este trabajo.

Al **Dr. David Castillo Quiroz** Investigador del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por aceptarme en el proyecto “Aprovechamiento de extractos naturales de plantas nativas del semidesierto coahuilense como alternativa natural al uso de herbicidas sintéticos”, por la paciencia y disponibilidad para poder realizar este trabajo.

Al **Dr. Francisco Castillo Reyes** Investigador del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el gran apoyo y por ser parte fundamental para que este trabajo saliera bien.

A la **Facultad de Ciencias Químicas de la UA de C** por hacerme partícipe del proyecto: “Aprovechamiento de extractos naturales de plantas nativas del semidesierto coahuilense como alternativa natural al uso de herbicidas sintéticos” CONACYT.

A **mis padres** por la confianza otorgada, por el apoyo incondicional y las palabras de aliento que siempre me mantuvieron de pie, por siempre desearme lo mejor.

A **mis hermanos** por formar parte de mi formación como persona y aconsejarme en los momentos difíciles.

A **mis amigos Gerson, Santiago, Ricardo, Maurilio, Levi y Elí** que sin esperar nada a cambio me apoyan en las buenas y en las malas, por siempre

aconsejarme y darme fuerzas para seguir adelante con mi formación académica, siendo parte importante en mi vida y dejando claro que son parte de mi familia.

A toda la familia García Mendoza por creer en mí y brindarme su apoyo en los momentos difíciles. Siempre les estaré agradecido.

A mis compañeros de carrera que de uno u otro modo formaron parte de mi crecimiento estudiantil.

DEDICATORIA

A mi padre el **Sr. Pablo Cuevas Castellanos †** por estar para mí cuando más lo necesité, por los consejos que me hicieron ser la persona que soy y hacerme entender que cuando algo se empieza siempre se tiene que terminar, por guiarme por el camino correcto y ser el mejor ejemplo a seguir, siempre valiente, justo y honesto, el padre más comprensivo y cariñoso. Por enseñarme que sin importar lo que pase siempre hay que sonreírle a la vida, gracias por tanto papá, te amo.

A mi madre la **Sra. Nieves González Zárate** quien a pesar de las adversidades que le ha puesto la vida siempre trata de dar lo mejor, quien se esforzó tantos años por cuidarme y darme todo el amor, por ser uno de los pilares más formidables en mi vida y siempre procurar mi bienestar. Gracias por todo, mamá, te amo.

A mis hermanos **Víctor, Esperanza, Alejandro, Eloy, Daniel, Mariela, Francisco Eduardo y Aimé**, quienes me han acompañado en mis buenos y malos momentos, y a pesar de todo no me abandonan, y aunque no demostramos mucho nuestro afecto sabemos que siempre contamos el uno con el otro.

A **Mitzy J. Ortiz García** por siempre creer en mi sin importar la situación, por ser mi compañera en este viaje, por el apoyo y cariño brindado, quien con su afecto me hace ser mejor persona cada día y siempre ver el lado bueno de las cosas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	2
Objetivo específico	2
HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Las malezas.....	3
2.1.1. Concepto de maleza.....	3
2.1.2. Características de la maleza.....	4
2.1.3. Clasificación de maleza	4
2.1.4. Ecología de la maleza	6
2.1.5. Importancia de las malezas	8
2.1.6. Métodos de control	9
2.1.6.1. Preventivos	10
2.1.6.2. Mecánico.....	10
2.1.6.3. Cultural.....	11
2.1.6.4. Químico.....	12
2.1.6.5. Biológico.....	13

2.2.	Concepto de herbicida	13
2.3.	Clasificación de los herbicidas	14
2.3.1.	Época de aplicación	14
2.3.2.	Selectividad	15
2.3.3.	Tipo de acción	15
2.3.4.	Familia química	15
2.3.5.	Modo de acción	16
2.4.	Factores que afectan la actividad de un herbicida	16
2.5.	Agricultura orgánica	17
2.5.1.	Importancia de la agricultura orgánica.....	18
2.6.	Herbicidas orgánicos.....	20
2.7.	La alelopatía	21
2.7.1.	Clases de compuestos identificados como agentes alelopáticos	22
2.7.2.	Vías de liberación de los compuestos alelopáticos	22
2.8.	Extracto vegetal	23
2.8.1.	Guishe de <i>Agave lechuguilla</i> Torr.....	24
2.8.1.1	Compuestos fitoquímicos del guishe de <i>Agave lechuguilla</i> Torr. ...	25
2.8.2	Hojasén <i>Flourensia cernua</i> DC.....	26
2.8.2.1	Compuestos fitoquímicos de Hojasén (<i>Flourensia cernua</i> DC.).....	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1.	Sitio experimental	27
3.2.	Material vegetal.....	27
3.3.	Extracto experimental	27
3.4.	Tratamientos	27
3.5.	Siembra.....	29

3.6. Variables a evaluar	29
3.7. Diseño estadístico.....	30
3.8. Análisis de la información	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
V. CONCLUSIÓN	43
VI. LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Malezas más importantes según la región.	6
Cuadro 2. Compuestos fitoquímicos de los extractos acuosos y metanólicos del <i>Agave lechuguilla</i> Torr.	25
Cuadro 3. Tratamientos utilizados en ambas especies.	28
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de los siete tratamientos evaluados en los dos cultivares.	32
Cuadro 5. Comparación de medias de las diferentes variables para los siete tratamientos evaluados en las semillas de frijol y maíz.	33
Cuadro 6. Comparación de medias de las diferentes variables por especie de acuerdo a la aplicación de los tratamientos.	34
Cuadro 7. Comparación de medias de las diferentes variables para los siete tratamientos evaluados en las semillas de cada cultivar.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. pH de las diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos.	35
Figura 2. Conductividad Eléctrica de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos.	36
Figura 3. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el Porcentaje de Germinación y Porcentaje de Inhibición de las semillas de maíz y frijol.	38
Figura 4. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el índice de Velocidad de Germinación de las semillas de maíz y frijol.	39
Figura 5. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en la Tasa de Germinación de las semillas de maíz y frijol en contraste con el Porcentaje de Germinación.	40
Figura 6. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el Peso de la Biomasa de las semillas de maíz y frijol.	42

RESUMEN

El control de malezas es un reto para los agricultores, al presentar una rápida evolución logrando resistencia a herbicidas químicos. En la agricultura se ha hecho un uso desmedido de los agroquímicos, causando un desequilibrio ecológico en los ecosistemas, por tanto, es importante obtener alternativas de herbicidas naturales a base de extractos vegetales.

Las plantas del desierto al estar en condiciones de estrés o bajo condiciones extremas producen compuestos alelopáticos que pueden ser utilizados para la elaboración de herbicidas naturales. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de una mezcla experimental a base de los extractos de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y hojásén (*Flourensia cernua* DC.) sobre la germinación de dos grupos representativos de angiospermas (mono y dicotiledóneas) maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizaron siete tratamientos los cuales fueron: un testigo absoluto T1 (agua) y seis diferentes diluciones del extracto T2 (5%), T3 (10%), T4 (15%), T5 (20%), T6 (50%) y T7 (100%). De cada cultivar, se colocaron 50 semillas por repetición en cajas Petri con papel secante, teniendo tres repeticiones por tratamiento, para posteriormente aplicar los respectivos tratamientos. Los datos fueron tomados a partir de las 24 horas por ocho días. Los resultados indicaron que los tratamientos T5, T6 y T7 afectaron la germinación al obtener un promedio en ambas especies de 4 a 0% de porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación de 0.33 a 0 plántulas/día, una tasa de germinación de 4.20 a 0 días, y un peso fresco de la biomasa de 0g para los tres tratamientos (T5, T6 y T7).

Con la dilución al 20% que corresponde a T5 de la mezcla del extracto de guishe de lechuguilla y hojásén se inhibe la germinación por arriba del 92.57%, mostrando un gran potencial herbicida de tipo no selectivo, ya que afecto de la misma manera a las semillas de las plantas modelo utilizadas en éste estudio.

Palabras clave: Agricultura orgánica, Maleza, Extractos vegetales, Compuestos alelopáticos.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica nació como una alternativa para cuidar el medio ambiente, debido a que en la agricultura convencional se hace un uso desmedido de los agroquímicos, los cuales han demostrado tener, entre sus principales desventajas, daños al suelo, agua, así como al ecosistema en general, provocando daños al propio ser humano, al igual que han afectado la calidad de los alimentos que se consumen (Gómez *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2009).

Las malezas y su control son todo un reto para los agricultores, ya que presentan una rápida evolución, logrando resistencia a los herbicidas comerciales de síntesis química, por lo que una alternativa a dicha problemática es el uso y elaboración de herbicidas naturales, desde los inicios de la agricultura la naturaleza es la fuente de pesticidas naturales, haciendo uso de los metabolitos secundarios que producen las plantas (Dayan y Duke, 2014).

Dichos metabolitos secundarios tienen un efecto alelopático, destacando su actividad fitotóxica como una alternativa para el control de arvenses, es decir utilizar estos compuestos para la elaboración de herbicidas orgánicos (López *et al.*, 2021).

Las plantas del semidesierto poseen un sinnúmero de metabolitos secundarios debido a que están expuestas a condiciones extremas, un ejemplo de ello es *Flourensia cernua* DC. y *Agave lechuguilla* Torr. (De Rodríguez *et al.*, 2012; Morreeuw *et al.*, 2021a).

El guishe de lechuguilla es un residuo que surge a partir de la extracción de las fibras del *Agave lechuguilla* Torr., este deshecho que normalmente es quemado o tirado a cielo abierto, resultando ser una problemática para el medio ambiente, recientemente se han hecho estudios que demuestran que el guishe de lechuguilla contiene metabolitos secundarios que pueden ser de utilidad agrícola (Díaz *et al.*, 2019; Peña *et al.*, 2020; Morreeuw *et al.*, 2021b).

La capacidad fitotóxica de los extractos vegetales es ideal para sustituir a los agroquímicos, a un bajo costo y que además ayuden a disminuir el nivel de contaminación ambiental (Cruz y Flores, 2022).

Objetivo General

Evaluar el efecto de una mezcla experimental a base de los extractos de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y hojásén (*Flourensia cernua* DC.) sobre la germinación de dos grupos representativos de angiospermas (mono y dicotiledóneas) maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Objetivo específico

- Evaluar el potencial herbicida de una mezcla a base de extractos de guishe de lechuguilla y hojásén sobre semillas de mono y dicotiledóneas.

HIPÓTESIS

H₀: Ninguna dilución de la mezcla experimental tendrá efecto en la inhibición de la germinación en las semillas de mono y dicotiledóneas.

H₁: Cuando menos una dilución de la mezcla experimental tendrá efecto en la inhibición de la germinación para un tipo de angiospermas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Las malezas

2.1.1. Concepto de maleza

Para tener una visión más clara en cualquier tema relacionado con malezas, es importante definir lo que son, de acuerdo con Martínez (2006) maleza es cualquier especie vegetal nociva y/o peligrosa que cause daño al hombre, animales y cultivos. Son aquellas plantas que, aun sin haber sido sembradas, se encuentran presentes en el agroecosistema (Menalled, 2010).

Las malezas o arvenses son plantas que afectan los intereses del hombre en un lugar y tiempo determinado, en relación a la agricultura llegan a competir con los cultivos de interés por agua, luz y nutrientes (Rojas *et al.*, 2017).

Cualquier planta puede llegar a considerarse maleza si se encuentra en un lugar no deseado, debido a que, aunque la planta no deseada sea comestible o tenga algún beneficio estará afectando al cultivo que si es de nuestro interés (Martínez, 2006).

Las malas hierbas poseen un rápido crecimiento vegetativo y si no se realiza un control de manera oportuna y eficaz, afectan directamente el rendimiento y calidad de la cosecha (Rojas *et al.*, 2017).

Según López *et al.* (2017) cualquier planta que crece en un lugar indeseable se le denomina maleza, siendo inclusive algunas de esas especies útiles, el concepto es tan general que se le agregan todas aquellas plantas que perjudican los propósitos del hombre, agregando no solo aquellas que proliferan en cultivos, jardines y en estanques, sino también a las que son tóxicas para los animales y causan enfermedades al hombre.

