

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO PARASITOLOGÍA



Control de Especies de Maleza de la Familia Convolvulaceae con Extractos  
Vegetales en el Cultivo del Agave *Tequilana weber*

Por:

**JOSÉ ANZIEL AGUILAR ESPINOSA**

TESIS

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México.  
Marzo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO PARASITOLOGÍA

Control de Especies de Maleza de la Familia Convolvulaceae con Extractos  
Vegetales en el Cultivo del Agave *Tequilana weber*

Por:


**JOSÉ ANZIEL AGUILAR ESPINOSA**


TESIS


**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

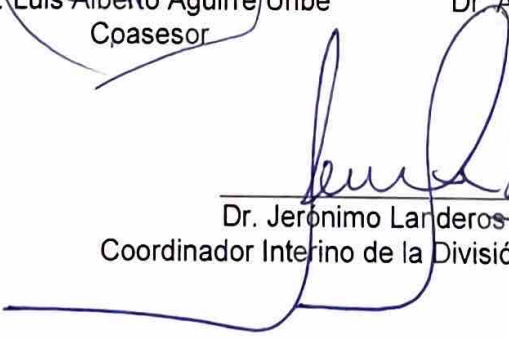
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Agustín Hernández Juárez  
Asesor Principal Interno

  
Dra. Miriam Sánchez Vega  
Asesor Principal Externo

  
Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe  
Coasesor

  
Dr. Armando Hernández Pérez  
Coasesor

  
Dr. Jerónimo Larderos Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.  
Marzo, 2023


## 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 el 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



**José Anziel Aguilar Espinosa**

Nombre y Firma

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS

Por darme la vida y la oportunidad del logro, sin ello no hubiera sido posible obtener uno de mis anhelos más deseados, mi carrera profesional. Gracias *Señor* por estar conmigo en toda adversidad y nunca hacerme perder la Fe, el Amor y la Esperanza de un mejor porvenir.

### A MI ALMA TERRA MATER

Por formarme como profesionista con valores éticos durante mi estancia en la Universidad, por compartir ilusiones, anhelos y sobre todo por ayudarme a ser un instrumento y de esta forma producir sustentabilidad en la Madre Tierra.

### COMITÉ DE TESIS

A la asesora que contribuyó a mi formación profesional al brindarme su amistad y parte de sus conocimientos **Dra. Miriam Sánchez**, sin su colaboración y sus sabios consejos no hubiese sido posible culminar exitosamente la tesis.

**Dr. Agustín Hernández Juárez** agradezco su tiempo y la oportunidad de poder ser su tesista, así como a los miembros de mi comité que con sus aportaciones y facilidades a este trabajo pudo ser culminado.

A la empresa **GreenCorp** y el **Dr. Fulgencio Martín Tucuch** por hacerme participe de sus proyectos.

### AMIGOS

A todos mis amigos que contribuyeron de alguna u otra manera para este logro y hacer mi vida universitaria más amena:

**Alexandro Aguilar, Reyes Castillo, Daniel Castillo, Albino Cruz, Rafael Díaz, Javier Flores, Hendrihs Jaimes, Ángel Lemus, Marco Ramírez y Armando Victoria;** así como a

**Fernanda Torres, Diana de Dios, Gabriela Chaverría y Ciro Carrillo.**

Gracias por su amistad incondicional.

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES

**JOSÉ AGUILAR CONTRERAS**

**MARGARITA ESPINOSA PERALTA**

Este triunfo es de ustedes. Gracias por su amor, apoyo y orientación que me han dado incondicionalmente, por iluminar mi vida y las esperanzas que tuvieron en mi para poder lograrlo.

A MIS HERMANOS

**PEDRO**

Recuerdo que juntos pasamos momentos muy difíciles y este logro quiero compartirlo contigo por demostrarme tu amistad, respeto y cariño, tú siempre me has dado aquella palabra de fuerza y fe para encontrar la salida

**JAIME**

Por ser un guía para seguir en el desarrollo del bienestar familiar y nunca decaer en los momentos difíciles. Tu ejemplo ha sido energía para seguir adelante. Agradezco tus esfuerzos y sacrificios, hoy la familia tiene un destino diferente.

A MIS SOBRINOS

**KAROL, SAID, LUPITA, AXEL Y DARA.**

Por darme la motivación y energía para seguir adelante. Gracias por tantos momentos tan felices.

**ANGELICA CARRIZAL**

Gracias por ofrecerme tu amistad y respeto por compartir esos momentos buenos y malos en la vida.

**CAROLINA GARCIA**

Eres una persona muy importante y única en mi vida. Gracias por todo lo compartido, tal vez nuestro amor duro unos días en nuestra vida o tal vez nos amamos una vida en tan solo unos días.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Generalidades del cultivo del agave .....	4
2.2. Clasificación taxonómica del agave .....	6
2.3. Características botánicas del agave .....	6
2.4. Técnicas de cultivo.....	7
2.4.1. Clima y suelo.....	7
2.4.2. Establecimiento de la plantación .....	8
2.4.3. Selección del terreno.....	8
2.4.4. Establecimiento de la plantación .....	8
2.4.5. Nutrición .....	9
2.5. Características de la familia Convolvulaceae.....	10
2.5.1. Clasificación taxonómica .....	12
2.5.2. Características botánicas .....	12
2.5.3. Importancia de <i>Ipomoea purpurea</i> .....	14
2.5.4. Medidas de manejo de <i>I. purpurea</i> .....	16
2.6. Resistencia de malezas a herbicidas.....	17
2.6.1. Resistencia.....	17
2.6.2. Tipos de resistencia.....	18
2.6.3. Tolerancia.....	19
2.7. Manejo integrado de la maleza .....	20
2.7.1. Descripción de los métodos de manejo de malezas.....	21
2.8. Extractos vegetales.....	23
2.8.1. Clasificación de extractos .....	23
2.8.2. Métodos de obtención de extractos vegetales .....	24
2.8.3. Uso de extractos en el combate de la maleza .....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1. Ubicación del experimento .....	28

3.2. Manejo del cultivo del agave .....	28
3.2.1. Funcionalidad de los productos aplicados .....	29
3.3 Establecimiento de la maleza .....	30
3.4. Descripción y obtención de los extractos vegetales en prueba.....	30
3.4.1. Extracto de girasol <i>Helianthus annuus</i> .....	30
3.4.2. Extracto de amargosa ( <i>Parthenium</i> sp). .....	31
3.4.3. Extracto de Neem-Canela .....	31
3.4.4. Extracto de Canela ( <i>Cinnamomum verum</i> ) .....	32
3.4.5. Extracto de Gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> ).....	32
3.4.6. Producto químico.....	33
3.4.7. Tween 80®.....	33
3.4.8. Green Oil® .....	33
3.4.9. Prototipo A3 GreenCorp .....	34
3.4. Bioensayos en semilla .....	34
3.5. Experimento de campo .....	35
3.6. Variables evaluadas.....	36
3.7. Análisis estadístico.....	38
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
4.1. Identificación de la maleza por familia .....	39
4.2. Pruebas de germinación en laboratorio .....	41
4.3. Evaluación en el control de la maleza en el cultivo del agave en campo	
43	
4.3.1. Análisis de varianza.....	43
4.3.2. Comparación múltiple de medias entre variables .....	43
4.3.3. Análisis de los extractos en la maleza sin interferencia del cultivo	49
4.3.4. Acumulación de biomasa .....	51
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>VI. LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Lista de tratamientos aplicados a semillas de <i>Ipomoea</i> spp, para evaluar inhibición en el crecimiento de plantúlas, durante el proceso de germinación.....	35
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de los tratamientos para aplicación en campo.....	36
<b>Cuadro 3.</b> Abundancia de familias y especies de maleza identificadas en el cultivo de agave, establecido en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022.	39
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza en la evaluación de extractos vegetales para el control de maleza en el cultivo de agave, Buenavista, Saltillo Coahuila, México, 2022. ....	43
<b>Cuadro 5.</b> Cuadro de medias del porcentaje de daño a la maleza.....	47
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza de dos variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos de extractos en malezas, este se utilizó como modelo testigo en el llamado bajío de la UAAAN, Saltillo Coahuila, México 2022.....	49
<b>Cuadro 7.</b> Representación agrupada de las medias de los tratamientos por daño a la maleza fuera del cultivo.....	51
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza de cuatro variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos de extractos en malezas sobre el peso, esto se realizó en el llamado bajío de la UAAAN, Saltillo Coahuila, México 2022. ....	51



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Agave tequilana tomada en el Estado de Morelos por Anziel Aguilar Espinosa. ....	7
<b>Figura 2.</b> Algunas especies de <i>Ipomoea</i> que son enredaderas.....	11
<b>Figura 3.</b> Clasificación de extractos.....	25
<b>Figura 4.</b> Representación de los individuos de cada familia en el experimento .....	40
<b>Figura 5.</b> Germinación de semillas de <i>Ipomoea</i> spp sometidas al efecto de extractos vegetales con una concentración del 40% (v/v). ....	42
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de Cobertura de maleza en el cultivo de Agave, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022. ....	44
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de daño a la maleza por el efecto de extractos vegetales, aplicado en el cultivo del agave;. ....	45
<b>Figura 8.</b> Visualización del daño a la maleza en parcelas experimentales por efecto de extractos vegetales para su control. ....	47
<b>Figura 9.</b> Representación del porcentajes de cobertura (%COB) y daño a la maleza (%DAM). ....	50
<b>Figura 10.</b> Peso de Maleza Fuera del cultivo donde se muestra el peso de maleza y los pesos frescos y secos de los diferentes tratamientos. ....	53
<b>Figura 11.</b> Peso de Maleza Dentro cultivo donde se muestra el peso de maleza y los pesos frescos y secos de los diferentes tratamientos. ....	54

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, El objetivo estuvo enfocado al efecto ocasionado por aleloquímicos presentes en extractos etanólicos de diferentes plantas (girasol, nim, gobernadora, hierba amargosa, muérdago y canela). Para la preparación de los extractos, las plantas se dejaron secar tanto a temperatura ambiente como en estufa de secado a una temperatura de 40°C y posteriormente se molieron en una licuadora, los polvos se pusieron en reposo durante 15 días en alcohol absoluto y posteriormente para la separación de las fases, se rotavaporaron. Una vez obtenidos los extractos de cada planta, se procedió a hacer una prueba germinación, con la finalidad de establecer las concentraciones (% v/v) a utilizar en campo y observar los efectos en *Ipomoea* spp a nivel de semilla y plántula. En campo, se sembró la semilla de la maleza cerca del cultivo de agave (con 102 días de prendimiento), una vez germinada la maleza y establecida con 3 a 4 hojas verdaderas, se aplicaron los tratamientos correspondientes a su control (se utilizaron dos surfactantes para potenciar el efecto de los extractos), se evaluó el porcentaje de fitotoxicidad provocado por los extractos, tanto al cultivo como a la maleza, se consideró a *I. purpurea* y a otras especies que se establecieron para medir el daño de cobertura y maleza, también se evaluó el porcentaje de cobertura, antes y después de las aplicaciones. Los extractos que generaron mayor porcentaje de control y que no ocasionaron fitotoxicidad al cultivo se encontró que el porcentaje de cobertura (%COB) tuvo diferencias significativas entre los tratamientos, es importante indicar que esta variable se evaluó posterior a las dos aplicaciones de los tratamientos, por lo que los resultados están relacionados directamente con los efectos de los extractos, siendo más específico los tratamientos de Canela y el Prototipo A3 de GreenCorp, fueron los que tuvieron mayor efecto fitotóxico a nivel de porcentaje de cobertura con un 100 y 95 respectivamente sobre la maleza que interaccionó con el cultivo de agave; mientras que los extractos etanólicos (Girasol y *Parthenium*) no son tan eficaces y eficientes en campo para el control de la maleza.

## INTRODUCCIÓN

En México, aproximadamente 558 municipios se dedican a la producción de agave, la cadena de valor representa una fuente importante de desarrollo regional para los productores (pequeños y grandes), además que comparten aspectos étnicos, culturales, sociales, económicos, ambientales y productivos (SIAVI, 2016).

México cuenta con cerca de 330,000 hectáreas de agave en explotación, con 9,000 productores, esta actividad genera 29,000 empleos directos e indirectos. En el Maguey-Mezcal actualizado en 2006, se señala la existencia de 625 fábricas, 80 plantas envasadoras y 130 marcas de mezcal. Para 2014 el número de marcas registradas ascendió a 362 y la producción de mezcal aumentó un 48% en los últimos 3 años, datos reportados sin considerar a la producción de Agave-Tequila (COMERCAM, 2015 citado por Chávez-Parga *et al.*, 2016).

Así, las plantas que están sujetas a desarrollarse en el mismo lugar de su germinación experimentan competencia, provenientes de sus vecinos de una manera más agresiva que en el caso de los animales, donde este sedentarismo y anclaje son menos acentuados, y otros tipos de defensa como el escape, la evasión y el mimetismo, son las que se han perfeccionado evolutivamente. Esta característica de un restringido movimiento en las plantas ha sido compensada evolutivamente con otros mecanismos de defensas, subdivididas en mecánicas, fenológicas y químicas. Entre las mecánicas encontramos la formación de espinas, aumento en la dureza de sus hojas mediante una mayor deposición de sílice y presencia de tricomas entre otros; las cuales afectaran la morfología de la planta. Entre las defensas fenológicas encontramos, por ejemplo, una rápida reposición de biomasa perdida y “escape fenológico”, definido como el ajuste del ciclo biológico de las plantas para evitar condiciones de estrés o más favorables, para disminuir la disponibilidad de las plántulas cuando los herbívoros son más activos. Por último, las defensas de tipo química (constitutiva o inducida), están representadas por aquellos compuestos de origen secundario que actuaran en detrimento del estrés ocasionado a la planta, como, por ejemplo, contra la herbívora, áfidos o patógenos. Todas ellas, de manera individual, aditivas o

sinérgicas, les han aportado a las plantas una excelente capacidad adaptativa, confiriéndolas de una alta prevalencia para algunas especies, en diferentes nichos ecológicos. Las defensas de tipo químicas son metabolitos secundarios, responsables de la transmisión de información de las plantas con su entorno, e incluyen la interacción planta-planta, planta-insectos y planta-microorganismo (Oliveros-Bastida, 2008).

Las malezas son uno de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de agave, al no controlarse a tiempo y de manera adecuada estas pueden llegar a ocasionar severos daños al crecimiento y desarrollo de la planta. Cuando hay presencia de malezas, los rendimientos del cultivo bajan, además de que se convierten en plantas hospederas de insectos plaga y vectores de enfermedades. Es de vital importancia el manejo integrado de las malezas, basado en el conocimiento de las características biológicas de estas y vinculado al manejo del cultivo (INTAGRI, 2022). Con base en el contexto anterior, en el presente trabajo se buscó el aprovechamiento de algunas plantas con propiedades alelopáticas, mediante extractos vegetales etanólicos para el control de malas hierbas como *Ipomoea purpurea*, en el cultivo de agave. La familia Convolvulacea alberga un número de especies consideradas como de las peores malezas o plantas perjudiciales, que han adquirido incluso resistencia a herbicidas, y el agave no escapa al efecto de estas, plantas, debido a ello que esta investigación se centra en esta familia.