Un ejemplo de las enfermedades provocadas por las malezas en las personas, son alergias causadas por el polen de zacate Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers) , entre otras. Los costos por controlar las malezas en los cultivos representan

alrededor de un 10% del costo de producción, dependiendo del método utilizado, es decir, control manual, mecánico, herbicidas o acolchado (Martínez, 2006).

2.1.2. Características de la maleza

Torres *et al.* (2013) señala que algunas de las características biológicas y fisiológicas más importantes son:

1. Facilidad de dispersión.
 - Semillas similares a las de los cultivos (Avena guacha en cereales).
 - Estructuras que permiten la dispersión (Vilano, tépalos).
2. Capacidad de persistencia.
 - Elevada producción de semillas.
 - Prolongado periodo de viabilidad.
 - Germinación escalonada.
3. Capacidad de competencia.
 - Elevada densidad, superioridad numérica.
 - Germinación sincronizada con el cultivo.

Algunas características morfológicas que poseen algunas especies de malezas son; una abundante pubescencia y serosidad en sus hojas, lo que protege a sus hojas del mojado y por ende del contacto con los ingredientes activos, teniendo que utilizar agentes tensoactivos, humectantes y aceites para ayudar a la absorción y estancia de los productos (Gómez, 2016).

2.1.3. Clasificación de maleza

La identificación de una especie de maleza desconocida es de gran importancia para toda aquella persona involucrada en la agricultura, y más aun observando los problemas secundarios ocasionados por el aumento en el comercio internacional, introduciendo nuevas especies plagas o invasoras, entre ellas semillas de malezas resistentes a herbicidas (Vibrans, 2011).

Hay muchas maneras de clasificar las malezas, pero las más utilizadas en la agronomía son las siguientes:

Por su morfología según Martínez (2006):

- Monocotiledóneas: o comúnmente llamadas como hoja angosta, posee una hoja cotiledonar, tallos huecos y circulares, con entrenudos y cerrados, hojas alternadas con nervaduras paralelas con mayor longitud que anchura (zacate estrella (*Cynodon nlemfuensis*), entre otros).
- Dicotiledóneas: también llamadas de hoja ancha, poseen dos hojas cotiledonares, hay muchas especies, pero la mayoría posee flores llamativas y hojas con nervadura reticulada se diferencian a simple vista de las monocotiledóneas por las hojas y habito de crecimiento (quelite, girasol, entre otros).

Por su ciclo de vida de acuerdo con Pedreros (2022):

- Anuales: completan su ciclo de vida en una temporada, algunas especies necesitan varios meses para completar su ciclo, pero otras las completan en un mes, es por ello que es necesario evitar que cumpla su ciclo para que no llegue a aumentar su banco de semillas en el suelo.
- Bianuales: cumplen su ciclo en dos temporadas, siendo la primera para el crecimiento vegetativo, mientras que en la segunda surge el tallo floral, produciendo semillas para posteriormente morir.
- Perennes: pueden o no completar su ciclo hasta producir semillas durante la primera temporada, aunque pueden vivir muchas temporadas más rebrotando y produciendo semillas desde propágulos vegetativos.
 - Existen también las llamadas perennes simples, que son las que se reproducen por semilla.
 - Otras malezas importantes son las perennes complejas, de reproducción sexual y asexual, las cuales son capaces de pasar periodos extremos de carencia de nutrientes, así como de humedad y

a pesar de estar enterrados profundamente en el suelo rebrotan desde propágulos vegetativos, llegan a cubrir grandes superficies de suelo en poco tiempo, una vez establecidas este tipo de maleza es muy difícil erradicarlas.

Por hábitat de crecimiento (Aguirre *et al.*, 2019):

- Rastreras.
- Trepadoras.
- Erectas.
- Epífitas (ciertas bromeliáceas y líquenes).
- Hemiparásitas: parcialmente parásitas.
- Parásitas: se alimentan de otra planta.
- Acuáticas (afectan a cultivos como el arroz).

Cuadro 1. Malezas más importantes según la región (Vibrans, 2011).

Familias importantes en general	Familias importantes en regiones templadas	Familias importantes en regiones tropicales
<i>Asteraceae</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Convolvulaceae</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Solanaceae</i>
<i>Mimosaceae</i>	<i>Malvaceae</i>	<i>Cyperaceae</i>
<i>Caesalpiniaceae</i>	<i>Lamiaceae</i>	

2.1.4. Ecología de la maleza

Las malezas son singularmente exitosas al colonizar sitios perturbados, y mantenerse en constante propagación bajo dichas condiciones (Liebman *et al.*, 2001). Esta descripción permite considerar a las malezas como partes integrales de

los agroecosistemas, analizando todos los factores causantes de su capacidad de persistencia y estudiar su función ecológica (Menalled, 2010).

Algunos ejemplos de las diferentes funciones ecológicas de las malezas son; ayudar a prevenir la erosión del suelo, ser una reserva de germoplasma, cambiar procesos microclimáticos, influye en el ciclo de los nutrientes minerales, altera la dinámica hidrológica, y es un refugio y alimento para los enemigos naturales de algunas plagas que afectan a los cultivos (Jordan y Vatovec, 2004; Nicholls, 2006).

El primer avance hacia el desarrollo de un programa integral de manejo de malezas, es tener una perspectiva ecológica en el estudio de las mismas, algunas veces el control y manejo de las malezas falla a consecuencia de tratar a todas de la misma manera, dejando a un lado las características botánicas y comportamiento de cada especie (Menalled, 2010; Cerna, 2013).

Así pues, con el conocimiento de la bioecología de la maleza, se buscará la manera más efectiva para controlarlas, por ejemplo, aunque dos especies de maleza se reproduzcan por semilla, si una de ellas tiene periodos largos de latencia y la otra presenta alta viabilidad de germinación, deben ser tratadas diferentes. (Cerna, 2013).

Los aspectos más importantes de la bioecología de malezas según Cerna (2013):

- Vías de propagación: animales, agua, viento, entre otros.
- Modo de reproducción: sexual o asexual.
- Ciclo biológico, fenología y generaciones: anuales, bianuales y perennes, potencial biótico o capacidad y cantidad de producción de semillas.

La presencia y acciones de las malezas son efectos secundarios de las condiciones ecológicas naturales o creadas por el hombre en la agricultura, las malezas pueden sobrevivir en medios desfavorables gracias a su grado de especialización, ciclo de vida, morfología y su fisiología (Aguirre *et al.*, 2019).

2.1.5. Importancia de las malezas

Según Weyland *et al.* (2008) al mencionar la definición de maleza se relaciona de inmediato con el vínculo negativo para con la agricultura, manteniendo la clásica postura de que provocan una disminución en el rendimiento del cultivo que deseamos producir, aumentando su característica invasora y de propagación en lugares nuevos.

Sin embargo, lo anterior depende de la especie y el contexto, teniendo en cuenta que también varias de las especies de arvenses cumplen funciones positivas siendo algunas de ellas el ser hábitat para insectos benéficos como lo pueden ser polinizadores y ayudar a restaurar condiciones ambientales, entre otros (Weyland *et al.*, 2008).

De acuerdo con Rocafuerte (2019) muchas malezas ayudan en la prevención de la erosión del suelo, así como también reciclan nutrientes minerales al devolverlos al suelo en su descomposición, otras especies son utilizadas como alimento o con fines medicinales.

Cabe mencionar que ciertas malezas poseen incluso más vitamina C que algunas verduras, otra característica importante es que muchas especies suelen ser llamativas formando parte del paisaje campestre (Weyland *et al.*, 2008).

Es bien sabido que las arvenses causan una gran pérdida económica por las características que poseen, entre ellas la capacidad de competir por agua, luz y nutrientes, perjudicando la producción agrícola en calidad y cantidad, afectando las labores de cosecha y ser hospederos de plagas y enfermedades (Menalled, 2010).

Muchas especies de malezas liberan exudados radicales y lixiviados foliares que resultan ser dañinos para los cultivos. Las malezas son una de las principales limitantes en la agricultura, de tal forma que para tener buenas cosechas se debe tener presente el manejo y control de ellas como una de las practicas determinantes (Ariza y Almanza, 2012).

La importancia de conocer la especie de maleza presente en el cultivo es porque el daño que provoca varía dependiendo de la especie. Al realizar tres estudios del efecto de la competencia de algunas malezas en el cultivo de sorgo en el norte de Tamaulipas, se observó que el girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.) al competir por cuatro semanas ocasiono reducciones de 20 a 60% en el rendimiento del cultivo (Rosales *et al.*, 2005), mientras que Rosales *et al.*, 2006 observó que al competir por una semana con correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) presentó una disminución del rendimiento de 16 al 44% en el sorgo.

El costo por el control de malezas en las hortalizas normalmente representa hasta un 10% del costo de producción, dependiendo de la tecnología utilizada, es decir, control manual, mecánico, herbicidas o acolchado (Martínez, 2006).

Peralta y Pino (2011) mencionan que las pérdidas de producción causadas por malas hierbas pueden llegar a ser de hasta el 95%, dependiendo de las especies presentes, así como de la densidad.

2.1.6. Métodos de control

Controlar las malezas es una tarea fundamental en todo sistema de producción agrícola, de lo contrario puede traer consecuencias graves para el cultivo, además de que producen semillas que infestan el área lo cual repercutirá en las futuras plantaciones. Un factor importante del cual depende la efectividad del control de las malezas es: la puntualidad (Loux *et al.*, 2021).

Como bien sabemos realizar las prácticas de control de manera tardía trae consigo consecuencias en el cultivo, además de que para ese momento la maleza ya ha producido semilla, dando como resultado que se recargue el banco de semillas (Odero y Dusky, 2009).

Loux *et al.* (2021) menciona que en las primeras 4 y 6 semanas, después de la siembra del cultivo, los campos se deben de mantener limpios de malezas, dando de esta forma una “ventaja inicial” lo cual dará paso a que nuestro cultivo pueda

competir y sombrear las malas hierbas que broten después. Existen métodos preventivos, culturales, biológicos, mecánicos y químicos para controlar las malas hierbas que son efectivos si se aplican en el momento y la manera correcta.

2.1.6.1. Preventivos

Prevenir siempre es mejor que tratar el mal ya establecido, sabemos que las malezas son parte del agroecosistema, sin embargo, las actividades humanas son causantes de la dispersión de muchas semillas de malezas, de acuerdo con CropLife (2012) para tratar de reducir esta dispersión los agricultores pueden:

- Limpiar la maquinaria del campo.
- Cubrir los camiones de granos.
- Usar semillas certificadas.
- Controlar el desarrollo de las malezas alrededor del huerto y lugares cercanos.
- Cultivos de cobertura.

2.1.6.2. Mecánico

El control mecánico tiene como objetivo que la mala hierba ya no tenga contacto con el suelo, regularmente se realiza una destrucción de las malezas, algunos de estos métodos son: el control manual, el uso de herramientas como el azadón y algunos implementos o cubiertas (Pedreros, 2022).

Con este método se logra disminuir gran parte del desarrollo aéreo de las arvenses, así como la pérdida de humedad en el suelo, también se evita la erosión aprovechando el sistema radicular de las malezas (Gómez, 2016).

Hay que tener en cuenta que este método es eficaz sobre malezas anuales, pero en malezas perennes solo retrasan su desarrollo y sobre las especies que poseen propágulos vegetativos solo aumentarían su propagación. Otros aspectos negativos a considerar son la remoción de suelo, que causa la exposición de semillas de malas

hierbas a la luz estimulando su germinación, el elevado costo y el tiempo que lleva poner en práctica este tipo de control cuando las malezas perennes ya han colonizado el campo (Pedreros, 2022).

Pedreros (2022) menciona que el uso de cubiertas ya sean orgánicas o inorgánicas sobre el surco, provoca que los suelos no tengan entrada de luz, limitando la germinación de malezas, pero sin tener efecto sobre los propágulos.

2.1.6.3. Cultural

El objetivo del control cultural es favorecer el desarrollo del cultivo, dándole más capacidad para competir con las malezas e incluso poder dañarlas. En algunos cultivos funciona mejor que otros, por ejemplo, en el caso de arándano que es un cultivo de porte bajo no es de tanta utilidad por la poca sombra que producen, sin embargo, funciona para que el cultivo se encuentre en mejores condiciones de crecimiento, logrando competir con las malas hierbas (Pedreros, 2022).

De acuerdo con CropLife (2012) las prácticas a realizar para un buen control cultural son las siguientes:

- Rotación de cultivos: puede desestabilizar e interrumpir las especies de malezas.
- Manejo del cultivo: un cultivo competitivo puede ser la manera más fácil y económica de combatir con las malezas.
 - Semillas vigorosas y variedades competitivas.
 - Falsa siembra: se prepara la cama (no se siembra) y se deja que las malezas broten, eliminándolas con un herbicida no selectivo, posteriormente se siembra realmente.
 - Distancia entre surcos: una menor distancia entre surcos hará que el cultivo cubra rápidamente el terreno.
 - Siembra en la densidad óptima: si se sabe que la presión por malezas y la efectividad de los herbicidas es limitada, es mejor aumentar la densidad de siembra, para que el cultivo tenga más oportunidades.

- Momento de siembra: optar por rotar cultivos en las diferentes estaciones del año, para combatir las diferentes malezas.
- Siembra poco después de la preparación de la cama de siembra: esto dará la ventaja inicial al cultivo, si logra germinar primero.
- Siembra superficial y compactación del surco: una siembra tan superficial como lo permitan las condiciones, y un buen tapado y sellado del surco causara un mayor contacto de la humedad del suelo con la semilla del cultivo, acelerando su germinación.
- Fertilización: debe ser una fertilización adecuada y aplicada en el surco y no ampliamente.
- Cultivos de cobertura: ayuda a prevenir la invasión por malezas.

2.1.6.4. Químico

El control químico es uno de los métodos principales y más eficaces contra las malezas, este método no causa daño a las raíces de los cultivos, como lo hacen los implementos agrícolas, tomando en cuenta esta ventaja, se puede observar en los cultivos tratados químicamente que presentan un mejor crecimiento y productividad en comparación con los cultivos tratados con control mecánico (Gómez, 2016).

Gómez (2016) menciona que en épocas de sequía se observa mayor retención de humedad en huertos tratados con herbicidas químicos comparado con plantaciones en los que se utilizaron implementos agrícolas.

Por otra parte, muchos opinan que a pesar de los beneficios son ambientalmente dañinos e incluso se han prohibido algunos que se ha comprobado causan enfermedades a quienes lo manejan, ciertamente lo anterior puede ocurrir por no utilizarlo de manera responsable y adecuada (CropLife, 2012).

El adecuado manejo de los herbicidas químicos es utilizarlos de manera alternada, es decir con diferentes ingredientes activos y modos de acción, rotándolos para evitar que las malezas generen resistencia a ellos (CropLife, 2012).

Para poder aplicar un herbicida se debe saber el tipo de suelo, prácticas de labranza, cultivos establecidos y a establecer, así como las malezas a tratar. Ciertas especies de malezas son más susceptibles a herbicidas postemergencia que a los preemergentes (Loux *et al.*, 2021).

2.1.6.5. Biológico

El control biológico de malezas tiene como objetivo liberar enemigos naturales de malezas, con la intención de bajar la población de malezas. Algunos de estos enemigos naturales son insectos, ácaros, fitopatógenos, nematodos, aves y algunos mamíferos; siendo uno de los más exitosos el uso de insectos (Walsh, 2014; CropLife, 2012).

Es un método lento, pero es apto para ambientes naturales, pasturas, agricultura conservadora y emprendimientos forestales (Walsh, 2014).

Según Walsh (2014) para seleccionar un agente de control biológico se deben tomar en cuenta ciertos aspectos como lo son:

- Especificidad.
- Adaptación al clima.
- Fitogeografía del área invadida.
- Impacto significativo sobre la maleza blanco.
- Niveles aceptables de interacción con otros agentes de control biológico.
- Red trófica en general.

2.2. Concepto de herbicida

Se define como producto a base de compuestos complejos que inhiben o alteran el crecimiento y desarrollo de una planta (Robles y De la Cruz, 2016).

La Ley General de Salud define a los herbicidas como “sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas

que causan perjuicio o que interfieren con la producción agropecuaria y forestal” (COFEPRIS, 2019).

Anzalone (2008) menciona que un herbicida es un químico capaz de provocar una disrupción en la fisiología o metabolismo de la planta, causando con ello la muerte o disminuir su crecimiento.

Los herbicidas son considerados plaguicidas de uso agrícola, ya que se utilizan para el control y manejo de las malezas. Para poder sacar el máximo provecho de estos plaguicidas se debe tener conocimiento de todas sus propiedades y la forma en la que actúan (CEDRSSA, 2020; Anzalone, 2008).

2.3. Clasificación de los herbicidas

Al momento de aplicar un herbicida es importante tener en cuenta su clasificación, siendo un factor de gran utilidad, al dar una idea más clara a la hora de elegir. Los herbicidas se clasifican de acuerdo a su época de aplicación, selectividad, tipo de acción, familia química y modo de acción.

2.3.1. Época de aplicación

Según Gómez (2016) se clasifican acorde a la época de aplicación de los herbicidas respecto al estado fenológico en el que se encuentran las malezas.

- Preemergentes: se deben aplicar antes de que las malezas emerjan, por lo que su aplicación será al suelo, evitando con esto que las semillas culminen su germinación o eliminándolas recién emergidas. De acuerdo a la residualidad en el suelo pueden controlar a las malezas entre dos y tres meses después de su aplicación, esto depende del principio activo, dosis empleada, forma de aplicación, entre otras variables (Gómez, 2016).
- Postemergentes: este tipo de herbicidas se aplican cuando las malezas ya emergieron, por lo tanto, se aplica de manera foliar (Muñoz, 2021).

2.3.2. Selectividad

Los herbicidas se pueden clasificar de acuerdo a su selectividad, refiriéndose a la capacidad de dañar fisiológica o metabólicamente a ciertas plantas y a otras no (Anzalone, 2008).

- Selectivos: ocasionan el daño o la muerte a un tipo específico de malezas, lo que ayuda a cuidar el cultivo de interés sobre el cual es aplicado (Arias *et al.*, 2019).
- No selectivos: o de acción total, son aquellos herbicidas que dañan o matan a todo tipo de plantas, sin importar si son mono o dicotiledóneas (Muñoz, 2021).

2.3.3. Tipo de acción

Gómez (2016) menciona que el tipo de acción de los herbicidas hace referencia a su movilidad dentro de la planta y se clasifican en dos tipos:

- Sistémicos: estos herbicidas tienen la capacidad de moverse desde las raíces hasta las hojas y viceversa, causando la muerte a las malezas por translocación, su aplicación es al suelo o al follaje (Anzalone, 2008)
- De contacto: son herbicidas foliares, en los lugares en los que es aplicado se encarga de la destrucción de hojas y tallos, recomendado para malezas anuales (Arias *et al.*, 2019).

2.3.4. Familia química

Esta clasificación hace referencia a las agrupaciones en los que los herbicidas han sido colocados de acuerdo a su estructura química de los diferentes ingredientes activos utilizados (CEDRSSA, 2020).

Dentro de una misma familia química a pesar de poseer características químicas y moleculares comunes, puede haber herbicidas con características de uso práctico

diferentes, por ello es de gran importancia conocer el comportamiento de cada ingrediente activo (Anzalone, 2008).

2.3.5. Modo de acción

Aunque existen muchas maneras de clasificar a los herbicidas, Duke y Dayan (2001) mencionan que la clasificación más útil es por su modo de acción.

El modo de acción permite saber todas las interacciones de un herbicida con las malezas desde su absorción, translocación, metabolismo y mecanismo de acción (CropLife, 2012). De acuerdo con Rosales (2018) el modo de acción se define como “secuencia de eventos que ocurren desde la absorción del herbicida hasta la muerte de la planta”.

2.4. Factores que afectan la actividad de un herbicida

Según Vázquez *et al* (2017) en el cultivo de caña de azúcar se pierden alrededor de 15 a 25 ton/ha a causa de las malas hierbas, incluso teniendo prácticas culturales rutinarias haciendo uso del control químico y mecánico. Esto se debe a dos factores: el primero es que las prácticas de manejo se realizan de manera tardía (cuando la maleza y el cultivo ya están compitiendo), y la segunda es ocasionada por prácticas de manejo deficientes.

La actividad de los herbicidas se ve afectada por el clima, las condiciones del suelo, el tamaño de las malezas, la precisión de la aplicación y otros factores (Loux *et al.*, 2021).

De acuerdo con Ríos (2007) los factores que afectan la actividad herbicida pueden depender del tipo de herbicida que se utiliza, por ejemplo, los herbicidas no selectivos pueden ser afectados por:

1. Estado de las malezas: si las malezas se encuentran jóvenes, es decir en activo crecimiento, cuando se presentan hojas nuevas, permitirá una mejor absorción y translocación del herbicida.

2. Control según el tipo de malezas presentes: de acuerdo a su ciclo de vida dependerá la dosis a utilizar, para el control de plantas anuales siempre se utiliza menor cantidad de herbicida en comparación con las perenes.
3. Estado fenológico de las malezas: el efecto de los herbicidas es mejor si la planta se encuentra en estado vegetativo en especies anuales, mientras que en especies perennes es mejor aplicarlos cuando están acumulando reservas para el otoño o cuando reinician su crecimiento en primavera.
4. Las condiciones ambientales pueden afectar las aplicaciones al condicionar la eficiencia en la actividad del herbicida: en temperaturas extremas se reduce la actividad de las plantas por lo que la translocación ya no será la misma, perjudicando la eficiencia del producto.

2.5. Agricultura orgánica

La Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) se encarga de promover la agricultura orgánica a nivel internacional, y define a la misma como “Sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas, basada fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos” (IFOAM, 2008).

Mientras que el Codex Alimentarius define a la agricultura orgánica como “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 mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos” (FAO/OMS, 2005).

Este tipo de agricultura se basa en el uso abonos orgánicos y prácticas agrícolas que mantienen un balance ecológico, en el caso del control de plagas se utilizan métodos como los son la rotación de cultivos, reciclaje de residuos, insectos benéficos y los cultivos trampa, entre otros (Pérez y Landeros, 2009).

Gómez (2010) señala que hay algunos insumos que la agricultura orgánica no acepta, y que se podrían llegar a confundir, como son el uso de agua negras o tratadas, el poner en práctica el monocultivo, la quema, el uso de plásticos, los transgénicos y la irradiación (radiación ionizante, cuyo propósito es controlar contaminantes microbiológicos).

De acuerdo con la IFOAM (2008) la agricultura orgánica está regida por cuatro principios fundamentales:

1. Principio de Salud: la agricultura orgánica debe sostener y promover la salud de suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible.
2. Principio de Ecología: debe estar basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos.
3. Principio de Equidad: debe estar basada en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida.
4. Principio de Precaución: debe ser gestionada de manera responsable y con precaución para proteger la salud, el bienestar de las generaciones presentes y futuras, además del medio ambiente.

2.5.1. Importancia de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica nació como una alternativa para cuidar el medio ambiente, así como la flora y fauna que estaban siendo afectados por la agricultura convencional o moderna, al igual que la calidad de alimentos que consume el hombre, implementando de esta manera sistemas de producción amigables con el medio ambiente (Gómez *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2009).

A partir de la década de los 80, la agricultura orgánica ha presentado un crecimiento constante, esto debido a la revolución verde, aunque en los últimos años su incremento ha sido más notorio por su participación en el mercado mundial (Martínez *et al.*, 2012).

En años recientes la agricultura orgánica tuvo un crecimiento a una tasa del 20% anual, comparándose incluso con el sector de la tecnología en comunicación (Soto, 2020).

La agricultura orgánica se practica en 190 países, y casi 75 millones de hectáreas de tierras agrícolas fueron trabajadas orgánicamente por al menos 3,4 millones de agricultores. Las ventas globales de alimentos y bebidas orgánicos alcanzaron más de 120 mil millones de euros en 2020 (Willer *et al.*, 2022).