## 1.1 **Objetivo**

Evaluar el efecto herbicida de extractos vegetales etanólicos en pre y postemergencia sobre *Ipomoea* spp y otras arvenses asociadas al cultivo de agave; así como determinar el nivel de fitotoxicidad de los extractos sobre la planta de agave.

## 1.2 Hipótesis

Existe un control eficiente con extractos vegetales de plantas alelopáticas, en arvenses que crecen en el cultivo del agave, incluyendo especies de la familia Convolvulaceae como *Ipomoea purpurea* y los extractos vegetales, no ocasionan fitotoxicidad al cultivo.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del cultivo del agave

El género *Agave* se ubica en la familia Agavaceae, donde se incluyen varias especies de plantas adaptadas a condiciones de aridez; tienen una forma característica de roseta y poseen raíces muy ramificadas, cutícula gruesa, hojas suculentas con estomas hundidos y metabolismo fotosintético tipo CAM (Ordaz *et al.*, 2008).

México es el centro de origen y diversidad natural del género *Agave* y se encuentra distribuido principalmente en ecosistemas áridos. Su importancia ecológica radica en el número de especies animales y vegetales con las cuales establece asociaciones y en su capacidad de retención de suelos (Esqueda *et al.*, 2013). Existe también una antigua e intensa relación entre los humanos y los agaves por lo que se suma a su importancia, variantes con importancia regional, nacional e internacional, de las cuales hay un conocimiento tradicional considerable y una variación morfológica alta (Mora-López *et al.*, 2011).

La estrecha relación establecida entre los mexicanos y el agave permanece hasta nuestros días, estas plantas satisfacen varias de las necesidades de los pobladores de las zonas áridas y semiáridas del país, e incluso llegan a ser el soporte de importantes actividades económicas generadoras de riqueza como lo son la industria tequilera, mezcalera y de fibras naturales (Esqueda *et al.*, 2013). Por otro lado, el crecimiento muy lento de estas plantas, así como sus bajas tasas de reproducción asexual y reproducción sexual limitada por problemas de polinización y viabilidad de las semillas, son factores que hacen a los agaves difíciles de multiplicar masivamente por métodos convencionales. Estos mismos factores limitan las posibilidades de mejoramiento de las especies cultivadas (Ordaz *et al.*, 2008).

El género *Agave* tiene importancia económica desde tiempos inmemoriales y varias especies han estado ligadas a los habitantes de Mesoamérica desde hace unos 10,000 años (Mora-López *et al.*, 2011). Desde épocas prehispánicas las

agaváceas se han utilizado para cubrir diversas necesidades de tipo alimenticio, habitacional, espirituales y de recreación (Esqueda *et al.*, 2013). Los tallos (piñas), quiotes (inflorescencias inmaduras), bases de las hojas y flores son parte de la dieta en muchas regiones del país, mientras que las hojas se usan como forraje para el ganado. El aguamiel, obtenido de la piña y de la base del quiote de varias especies de *Agave* ha sido un complemento muy importante en la dieta de los pobladores de las zonas áridas. Asimismo, es la base en la agroindustria, ya que puede fermentarse para obtener pulque, concentrarse para obtener miel de maguey, así como ser procesada para obtener fructosa (Ordaz *et al.*, 2008).

El agave se considerada como una planta de vital importancia para la población indígena y mestiza (CDI, 2010) es un recurso natural tradicionalmente utilizado para la elaboración de comidas, bebidas, medicina, fertilizantes, entre otros usos más (García, 2007).

El uso del agave para la producción de alimentos o bebidas también genera tensiones en el tema ambiental. Particularmente, la producción artesanal de mezcales a menudo implica el uso de las poblaciones silvestres, de las cuales se extrae la planta en el estado previo a la floración y formación de semillas, cuando los azúcares se concentran en el centro o cogollo y presenta las mejores características para el proceso de fermentación. La extracción no regulada de las plantas genera una merma en la disponibilidad de agave que repercute en la dinámica ecológica del entorno (Illsley *et al.*, 2005).

Por otro lado, en el caso de las plantaciones industriales, el elevado uso de químicos y el monocultivo que se hace para incrementar la producción contribuye a salinizar los suelos del entorno y los lleva a un deterioro gradual pero irreversible, que incrementa los costos de la plantación año con año para mantener su productividad (Bautista y Smit, 2012)

## 2.2. Clasificación taxonómica del agave

La clasificación botánica del agave (*Agave tequilana*) es la siguiente (Quishpe, 2019):

Reino: Plantae

Sub-reino: Embryobionta

División: Manoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Asparagales

Familia: Agavaceae

Género: *Agave*

Especie: *Agave tequilana*

F. A. C. Weber (1902).

## 2.3. Características botánicas del agave

La especie *A. tequilana* variedad azul pertenece al subgénero *Agave* y a la sección *Rigidae*, a la cual también pertenecen una gran cantidad de especies fibreras y mezcaleras que se extienden en México y Centroamérica estando ausentes en los Estados Unidos. Este grupo es reconocible por la forma de sus hojas angostas y muy rígidas.

Planta suculenta que se extiende radicalmente de 1.2 a 1.8 m de longitud. Su tallo es grueso, corto de 30 a 50 cm. de altura al madurar. Las hojas de 90 a 120 cm, lanceoladas, acuminadas de fibras firmes, casi siempre rígidamente estiradas, cóncavas de ascendentes a horizontales; lo más ancho se encuentra hacia la mitad de la hoja, angosta y gruesa hacia la base, generalmente de color glauco azulado a verde grisáceo. El margen es recto a ondulado, los dientes generalmente de tamaño regular y espaciados irregularmente, en su mayoría de 3 a 6 mm de largo a la mitad de la hoja. Los ápices delgados, curvos o flexos desde poca altura de la base piramidal de color café claro a oscuro, de 1 a 2 cm de largo, raramente larga achatada o abiertamente surcada de arriba, la base ancha, café obscura decurrente o no decurrente (Figura 1). La inflorescencia es una panícula de 5 a 6 m de altura, densamente ramosa a lo largo, con 20 a 25



umbelas largas difusas de flores verdes y estambres rosados. Flores de 68 a 75 mm de largo con bractéolas sobre los pedicelos de 3 a 8 mm de longitud. Ovario de 32 a 38 mm de largo, cilíndrico con cuello corto, inconstricto, casi terminado en punta sobre la base. Tubo floral de 10 mm de ancho, funeliforme surcado, los pétalos desiguales de 25 a 28 mm de longitud por 4 mm de ancho, lineares, erectos, pero rápidamente flojos en anthesis, cambiando entonces a color café y secos. Filamentos de 45 a 50 mm de longitud, dobladas hacia adentro junto al pistilo, insertos de 5 a 7 mm cerca de la base de tubo; anteras de 25 mm de largo. El fruto es una cápsula ovalada a brevemente cúspida (Rulfo *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Agave tequilana tomada en el Estado de Morelos por Anziel Aguilar Espinosa.

## **2.4. Técnicas de cultivo**

### **2.4.1. Clima y suelo**

La planta se desarrolla mejor en temperaturas de 15° a 25°C durante el día y de 10 a 15°C durante la noche. Las temperaturas extremas de calor o frío pueden llegar a afectar el desarrollo de las plantas e incluso causar su muerte. Los mejores suelos para el cultivo de agave son los francos y arcillosos, permeables, abundantes en elementos derivados del basalto, ricos en fierro y puede desarrollarse en suelos cuyo pH varía desde 6.0 a 8.5. El cultivo posee alta rusticidad, ya que pueden establecerse plantaciones desde terrenos planos hasta laderas pronunciadas y terrenos rocosos. Los trabajos más comunes para

preparar el suelo con el barbecho y rastra superficial para pulverizar los terrones más grandes, esta actividad dependerá de las condiciones de la superficie donde se cultivará y el sistema de producción (INTAGRI, 2020).

#### **2.4.2. Establecimiento de la plantación**

La multiplicación o propagación de la planta, se realiza por semilla, bulbillos o hijuelos (rizomas), siendo los hijuelos la forma comercial más empleada para reproducir esta especie. Una planta de agave está lista para reproducirse entre los 3 a 5 años, produciendo uno o dos hijuelos por año, estos pueden ser removidos y trasplantados como futuras plantas productoras, los bulbillos conservan las características genéticas de la planta madre, su desarrollo es más rápido y vigoroso, lo que hace este el sistema de reproducción más eficiente. El periodo más adecuado para establecer la plantación es aprovechando el ciclo de lluvias, esta se hace de manera manual, se entierra tres cuartas partes de la piña del hijuelo y después, se apisona la tierra alrededor de la planta para que el viento no la derribe (INTAGRI, 2020).

#### **2.4.3. Selección del terreno**

Requiere de climas con invierno benigno y periodos definidos de lluvias, suelos livianos con altos contenidos de óxidos y potasio que tengan drenaje y una alta exposición a los rayos solares (SAGARPA, 2017).

#### **2.4.4. Establecimiento de la plantación**

Se siembra preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. En la tierra labrada se plantan los hijuelos o semillas que se arrancan de una planta madre. Anualmente se ara la tierra y se podan las pencas para dejar solo las que rodean al cogollo; a esto se le llama barbeo. La madurez del agave es un largo proceso de evolución que tarda entre 6 y 8 años después de plantado, luego se lleva a cabo la cosecha y durante esta se realiza la jima, nombre que se le da a la actividad de cortar las pencas para extraer la piña del agave (SAGARPA, 2017)

#### **2.4.5. Nutrición**

La nutrición vegetal en cualquier sistema de producción debe tener el fin de mejorar el rendimiento y calidad del cultivo, con un enfoque económico, optimizando los recursos y a su vez ser amigable con el medio ambiente. En la nutrición del agave, el objetivo es comprender y poder corregir los factores asociados a ella que limitan el desarrollo del cultivo. Los mejores suelos para el agave son los francos y arcillosos, abundantes en elementos derivados del basalto, ricos en fierro. En la planta de agave se ha observado que cuando el suministro de nitrógeno es limitado, el crecimiento disminuye y las hojas se tornan en color verde en lugar de azul. En una deficiencia severa de N, las plantas envían el N presente en las hojas maduras hacia las hojas jóvenes, ante esta situación el rendimiento se ve afectado negativamente. Para otros nutrimentos, los síntomas visuales que presentan las hojas no pueden asociarse a un elemento en particular, por lo que para diferenciar los síntomas relacionados con una deficiencia nutricional o con una enfermedad, se requiere un análisis foliar nutricional (INTAGRI, 2020).

Los síntomas visuales en deficiencias en el agave se presentan tras un tiempo más largo en comparación con hortalizas y otros cultivos (INTAGRI, 2020).

#### **2.4.6. Manejo de la maleza**

La maleza constituye uno de los principales factores que limitan el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de agave azul, debido a que compiten por nutrimentos, agua, luz y espacio; también su presencia puede favorecer condiciones que permitan la incidencia de plagas y enfermedades. Con esto se disminuye la cantidad y calidad de las cosechas y se incrementa el costo de producción al hacerse necesario las labores de deshierbe y de control de enfermedades. Para el control de la maleza dentro de las plantaciones del *Agave tequilana*, se registran tres tipos: control mecánico, biológico y químico (Salamanca, 2007).

En el cultivo del agave generalmente se usan herbicidas en preemergencia, es decir, productos que se aplican antes de que la maleza emerja a la superficie, se requiere saber con anticipación a la siembra, cuáles malas hierbas se presentan; por tanto, este conocimiento permitirá la elección del herbicida más adecuado. Dentro de las actividades que se realizan para el control de la maleza en agave, cuando este es de temporal, es realizar el trasplante en seco y posteriormente aplicar Combine® (tebuthiuron) o el Krovar® (bromacil+diurón) que se activara en cuanto lleguen las lluvias. Cualquier otro herbicida debe aplicarse en suelo húmedo. Para lograr un mejor resultado, se sugiere trasplantar en seco y aplicar el herbicida después de la primera lluvia para que su aplicación sea más eficiente (Dominguez *et al.*, 2008).

La maleza que afecta al cultivo de agave va a variar dependiendo de la región donde se establezca el cultivo, por lo que puede afectar tanto maleza de hoja ancha, como de hoja angosta. El uso de herbicidas debe hacerse de acuerdo con recomendaciones técnicas, basadas en resultados de investigación que consideren seguridad al personal de campo y al cultivo, efectividad en el control de la maleza, bajo impacto al ambiente y a la economía del productor (Pérez y Rubio, 2007).

## **2.5. Características de la familia Convolvulaceae**

La familia Convolvulaceae, que comprende de 1,500 a 1,650 especies, incluye trepadoras, arbustivas, herbáceas, arbóreas e incluso parásitas, como las del género *Cuscuta*. Las convolvuláceas se distribuyen principalmente en áreas tropicales, de manera particular en zonas secas y luminosas (Dorado Ruiz, *et al.*, 2016). Una característica de esta familia es la presencia de látex en diversos órganos, el cual forma parte de la defensa química de la planta. El látex contiene resinas glicosídicas y alcaloides pirrolizidínicos, ambos con diversas propiedades biológicas (Miranda, 2010).

A esta familia pertenece el género *Ipomoea* L., que alberga de 500 a 700 especies, la mayoría herbáceas enredaderas y, en menor medida, leñosas arbustivas y arborescentes; la corola de las flores es campanulada y el fruto es

una cápsula (Díaz *et al.*, 2021). Algunas de sus especies destacan no sólo por las interacciones que mantienen con otros organismos, sino porque presentan alguna utilidad para los humanos, ya sea como alimento *Ipomoea batatas* (L.) Lam, para uso ornamental *I. purpurea* L. Roth o en la agricultura *I. murucoides* Roem. & Schult. (Díaz *et al.*, 2021).

Por otra parte, los quiebraplatos, como comúnmente se les conoce, son de hábito rastrero, bien sea trepadores o enredaderas; presentan flores de coloración morado-azulada y suelen asociarse con zonas ruderales y perturbadas (Figura 2) (Carranza, 2007). Sus flores abren en las primeras horas de la mañana, por lo que a la familia Convolvulaceae se le conoce como “*glorias de la mañana*”. En el centro de México florecen a mediados de otoño y comienzos de invierno, y son polinizadas por abejas (Razo-Leon, 2015), abejorros (Arias *et al.*, 2011), lepidópteros y dípteros (Liu, 2021). Los quiebraplatos pertenecen principalmente a la especie de *Ipomoea purpurea*, aunque a especies de enredaderas similares como *I. parasítica*, *I. tricolor* e *I. orizabensis* también se les asigna el mismo nombre común. Estas especies suelen estar en las cercas agrícolas, pero también son consideradas malezas arvenses, debido a que afectan cultivos como maíz, sorgo, café, algodón, frijol, calabaza, entre otros (Carranza, 2007).