La IFOAM (2008) describe los principales objetivos de la agricultura orgánica:

- a) Producir alimentos de alta calidad nutritiva y en suficiente cantidad.
- b) Propiciar la vida de todos los sistemas y ciclos naturales.
- c) Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, que comprenden los microorganismos, la flora y fauna del suelo, las plantas y los animales.
- d) Proteger y restaurar los procesos ecosistémicos que garanticen la fertilidad natural del suelo, su sostenibilidad y la permanencia del mismo.
- e) Mantener e incrementar a largo plazo la fertilidad de los suelos.
- f) Emplear en la medida de lo posible los recursos renovables en sistemas agrarios organizados localmente.
- g) Proporcionar al ganado condiciones de vida que le permitan desarrollar las funciones básicas de su conducta innata.
- h) Minimizar todas las formas de contaminación que puedan ser producidas por las prácticas agrícolas.
- i) Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitats de plantas y animales silvestres.
- j) Permitir que los productores agrarios lleven una vida acorde con los derechos humanos de la ONU, cubran sus necesidades básicas, obtengan ingresos adecuados, reciban satisfacción de su trabajo y dispongan de un entorno natural sano.

- k) Garantizar al consumidor el suministro de alimentos tanto en calidad como en cantidad.

2.6. Herbicidas orgánicos

Uno de los desafíos más grandes de la agricultura son las malezas y la forma en que son controladas, ya que presentan una rápida evolución, logrando resistencia a los herbicidas comerciales de síntesis química, por lo que una alternativa a dicha problemática es el uso y elaboración de herbicidas naturales o también llamados orgánicos (Dayan y Duke, 2014).

En la actualidad se necesitan herbicidas con buen perfil toxicológico y ambientalmente seguros, debido a que muchos herbicidas químicos que eran efectivos han sido prohibidos por el daño que causan (Heap, 2010).

Desde que surgió la agricultura se ha sabido que la naturaleza es la fuente de pesticidas naturales, llegando a utilizar metabolitos secundarios biológicamente activos para el control de plagas agrícolas (Dayan y Duke, 2014).

Es por ello que en la actualidad se hace uso de los metabolitos secundarios que tienen un efecto alelopático destacando su actividad fitotóxica, como una alternativa para el control de arvenses, es decir utilizar estos compuestos para la elaboración de herbicidas orgánicos, teniendo como característica principal la inhibición del crecimiento de las malezas (López *et al.*, 2021).

Santos (2020) sostiene que un herbicida orgánico debe ser de degradación rápida, y no debe afectar al suelo, al agua, ni al ser humano, ya que no es tóxico.

Algunas diferencias de los herbicidas orgánicos y los de síntesis química son: que los primeros en su mayoría son específicos a organismos blanco, son biodegradables y no afectan a los organismos benéficos, mientras que los herbicidas químicos no tienen esas características y a largo plazo inducen la aparición de plantas resistentes; por ello es que los herbicidas orgánicos son una

alternativa prometedora, eficaz y sin efectos adversos con el ambiente y la salud humana (López *et al.*, 2021).

2.7. La alelopatía

El botánico Hans Molisch (1856-1937) fue quien acuñó el término “alelopatía” definiéndolo como la acción de compuestos químicos (aleloquímicos) que son liberados de una planta, causando efectos negativos o dependiendo de la concentración efectos benéficos sobre otras plantas, hongos o microorganismos (Chludil, 2017).

Las primeras observaciones sobre los efectos alelopáticos en la agricultura fueron desde la antigüedad, cuando un filósofo griego llamado Teofrasto (300 a.c.) menciona que la marchitez y decaimiento de las plantas de vid, eran provocadas por el brócoli (Arévalo *et al.*, 2011).

Las plantas y otros organismos excretan compuestos orgánicos que provocan interacciones bioquímicas, provocando inhibición o estímulos en los organismos aceptores, a esto se le denomina alelopatía (Arévalo *et al.*, 2011).

Las plantas poseen características de supervivencia como lo son las interacciones químicas entre los organismos, algunas de ellas son positivas y otras negativas. Estos procesos han dado paso a la aparición de nuevos metabolitos secundarios, o también llamados aleloquímicos que actúan como mediadores (Dayan y Duke, 2014).

Los metabolitos secundarios son sintetizados por las plantas a consecuencia de situaciones de estrés, ya sea ataques de insectos, herbívoros o microorganismos, así como también por temperaturas extremas, radiación UV o incluso por estrés hídrico (Chludil, 2017).

De acuerdo con Árevalo *et al.* (2011) los aleloquímicos alteran el crecimiento normal de las plantas. En palabras simples la alelopatía es una guerra química entre plantas, se ha descubierto que cultivos como el nogal negro (*Juglans nigra*), el trigo

(*Triticum aestivum* L.), y el arroz (*Oriza sativa* L.), entre otros, poseen compuestos alelopáticos (Cook *et al.*, 2010).

La alelopatía depende de algunos factores como la forma o vía en que es liberado el compuesto aleloquímico por la planta, la estructura química de este, su estabilidad en el ambiente en el que se dispersa y el modo en que afecta a otros organismos (Chludil, 2017).

2.7.1. Clases de compuestos identificados como agentes alelopáticos

Arévalo *et al.* (2011) señala que en el reino Plantae son conocidas alrededor de 10,000 sustancias alelopáticas, las cuales están agrupadas en:

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. Cumarina.

Los compuestos alelopáticos alteran una gran cantidad de procesos fisiológicos, como: división y diferenciación celular, traslado de iones y agua, metabolismo de fitohormonas, respiración, fotosíntesis, funciones de enzimas y traducción de expresión de genes (Shou y Yu, 2006).

2.7.2. Vías de liberación de los compuestos alelopáticos

Los compuestos alelopáticos, son elaborados por las plantas y liberados para el ambiente a través de procesos como la volatilización, lixiviación, exudación radicular

y descomposición de residuos de plantas incorporados al suelo (Arévalo *et al.*, 2011).

Por lo tanto, existen 4 vías principales de liberación de aleloquímicos, Sampietro (2003) las describe de la siguiente manera:

1. Volatilización: se produce en plantas que producen etileno y aceites esenciales volátiles, los cuales están constituidos fundamentalmente por terpenoides. En ecosistemas donde predominan las altas temperaturas, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es un mecanismo frecuente.
2. Lixiviación: se origina al remover sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. Algunos compuestos alelopáticos liberados de esta manera son los terpenos, fenólicos y alcaloides.
3. Exudados radiculares: Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Factores como la edad del vegetal, la nutrición, la luz y la humedad influyen tanto cualitativamente como cuantitativamente en la liberación de sustancias por las raíces.
4. Descomposición de residuos vegetales: Los residuos vegetales en descomposición liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos, los cuales ejercen su acción al entrar en contacto con las raíces de otras plantas.

2.8. Extracto vegetal

Los extractos vegetales son mezclas complejas de metabolitos secundarios, extraídos de plantas, los cuales han sido utilizados como pesticidas naturales, para sustituir a los pesticidas de síntesis química (García *et al.*, 2010; Cardozo y Jiménez, 2014).

La capacidad fitotóxica de los extractos vegetales es ideal para sustituir a los agroquímicos, a un bajo costo y que además ayuden a disminuir el nivel de contaminación ambiental (Cruz y Flores, 2022).

Cruz y Flores (2022) sostienen que la fitotoxicidad de los extractos biológicos depende del tipo de extracción (acuoso, etanólico, metanólico) del material vegetativo (deshidratado, fresco y congelado), el estadio de la planta, especie, órgano vegetal, la fecha de cosecha y las condiciones como temperatura y humedad del medio.

2.8.1. Guishe de *Agave lechuguilla* Torr.

Tropicos (2022) señala que *Agave lechuguilla* Torr. pertenece a la familia Asparagaceae. Es una planta suculenta, su área de distribución es principalmente en el noreste de México y el sur de los Estados Unidos de América (Peña *et al.*, 2020).

La principal importancia de la lechuguilla son los beneficios socioeconómicos que genera a los pobladores rurales, esto gracias a la extracción de sus fibras o ixtle, como es llamado comúnmente (Chávez, 2022). Debido a las características de este ixtle, se utiliza para la elaboración de estropajos, cepillos y la confección de lazos y cordelería en general (Castillo *et al.*, 2005).

Al extraer las fibras solo se aprovecha un 15% del total de la planta, mientras que el 85% restante queda como residuo, el cual es denominado guishe (Peña *et al.*, 2020). El guishe es un subproducto que no tiene forma de ser aprovechado, normalmente es quemado o tirado a cielo abierto causando la erosión del suelo, o incluso llegando a afectar a animales de granja si lo ingieren, causándoles deshidratación e inclusive la muerte, resultando ser una problemática para el medio ambiente, recientemente se han hecho estudios que demuestran que el guishe de lechuguilla contiene ciertas moléculas que pueden ser de utilidad nutricional, farmacéutica o agrícola (Díaz *et al.*, 2019; Peña *et al.*, 2020).

2.8.1.1 Compuestos fitoquímicos del guishe de *Agave lechuguilla* Torr.

Según Almaraz *et al.* (2013) se han estudiado una docena de especies de *Agave* arrojando como resultado el gran contenido de compuestos fenólicos, incluyendo flavonoides, ácidos fenólicos, así como también diferentes actividades biológicas asociadas a esos compuestos, presentando funciones antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y antinematodos.

López *et al.* (2018) menciona que diferentes especies de agaves han demostrado actividades antioxidantes, antimicrobianas, entre otras, las cuales se han relacionado directamente con la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides.

En estudios recientes se han realizado diferentes análisis a el extracto de guishe de lechuguilla, los cuales mostraron la presencia de saponinas como diosgenina, esmilagenina, hecogenina, manogenina, tigogenina hexosa, yucagenina, clorogenina, diglucósido de diosgenina y flavonoles como quercitina y kampferol (Morreeuw *et al.*, 2021; MoeroPeña *et al.*, 2020; García, 2018).

Ontiveros *et al.* (2017) realizó estudios en extractos acuosos y metanólicos de diferentes partes de la lechuguilla para la identificación de grupos fitoquímicos funcionales arrojando los resultados presentes en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Compuestos fitoquímicos de los extractos acuosos y metanólicos del *Agave lechuguilla* Torr.

Pruebas	Extractos acuosos				Extractos metanólicos					
	Hoja		Piña		Hoja		Cogollo		Piña	
Insaturaciones	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxidrilos fenólicos	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Carbohidratos	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Coumarinas	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Alcaloides	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Esteroles y Triptanos	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+

2.8.2 Hojasén *Flourensia cernua* DC

La planta de hojasén, de nombre científico *Flourensia cernua* DC. pertenece a la familia Asteraceae (Tropicos, 2022). Es una planta arbustiva, endémica de las zonas semiáridas de México y el sur de Estados Unidos de América (De Rodríguez *et al.*, 2012).

Los usos que se le han dado a esta planta son principalmente medicinales, utilizado como infusión para tratar enfermedades gástricas como la diarrea y disentería, entre otras (De Rodríguez *et al.*, 2012). Se han realizado diferentes estudios en extractos de *F. cernua* que han demostrado que cuenta con propiedades antifúngicas, bactericidas y antioxidantes (Álvarez *et al.*, 2020).

2.8.2.1 Compuestos fitoquímicos de Hojasén (*Flourensia cernua* DC.)

Las plantas del semidesierto que están expuestas a condiciones extremas y poseen muchos más metabolitos secundarios en comparación a plantas establecidas en condiciones favorables, un ejemplo de ello es *F. cernua* la cual se ha comprobado que contiene compuestos como polifenólicos, lactona, benzofurano y benzopirano (De Rodríguez *et al.*, 2012).

Álvarez *et al.* (2020) menciona que el extracto obtenido a partir de las hojas de hojasén es rico en compuestos polifenólicos siendo luteolin 7- O -rutinoside y 6- C -glucosyl-8- C -arabinosyl apigenin, siendo estos los responsables de sus actividades antioxidantes y antifúngicas.