**Figura 2.** Algunas especies de *Ipomoea* que son enredaderas.

No obstante, estas especies de *Ipomoea* son elementos importantes de la flora melífera y apreciadas como recurso etnobotánico, puesto que tienen valor como ornato. Ejemplo de ello es la *I. purpurea*, cuyas plantas y semillas se comercializan no sólo en invernaderos, sino en plataformas de venta digital, esta

especie también tiene actividad insecticida, y reportes de laboratorio establecen que incluso puede disminuir la supervivencia del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Arias *et al.*, 2011). En general, los queiebraplatos se han empleado tradicionalmente como laxantes, propiedad atribuida a las resinas glicosídicas presentes en el látex de las raíces tuberosas de *I. purga* e *I. orizabensis*. Esta última especie también tiene propiedades contra parásitos intestinales y para disminuir la fiebre (Díaz, 2009; Meira, 2012). En el caso de la *I. purpurea*, en otras partes del mundo se suelen preparar infusiones para detener hemorragias, y sus semillas, al igual que las de *I. tricolor*, tienen propiedades psicotrópicas; es decir, funcionan como sustancias que alteran el estado de ánimo de quien las consume y pueden causar alucinaciones (Meira, 2012). Por lo anterior, se emplean en rituales o ceremonias religiosas. Asimismo, la *I. tricolor* también ejerce alelopatía sobre plantas arvenses, actividad que se le atribuye a la resina glicosídica tricolorina-A (Díaz *et al.*, 2021). Están reportadas 50 especies de plantas de la familia Convolvulaceae que son usadas con propósitos medicinales en Asia y el Pacífico (Arias *et al.*, 2011).

### **2.5.1. Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales.

Familia: Convolvulaceae

(Vibrans, 2009)

### **2.5.2. Características botánicas**

Las convolvuláceas tienen hábito de crecimiento y forma de vida como plantas herbáceas, rastreras, trepadoras o volubles; el tamaño que pueden adquirir es desde los 0.2 a 2.0 m de longitud; son tallos generalmente ramificados en su

base, con pelos amarillos de 4.0 mm de largo, predominantes más en unas especies que otras. Las hojas tienen peciolo de 4.0 a 20.0 cm de largo, con pelos o tricomas; laminas foliares en forma de corazón, ovadas, enteras o trilobadas, o bien, raramente pentalobadas, es decir con cinco lóbulos, de 3.0 a 17.0 cm de largo y 2.0 a 15.0 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base cordada de seno profundo, con pelos esparcidos a densos en ambas caras, mismos que disminuyen con la edad, las inflorescencias son una cima de 1 a 5 flores o solitarias o dispuestas en las axilas de las hojas, pedúnculos de 0.2 a 18.0 cm de longitud, pedicelos de 5.0 a 20.0 mm de largo, ambos con pelos, brácteas lanceoladas, de 1.0 a 9.0 mm de largo, con pelos; sépalos desiguales: los exteriores lanceolados a angostamente elípticos, de 8.0 a 17.0 mm de longitud y 2.0 a 5.0 mm de ancho, acuminados, con pelos largos amarillos de base engrosada, los interiores angostamente lanceolados, de 8.0 a 17.0 m de longitud y 2.0 a 3.0 mm de ancho, acuminados, con bordes membranosos y secos, ligeramente pubescentes en la parte media; corola en forma de embudo, de color púrpura, rosa o blanca, el tubo frecuentemente de un color más claro, de 2.5 a 5.0 cm de longitud, sin pelos; filamentos de 1.3 a 3.0 cm de longitud, anteras de 1.0 a 3.0 mm de largo; ovario cónico, sin pelos, 3-locular, con 6 óvulos; estilo de 1.4 a 2.7 cm de longitud, estigma 3-globoso. El fruto es una cápsula, sin pelos, de 9.0 a 11.0 mm de diámetro, 6-valvar, 3-locular, con semillas; estas en forma de gajo, de 2.2 a 3.7 mm de largo y 3.1 a 5.0 mm de ancho, café, café rojizo o café oscuro, la cara dorsal muestra un surco longitudinal conspicuo, presenta costillas que coinciden con los bordes del gajo y con pelos largos y entrecruzados (Vibrans, 2009).

Muchas de las especies se pueden diferenciar a nivel de plántula por la forma de las hojas cotiledonares, pero en forma general, el hipocótilo es cilíndrico, de hasta 100.0 mm, sin pelos. Los cotiledones de lámina cuadrada a ampliamente aovada de 18.0 a 20.0 mm de largo y 8.5 a 20.0 mm de ancho, sin pelos. El epicótilo cilíndrico, de 1.0 a 17.0 mm de largo, con o sin pelos. Hojas alternas, primera hoja con pecíolo de 6.5 a 28.0 mm de largo, lámina cordiforme a triangular de 10.0 a 30.0 mm de largo y 7.5 a 30.0 mm de ancho; segunda hoja con pecíolo de 3.0 a 23.0 mm de largo, lámina similar a la primera, de 10.0 a 30.0 mm largo y 6.0 a 21.0 mm de ancho (Vibrans, 2009).

Este tipo de plantas se pueden encontrar en hábitat de forma arvense, como maleza en cultivos, o como ruderales, en áreas cerca de construcciones; su distribución por tipo de zonas bioclimáticas son los matorrales xerófilos, pastizal, bosque de encino y eucalipto. Su distribución altitudinal, indica que se puede encontrar en el Valle de México desde los 2,650 m y también se reporta en altitudes que van desde los 850 a 2,500 m como la región del Bajío de México (Vibrans, 2009).

Normalmente las especies de convolvuláceas se propagan por semillas, su ciclo es anual, se encuentran de forma vegetativa normalmente en México, en los meses de abril a agosto, florece de junio a noviembre y fructifica de agosto a diciembre. En el Bajío florece de julio a diciembre (Vibrans,2009).

### **2.5.3. Importancia de *Ipomoea purpurea***

Los cacahuates y los quiebraplatos son grupos que albergan especies muy importantes en los ecosistemas que habitan. Dichas especies son fuente de productos valiosos para la sociedad y tienen un gran potencial para la obtención de moléculas con actividad insecticida, herbicida y medicinal. Diversos grupos de investigación en México y en el mundo que indagan en torno a estas especies de Convolvulaceae destacan aquellas de índole ecológica, agrícola, fitoquímica, farmacológica y etnobotánica, entre otras (UAEM, 2021).

En cultivos como algodón y café, por ejemplo, el manejo de las especies de *Ipomoea* es crítico en todas las etapas de crecimiento del cultivo, desde la emergencia hasta las etapas más tardías en donde se enredan en los tallos, hacen difícil su control, limitan la calidad de la recolección y deterioran la producción final (Arias *et al.*, 2011).

La *I. purpurea*, se adapta a cualquier sistema de cultivo siempre y cuando las temperaturas sean suficientemente cálidas, es considerada arvense invasora en la medida que es una planta naturalizada que se reproduce abundantemente a considerable distancia de sus plantas parentales y posee potencial para



extenderse sobre áreas considerables. Si el medio ambiente es frío o la luz es insuficiente, las plantas no enredarán y florecerán tan pronto como uno o dos pares de hojas verdaderas se hayan desarrollado (por eso es por lo que las plantas de edad muy joven pueden producir flores tan precozmente 20 o 15 días después de siembra). Si la temperatura es cálida y el ambiente húmedo o bajo óptimas condiciones, la enredadera se volverá más larga y no florecerá antes de tiempo. Esta especie puede crecer con facilidad en climas tropicales y subtropicales, aunque también puede desarrollarse en ambientes cálidos y en clima frío moderado. Se reproduce tanto por semillas como vegetativamente, los suelos ricos o fertilizados tienden a favorecer el crecimiento vegetativo sobre la floración (Arias *et al.*, 2011). Son plantas con alto grado de autofecundación, pero al mismo tiempo tienen gran éxito en la polinización cruzada (Arias *et al.*, 2011).

*I. purpurea* se destaca por ser ornamental, melífera, forrajera, por su hábito trepador compite por espacio y luz, principalmente cuando se presenta en cultivos perennes o frutícolas y otras plantas, dificulta las labores propias de los cultivos, interfiere con el eficiente desarrollo de las cosechas e indirectamente (o directamente), puede incidir en la dinámica de insectos plaga y el desarrollo de enfermedades (Pedraza y Plaza, 2007).

Las flores, semillas, raíces y tallos de las plantas se han usado como laxantes. Las semillas contienen alcaloides alucinógenos que son tóxicos (Arias *et al.*, 2011).

En varios géneros de la familia Convolvulaceae, donde *Ipomoea* es uno de los más grandes, se han descubierto síntesis bioquímicas exclusivas como la producción, y posterior acumulación de alcaloides ergolínicos, de naturaleza similar a los producidos por el ergot del centeno *Claviceps purpurea*, considerados tóxicos para el ser humano. Hay fuertes indicaciones de que *Ipomoea asarifolia* Roem. *et* Schult, es colonizada por un hongo clavicipitaceo productor de alcaloides ergolínicos que sería el responsable de la acumulación de dichas sustancias dentro de la planta. Este hongo está equipado con material genético esencial para la síntesis de alcaloides ergolínicos y es transmitido a las

semillas. Así, ambos organismos simbióticos (planta y hongo) están en contacto con los alcaloides (Arias *et al.*, 2011).

#### **2.5.4. Medidas de manejo de *I. purpurea***

La dificultad de control es baja en el caso de poblaciones con pocos ejemplares, es decir, que al tratarse de una especie anual que se reproduce por semilla, la retirada manual de las plantas puede ser suficiente en los casos de invasiones más o menos localizadas. No obstante, la operación debe repetirse durante 2 o 3 años, manteniendo un esfuerzo a largo plazo, para agotar el banco de semillas del suelo (Lázaro-Bello, 2011).

En cuanto al uso de herbicidas, en EE. UU. se han controlado las especies de este género con imazapir. No obstante, este producto ejerce un efecto muy negativo sobre la flora autóctona. Su actividad residual se puede prolongar durante varios meses, además de presentar una toxicidad moderadamente alta para los peces. También ejerce un buen control sobre las especies del género *Ipomoea* el herbicida fluometuron. No se ha utilizado por el momento ningún método biológico de control (Lázaro-Bello, 2011).

Propuesta de medidas de seguimiento y control poblacional de la especie (Lázaro-Bello, 2011):

- Retirada manual o mecánica de las plantas que se encuentren presentes en hábitats de interés comunitario.
- Asegurar la limpieza y desinfección previa de cualquier tipo de maquinaria empleada en programas de acondicionamiento o restauración de ríos.
- Evitar el uso de esta planta como ornamental en zonas rurales y urbanizaciones aledañas a cauces fluviales.

- Establecimiento de un programa de seguimiento de especies exóticas invasoras que permita evaluar la tendencia de sus poblaciones.
- Realización de inventarios florísticos para determinar su área de distribución actual en el ámbito de estudio.

## **2.6. Resistencia de malezas a herbicidas**

### **2.6.1. Resistencia**

La resistencia es la capacidad inherente y heredable de algunos biotipos, dentro de una determinada población, de sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie. En este sentido, entendemos por biotipo a un grupo de individuos con un bagaje genético semejante y poco diferenciado del resto de los individuos de la misma población. Este grupo de individuos presenta un cambio en su genoma que les permite sobrevivir a la presión de selección impuesta por la continua aplicación del herbicida (De la Vega, 2013).

Cuando se expresa resistencia, los individuos que sobreviven son atípicos, normalmente están en baja frecuencia, y surgen luego de que una mutación (cambio en el genoma) les confiere esa capacidad de sobrevivir. Es importante aclarar también que el origen de esa mutación no está ligado al herbicida (De la Vega, 2013 ).

El desarrollo de resistencia por parte de las malezas es un proceso de cambio que se da por la selección natural y la presión de selección, las plantas desarrollan mecanismos para adaptarse a condiciones adversas del medio, como aquellas que pueden resistir la aplicación de herbicidas, la sequía, salinidad, etc., dentro de las cuales los biotipos susceptibles sufren la muerte, mientras que los resistentes producen progenie y prosperan. De esta forma, es que aumenta el porcentaje de resistencia y simultáneamente hay una

disminución de la susceptibilidad. Por esta razón, aumenta la población de plantas resistentes, convirtiendo el control de estas en una de las actividades más difíciles de ejecutar en los campos de producción agrícola (Broce y Lopez, 2021).

La generación de la resistencia de la maleza es dada por la presión de selección por factores externos, entre estos las diversas medidas de manejo de la maleza, el control químico es el que provoca el mayor efecto en la presencia de biotipos resistentes a herbicidas. En el caso de la producción de cultivos resistentes a glifosato, en este cultivo se da la aplicación repetida de este potente herbicida a los campos de maíz y de ahí el surgimiento de malezas resistentes. Las constantes aplicaciones de glifosato provocan una alteración genética en la maleza, como *Lolium rigidum*, que ya requiere de dosis supremamente altas. El tener que aplicar dosis altas además de generar pérdidas económicas, también ocasiona un mayor impacto en los ecosistemas del suelo, ya que puede causar intoxicaciones en la microflora y fauna (Broce y Lopez, 2021).

### **2.6.2. Tipos de resistencia**

La evolución de un organismo a resistente depende del mecanismo de acción que le confiere la resistencia. La resistencia cruzada se define como aquella por la que un individuo es resistente a dos o más herbicidas debido a un sólo mecanismo de resistencia; la resistencia cruzada negativa se interpreta como aquella especie resistente a cierta molécula que experimenta un aumento en la sensibilidad a otras moléculas con diferente modo de acción. El empleo de mezclas o las aplicaciones secuenciadas con herbicidas de distinto modo de acción es una forma efectiva de retardar la evolución de resistencia, pues los mutantes resistentes a un herbicida serían controlados por el otro y viceversa. Claro está que el uso recurrente de una misma mezcla podría seleccionar biotipos que hayan acumulado mecanismos de resistencia a ambos herbicidas categorizada como resistencia múltiple, un ecotipo de maleza con resistencia simple es aquel que desarrolla mecanismos de resistencia a una molécula de herbicida que tiene un solo modo de acción; también afirma que los dos tipos de

resistencia que se encuentran con más frecuencia en el campo son la cruzada y la simple (Broce y Lopez, 2021).

Los mecanismos de resistencia son aquellos procesos que la planta utiliza para anular la fitotoxicidad del herbicida. Hay dos tipos de mecanismos para la que confieren resistencia a las malezas, el primero es una alteración en el sitio de acción, otro es debido a un cambio en cualquiera de los procesos que intervienen en la acción del herbicida y se conoce como resistencia de tipo metabólico. También existe la resistencia por secuestro del herbicida o reducción en la absorción (Taberner *et al.*, 2007).

### **2.6.3. Tolerancia**

La tolerancia es cuando todos los individuos son capaces de sobrevivir a la aplicación del herbicida, a una dosis recomendada. Es en estos casos se dice que la especie es tolerante. Se entiende entonces por tolerancia a la habilidad inherente de una especie de sobrevivir y reproducirse después de ser expuesta a un tratamiento herbicida. Si bien la resistencia y la tolerancia son dos términos que muchas veces se usan como sinónimos, no lo son y es importante entender las diferencias entre ambos cuando se trata de analizar fallas en el manejo de las malezas en un determinado cultivo.

Se han reportado algunos casos de resistencia y tolerancia de malezas a herbicidas en el cultivo de maíz en diferentes regiones del mundo. Por lo que existen biotipos resistentes a herbicidas en las especies: campanilla *Ipomoea purpurea*, pata de gallina *Cynodon dactylon*, botoncillo *Melanthera* sp y coyolillo *Cyperus* sp las cuales poseen diferentes reacciones a los herbicidas: paraquat, 2-4D y glifosato. La maleza coyolillo *Cyperus* sp es una de las especies que presenta un alto potencial de resistencia a los herbicidas, siendo esta un grave problema para los productores (Barillas y Echevoyen, 2014).

El glifosato es un herbicida que se utiliza desde hace 25 años aproximadamente. Por sus características de amplio espectro está orientado hacia cultivos con amplia distancia de siembra y perennes como el agave, banano, cacao, cítricos,

café, palma africana, varios cultivos anuales principalmente cultivos básicos, entre otros usos como el mantenimiento de muros y canales de riego. Este uso continuo ha facilitado la aparición de biotipos de malezas con la capacidad de tolerar y resistir las dosis con aumentos importantes en la población. Especies como *Commelina difusa*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Geophylla* sp, *Xanthosoma* sp, *Ipomoea* sp, *Vigna vexillata* y *Eleusine indica*, entre otras, han mostrado algún nivel de tolerancia una vez que productores y sus técnicos de campo han reportado deficientes niveles de control en las dosis recomendadas (Peñaherrera, 2013).

## **2.7. Manejo integrado de la maleza**

La agricultura es una de las actividades primordiales en el mundo, la cual garantiza la alimentación de la población y el sustento económico de los productores. Sin embargo, una de las problemáticas frecuentes es la aparición de malezas que desplazan a los cultivos, estas son controladas de forma mecánica manual o con maquinarias pesadas. Las malezas que no se controlan pueden generar pérdidas de 10 a 12 % de las cosechas e incluso la pérdida total, la aplicación foliar de herbicidas de rápida acción limita el desarrollo y la propagación de las malas hierbas, pero el inapropiado y excesivo uso de los químicos agrícolas ocasiona un desequilibrio ambiental, empobreciendo los suelos, contaminando los mantos acuíferos, disminuyendo la población de las abejas encargadas de la polinización y poniendo en riesgo la salud humana (Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2022).

El manejo integrado de la maleza es la selección, integración e implementación razonada y anticipada de todas las acciones encaminadas a manipular o incidir sobre la densidad de las poblaciones de maleza, incorporándolas al agroecosistema como un elemento más de sus componentes mediante la aplicación de una serie de principios y medidas para su manejo, favoreciendo especialmente el control natural y recurriendo al artificial o químico solamente en caso estrictamente necesario dentro de una estrategia integral que tome en cuenta las consecuencias, ecológicas y sociales (Domínguez *et al.*, 2008).

### 2.7.1. Descripción de los métodos de manejo de malezas

Existen varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel (FAO, 2016):

**Métodos preventivos:** incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una maleza exótica en el país o en un territorio particular.

**Métodos físicos:** arranque manual, escarda con azada, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo.

**Métodos culturales:** rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivos, acolchado y manejo de agua.

**Control químico:** a través del uso de herbicidas.

**Control biológico:** a través del uso de enemigos naturales específicos para el control de especies de malezas.

**Otros métodos no convencionales:** p.ej. la solarización del suelo.

Los métodos físicos mecánicos, se basan en la utilización de fuego y medios mecánicos, como herramientas manuales (azadón y pala), tracción animal y maquinaria agrícola (arado y surcadora). Se pueden también utilizar coberturas de plástico negro o de material natural "mulch" (residuos de malezas y cultivos) (Torres *et al.*, 2011).

Un método antiguo pero eficaz para el control de la maleza ha sido el deshierbe manual y/o el uso de cultivadoras. Sin embargo, las labores manuales se han ido dejando de ejecutar debido a sus altos costos. Por otro lado, las cultivadoras hoy en día son un auxilio aconsejable para el control de maleza. En muchos terrenos anegados o de drenaje deficiente, el uso de maquinaria para este fin no es una práctica acostumbrada, debido a que una vez que llueve es difícil que el tractor

entre a la parcela. No obstante, en ocasiones que existen períodos de ausencia de lluvias el agricultor puede cultivar, aunque estaría condicionado por el estado del clima (Salamanca y Medina, 2007).

En el caso del control biológico, este método se basa en la introducción de enemigos exóticos naturales en áreas, donde anteriormente no estaban presentes, para el control de una maleza específica. Por lo general el método se aplica, pero no siempre es el caso, a malezas exóticas. Esto se debe a que una maleza exótica es normalmente introducida en una nueva área libre de sus enemigos naturales normales, lo que crea un desbalance ecológico que posibilita su reproducción y diseminación con mucho más éxito que en su región de origen, donde es atacada por un número de enemigos naturales que reducen su competencia. Esta introducción de enemigos naturales, traídos del área de origen de la maleza a su nuevo hábitat exótico, es la que permite el control exitoso de la maleza y la restauración del balance natural (Labrada *et al.*, 1996).

Consiste en el uso de insectos u otros organismos enemigos naturales para el control de maleza específica. Tienen la limitante de que sólo deben actuar sobre la maleza para la cual se introdujo, ya que de lo contrario pueden convertirse en plaga de los cultivos. En la actualidad, se está haciendo énfasis en el estudio de la alelopatía, como una forma para lograr el control de ciertas poblaciones de maleza (Domínguez *et al.*, 2008).

Es realmente cierto que el éxito en la agricultura de los países desarrollados en las últimas décadas se debe en gran medida al uso de los herbicidas, como característica principal del empleo del control químico. La situación del agricultor de los países en desarrollo, sin embargo, difiere mucho de las de los países desarrollados. Los pequeños agricultores de los países pobres no poseen el poder económico que les permita adquirir herbicidas y los equipos indispensables para su aplicación, no excluida la compra de una simple mochila de aspersión. Además, en muchos países en desarrollo, el nivel cultural de los agricultores es sumamente bajo (por lo general, son analfabetos), lo que hace difícil el proceso de capacitación en el uso adecuado de herbicidas y en las formas de evitar los efectos secundarios indeseables que estos productos



químicos puedan causar, sobre todo cuando se aplican a dosis superiores a las normalmente recomendadas. Esto en ocasiones se traduce en problemas de fitotoxicidad sobre los cultivos de interés, efectos residuales en el suelo y afectaciones directas a la salud del agricultor (Labrada *et al.*, 1996 ).

Debido a que el uso de labores culturales no es una práctica común en la región para el control de malas hierbas por estar condicionado al temporal, la utilización de químicos juega un papel importante. Existe en el mercado un sinnúmero de productos químicos herbicidas. Al tratar de combatir malas hierbas, el agricultor debe saber antes cuáles va a controlar; para esto es importante el conocimiento que el productor tenga de su parcela, o bien, la observación de ella un año anterior le dirá qué malas hierbas existen. Debido a que en el cultivo del agave en la región generalmente se usan herbicidas en preemergencia, es decir, productos que se aplican antes de que la maleza emerja a la superficie, es necesario y con anterioridad a la siembra, saber cuáles malas hierbas se presentan; este conocimiento permitirá la elección del herbicida más adecuado (Salamanca y Medina, 2007).

## **2.8. Extractos vegetales**

En las plantas existen sustancias bioactivas que alteran la estructura celular (fitotóxica) con características deseables: biodegradables y de poca o nula toxicidad en mamíferos. Los compuestos bioactivos extraídos de los órganos de plantas (hojas, raíces, flores, tallos, y semillas) presentan el potencial fitotóxico, que los hace candidatos a bioherbicidas. Reportes como el uso de extractos metanólicos de rábano *Raphanus sativus* y colinabo *Brassica napobrassica* manifiestan efectos negativos en la germinación y vigor en los cultivos de lechuga *Lactuca sativa*, tomate *Solanum lycopersicum* y arroz *Oryza sativa* (Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2022).

### **2.8.1. Clasificación de extractos**

Dependiendo del grado de concentración de solventes extractivos, los extractos pueden clasificarse en:

**Extractos fluidos o líquidos:** los extractos fluidos, también conocidos como extractos líquidos, son preparaciones de sustancias vegetales que contiene alcohol como disolvente o preservante, o ambos, preparados de tal manera que cada mililitro contiene los constituyentes extraídos de 1.0 g del material crudo que representa (Amaguaña y Churuchumbi, 2018).

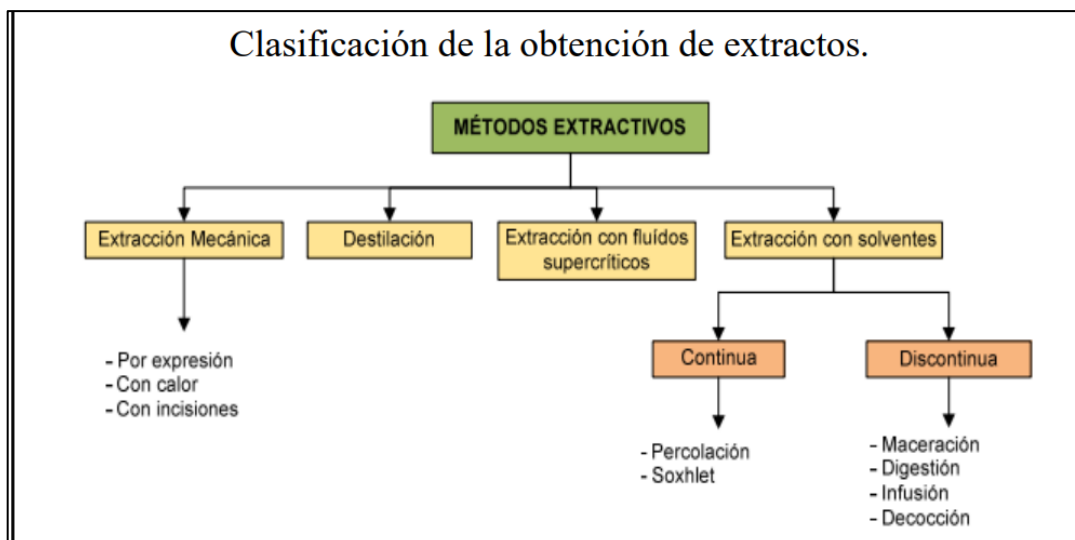
**Extractos secos:** los extractos secos se obtienen evaporando todo el solvente hasta que tienen una consistencia en polvo. Son altamente estables, aunque en ocasiones resultan ser higroscópicos, además son de fácil manipulación y se les puede utilizar para preparar tinturas de extractos fluidos (Amaguaña y Churuchumbi, 2018).

**Extractos semisólidos o blandos:** tienen una riqueza superior a la sustancia de partida, se obtienen evaporando el disolvente hasta obtener un producto de textura semisólida pero que no moja el papel de filtro (Amaguaña y Churuchumbi, 2018).

**Crioextractos:** se obtiene por molturación del ingrediente vegetal correctamente desecada, sometida a condiciones de congelación (-196 °C), mediante inyección de nitrógeno líquido, de forma que los principios activos no se ven alterados por la acción del calor desprendido en un proceso de molturación y que, dependiendo del ingrediente vegetal, puede llegar a ser hasta 70°C. Son muy útiles para la obtención de proteínas y enzimas de ciertas especies (Castillo y Martínez, 2007).

### **2.8.2. Métodos de obtención de extractos vegetales**

Los extractos vegetales se pueden obtener por procesos físicos, químicos y microbiológicos, a partir de una fuente vegetal y utilizable en cualquier campo de la industria química y médico-farmacéutica. En el esquema de la Figura 3 se muestra la clasificación de los métodos de obtención de los extractos vegetales más importantes.



**Figura 3.** Clasificación de extractos.

**Extracción mecánica:** esta técnica consiste en ejercer presión sobre el vegetal y así se obtiene un jugo, en el que se encuentra disueltos los principios activos de interés, también se la puede hacer mediante cortes por los que caen los fluidos de la planta (Osorio, 2009).

**Destilación:** esta técnica se basa en la diferente volatilidad de los principios activos de la planta, lo cual permite la separación de los componentes volátiles, como son los aceites esenciales, por ejemplo, de otros que son menos o nada volátiles (Santana, 2014).

**Extracción con fluidos supercríticos:** el proceso consiste en colocar el material vegetal molido en una cámara de acero inoxidable y hacer circular, a través de la muestra, un fluido en estado supercrítico (Sánchez, 2009).

**Extracción con solventes:** este método consiste en la separación de los principios activos de la planta al ponerla en contacto con un solvente o la mezcla de ellos, capaces de solubilizar dichos principios (Pérez, 2009).

**Extracción continua o progresiva:** en la extracción continua, el solvente se va renovando o recirculando y actúa sobre la planta en una sola dirección. La percolación, la re-percolación y el Soxhlet son las técnicas que pertenecen a este grupo y se describen a continuación:

- a) **Percolación:** en este método el menstuo (alcohólico o mezcla hidroalcohólica) atraviesa la materia prima pulverizada en un solo sentido, y es bañada por nuevas proporciones de menstuo y cede todos sus componentes solubles.
- b) **Repercolación:** consiste en hacer recircular el mismo solvente a través del material vegetal (Naveda, 2010).
- c) **Soxhlet:** esta técnica se centra en la extracción sólido-líquido mediante un equipo Soxhlet que tiene como función recircular los vapores condensado (Caldas, 2012).

**Extracción discontinua o simultánea:** la maceración, la infusión, la digestión y la decocción son; métodos que pertenecen a este grupo y se describen a continuación:

- a) **Maceración:** es una extracción que se realiza a temperatura ambiente protegido de la luz. Consiste en remojar el material vegetal, debidamente fragmentado en un solvente (agua, etanol o glicerina) hasta que éste penetre y disuelva las porciones solubles, tapado se deja en reposo por un período de 2 a 14 días con agitación esporádica. Luego se filtra el líquido, se exprime el residuo, se recupera el solvente en un evaporador rotatorio y se obtiene el extracto.
- b) **Infusión:** Se vierte el agua hirviendo sobre la planta colocada en un recipiente de cierre bien ajustado, a fin de evitar la pérdida de principios activos, y se deja en reposo de 5 a 15 minutos.
- c) **Digestión:** Se aplica normalmente en algunas plantas que presentan principios activos de difícil extracción, por estar contenidos en las partes leñosas de la planta, o bien que requieren un calor prolongado.

- d) **Decocción:** Este procedimiento consiste en llevar a la mezcla más el menstro a la temperatura de ebullición del agua, manteniendo esta temperatura durante un período variable que suele oscilar de 15 a 30 minutos (Amaguaña y Churuchumbi, 2018).

### **2.8.3. Uso de extractos en el combate de la maleza**

Los extractos acetónicos, diclorometanos y metanólicos de flor de hierba loca morada *Astragalus mollissimus* desfavorecen la germinación de las semillas de zacate Johnson o sorgo de Alepo *Sorghum halepense* y carrizo o caña de Castilla *Arundo donax* (Cruz-Ortiz y Flores-Méndez, 2022).

El extracto obtenido de la corteza del árbol Canelo *Drimys winteri* retrasó la germinación, crecimiento de tallo y radícula de correhuela o cahiruela menor *Convolvulus arvensis*, espiguilla o cola de zorra amarilla *Setaria pumila*, zanahoria *Daucus carota* y escarola o achicoria común *Cichorium intybus* (Cruz-Ortiz, 2021).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila (25° 22'N y 101° 00' O, 1760 sobre el nivel del mar), en el Laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología y en el campo experimental, conocido como "El bajío", donde se hizo el establecimiento del agave y posteriormente la aplicación de extractos.