En un estudio realizado por Mata *et al.* (2003) se obtuvieron compuestos fitotóxicos de las partes aéreas de *F. cernua*, tales como el flavonoide ermanina y siete γ -lactonas. Otros compuestos encontrados como el ácido dehidrofluorencico y el orsellinato de metilo causaron una inhibición significativa del crecimiento radicular de *Amaranthus hypochondriacus* L. y *Echinochloa cruz-galli* (L.) P.Beauv.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un laboratorio de las instalaciones del Campo Experimental INIFAP, Carretera Saltillo–Zacatecas, Hacienda de Buenavista, en el municipio de Saltillo, Coahuila. Ubicado en las coordenadas 25°20'40" latitud norte y 101°02'01" longitud oeste.

3.2. Material vegetal

Se utilizaron semillas de dos cultivares maíz y frijol como plantas indicadoras de las especies monocotiledóneas (hoja angosta) y dicotiledóneas (hoja ancha) respectivamente, estas semillas fueron proporcionadas por el Campo Experimental Saltillo-INIFAP.

3.3. Extracto experimental

La mezcla experimental a base de extractos fue proporcionada por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, que fueron extractos orgánicos resultado del proyecto de investigación titulado “Aprovechamiento de extractos naturales de plantas nativas del semidesierto coahuilense como una alternativa orgánica al uso de herbicidas sintéticos”, dicho extracto experimental está elaborado a base de dos especies nativas de la zonas árida y semiárida del noreste de México: 1) Guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) el cual es un residuo generado después del desfibrado de esta especie y 2) hojas de hojásén (*Flourensia cernua* D.C.).

3.4. Tratamientos

Las diluciones para cada tratamiento se prepararon a partir del extracto concentrado al 50%, esto se realizó empleando la siguiente fórmula: $C1V1=C2V2$

Donde C1 es la concentración inicial que tiene la disolución (extracto del 50%), C2 la concentración final y V es el valor de los volúmenes de la disolución inicial y final. El volumen que se requería para las 3 repeticiones por tratamiento fue de 120 ml ya que a cada caja Petri se le aplicaría 20 ml.

Para obtener el resultado se despejó la fórmula obteniendo que $V1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

Así pues, para obtener el tratamiento a una dilución del 5% se sustituyen valores: $V1 = \frac{5 \times 120}{50} = 12 \text{ ml del extracto}$

Para preparar la disolución al 5% se necesitaron 12 ml del extracto al 50% y 108ml de agua para completar la cantidad requerida de 120 ml de extracto al 5%, éste procedimiento se repitió con cada una de las diluciones.

Una vez obtenidas las diluciones para cada uno de los tratamientos, se utilizó un vaso de poliestireno con capacidad de 270 ml por tratamiento en los que se vaciaron 120 ml de disolución de cada tratamiento para tomar las lecturas de pH y CE con ayuda del peachímetro y el conductímetro respectivamente.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en ambas especies.

Tratamientos	
1	Testigo absoluto (agua)
2	Extracto experimental al 5%
3	Extracto experimental al 10%
4	Extracto experimental al 15%
5	Extracto experimental al 20%
6	Extracto experimental al 50%
7	Extracto experimental al 100%

3.5. Siembra

Se prepararon las cajas Petri, poniendo en el fondo papel secante con el fin de obtener una mejor distribución de los tratamientos, colocando 50 semillas por repetición, para finalmente aplicar los tratamientos.

Se apilaron las cajas Petri por tratamiento para posteriormente cubrirlas con bolsas de polietileno evitando pérdida de humedad, y permanecieron a temperatura ambiente en laboratorio. El registro de los datos de germinación fue a partir de las 24 horas y se realizó diariamente durante 8 días.

3.6. Variables a evaluar

- Porcentaje de inhibición de la germinación: esta variable se tomó a través del conteo de las semillas no germinadas hasta el último día de la evaluación, siendo lo inverso a porcentaje de germinación.

$$\%PIG = \left(\frac{SGT - SGdn}{SGT} \right) * 100$$

Dónde: SGT semillas germinadas en testigo y SGdn semillas germinadas en cada tratamiento.

Esta variable está dada en porcentajes.

- Porcentaje de germinación (PG): esta variable se obtuvo a través del conteo de las semillas germinadas hasta el último día de la evaluación, se consideró germinada aquella semilla con una radícula igual o mayor 2 mm de longitud, y se representó mediante la siguiente fórmula:

$$\%PG = \left(\frac{NSG}{NSS} \right) * 100$$

Dónde: NSG número de semillas germinadas y NSS número de semillas sembradas.

Esta variable está dada en porcentajes.

- Índice de velocidad de germinación: el índice de velocidad de germinación (IVG) se obtuvo a través del conteo diario de las semillas germinadas

(radícula ≥ 2 mm) a partir de la siembra y fue determinado según la siguiente fórmula:

$$IVG = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Dónde:

n_i = Número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo; t_i : Número de días después de la siembra; n = Número de conteos 1, 2..., n conteos (Ranal y García, 2006).

- Tasa de germinación: la TSG se obtiene mediante el conteo diario de semillas germinadas desde la siembra hasta el último día de la evaluación y se determinó mediante la ecuación:

$$TSG = (N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_nT_n) / (N_1 + N_2 + \dots + N_n)$$

Dónde:

N = es el número de semillas germinadas no acumuladas; T = es el tiempo en días (Hartmann y Kester, 2001).

- Peso de la biomasa: el peso de biomasa (PBM) es la cantidad total de materia viviente, en un momento dado, en un área determinada (Pineda, 2007), ésta variable fue tomada de acuerdo al peso fresco de cinco semillas al azar en cada repetición de cada uno de los tratamientos, se utilizó una báscula digital marca Fuzion UF200H con capacidades de 200 g*0.01 g, y se determinó de acuerdo al peso de las cinco semillas germinadas por repetición menos el peso de cinco semillas sin germinar. Esta variable se expresó en gramos.

3.7. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar en el que se evaluaron siete tratamientos con tres repeticiones cada uno, bajo el siguiente modelo lineal:

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

3.8. Análisis de la información

El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico RStudio versión 2022.02.3.0, la información se interpretó mediante el ANOVA y comparación de medias con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del efecto del extracto en la inhibición de la germinación de semillas de maíz y frijol como plantas indicadoras.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Cuadro 4) hubo diferencias altamente significativas para la fuente de variación tratamientos (Trat) en todas las variables evaluadas, con respecto a especies (Esp) hubo diferencias significativas solo en porcentaje de germinación (PG), mientras que en índice de velocidad de germinación (IVG) y peso de la biomasa (PBM) resultaron ser altamente significativas, para la fuente de variación tratamientos por especie hubo diferencia altamente significativa en el IVG y tasa de germinación (TSG), mientras que en las variables PG y PBM no se presentaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de los siete tratamientos evaluados en los dos cultivares.

F.V	G.L	PIG	PG	IVG	TSG	PBM
Trat	6	11381**	11381**	367.7**	28.867**	3.926**
Esp	1	440*	440*	17.8**	0.004NS	0.738**
Trat*Esp	6	224NS	224NS	15.3**	4.699**	0.118NS

NS= No significativo

**= Diferencias altamente significativas

*= Diferencias significativas

Comparación de medias

De acuerdo con la comparación de medias (Cuadro 5) en la variable PIG los T5, T6 y T7 son los tratamientos que mayor inhibición presentaron con más del 95.9%.

El PG resultó ser mucho menor a partir del T5 donde los mejores fueron T5, T6 y T7, ya que en este trabajo los tratamientos más eficaces son los que presentan menor germinación. Con respecto a la variable IVG los tratamientos T5, T6 y T7 son los más exitosos ya que no presentó germinación (0%), en contraste con el T1 el cual obtuvo un 98.66% de germinación. En cuestión a la TSG los tratamientos deseables fueron T6 y T7 ya que la germinación fue de 0%. En la variable PBM se obtuvo que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron de 2.25 a 0.42 g de biomasa, con respecto a los T6 y T7 no hubo producción de biomasa (0g).

Cuadro 5. Comparación de medias de las diferentes variables para los siete tratamientos evaluados en las semillas de frijol y maíz.

Tratamientos	PIG (%)	PG (%)	IVG (Plántulas/día)	TSG (Días)	PBM (g)
T1 (Testigo)	0.0e	98.66a	20.27a	2.79b	2.25a
T2 (5%)	11.8d	87.00b	12.31b	4.17a	0.88b
T3 (10%)	24.3c	74.66c	9.55c	4.60a	0.55c
T4 (15%)	67.9b	31.66d	3.01d	5.33a	0.42c
T5 (20%)	95.9a	4.00e	0.33e	4.20a	0.00d
T6 (50%)	100a	0.00e	0.00e	0.00c	0.00d
T7 (100%)	100a	0.00e	0.00e	0.00c	0.00d

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 6, se muestra la comparación de medias de las diferentes variables por especie, para la variable PG se presentó un mayor efecto del extracto en maíz a comparación del frijol, mientras que en el IVG y PBM es mejor el frijol ya que sus valores son menores por 1.31% y 0.27g respectivamente, esto podría deberse a las cualidades propias de la especie en cuestión a la germinación. En la variable TSG ambas especies son estadísticamente iguales.

Cuadro 6. Comparación de medias de las diferentes variables por especie de acuerdo a la aplicación de los tratamientos.

Especies	PIG (%)	PG (%)	IVG (Plántulas/día)	TSG (Días)	PBM (g)
Maíz	60.95a	39.04b	7.15a	3.02a	0.72b
Frijol	54.48b	45.52a	5.84b	3.00a	0.45a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 7 se muestran los cultivares modelo, maíz y frijol, con las diferentes variables de respuesta, conforme a su respectivo tratamiento. Los tratamientos que obtuvieron mayor fitotoxicidad fueron los de dosis más elevadas en ambos cultivares, en el PG los T1, T2, y T3 presentaron más del 71.33% de germinación, mientras que el T5, T6 y T7 resultaron ser los mejores con menos del 7.33% de germinación en ambas especies, en el IVG los T4, T5, T6 y T7 arrojaron una menor velocidad de germinación con menos de 3.88 plántulas germinadas por día, en la TSG destaca el T6 y T7 con un valor de 0 días dado que ninguna semilla germinó en el caso del PBM se obtuvo un peso menor a 0.77 g en los T4 , T5, T6 y T7 resultando ser los mejores tratamientos para esta variable.

Cuadro 7. Comparación de medias de las diferentes variables para los siete tratamientos evaluados en las semillas de cada cultivar.

Cultivar	Trat.	PIG (%)	PG (%)	IVG (Plántulas/día)	TSG (Días)	PBM (g)
Maíz	1	0.00d	98.66a	24.38a	2.03bc	2.12a
	2	20.27d	78.66a	12.90bc	3.87ab	0.64bc
	3	27.70cd	71.33ab	10.00c	4.61ab	0.35bc
	4	82.43ab	17.33cd	2.14d	4.59ab	0.07c
	5	92.57a	7.33d	0.61d	6.06a	0.00c
	6	100a	0.00d	0.00d	0.00c	0.00c
	7	100a	0.00d	0.00d	0.00c	0.00c
Frijol	1	0.00d	98.66a	16.17a	3.54ab	2.37a

2	3.37d	95.33a	11.73bc	4.48ab	1.13b
3	20.94d	78.00a	9.10c	4.59ab	0.76bc
4	53.37bc	46.00bc	3.88d	6.07a	0.77bc
5	99.33a	0.66d	0.04d	2.33bc	0.00c
6	100a	0.00d	0.00d	0.00c	0.00c
7	100a	0.00d	0.00d	0.00c	0.00c

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Potencial de Hidrogeno (pH) en las diluciones

La determinación de pH de las diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) arrojó los siguientes valores como se observa en la Figura 1 donde se muestra que todos los tratamientos presentan una condición ácida a excepción del T1 testigo (Agua).