### 3.2. Manejo del cultivo del agave

El terreno, donde se estableció el cultivo del agave en la UAAAN, anteriormente fue empleado para establecer hortalizas y agaves (pero estos últimos se helaron en el ciclo anterior, debido a la fecha en la que se establecieron). Previo a la preparación del terreno en esta investigación, se realizó un diagnóstico de la maleza presente, con la finalidad de verificar si había especies de convolvuláceas o en caso específico *Ipomoea* spp, ya que es la especie de interés en esta investigación, una vez realizado el diagnóstico, se procedió a limpiar y quitar la maleza y se eliminaron las plantas de agave muertas, en la superficie se aplicó cal industrial sobre los surcos para desinfectar el suelo.

Antes de plantar los hijuelos, éstos se sumergieron sobre una mezcla que contenía un enraizador, insecticida (malathion), fungicida (tiofanato de metilo) y un antibiótico (gentamicina+oxitetraciclina), para prevenir problemas sanitarios en las plantas.

La fecha de plantación del cultivo fue el 29 de marzo del 2022 se sembró una planta a una profundidad de media o tres cuartos piña en tierra seca (15 a 20 cm), en el lomo del surco, a una distancia de 1.0 m entre planta y de 2.5 m entre surcos. Para la aplicación del riego se utilizó un sistema de riego por goteo, mediante cintillas, el cual se colocó a lo largo del surco y a una distancia de 2.5 m entre surco y surco. El riego se realizó dos veces por semana.

Algunos de los productos que se aplicaron al cultivo para su mejor desarrollo y sanidad, durante su proceso de enraizamiento fueron:

- 4 de abril aplicación de tiofanato de metilo + enraizador.
- 15 de abril aplicación de enraizador.
- 2 de mayo aplicación de tiofanato de metilo + algas marinas.
- 16 de mayo aplicación de algas marinas.
- 14 de junio aplicación de malathion + algas marinas.
- 14 de julio aplicación de malathion + algas marinas.
- 26 de julio aplicación de tiofanato de metilo + (gentamicina + oxitetraciclina) + lixiviado de lombriz.

### **3.2.1. Funcionalidad de los productos aplicados**

Enraizador: su función es inducir la emisión de raíces, así como fortalecer su crecimiento posterior.

Tiofanato de metilo: es un fungicida sistémico de amplio espectro que se aplica al follaje o suelo para proteger al agave de las posibles enfermedades, producidas por fitopatógenos.

Malathion: es un insecticida de contacto de amplio espectro que se aplica al follaje para proteger al agave de las posibles plagas insectiles.

Gentamicina + oxitetraciclina: es un antibiótico con modo de acción sistémico que ayuda al control de enfermedades bacterianas del agave, capaz de inhibir los procesos vitales de las bacterias.

Algas marinas: es un regulador de crecimiento foliar también pueden tener efecto bioestimulante y hormonal.

### **3.3. Establecimiento de la maleza**

Debido a que en el previo diagnóstico al terreno, sobre la maleza establecida, no se encontraron especímenes de la familia Convolvulaceae, tampoco individuos de la especie *Ipomoea* spp, fue necesario establecerlas mediante siembra directa por semilla, la cual se hizo cerca del agave a una distancia de 5.0 cm de forma periférica a la piña, con una profundidad no mayor de 1cm con una densidad de 10 semillas de maleza por planta de agave, por tanto, cuando las plantas de agave enraizaron se realizó la siembra de *Ipomoea* spp, los riegos se hicieron cada tercer día mediante una regadera de mano. La semilla se obtuvo de la “Colección de Semillas de Malezas” del Área de Malezas del Departamento de Parasitología. La siembra fue el 9 de julio del 2022 y la germinación se apreció a los siete días posteriores.

### **3.4. Descripción y obtención de los extractos vegetales en prueba**

#### **3.4.1. Extracto de girasol *Helianthus annuus***

Se utilizaron plantas de girasol ornamental las cuales se adquirieron en florerías, y se utilizó toda la planta, esta especie tiene sustancias aleloquímicas como compuestos fenólicos y terpenoides. Para la elaboración del extracto una vez obtenido el material vegetal, éste se puso a secar a temperatura ambiente, para deshidratarlo un poco y posteriormente se metió en una estufa de secado a 60°C (marca Felisa®, modelo 145) por cinco días; ya secas las plantas, se molieron en un molino manual, el soluto obtenido se mezcló con alcohol absoluto al 99.9% en una relación peso/volumen (150 g de soluto en 1.0 L de alcohol), posteriormente se dejó reposar durante 15 días en frascos ámbar en oscuridad. Finalmente se filtró la mezcla y separo la fase acuosa de la sólida para pasarlo a un rotavapor (marca Yamato®, modelo RE301) y finalmente conseguir el extracto etanólico de girasol, al 100%.



### **3.4.2. Extracto de amargosa (*Parthenium* sp.)**

Esta especie se ha reportado que es eficiente en el control de malezas, por contener sustancias alelopáticas, como saponinas, lactonas, aminoácidos y polisacáridos. La obtención del extracto, para esta especie consistió en coleccionar el material vegetal de *Parthenium* sp., en terrenos del campo experimental de la UAAAN, se identificó a nivel de género con apoyo del libro de malezas de Buenavista (Villarreal, 1983) y con la página Web de Malezas de México (CONABIO, 2012)<sup>1</sup>. Una vez identificado el material vegetal se procedió a realizar el secado y obtención del extracto etanólico, el procedimiento llevado a cabo fue similar al que se realizó para el extracto de girasol.

### **3.4.3. Extracto de Nim-Canela**

Para este extracto se realizó una revisión de algunos productos comerciales en línea, con la finalidad de adquirir un producto que fuera eficiente en el control de malezas, por lo que se encontró y adquirió el producto Naturacide Neemacar®<sup>2</sup>. El cual es usado como un insecticida botánico con acción insecticida y acaricida. Controla por contacto e ingestión a mosquita blanca, pulgones, trips, araña roja, ácaro blanco, arador, psílidos, escama y larvas en instares iniciales. Contiene sustancias con acción anti-fúngica que inhiben la germinación de esporas y crecimiento micelial de hongos fitopatógenos que causan marchitez sacadera o damping-off (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp, *Pythium* spp). Sin embargo, fue seleccionado, debido a que en las plantas donde se aplica este producto, pueden presentar síntomas de fitotoxicidad o marchitez, además en las instrucciones de uso indica que las horas más convenientes para aplicarlo y evitar maltrato en las plantas, es cuando los rayos del sol no estén fuertes: o muy temprano en la mañana o por la tarde cuando el sol se está ocultando.

---

<sup>1</sup><http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>

<sup>2</sup><https://www.fertisem.com/product-page/naturacide-neemacar-700-ml>

#### **3.4.4. Extracto de Canela (*Cinnamomum verum*)**

Para este extracto se realizó una revisión en la Web, con la finalidad de adquirir un producto comercial que fuera eficiente en el control de malezas, por lo que se encontró y adquirió el producto Extracto Natural de Canela® distribuido por la empresa Lombriz MX. Es un repelente natural de plagas comunes en plantas e ideal para plantas de interior por su aroma a canela, por lo tanto, se utiliza como insecticida y repelente de ácaros que además impide el desarrollo de hongos y bacterias. Es preventivo del hongo oídio. Contiene sustancias naturales, como el cinnamaldehído, eugenol y ácido cinámico, que causan mortalidad, repelencia y la no alimentación de los insectos presentes. Sin embargo, fue seleccionado, debido a que en las plantas donde se aplica este producto, pueden presentar síntomas de fitotoxicidad o marchitez, además en las instrucciones de uso indica que las horas más convenientes para aplicarlo y evitar maltrato en las plantas, es cuando los rayos del sol no estén fuertes o muy temprano en la mañana o por la tarde cuando el sol se está ocultando.

#### **3.4.5. Extracto de Gobernadora (*Larrea tridentata*)**

El extracto Gobernadora, fue obtenido de un producto comercial Naturacide Enfermedades®, de la empresa Biorgánica Mexicana, las características de este producto son: es un insumo orgánico 700 mL para control y prevención de enfermedades y hongos en todo tipo de plantas. Contiene extractos de gobernadora y cítricos, que contiene resinas y ácidos orgánicos de acción antifúngica (fungicida), que inhibe la germinación de esporas y crecimiento de hongos, debido a esta característica y a las propiedades alelopáticas que tiene en campo, se seleccionó este extracto, para determinar el efecto en plantas; además, es útil para el control de marchitez, secadera o damping-off. Entre otros hongos, combate *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium* spp. También controla pudriciones suaves, manchas y tizones producidos por bacterias. Controla pudriciones de raíz en orquídeas (*Fusarium* sp).

### **3.4.6. Producto químico**

Se empleo un producto químico como tratamiento testigo, se seleccionó el herbicida Surestar®, con los ingredientes activos: acetoclor 450 g ia + clopiralid-olamina 35 g ia + flumetsulam 14 g ia, con diferentes modos y mecanismos de acción para el control pre-emergente de malezas de hoja angosta y ancha (anuales) en la etapa más crítica del cultivo de maíz. Se seleccionó este herbicida químico debido a que contiene el acetoclor que es un ingrediente activo que esta recomendado para aplicaciones en agave.

### **3.4.7. Tween 80®**

El Tween 80® es un producto químico utilizado como surfactante, con estas características y dentro de los usos se utiliza para la emulsificación de aceite en agua (O/W), dispersión o solubilización de aceites, y para hacer lavables las pomadas anhidras. Con frecuencia se combina con surfactante SPAN 80 para promover la estabilidad de la emulsión.

### **3.4.8. Green Oil®**

Este producto comercial es un surfactante orgánico de la empresa GreenCorp S.A: de C.V: que está hecho a base de dos aceites de origen vegetal, los cuales actúan como protectores químicos de moléculas inorgánicas u orgánicas contenidas como activos en los productos y contiene agentes surfactantes que actúan como agentes tensoactivos, mejorando la dispersión y adherencia de los productos.

Green Oil® tiene la particularidad de proteger los ingredientes activos de los agroquímicos que se vierten en el agua para su mezcla con otros, para su aplicación foliar; cuando se emplea este producto, no es necesario acidificar previamente el agua donde se disolverán los agroquímicos ya que los componentes del producto evitan la hidrólisis de los compuestos y favorecen la dispersión, reduciendo la deriva en aplicaciones de bajo volumen de agua o en aspersiones micronizadas, además permiten un mejor contacto, permanencia y

penetración translaminar de los componentes disueltos a través de la superficie de los órganos y tejidos de las plantas. El producto sirve para proteger y potenciar la actividad de insecticidas, fungicidas y herbicidas.

#### **3.4.9. Prototipo A3**

La empresa GreenCorp, proporciono el Prototipo A3, que se encuentra hecho a base de un aceite de origen vegetal, un ácido graso, extracto etanólico de hojas de plantas senescentes. Estos compuestos pueden tener acción inhibitoria o de control de las malezas mediante la afección de los diferentes procesos metabólicos de la misma.

#### **3.5. Bioensayos en semilla**

Se establecieron pruebas de germinación en cajas Petri con la finalidad de obtener el efecto inhibitorio en el proceso de germinación de semillas de *Ipomoea* spp, así como para deducir las concentraciones de los extractos vegetales a aplicar en campo. Para el establecimiento de estos bioensayos la semilla fue adquirida de la casa comercial Vita®.

Para el establecimiento de los bioensayos, se sometieron 15 semillas de *Ipomoea* spp por cada caja Petri. Se utilizaron nueve extractos vegetales a dos concentraciones de 100% y 40% (v/v), (en la concentración de 100% solo se aplicó el extracto tal cual se obtuvo en laboratorio y con la formulación comercial, mientras que en la concentración del 40% se diluyo con agua, ambas aplicaciones fueron sin surfactantes debido a que solo se quería ver los resultados de los extractos sin intervención de algo más en las semillas) y un testigo absoluto (solo agua), por lo tanto, se establecieron nueve tratamientos (Cuadro 1), con cuatro repeticiones. Como unidad experimental se consideró una caja Petri, a cada unidad experimental *in vitro* se le aplicaron 5.0 mL de cada tratamiento. En estos bioensayos solo se evaluó la variable del porcentaje de germinación por día (%).

**Cuadro 1.** Lista de tratamientos aplicados a semillas de *Ipomoea* spp, para evaluar inhibición en el crecimiento de plántulas, durante el proceso de germinación.

Tratamientos con concentración de 100%	Tratamiento con concentración de 40% (v/v)
Extracto de <i>Parthenium</i>	Extracto de <i>Parthenium</i>
Extracto de Girasol	Extracto de Girasol
Extracto de Canela+Gobernadora [1:1]	Extracto de Canela
Extracto de Nim-Canela	Extracto de Nim-Canela
Extracto de Gobernadora	Testigo químico (Surestar)
Mezcla [extractos de Gobernadora+(Nim-Canela) + <i>Parthenium</i> +Girasol; [1:1:1:1]	Mezcla [extractos de Gobernadora+(Nim-Canela) + <i>Parthenium</i> +Girasol; [1:1:1:1]
Tween 80 (surfactante)	Tween 80 (surfactante)
Prototipo A3	Prototipo A3
Testigo absoluto (agua destilada)	Testigo absoluto (agua destilada)

### 3.6. Experimento de campo

El experimento en campo se llevó a cabo, una vez que el agave ya estaba establecido y enraizado, y que las plantas de *Ipomoea* spp que se sembraron tenían de 10 a 15 cm de largo con 2 a 3 hojas verdaderas, además también se consideró la germinación y el establecimiento de otras especies de maleza que crecieron en el cultivo, con la finalidad de evaluar el espectro de los extractos vegetales. Para hacer las aplicaciones en campo se realizó una calibración, con una aspersora de mano (marca Swissmex® y modelo 310056) de una capacidad de 1.5 L, en dicha calibración se obtuvo un volumen de aplicación de 70 mL por planta, considerando una cobertura total del cultivo y maleza.

Con base en los resultados obtenidos de la previa prueba de germinación, se consideró aplicar los tratamientos en campo a una concentración de cada extracto del 40%, debido a la disponibilidad que se tenía de éstos, por lo que se aplicaron en total nueve tratamientos incluyendo tres testigos (testigo químico, testigo solo surfactantes y testigo absoluto, solo agua), con cuatro repeticiones (Cuadro 2). Para potencializar el efecto de los extractos y también para la protección de éstos a las condiciones del medio, se consideró agregar a todos los tratamientos dos surfactantes (Tween 80® y GreenOil®), excepto al testigo absoluto.

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos para aplicación en campo.

N° de Tratamiento	Descripción
1	Extracto de Girasol + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
2	Extracto de <i>Parthenium</i> + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
3	Extracto de Nim-Canela + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
4	Extracto de Canela + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
5	Mezcla de extractos + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
6	Prototipo A3 + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
7	Testigo Químico + surfactantes <sup>&amp;f</sup>
8	Tratamiento de surfactantes <sup>&amp;f</sup>
9	Testigo Absoluto

<sup>&</sup> 1° Aplicación GreenOil® (7.0 mL) + Tween 80® (7.0ml); <sup>f</sup>2da. aplicación GreenOil® ( 0.5ml) + Tween 80® (2.0ml)

Se estableció un diseño experimental de bloques completos, aleatorizados con nueve tratamientos (Cuadro 2) dentro de éstos un testigo absoluto, solo agua destilada. Como unidad experimental se consideró una planta de agave y para la evaluación de la maleza se colocó un cuadro de 0.50 x 0.50 m (0.25 m<sup>2</sup>), con la planta de agave en el centro, como unidad experimental. Se realizaron tres aplicaciones de cada uno de los tratamientos, dos realizadas en el cultivo con maleza y una entre las plantas de agave (calle), sin cultivo, con una periodicidad de tres días entre cada aplicación.