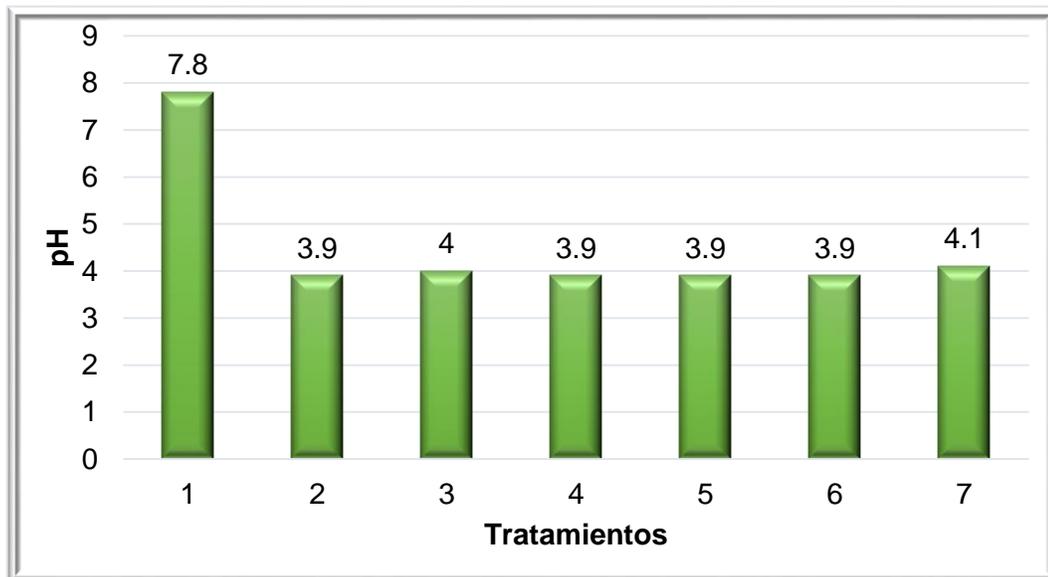


Figura 1. pH de las diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos.

Blanco *et al.* (2019) menciona que, al simular lluvia ácida y su efecto en la germinación, con pH ácido (3.5 - 5.5) se favorece la germinación de semillas de

garbanzo, lenteja y canola, esto puede deberse a que los ácidos ablandan la testa de las semillas facilitando la salida del hipocótilo.

En otro ensayo realizado por González *et al.* (2014) demostraron que tanto en pH bajos (4.5) y aquellos cercanos a neutro (7.2) la germinación de soja, trigo y quinoa se afecta, pero no significativamente con diferencias que no superan el 2-3%.

Conductividad Eléctrica (CE) en las diluciones

En la Figura 2 los valores de CE se muestran directamente proporcional a la concentración de los tratamientos, siendo los tratamientos T6 y T7 los de mayor CE con 11.52 y 14.8 dS/m respectivamente, al igual que resultaron ser los mejores tratamientos en relación a la germinación con un 0% en ambos tratamientos para los cultivos modelo (Cuadro 7).

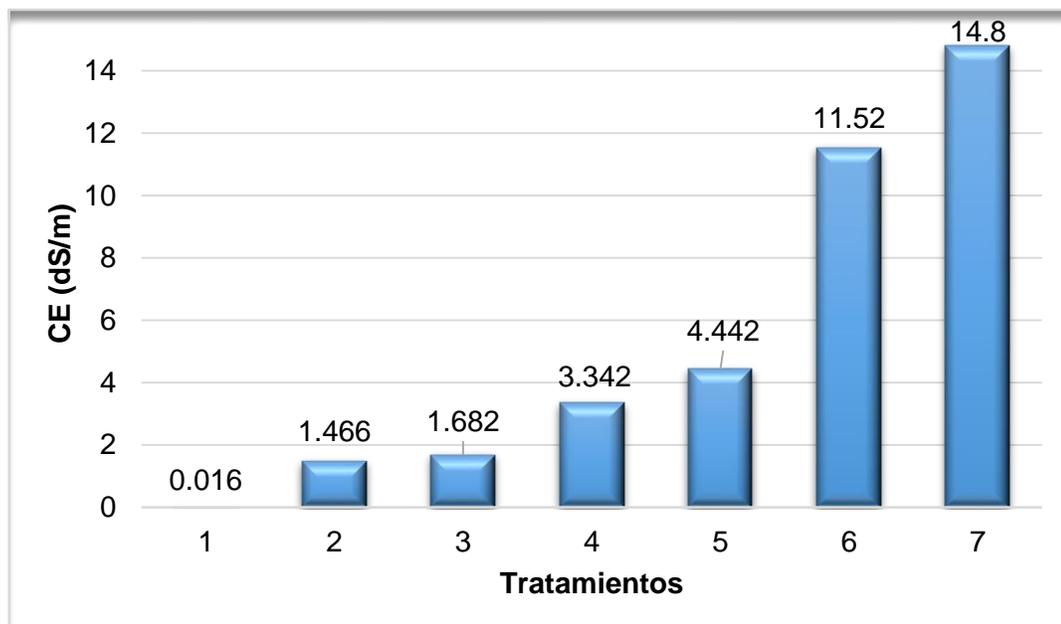


Figura 2. Conductividad Eléctrica de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos.

Ensayos con extractos naturales coinciden con los resultados obtenidos en el presente trabajo, Laynez y Méndez (2007), evaluaron el efecto de diferentes

concentraciones de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de semillas, en donde se observó que la CE aumentaba junto con la concentración del extracto, y en el cual mencionan que este comportamiento sugiere un posible efecto osmótico sobre la germinación.

Los valores tan altos de CE se pueden relacionar con la producción de compuestos fitoquímicos causados por las condiciones extremas en las que se desarrolla el *A. lechuguilla* y *F. cernua* (Almaraz *et al.*, 2013; Puente *et al.*, 2017).

Porcentaje de Germinación (PG) y Porcentaje de Inhibición (PIG)

En la Figura 3 el porcentaje de germinación (PG) de ambos cultivos disminuye conforme aumenta la concentración del extracto, notando un efecto mayor con T2, T3 y T4 en maíz con un 78.6, 71.3 y 17.3% a comparación del frijol con un 95.3, 78 y 46% respectivamente, sin embargo, en el T5 se puede observar que hay un mayor efecto en el cultivo de frijol con una diferencia de 6.67% menos germinación que el maíz. Resultando ser los mejores tratamientos los T4 (solo para maíz), T5, T6 y T7 para ambos cultivos, con menos del 17.33% de germinación.

En el caso del porcentaje de inhibición de la germinación (PIG) sucede lo contrario a PG respecto a sus valores, siendo que el T4 (solo para maíz), T5, T6 y T7 son los más efectivos para ambos cultivos, con más del 82.43% de inhibición en la germinación

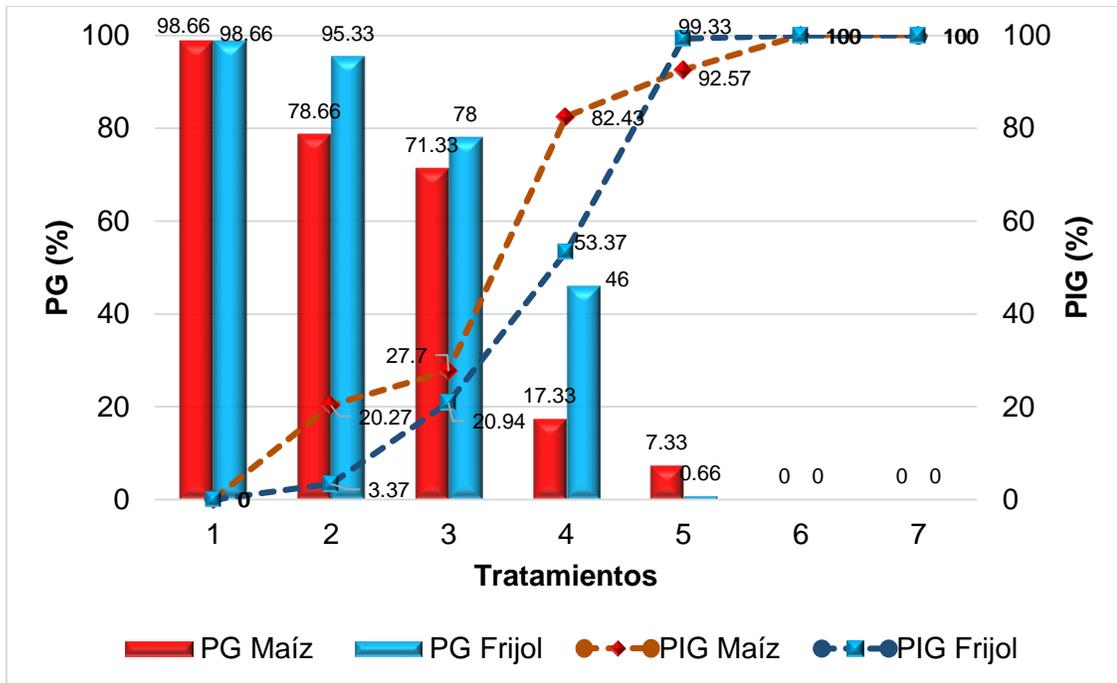


Figura 3. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el Porcentaje de Germinación y Porcentaje de Inhibición de las semillas de maíz y frijol.

Estos resultados coincidieron con Marín (2014) quien evaluó el efecto del extracto de guishe de lechuguilla en semillas de maíz y frijol, en el que disminuyó la germinación un 80% en semillas de maíz y un 50% en frijol, utilizando un 75% del extracto combinado con 25% de la pimienta negra.

Este efecto del extracto en la germinación puede deberse a la alta CE que presentan, como se aprecia en el experimento realizado en semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), en el que se observó que el incremento de las concentraciones salinas en el agua de riego afecta directamente su germinación especialmente a niveles mayores de 4.5 dS/m los cuales reducen el porcentaje de germinación a menos del 50%, comparando que con 0.01 dS/m hubo un 89% de germinación mientras que con 6.5 dS/m solo se alcanzó un 29% de germinación, de acuerdo con este estudio la causa de estos resultados fue la dificultad de imbibición de las semillas bajo condiciones de alta salinidad (Meza *et al.*, 2007).

índice de Velocidad de Germinación (IVG)

En la Figura 4 el IVG disminuyó conforme la concentración de los tratamientos aumentaba, siendo el frijol (dicotiledóneas) el cultivar con mayor efecto positivo en relación al objetivo del extracto en esta variable. A partir del T2 y T3 hubo una reducción del IVG con menos de 12.8 plántulas/día, en comparación con el T1 en el cual germinaron 24.38 plántulas/día en el caso del maíz mientras que en el frijol germinaron 16.17 plántulas /día. Los tratamientos T4, T5, T6 y T7 fueron los mejores estadísticamente con un índice de velocidad de germinación menor a 3.88 plántulas/día.

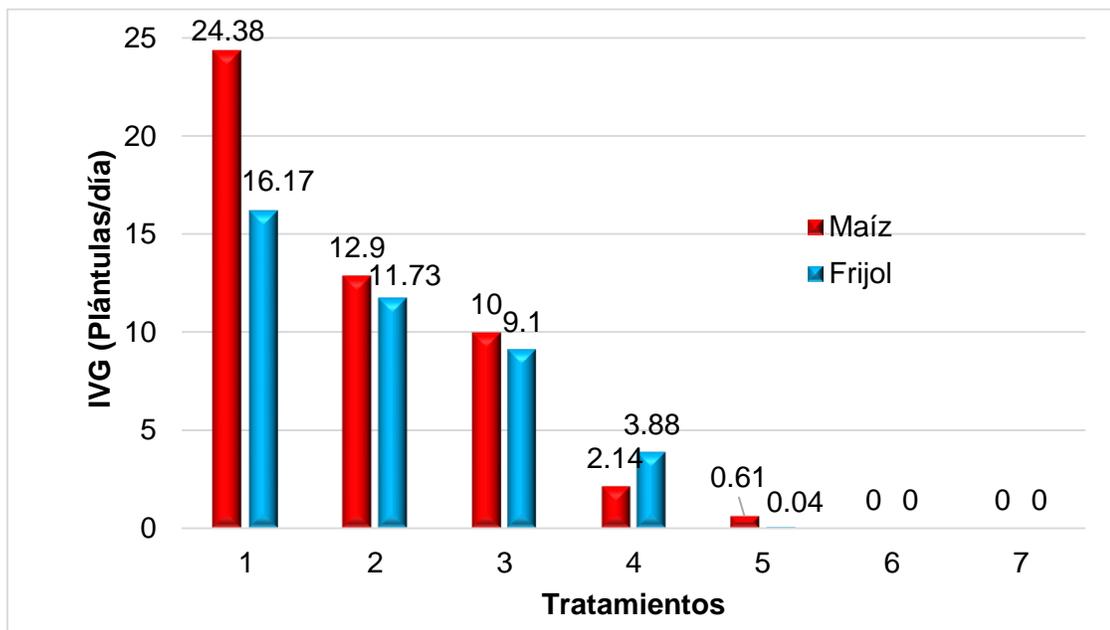


Figura 4. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el índice de Velocidad de Germinación de las semillas de maíz y frijol.

En una investigación en la que se realizaron pruebas de germinación en semillas de sotol comparando extractos de raíz de lechuguilla y lechuguilla seca, no fueron estadísticamente diferentes en la variable IVG, pero numéricamente sí, ya que el IVG disminuye utilizando 0.1 mg del extracto de raíz de lechuguilla, obteniendo un 9.6% mientras que en los demás tratamientos se supera el 10% (Padilla, 2004).

Los resultados obtenidos en esta variable son ocasionados por los efectos alelopáticos presentes en el guishe y hojasén, como lo pueden ser los compuestos fenólicos como flavonoides, ácidos fenólicos y saponinas los cuales retrasan o inhiben la germinación (Morreeuw *et al.*, 2021a; Laynez y Méndez, 2007).

Tasa de Germinación (TSG)

En la Figura 5 se muestran los días que se requiere para alcanzar la máxima germinación en cada tratamiento, pudiendo observar que entre más alta era la concentración del extracto más días se requerían para germinar, sin embargo, en el T5 en el cultivo de frijol a pesar de que solo hubo 0.66% de germinación (Cuadro 7) se requirió de 2.33 días para alcanzar ese porcentaje, mientras que en maíz fueron necesarios 6.06 días para alcanzar un 7.33%, esto se debe a que en maíz hubo más semillas germinadas dispersas en diferentes días. Los tratamientos T6 y T7 están representados con 0 ya que no hubo semillas germinadas, dando así al T6 y T7 como los mejores para esta variable en ambas especies.

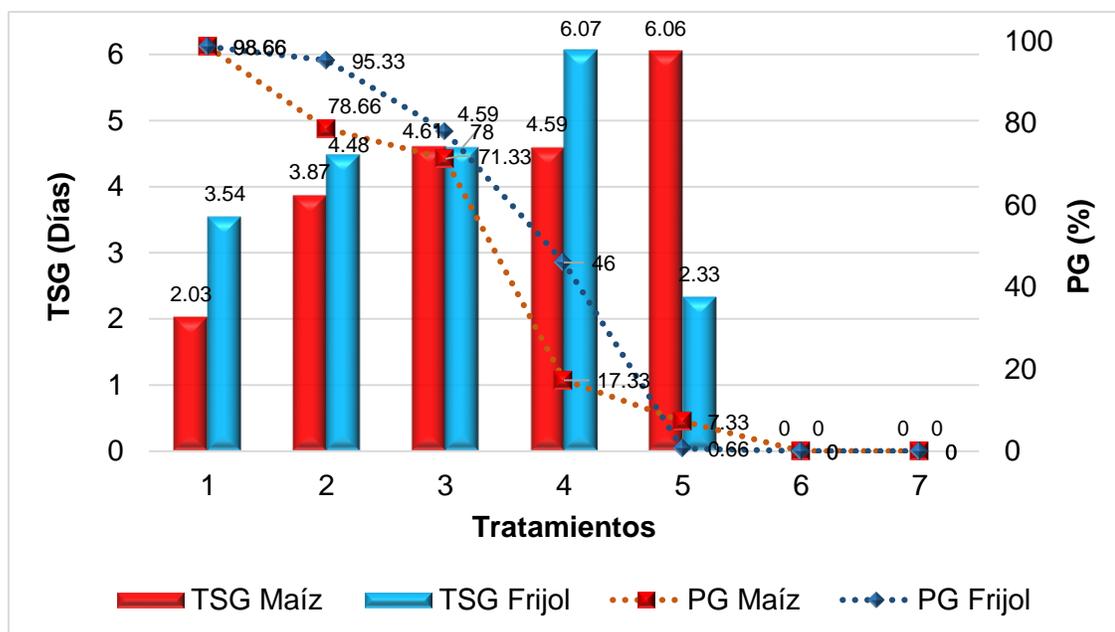


Figura 5. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en la Tasa de Germinación de las semillas de maíz y frijol en contraste con el Porcentaje de Germinación.

Según Sampietro (2003), los compuestos fitoquímicos causan alteraciones hormonales, efectos sobre la absorción de agua, efectos sobre la absorción de minerales, efectos sobre la actividad enzimática, efectos sobre la fotosíntesis y efectos sobre la respiración, producidos por metabolitos secundarios como: a) Saponinas: reducen la permeabilidad del tegumento de las semillas al oxígeno b) Flavonoides: interfieren en la síntesis de ATP mitocondrial y cadena de transporte de electrones; y c) Fenoles: a nivel de las giberelinas (las cuales están implicadas directamente en el control y promoción de la germinación), los compuestos fenólicos inhiben la acción de estas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por las mismas.

Peso de la Biomasa (PBM)

En la Figura 6 se muestra el peso fresco de la biomasa la cual disminuye conforme la concentración de los tratamientos aumenta, teniendo en cuenta que el peso y tamaño de las semillas utilizadas de frijol eran naturalmente más pesadas que las de maíz, se puede apreciar que los mejores tratamientos para el maíz (monocotiledónea) fueron T2, T3 y T4 con 0.64, 0.35, 0.07g respectivamente, al igual que el T5, T6 y T7 con un peso de 0 g dado que no hubo desarrollo de biomasa, en frijol (dicotiledónea) los mejores tratamientos fueron T3 y T4 con valores de 0.76 y 0.77g siendo estadísticamente iguales a T5, T6 y T7 con 0 g de peso como en el caso del maíz.

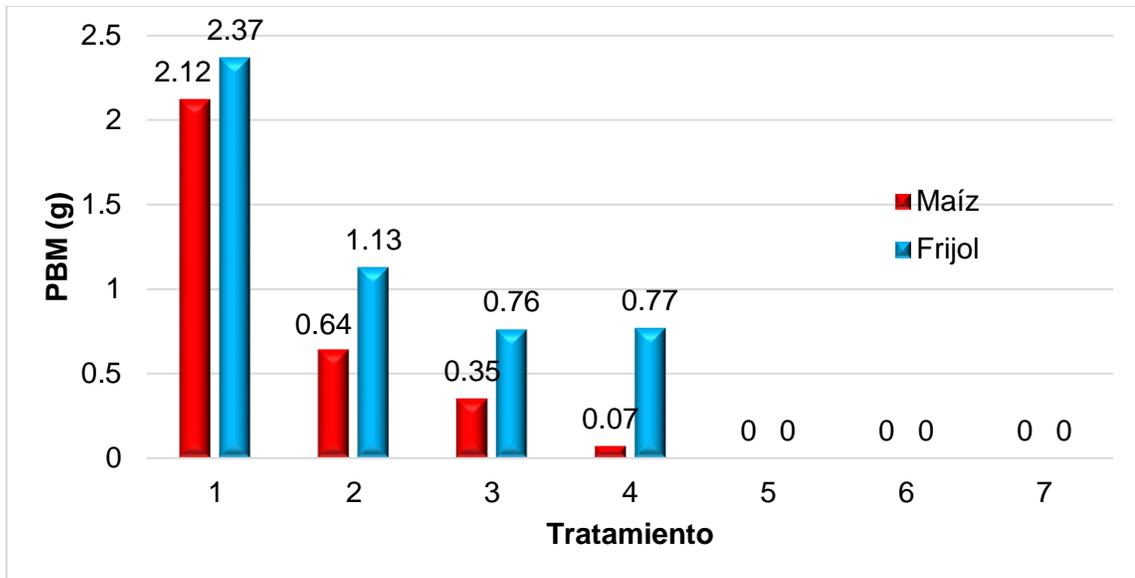


Figura 6. Efecto de diferentes diluciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto evaluadas como tratamientos en el Peso de la Biomasa de las semillas de maíz y frijol.

Estos resultados se relacionan con lo mencionado por Cruz y Flores (2022) donde comentan que las semillas que logran germinar después de la aplicación de extractos vegetales con posible acción herbicida no quedan exentas del todo, sino que son afectadas en su crecimiento, longitud radicular y peso.

En un experimento en el que utilizaron extractos de dos plantas *Solanum muricatum* Aiton. y *Solanum betaceum* Cav., redujeron la longitud radicular en 50% de *Lactuca sativa* L., donde se observó la condensación de los núcleos de *L. sativa*, asociado a fragmentación del ADN y encogimiento citoplasmático (Santos *et al.*, 2019).

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los análisis estadísticos de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alterna:

H₁: Cuando menos una dilución de la mezcla experimental tendrá efecto en la inhibición de la germinación para un tipo de angiospermas.

Los resultados indican que los tratamientos T5 (20%), T6 (50%) y T7 (100%) son los mejores en la inhibición de la germinación en ambas especies ya que fueron los responsables de mayores efectos, al obtener un promedio de germinación de ambas especies de 4.0%, 0% y 0% respectivamente, el índice de velocidad de germinación fue de 0.33, 0 y 0 plántulas/día, una tasa de germinación de 4.20, 0 y 0 días, y un peso fresco de la biomasa de 0g para los tres tratamientos (T5, T6 y T7). Estos resultados indican que con una concentración del 20% de extracto de guishe de lechuguilla y hojasén se puede inhibir hasta 92.57% la germinación.

Por lo tanto, se concluye que la combinación del extracto de guishe de lechuguilla y hojasén demostró tener un gran potencial herbicida de tipo preemergente, no selectivo, ya que afecto de la misma manera a las semillas de nuestras plantas modelo de maíz (monocotiledóneas) y frijol (dicotiledóneas).

Se debe dar un enfoque más estricto a la elaboración de extractos a base de plantas del semidesierto que están expuestas a condiciones extremas ya que poseen muchos metabolitos secundarios con capacidad fitotóxica, es importante la identificación de dichos metabolitos para poder conocer con exactitud la molécula activa y su capacidad alelopática.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre M., Z., Jaramillo, N. y Quizhpe, W. 2019. Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 216 p.
- Alfaro, R. P. 2013. Herbicidas asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del medio Ambiente. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar LAICA. Dieca San José. Costa Rica.
- Almaraz A., N., Delgado, E. A., Ávila, J. A., Uribe, J. N., y González, L. S. 2013. The Phenols of the Genus (Agavaceae). *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 04(03), 9–16. doi:10.4236/jbnb.2013.43a002
- Álvarez P., O. B., Ventura, J. M., Ascacio, J. A., Rojas, R., Verma, D. K., y Aguilar, C. N. 2020. Valorization of *Flourensia cernua* DC as source of antioxidants and antifungal bioactives. *Industrial Crops and Products*, 152, 112422.
- Anzalone, A. 2008. Herbicidas: Modos y Mecanismos de Acción en Plantas. Fondo Editorial de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Barquisimeto, Venezuela.
- 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(1), 51-60. ISSN: 0188-7890. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83717122004>
- Arias, D. M., Mora, R. E. G., & 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. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/333183422_USO_DE_HERBICIDAS_EN_EL_CONTROL_DE_MALEZAS_IMPORTANCIA_DE_SU_CONOCIMIENTO_PARA_EL_PROFESIONAL_AGRONOMO