### 3.7. Variables evaluadas

**Identificación y abundancia de familias y especies de maleza:** se realizaron recorridos en el experimento para muestrear e identificar las familias y especies de malezas, y así reportar un listado de las malezas que interaccionan en el cultivo de agave en Buenavista, Saltillo. La lista se complementó con la maleza presente en cada una de las unidades experimentales, donde se hicieron muestreos por el método del cuadro (0.25 m<sup>2</sup>) y se contaron los individuos presentes, para el taxon a nivel de familia; estos valores indicaron la abundancia, se incluyeron las plantas establecidas de *Ipomoea* spp. Las claves de identificación en las que se verifico las familias y las especies de la maleza fueron Villarreal (1983) y la página Web de Malezas de México (CONABIO, 2012).

**Cobertura de maleza (%COB):** Esta variable se tomó después de cada aplicación, la toma de datos se realizó a las 48 horas después de la primera

aplicación y en el dato de las últimas dos aplicaciones se tomaron a las 24 h. Esta variable, estuvo en función del porcentaje de cobertura de maleza que había en cada unidad experimental, donde 100% se refirió a tener el cuadro (0.50 x 0.50 m) lleno de malezas por unidad experimental y 0% en el cuadro no había ninguna maleza establecida.

**Porcentaje de daño a la maleza (%DAM):** se consideró el daño físico provocado por los tratamientos a la maleza presente en cada unidad experimental. Se evaluó, clorosis o amarillamiento, marchitez, reducción de tamaño, deformaciones en hojas y tallo y/o necrosamiento, entre otras afectaciones fuera del comportamiento normal de las plantas. El valor asignado, estuvo en función del rango de 0 a 100%, donde 0% indica ningún daño o efecto a la maleza, es decir, sin ningún control y 100% se refirió al daño total a la maleza presente en cada unidad experimental por el efecto de los tratamientos, provocando incluso su muerte. Esta variable se tomó tres días después de cada aplicación.

**Porcentaje de daño al cultivo (%DAC):** para evaluar esta variable, se consideró el daño físico causado por los tratamientos a la planta de agave, es decir cuando se notaba algún efecto en la planta, como cambio de coloración o clorosis en las hojas, en una escala de 0 a 100%, donde 0 indica ningún daño o efecto al cultivo y 100% daño severo o necrosamiento. La evaluación se realizó tres días después de cada aplicación.

**Peso fresco de la maleza (g):** esta variable, se tomó a los tres días después de la segunda aplicación, por lo que se recolectaron las plantas de cada unidad experimental, se colocaron en una bolsa de papel y se trasladaron al laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología, donde se colocaron en una báscula (Vagalbox® y modelo MX-1337) y se obtuvo el peso total de las plantas frescas.

**Peso seco de la maleza (g):** una vez obtenido el peso total fresco de cada tratamiento, las bolsas de papel que contenían las plantas se sometieron a la estufa de secado (marca Felisa®, modelo 145), a 60°C por 5 días, con la finalidad

de deshidratar las plantas y así obtener el peso seco total por tratamientos, cabe destacar que se utilizó una fórmula para obtener la biomasa siendo:

$$\text{Biomasa} = \text{Masa de los organismos} \cdot \text{Superficie}^{-1}$$

### 3.8. Análisis estadístico

Se realizó una base de datos de las variables registradas en las que se generó un listado de la maleza identificada y con el número total de individuos presentes en cada unidad experimental se llevó a cabo un análisis descriptivo, con el apoyo de gráficos de barras, las otras variables consideradas en la base de datos fueron: el porcentaje de cobertura, daño a la maleza y por último daño al cultivo de agave.

En el caso del análisis estadístico se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño experimental de bloques al azar y dentro del análisis se consideró evaluar tres fuentes de variación: tratamientos, repeticiones y periodicidad de aplicación de los tratamientos.

Para normalizar los datos, se utilizó la transformación de *arcoseno*, debido a que se contaba con valores porcentuales, que no se ajustaban a una curva de normalidad, con la finalidad de que los valores no se alejen de manera considerable de la media y desviación estándar. La fórmula empleada, fue la siguiente:

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

También se realizó una prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) sobre los tratamientos y las variables en cuestión. Los análisis se realizaron con el apoyo del paquete estadístico computacional de SAS (SAS Institute, 2002).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación de la maleza por familia

Como resultado de los muestreos e identificación de la maleza en el cultivo del agave, se obtuvieron 21 especies (sin considerar los pastos o Poaceae que no fueron identificadas a nivel de especie) de 18 familias diferentes (Cuadro 3), de las cuales, la de mayor importancia para este estudio fue *Ipomoea* spp., esto debido a que las especies de la familia Convolvulaceae son persistentes en el cultivo del agave, enredan las pencas y el control químico dirigido a la maleza, ha llegado a afectar el cultivo. Martínez-Palacios *et al* (2016) mencionan de las convolvuláceas principalmente a *I. purpurea*, como la maleza de hoja ancha que predominan en los cultivos de agave establecidos en el estado de Jalisco y otros estados productores de agave como Michoacán, Guanajuato y Morelos.

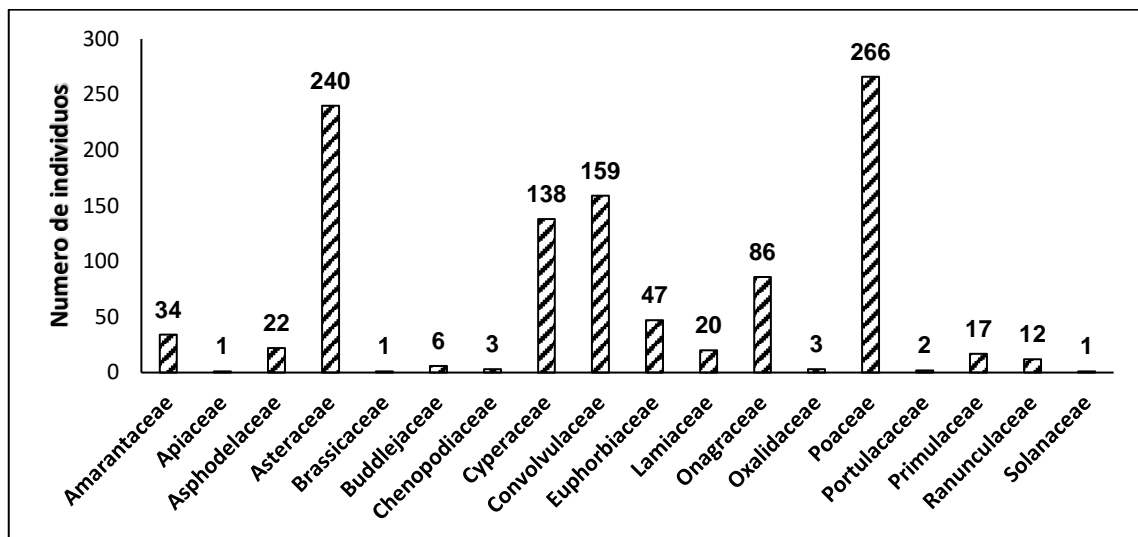
**Cuadro 3.** Abundancia de familias y especies de maleza identificadas en el cultivo de agave, establecido en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia*
Quelite morado	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amarantaceae	34
Apio silvestre	<i>Apium leptophyllum</i> (Pers.) F.Muell ex Benth	Apiaceae	1
Cebollín	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.	Asphodelaceae	22
Hierba amargosa	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	240
Hierba de caminos	<i>Solidago velutina</i> DC		
Cuetillo	<i>Diplotaxis muralis</i> (L) DC	Brassicaceae	1
Escobilla	<i>Buddleja scordioides</i> Arreola	Buddlejaceae	6
Quelite	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	3
Rodadora	<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.		
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	138
Correhuela	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Convolvulaceae	159
Cola de ratón	<i>Acalypha lindheimeri</i> Salazar	Euphorbiaceae	47
Marrubio	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Lamiaceae	20
Linda tarde, hierba de golpe	<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh	Onagraceae	86
Trébol de flores azules	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	Oxalidaceae	3
Zacates	Varias especies	Poaceae	266
Nudosa	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	1
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	2
Hierba de pájaro	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Primulaceae	17
Barbas de chivo	<i>Clematis dioica</i> L.	Ranunculaceae	12
Toloache	<i>Datura quercifolia</i> Kunth	Solanacea	1
<b>TOTAL</b>	<b>21*</b>	<b>19</b>	<b>1058</b>

\*En este total no se encuentran consideradas las especies de la familia Poaceae, debido a que no fueron identificadas a ese nivel.

En total se contabilizo una abundancia de individuos de la maleza presente en el cultivo de agave de 1,058 individuos, establecidos en todo el experimento

(Cuadro 3 y Figura 4). Cabe destacar que en el terreno es la segunda vez que se establece el cultivo, la primera vez no hubo éxito y las plantas se helaron y en esta segunda ocasión las plantas se establecieron antes de la temporada de lluvias y en el periodo donde ya no había riesgo de heladas, por lo que las malezas presentes, son el resultado de la sucesión secundaria de la flora que se encontraba en el terreno, antes de la limpieza y establecimiento del cultivo. En este sentido, Martínez-Palacios *et al* (2016) mencionan que las poblaciones de la maleza que se establece en un cultivo, es la respuesta a cambios provocados por el manejo, de tal forma que existe un desplazamiento de especies, que puede ser difícil o fáciles de controlar o especies menos problemáticas, e incluso, se puede llegar a reducir las poblaciones de plantas nocivas.



**Figura 4.** Representación de los individuos de cada familia en el experimento

Vázquez (2018) menciona que identifico 18 familias y 47 especies de arvenses asociadas al nogal; las familias identificadas con mayor abundancia de especies fueron Asteraceae con 11 especies (23.40%), seguida de la familia Poaceae con ocho especies (17.02%), Brassicaceae con cinco especies (10.64%) y Solanaceae con cuatro especies (8.51%) estos resultados coinciden con la presente investigación debido a que ambas investigaciones se hicieron en la misma región.

Los resultados obtenidos, concuerdan con lo reportado por Villareal (1983) quien reporto 135 especies en Buenavista, Saltillo, Coahuila, de las cuales 109 con descripción e ilustración y 26 solamente descritas. Las descripciones botánicas

que muestra este autor, son características diagnósticas de las especies que resultan adecuadas y de fácil consulta; las ilustraciones en su mayoría resultan útiles para corroborar la identificación de las especies, aunque es notoria la falta de escalas al menos en los dibujos de las diásporas, característica que haría mucho más útil el manejo de la información que proporciona el autor, principalmente para estudios dirigidos a bancos de semillas. Sin embargo, fue una referencia eficaz para la identificación de las especies que se encontraron e identificaron en este estudio.

### **3.9. Pruebas de germinación en laboratorio**

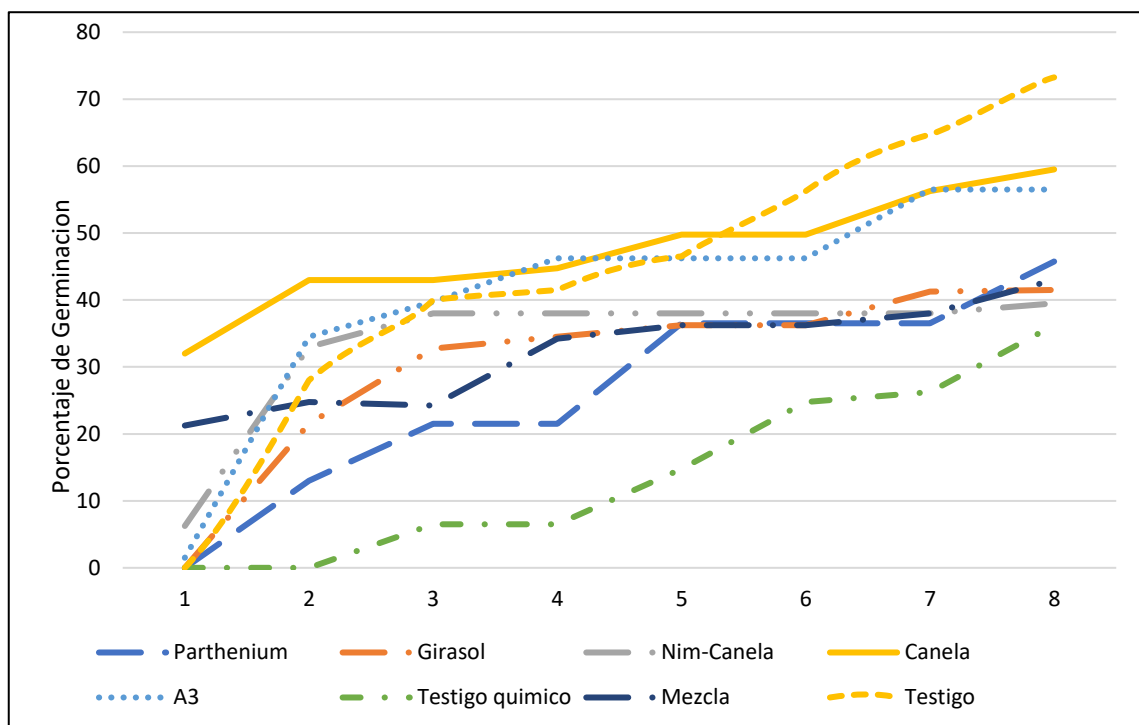
Los resultados de los bioensayos en semilla, para determinar inhibición del desarrollo de plántulas, muestran que a una concentración del 100% (v/v) de cada uno de los tratamientos aplicados con extractos, no presentaron germinación, incluyendo el tratamiento del surfactante Tween 80 ®. Los tratamientos de gobernadora a esta concentración y el testigo absoluto fueron la excepción ya que, en estos, sí se presentó germinación.

Celis *et al.* (2008) realizaron ensayos donde evaluaron el efecto de extractos acuosos de girasol *H. annuum* al 50% (v/v) y encontraron diferencias significativas en la germinación de las malezas en comparación con el testigo, al mostrar un mayor efecto inhibitorio en la germinación y en el retardo del crecimiento, estos resultados concuerdan con los resultados de esta investigación ya que en ambas se afirman que los extractos vegetales a base de girasol inhiben y retrasan el crecimiento de las plántulas.

García *et al.* (2006) mencionan que los extractos acuosos de hoja y raíz de *Calia secundiflora* causaron efectos fitotóxicos en la germinación de semillas y el desarrollo de la longitud de parte aérea y radícula de las plántulas de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perene*, *Ipomoea purpurea* y *Bidens odorata*; en estos resultados, también se apreció que los extractos causaron efectos inhibitorios en la germinación de semillas cuando la concentración aumentó. El extracto acuoso de hoja mostró mayor efecto inhibitorio de la germinación que el de raíz en las cinco especies estudiadas. *I. purpurea* y *B.*

*odorata* fueron las especies menos afectadas, ambas investigaciones coinciden debido a que las dos fundamentan que, a mayor concentración, mayor es el porcentaje de inhibición.

Por otro lado, con la prueba al 40% (v/v) de concentración de los tratamientos, se mostró mayor efectividad con el testigo químico (36.25%), inhibiendo el desarrollo de plántulas en el proceso de germinación y posteriormente el tratamiento de Nim-Canela (39.5%), comparados estos dos con el testigo absoluto donde solo se aplicó agua destilada, que presentó alto porcentaje de germinación de las semillas (73.25%) (Figura 5).