- Ariza, C. A. y Almanza, P. J. 2012. Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite. *Ciencia y Agricultura*, 9(2), 87-96.
- Blanco, L., Galende, N., Fraile, J., Ganges, A., Ruíz, C., Sánchez, R., Gallego, P. 2019. Efecto de la lluvia ácida sobre la germinación y el crecimiento de plantas. *MERIDIES*, 22, 79-82.
- Cardozo, O. E., y Jiménez M., H. 2014. Insecticidas botánicos una alternativa para el control de la mosca del ají (*Neosilba pendula*) en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Chuquisaca - Bolivia. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria, CienciAgro*. 3(1). 77-86.
- Castillo Q., D., C. A. Berlanga R. y A. Cano P. 2005. Recolección, extracción y uso de la fibra de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el estado de Coahuila. *Publicación Especial Núm. 6. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. México*
- CEDRSSA. 2020. *Uso y Regulación de Herbicidas en México*. Palacio legislativo de San Lázaro, ciudad de México. Recuperado de: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Herbicidas.pdf>
- Cerna B. L. A. 2013. *Ciencia y tecnología de Malezas*. Fondo Editorial Universidad Proveda Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Chávez C., J. A. 2022. Análisis de factibilidad de un bioproceso para la obtención de antocianinas a partir del bagazo de *Agave lechuguilla*. Tesis. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Chludil, H. D. 2017. Compuestos Aleloquímicos. *Ciencia Hoy*. 26, 33-39.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2019. *Registro Sanitario de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales*. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/registro-sanitario-de-plaguicidas-y-nutrientes-vegetales>

- Cook, D., Rimando, A. M., Clemente, T. E., Schröder, J., Dayan, F. E., Nanayakkara, N. D., & Baerson, S. R. 2010. Alkylresorcinol synthases expressed in *Sorghum bicolor* root hairs play an essential role in the biosynthesis of the allelopathic benzoquinone sorgoleone. *The Plant Cell*, 22(3), 867-887.
- CropLife. 2012. Implementación del Manejo Integrado de Malezas para los Cultivos Tolerantes a Herbicidas. CropLife International aisbl. Brussels, Bélgica.
- Cruz O., L., y Flores, M. 2022. Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. *Informador Técnico*, 86(1), 34-45.
- Dayan, F. E., y Duke, S. O. 2014. Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant physiology*, 166(3), 1090-1105.
- De Rodríguez, D. J., Hernández, F. D., Solís, S., Rodríguez, R., & Rodríguez, R. M. 2012. *Flourensia cernua* DC: a plant from Mexican semiarid regions with a broad spectrum of action for disease control. *Integrated Pest Management and Pest Control, Current and Future Tactics*, InTech, Rijeka, 639-650.
- Díaz J., L., Hernández, C. S., Jasso, D., y Rodríguez, R. 2019. Conceptualization of a biorefinery for guishe revalorization. *Industrial Crops and Products*, 138, 111441. doi:10.1016/j.indcrop.2019.06.004
- FAO/OMS. 2005. Alimentos Producidos Orgánicamente. Codex Alimentarius. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>
- García L., C., Martínez R., A., Ortega S., J. L., & Castro B., F. 2010. Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 2(9), 86-96.

- García L., J. 2018. Aprovechamiento del bagazo de *Agave lechuguilla* Torr. como aditivo alimenticio para el crecimiento y fortalecimiento inmunológico de camarón blanco. Tesis. Instituto Tecnológico de Veracruz.
- Gómez, A. R., Lázaro, J. G. y León, N. J. A. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y Ciencia* 24 (1): 11-20.
- Gómez, C. A. 2016. Malezas en plantaciones cítricas: características y métodos de control. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/malezas-en-plantaciones-citricas-caracteristicas-y-metodos-de-control>
- Gómez, M. A. (coord.) 2010. Lineamientos para la operación orgánica agropecuaria. Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos. México.
- González, J. A., Languasco, P., & Prado, F. E. 2014. Efecto de las vinazas sobre la germinación de soja, trigo y quinoa en condiciones controladas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 49(4), 473-481.
- Hartmann, H. & F. Kester. 2001. Propagación de plantas, principios y prácticas. México: Editorial Continental. 760 p.
- Heap, I. 2010. The international survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.com>.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2008. Definition of Organic Agriculture. Recuperado de: <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>
- Jordan, N. y Vatovec, C. 2004. Agroecological benefits from weeds. In *Weed biology and management* (Inderjit, ed.). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 137-158.

- Layne, J. A., y Méndez, J. R. 2007. Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. Revista Peruana de Biología, 14(1), 55-60. Recuperado en 30 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000200013&lng=es&tlng=es.
- Liebman, M., Mohler, C., Staver, C. 2001. Ecological management of agricultural weeds. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- López H., J., Hernández Rodríguez, S., Hernández Hernández, V., García Espinoza, F. 2017. Maleza Ruderal en el Área Urbana de Matamoros, Coahuila. XXXVIII Congreso mexicano de la ciencia de la maleza, 4, 163-168.
- López, J. C., Ayala, J. F., González, G. A., Peña, E. A., & González, H. 2018. Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(7), 2461-2474.
- López V., F., Ríos, A. M., López, V., Torres V., N., Cabrera H., S. L., y Miranda A., M. 2021. Fitotóxicos como Herbicidas Naturales y Otras Alternativas de Uso. Frontera Biotecnológica. Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de: <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol18/pdf/vol-18-4.pdf>
- Loux, M. M., Doohan, D., Dobbels, A. F., Johnson, W. G., Young, B. G., Zimmer, M., & Hager, A. 2021. Weed Control Guide for Ohio, Indiana and Illinois. Ohio State University.
- Marín L., F. J. 2014. Extractos Vegetales con Propiedades Alelopáticas sobre el Desarrollo en Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su Posible

Uso para el Control de Malezas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Martínez, J. 2006. Control de malezas en hortalizas. Facultad de Agronomía, UANL., México.

Martínez B., F., Bello, P. L., Castellanos, O. F. 2012. Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Mata, R., Bye, R., Linares, E., Macías, M., Rivero-Cruz, I., Pérez, O., & Timmermann, B. N. 2003. Phytotoxic compounds from *Flourensia cernua*. *Phytochemistry*, 64(1), 285-291.

Menalled, F. D. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5, 73-78.

Meza, N., Arizaleta, M. y Bautista, D. 2007. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis* F.). *Rev. Fac. Agron.* Vol.24, n.1 [citado 2022-07-30], pp.69-80. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-7818.

Morreeuw, P.Z., Castillo Q, D., Ríos, L.J., Martínez, R., Norma, E., Melchor M., E.M., Hafiz M. N. I., Parra, R., Reyes A.G. 2021a. High Throughput Profiling of Flavonoid Abundance in *Agave lechuguilla* Residue-Valorizing under Explored Mexican Plant. *Plants* 10 (4) 695. <https://doi.org/10.3390/plants1004069519>

Morreeuw, P.Z., Escobedo, F.C., Ríos, L.J., Castillo Q., D. y Reyes, A.G. 2021b. Transcriptome-based metabolic profiling of flavonoids in *Agave lechuguilla* waste biomass *Agave lechuguilla* is one of the most abundant species in arid and semiarid regions of Mexico, and is used to extract fiber. *Plants Sciens* 305:110748 doi: 10.1016/j.plantsci.2020.110748

- Moreno, R. A., Cano, R. P. y Rodríguez, D. N. 2009. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Torreón, Coah.. Mex.
- Muñoz, F. R. 2021. El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie de informes técnicos IRET, (44).
- Nicholls, C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*, 1:37-48.
- Odero, D. C. y Dusky, J. A. 2009. Weed Management in Sugarcane. U.S. Department of Agriculture, Cooperative Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida A. & M. University.
- Ontiveros F., D., Sandoval P., P., Ávila D., M., de la Fuente, N., Linaje T., M., & Valencia C., C. 2017. Evaluación de la actividad antimicrobiana y perfil fitoquímico del *Agave lechuguilla* Torr. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 217-22.
- Padilla V., G. 2004. Pruebas de germinación en semillas de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) utilizando extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) bajo condiciones de laboratorio. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pedreros L., A. 2022. Manual del Manejo agronómico del arándano. Capítulo 8: Malezas y su Manejo. INIA, 63-75.
- Peña R., A., Morreeuw P., Z., García, J., Rodríguez, M. C., Guzmán, L., Escobedo, C., Tovar, D., Reyes, A. G. 2020. Evaluación del Extracto Crudo del

Subproducto *Agave lechuguilla* como Aditivo Alimentario para Juveniles de Camarón *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*. (51) 4, 1336-1345

Peralta, G. G., & Pino, P. S. 2011. Eficiencia de las dosis de diferentes formulaciones del herbicida atrazina+ simazina en el control de malezas en el cultivo de maíz. *Investigación Agraria*, 13(2), 81-86.

Pérez, V. A. y Landeros, S. C. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura* 16 (73): 19-25.

Pina, J. I. 2012. Clasificación Toxicológica y Etiquetado de Productos Fitosanitarios. Criterios Regulatorios Locales e Internacionales. Buenos Aires: ILSI Argentina, 1a ed. 40 p.

Pineda, M. 2007. Flujo de energía y cadenas tróficas. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba. España. pp. 39-45

Puente, C. A., Meza, C., Ochoa, D., y García, S. 2017. Effect of in vitro drought stress on phenolic acids, flavonols, saponins, and antioxidant activity in *Agave salmiana*. *Plant physiology and biochemistry*, 115, 400-407.

Ranal, M. A., y Garcia, D. 2006. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1–11. doi:10.1590/s0100-84042006000100002

Ríos, A. 2007. Manejo de malezas en pasturas. Jornada de Instalación y Manejo de Pasturas. Memorias. Montevideo, INIA, 39-50.

Robles, E. R., De la Cruz, R. S. 2016. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. SAGARPA

Rocafuerte R., Á. E. 2019. Herbicidas postemergentes en el manejo de control de malezas y su efecto en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad Técnica de Babahoyo Facultad De Ciencias Agropecuarias.

- Rojas V., Á. N., Abad D., A. B., Butrón R., J., Woo R., J. L. 2017. Acolchados plásticos con herbicida para controlar coquillo amarillo (*Cyperus esculentus* L.) en tomate. XXXVIII Congreso mexicano de la ciencia de la maleza, 4, 8-9.
- Rosales, E. 2018. Práctica 10. Modo de acción de herbicidas. Manual de prácticas de Control de la Maleza. UNAM.
- Rosales R., E., Sánchez, R., Salinas, J. R. 2005. Periodo crítico de competencia del polocote (*Helianthus annuus* L.) en sorgo para grano. Agrocienca 39:205-210.
- Rosales R., E., Sánchez, C. R., Salinas, G. J. R., Pecina, Q. V., Loera, G. J., Esqueda, E. V. A. 2006. Periodo crítico de competencia de la correhuella perenne (*Convolvulus arvensis* L.) en sorgo para grano. Revista Fitotecnia Mexicana 29(1):47-53.
- Sampietro, D. 2003. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad de Tucumán, Argentina.
- Santos, A. G. 2020. Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao. Universidad San Francisco de Quito, Colegio Politécnico de Ciencias e Ingenierías.
- Shou, Y. H. y Yu, J. Q. 2006. "Allelochemicals and photosynthesis." En: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; González, L. Allelopathy: a physiological process with ecological implications. Netherlands. Springer. P. 127-139.
- Soto, Gabriela. 2020. El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. Revista de Ciencias Ambientales, 54(1), 215-226. <https://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.13>

- Torres M., J. G., López R., F. J., Monroy M., S. 2013. Diplomado: Introducción a la Normatividad, Biología y Epidemiología de Plagas Reglamentadas Módulo 2. Introducción a las Plagas Fitosanitarias. SENASICA. Extraído de: https://es.slideshare.net/SINAVEF_LAB/diplomado-malezas#
- Tropicos. 2022. Tropicos.org. Jardín Botánico de Misuri. 13 de julio de 2022 <<https://tropicos.org>>
- Vázquez G., J. G., Palma B., C., Jiménez C., F., Arévalo M., J. C., y Domínguez, J.A. 2017. Efectividad de Indaziflam y Tembotrione en Mezcla con Herbicidas Comunes en Caña de Azúcar. XXXVIII Congreso mexicano de la ciencia de la maleza, 4, 40-50.
- Vibrans, H. 2011. Taller de identificación de Malezas. Manejo de Malezas en México, 1, 293-308.
- Walsh, G. C. 2014. El Control Biológico de Malezas. Memorias Congreso Colombiano de Entomología, 75.
- Weyland, F., Poggio, S. L., & Ghera, C. M. 2008. Agricultura y biodiversidad. Ciencia hoy, 106, 27-35.
- Willer, H., Trávníček, J., Meier, C. y Schlatter, B. 2022. The World of Organic Agriculture 2022. (28ª ed.) FiBL e IFOAM.