**Figura 5.** Germinación de semillas de *Ipomoea* spp sometidas al efecto de extractos vegetales con una concentración del 40% (v/v).

Estos resultados permitieron la toma de decisión para el establecimiento de los bioensayos en campo, por lo que se eliminó para ello el tratamiento a base de gobernadora ya que permitió la germinación del 38% con respecto a 0% del resto de los tratamientos, esto a una concentración de 100% (v/v).

### 3.10. Evaluación en el control de la maleza en el cultivo del agave en campo

#### 3.10.1. Análisis de varianza

En los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se pudieron encontrar diferencias altamente significativas entre los tratamientos para las variables de porcentaje de cobertura (%COB) y en porcentaje de daño a la maleza (%DAM), excepto para la variable porcentaje de daño al cultivo (%DAC), esto se obtuvo entre tratamientos, es decir, para los diferentes tipos de extractos vegetales utilizados, así como entre las tres fechas en que se realizaron las aplicaciones y evaluaciones (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Análisis de varianza en la evaluación de extractos vegetales para el control de maleza en el cultivo de agave, Buenavista, Saltillo Coahuila, México, 2022.

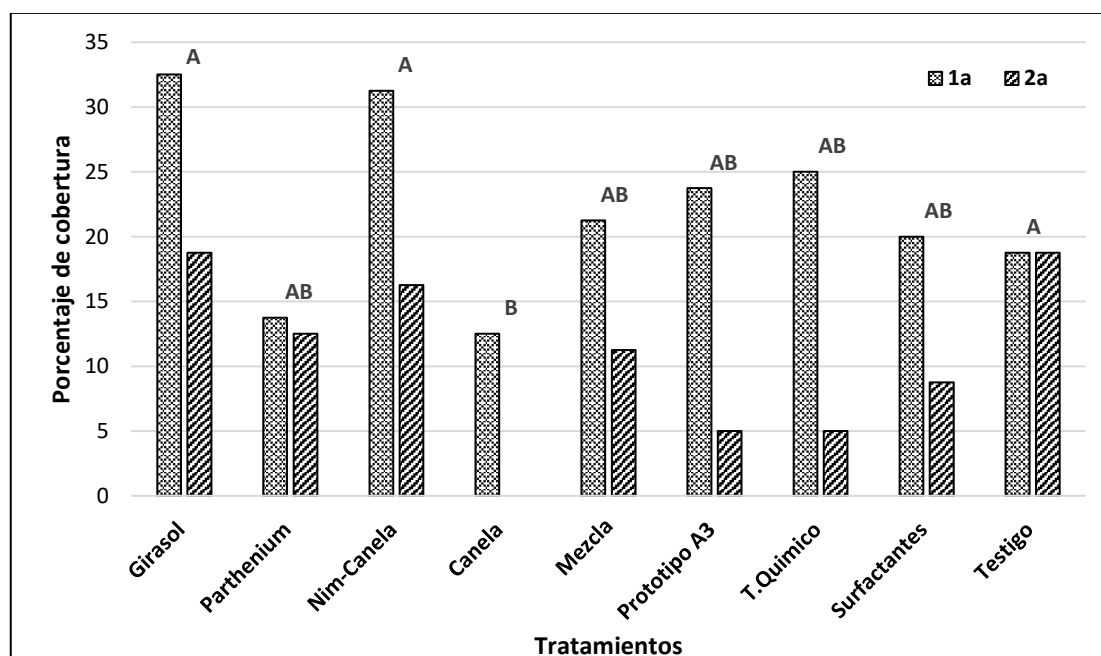
F.V.	Gl	%COB	% DAM	% DAC
Extractos vegetales	8	<b>260.6***</b>	<b>6775.2***</b>	0.3 <sup>NS</sup>
Repeticiones	3	<b>186.9**</b>	224.1 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>
Aplicaciones	1	<b>2134.9***</b>	<b>855.1***</b>	0.3 <sup>NS</sup>
Error	59	66.4	107.2	0.3
Total Corregido	71			
R <sup>2</sup>		0.5	0.8	0.2
C.V.%		37.3	20.0	848.5
Media		19.5	51.7	0.2

F.V.: fuente de variación; *gl*: grados de libertad; %COB: porcentaje de cobertura; %DAM: porcentaje de daño a la maleza; %DAC: porcentaje de daño al cultivo; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación \*\*\*: diferencias altamente significativas con  $\alpha \leq 0.01$ ; \*\*: diferencias significativas con  $\alpha \leq 0.05$ ; NS: diferencias no significativas.

#### 3.10.2. Comparación múltiple de medias entre variables

En la comparación múltiple de medias entre variables mediante la prueba de Tukey, se encontró que el porcentaje de cobertura (%COB) tuvo diferencias entre los tratamientos, es importante indicar que esta variable se evaluó posterior a las dos aplicaciones de los tratamientos, por lo que los resultados están relacionados directamente con los efectos de los extractos. En este sentido, el tratamiento testigo (T9), no presentó cambios en esta variable, ni antes ni

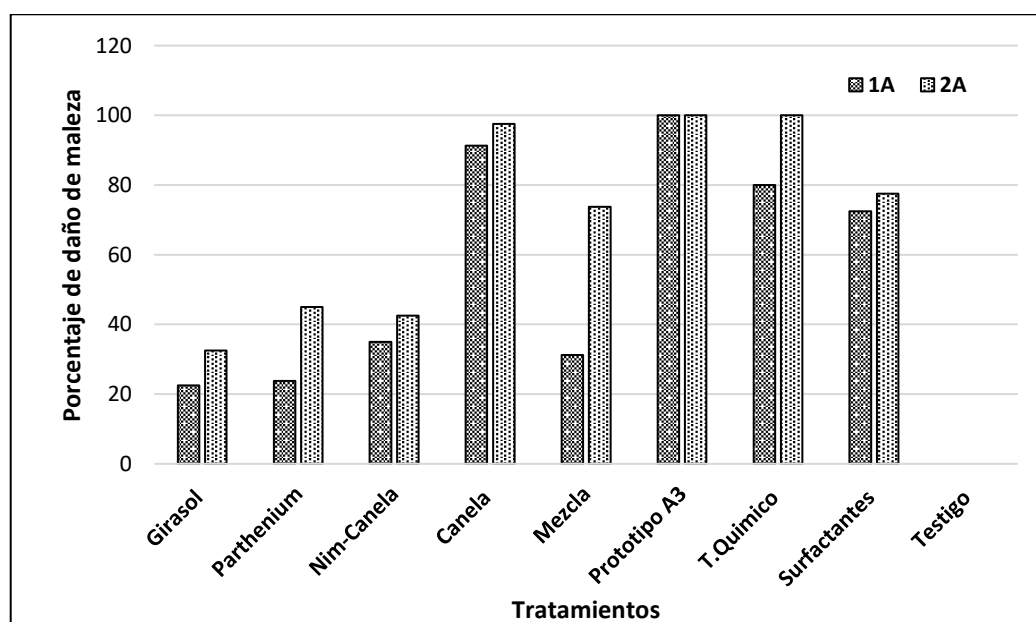
después de las aplicaciones, ya que solo se aplicó agua, sin embargo, explica que el incremento en el número de maleza y crecimiento de plantas en el terreno es lento y no hubo variación entre una aplicación y otra, por tanto, con ello se corrobora que los efectos de las aplicaciones de los extractos, fue debido a las características intrínsecas de los propios tratamientos aplicados y no por efecto del ambiente u otro factor externo. En este sentido, se aprecia en la Figura 6, que el *Parthenium* (T2) tuvo un efecto mínimo en la maleza debido que entre %COB de una aplicación a otra no es diferencial con bajo porcentaje de disminución de la maleza (9.09%); efecto contrario al mostrado por el extracto de Canela (T4) en el que se presentó alta sensibilidad en la maleza, con un %COB de 0.0% para la segunda aplicación, es decir un 100% de disminución o no hubo maleza que cubriera el terreno. Los tratamientos de Girasol (T1) (42.30%) y Nim-Canela (T3) (48%); expresan disminución del %COB en la segunda aplicación, aproximadamente del 50%, con respecto al valor obtenido en cada tratamiento en la primera aplicación. Para el caso de la Mezcla (T5= 52.94%); Surfactantes (T8=56.25%); Prototipo A3 (T6=78.94%) y Testigo químico (T7=80%) estos cuatro presentaron una disminución en esta variable mayor al 50% para la segunda aplicación (Figura 6).



**Figura 6.** Porcentaje de Cobertura de maleza en el cultivo de Agave, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022.

Vázquez (2019) menciona que el producto Faena Fuerte® fue quien presentó mayor efectividad al tener diferencias altamente significativas dentro de las comparaciones que arroja el análisis Kruskal-Wallis, con respecto al resto de los otros herbicidas (%). En este mismo sentido el Glyf360®, también presentó diferencias significativas (%) pero menores a Faena Fuerte®, por lo tanto, estos dos herbicidas actuarán en forma efectiva en el control de la maleza, ambas investigaciones coinciden ya que afirman que los productos químicos son eficientes para eliminar a la maleza.

En la variable porcentaje de daño en la maleza (%DAM), se encontró que el testigo (T9), tuvo un valor de cero (0.0%); es decir, nada de daño, debido a que solo se aplicó agua, esta es la misma respuesta que se obtuvo en la variable anterior (%COB), para este tratamiento. Por el contrario, en la gráfica de la Figura 8, se aprecia que de forma general la segunda aplicación produjo un incremento del daño en el 87.5% de los tratamientos. El único tratamiento, donde no se apreció este efecto fue en el Prototipo A3 (T6), debido a que el valor del daño a la maleza alcanzó el 100% desde la primera aplicación, este tratamiento resultó ser el que mostrará mayor efecto en la maleza, seguido del Testigo químico (T7=20%); Canela (T4=6.4%) y Surfactantes (T8=6.45%) (Figura 7).



**Figura 7.** Porcentaje de daño a la maleza por el efecto de extractos vegetales, aplicado en el cultivo del agave;

Los tratamientos donde se mostró bajo %DAM, fueron los tratamientos de Girasol (T1), *Parthenium* (T2) y Nim-Canela(T3), además de la Mezcla (T5), pero solo para la primera aplicación, con la segunda aplicación la maleza fue afectada del 60% (Figura 8).

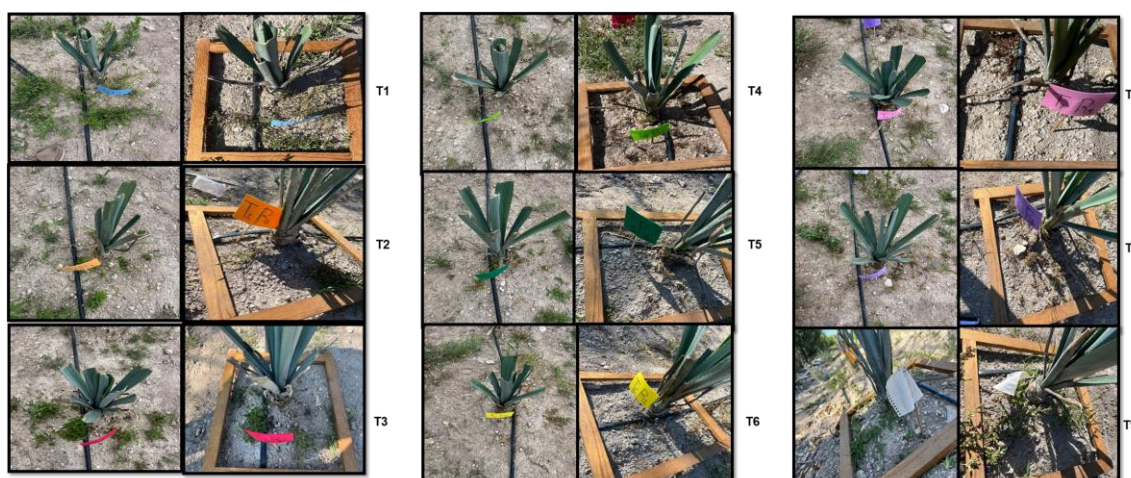
Cruz *et al.* (2022) mencionan que los avances en el estudio de los nuevos herbicidas biológicos a base de extractos vegetales prometen mucho en el sector agrícola debido a la capacidad que tienen al inhibir la germinación, crecimiento y elongación de la radícula y raíz de las plántulas y plantas de maleza. La capacidad fitotóxica de los extractos vegetales son la mejor alternativa para suplantar a los agroquímicos, todo a un bajo costo y que además reducen el nivel de contaminación ambiental, cuya investigación presente se basó en esas propuestas para mejorar la rentabilidad de los cultivos y hacer el menor daño al cultivo, resguardando la salud y economía del productor y por supuesto la Tierra.

De los tratamientos se obtuvieron cuatro grupos, según la comparación de medias de Tukey y las diferencias significativas, entre ellos; el primer grupo fue el testigo donde no hubo ningún efecto con un valor de 0%; el segundo grupo son los tratamientos de Girasol (T1), *Parthenium* (T2), Nim-Canela (T3) y el tratamiento de la Mezcla de todos los extractos (T5) los cuales presentaron un rango del %DAM de 31.3 a 48.0%; el tercer grupo estuvo conformado por el tratamiento Mezcla de extractos (T5) y Surfactantes (T8), con valores de 48.0 a 62.1%; el cuarto grupo solo están los tratamientos: Prototipo A3 (T6), Canela (T4) y Testigo químico (T7) con un porcentaje de daño a la maleza de 80.3 a 90.0 % siendo estos tratamientos los más efectivos (Cuadro 5; Figura 7 y 8).



**Cuadro 5.** Cuadro de medias del porcentaje de daño a la maleza.

Grupo	Tratamientos	Rango de medias
a	Canela (T4), Prototipo A3 (T6) y Testigo Químico (T7)	90% - 80.33%
b	Surfactantes (T8)	62.147%
bc	Mezcla (T5)	47.028%
c	Girasol (T1), <i>Parthenium</i> (T2) y Nim-Canela (T3)	38.397% - 31.286%
d	Testigo Absoluto (T9)	0%



**Figura 8.** Visualización del daño a la maleza en parcelas experimentales por efecto de extractos vegetales para su control.

Méndez (2019) dijo que el mayor desafío para la agricultura orgánica es el manejo de malezas, debido a la falta de productos herbicidas naturales eficaces para su control. Este mismo autor, menciona que algunas plantas cultivables como el centeno, sorgo, arroz, girasol, canola y trigo, y algunas malas hierbas comunes, como la *Jatropha*, *Bacharis* y *Rottboellia* han sido documentadas como importantes cultivos/malezas alelopáticas que expresan una liberación potencial de aleloquímicos que no sólo eliminan las malas hierbas, sino que también promueven actividades microbianas subterráneas. Además, indica que en la actualidad el control de malezas va en aumento junto al manejo agronómico de cultivos que se los demanda cada vez más, pero bajo un contexto orgánico y armónico con el medio ambiente.

Por otro lado, López (2021) indica que el trans-cinamaldehído (trans-3-fenilprop-2-enal) es un fenilpropanoide agrupado históricamente dentro de los compuestos fenólicos, este compuesto, puede encontrarse con frecuencia en plantas pertenecientes a la familia *Lauraceae*, más concretamente en plantas del género *Cinnamomum*, siendo el componente mayoritario del aceite de canela, este metabolito presenta diferentes actividades biológicas como bactericida, insecticida, fungicida, etc. y diversos estudios han demostrado que puede tener efectos antiinflamatorios, protectores del sistema cardiovascular e incluso anticancerígeno. A pesar de todo ello, se desconoce su posible modo de acción sobre plantas superiores, como herbicida, en esta investigación el extracto proveniente de la canela fue uno de los que tuvo mayor efecto sobre la maleza, en el cultivo del agave.

Los resultados obtenidos en la variable %DAC, no fueron significativos, según el análisis de varianza, pero se pudo apreciar que el T7, que se refiere a la aplicación de un herbicida químico, en el cultivo, provocó un ligero cambio de color en las hojas, sin que sea representativo de demeritar la calidad de las plantas o que estas mueran por el efecto.

Rubio (2019) dijo en el caso del agave se utilizan diversos herbicidas tanto pre-emergentes como post-emergentes. En el mercado podemos encontrar diversos productos que pueden ser utilizados en el cultivo y en el caso de los pre-emergentes, si se dirigen exclusivamente al suelo sin mojar las hojas del agave, no le causarán daños graves al cultivo. Sin embargo, no hay productos selectivos para el agave y si alguno de ellos se absorbe vía radicular (los que tienen alta solubilidad), estarán afectando y debilitando al agave, el mismo efecto sucede, cuando el herbicida es absorbido por las hojas, provocando debilitamiento de la planta, quemaduras, disminución de fotosíntesis e incluso la muerte.

López-Urquídez *et al* (2020) sugieren que el herbicida más efectivo dentro de las combinaciones es flumioxazin combinado con acetoclor, sin diferir estadísticamente de todos los tratamientos químicos. flumioxazin, combinado con acetoclor mejora su acción debido a que pertenecen a grupos con distinto modo de acción actuando mejor sobre determinadas especies de malezas con

lo que coincide con esta investigación debido a que el producto químico tuvo buen control de la maleza y poco daño al cultivo.

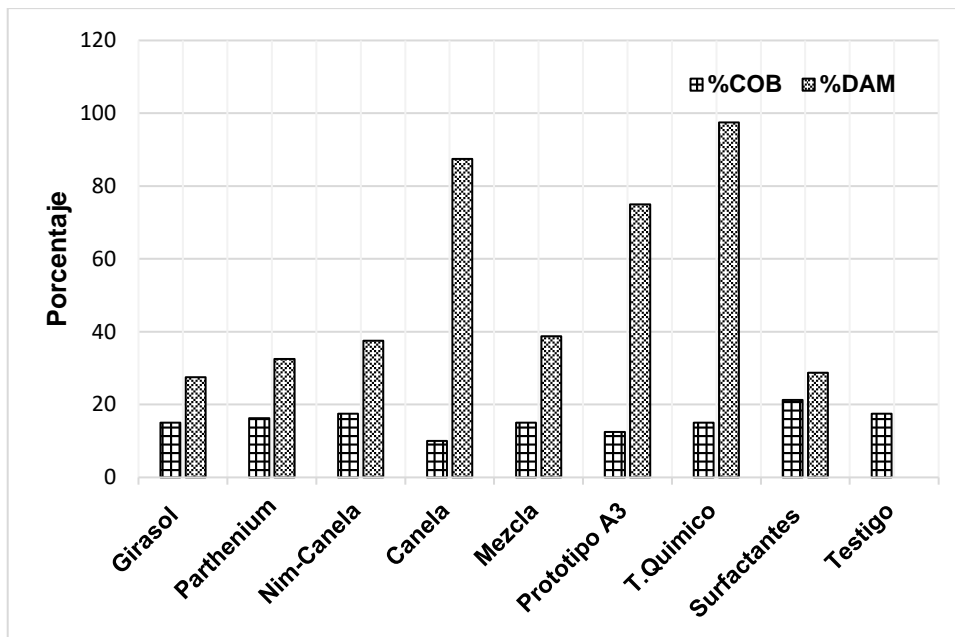
### 3.10.3. Análisis de los extractos en la maleza sin interferencia del cultivo

Los extractos se volvieron a aplicar en un área externa al cultivo, con la finalidad de corroborar su efecto en la maleza, en este sentido, se evaluaron las variables de %COB de la maleza y %DAM, el análisis de varianza arrojó que entre tratamientos, no hubo diferencias en la variable %COB, por lo que todas las parcelas experimentales se encontraron en la misma condición con la presencia y desarrollo de la maleza en el campo; sin embargo, en los resultados obtenidos para la variable de porcentaje de daño a la maleza (%DAM) se pudo encontrar diferencias altamente significativas entre tratamientos en los diferentes tipos de extractos utilizados (Cuadro 6 y Figura 9).

**Cuadro 6.** Análisis de varianza de dos variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos de extractos en malezas, este se utilizó como modelo testigo en el llamado bajío de la UAAAN, Saltillo Coahuila, México 2022.

F.V.	gl	%COB	% DAM
Extractos	8	32.4020271 <sup>NS</sup>	<b>2931.32407***</b>
Repeticiones	3	75.0928875 <sup>NS</sup>	113.59806 <sup>NS</sup>
Error	24	52.352936	354.01542
Total Corregido	35		
R <sup>2</sup>		0.278291	0.736855
C.V.%		32.32529	41.78254
Media		15.5555	47.2222

F.V.: Fuentes De Variación; gl: Grados de Libertad; %COB: Porcentaje De Cobertura; %DAM: Porcentaje De Daño A Maleza; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; C.V.%: Porcentaje del coeficiente de variación \*\*\*: Diferencias altamente significativas con  $\alpha \leq 0.01$ ; NS: diferencias no significativas.



**Figura 9.** Representación del porcentajes de cobertura (%COB) y daño a la maleza (%DAM).

En el análisis de comparación de medias para este apartado, solo la variable que se analizó fue la del porcentaje de daño a la maleza (%DAM), se encontró que los tratamientos T7 (testigo químico), el T4 (canela) y el T6 (prototipo A3 de GreenCorp) fueron los que tuvieron un mayor efecto con 97.5, 87.5 y 75.0% de daño a la maleza, mientras que con el tratamiento testigo absoluto no se reflejó ningún daño. Los tratamientos T5 (Mezcla), T3 (Nim-Canela), T2 (*Parthenium*), T8 (Surfactantes) y T1 (Girasol), no presentaron un daño a la maleza mayor al 38%, estos resultados corroboran los obtenidos en las aplicaciones donde se encontraba el cultivo, relacionados a la eficacia de los extractos y además nos da la pauta de explicar que con el uso de los surfactantes se potencializa el efecto de los extractos, sobre la maleza y que por sí solos, no reflejan un daño considerable como mezclados con los extractos, lo que también corrobora que el uso de este tipo de productos puede ser eficaz cuando se trata de productos naturales como los empleados en esta investigación (Cuadro 7). Al respecto, Suarez (2022) menciona que los coadyuvantes orgánicos permiten proteger y potencializar la acción de los herbicidas, fungicidas, insecticidas, acaricidas, nutrientes, lo que logran permitir una mayor adherencia, cobertura, permanencia de todas las sustancias que se apliquen vía foliar; en el cultivo de maíz, se utilizan coadyuvantes con herbicidas, aumentando la penetración y absorción de las moléculas de los herbicidas, controlando las malezas y a su vez permiten

incrementar los rendimientos por su óptimo control y la necesidad del uso de coadyuvantes en maíz varía de acuerdo con la formulación del herbicida, la calidad del agua para la aplicación y las condiciones medioambientales, destacándose especialmente su uso con herbicidas aplicado al cultivo.

**Cuadro 7.** Representación agrupada de las medias de los tratamientos por daño a la maleza fuera del cultivo.

Grupo	Tratamientos	Rango de medias
a	Testigo Químico (T7)	85.39%
ab	Canela (T4)	78.75%
abc	Prototipo A3 (T6)	67.50%
bcd	Mezcla (T5) y Nim-Canela (T3)	38.21%-36.92%
cd	<i>Parthenium</i> (T2), surfactantes (T8) y Girasol (T1)	34.72%-31.39%
d	Testigo (T9)	0

#### 3.10.4. Acumulación de biomasa

En cuanto a la determinación de la acumulación de biomasa de la maleza, se evaluaron las variables, peso fresco y seco de la maleza, tanto en las aplicaciones en el área donde se encontraba sembrado el agave, como en las parcelas donde no se tenía establecido el cultivo; en los resultados del análisis de varianza se encontró que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 8), lo que indica que la maleza acumulada al momento de la aplicación fue controlada oportunamente sin causar aumento de biomasa y sin efectos de interferencia con el cultivo.

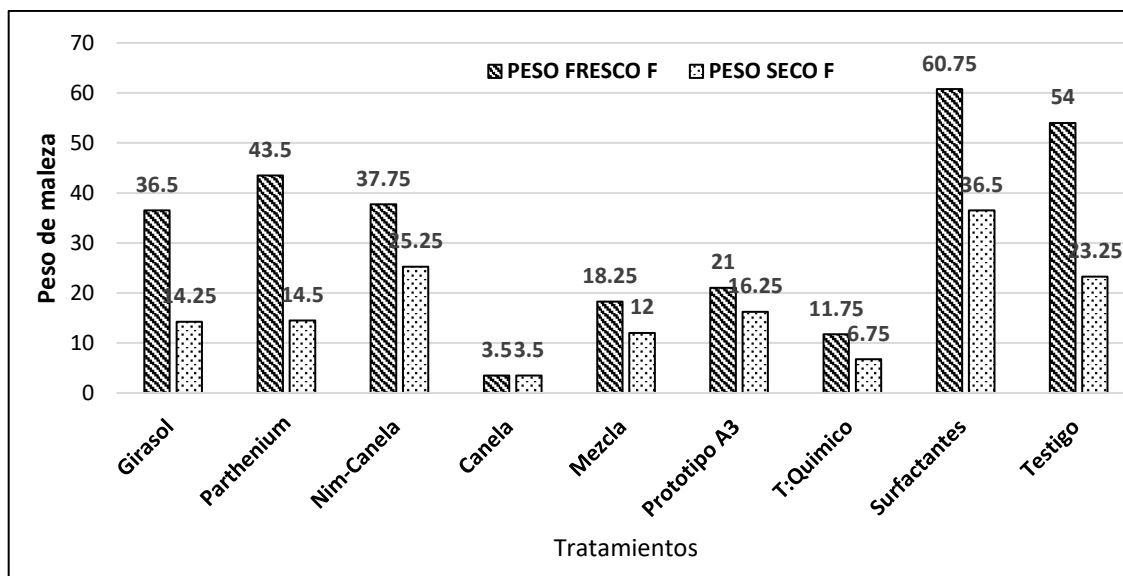
**Cuadro 8.** Análisis de varianza de cuatro variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos de extractos en malezas sobre el peso, esto se realizó en el llamado bajío de la UAAAN, Saltillo Coahuila, México 2022.

F.V.	gl	PFD	PFF	PSF	PSD
Extractos	8	404.3402 <sup>NS</sup>	1514.1944 <sup>NS</sup>	407 <sup>NS</sup>	18.8750 <sup>NS</sup>
Repeticiones	3	257.0740 <sup>NS</sup>	1046.8889 <sup>NS</sup>	494.25 <sup>NS</sup>	19.1389 <sup>NS</sup>
Error	24	232.3865	1178.8055	390.8333	17.9305
Total	35				
Corregido					
R <sup>2</sup>		0.4180	0.3503	0.3356	0.3262
C.V.%		77.2946	107.6668	116.8641	51.3266
Media		19.7222	31.8889	16.9166	8.25

PFD: Peso fresco de la maleza con interferencia del cultivo; PFF: Peso fresco de la maleza sin interferencia de cultivo; PSF: Peso seco de la maleza con interferencia del cultivo; PSD: Peso seco de la maleza sin interferencia de cultivo.

Jamaica-Tenjo y González-Andújar (2019) mencionan que desde un punto de vista práctico es de suma importancia poder predecir el efecto de las malas hierbas sobre el rendimiento del cultivo. Para ello se han desarrollado modelos empíricos de competencia que relacionan la pérdida del rendimiento como respuesta a la densidad o biomasa de las malas hierbas.

Para el caso de cada tratamiento, a pesar de que no hubo diferencias significativas entre el peso fresco al igual que el peso seco en los valores donde no hubo interacción de la maleza con el cultivo, se observó que hubo más del 50% de acumulación de agua en el tejido de la maleza (Figura 10), en los tratamientos de *Parthenium* (66.67%), Girasol (60.96%) y el Testigo absoluto (56.94%); mientras que en los tratamientos donde hubo menor acumulación de agua en el tejido de la maleza o en algunos casos ya la maleza se encontraba muerta o afectada por los tratamientos aplicados y por lo tanto, no hubo absorción de agua, éstos fueron: Canela (0.0%), Prototipo A3 (22.62%) y la Mezcla de extractos (34.24%). En el caso de la acumulación de biomasa por el peso seco registrado, se encontró que los mayores valores fueron obtenidos en los tratamientos: Testigo absoluto, Nim-Canela y Surfactantes, con 93.0 g·cm<sup>-2</sup>, 101.0 g·cm<sup>-2</sup> y 146.0 g·cm<sup>-2</sup>, respectivamente; mientras que los de menor cantidad de acumulación de biomasa fueron: Canela, Testigo Químico y la Mezcla de extractos 14.0 g·cm<sup>-2</sup>, 27.0 g·cm<sup>-2</sup> y 48.0 g·cm<sup>-2</sup>, respectivamente, esto con respecto a la media de todos los tratamientos que fue de 67.66%, de éstos resultados se puede decir que, el tratamiento de mayor efecto que presentó reducción de la maleza fue el de Canela seguido por la Mezcla de extractos, cabe aclarar que en las otra variables como %COB y %DAM (Cuadro 6 y Figura 9), la Mezcla no resulto tener valores bajos o ser bajo en estas variables que representa el efecto de los extractos evaluado de forma visual; por lo tanto, esto significa que la cobertura y el daño, van a depender del tipo de maleza que se tenga establecida, principalmente se debe diferenciar entre hoja ancha y angosta ya que entre estos existe diferencia en la forma y arquetipo de su crecimiento y también implica la percepción del investigador evaluador para estas dos últimas variables.



**Figura 10.** Peso de Maleza Fuera del cultivo donde se muestra el peso de maleza y los pesos frescos y secos de los diferentes tratamientos.

Los datos relacionados a la acumulación de agua y biomasa de la maleza se consideraron con los pesos frescos y secos, en el cultivo interaccionando con la maleza (Figura 11), los efectos por los tratamientos, se reflejaron en algunos con mayor acumulación de agua en la maleza que en otros, los tratamientos de mayor valor, fueron: Girasol, Nim-Canela y el Testigo Absoluto, con 75.5%, 66.7% y 65.1%, respectivamente. En cuanto a la biomasa acumulada se encontró que los tratamientos de Surfactantes, Nim-Canela y el Testigo Químico, fueron los que tuvieron el mayor valor de biomasa acumulada en la maleza, con: 46, 42 y 35  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , respectivamente; y los de menor valor fueron: el Prototipo A3, Testigo Absoluto, *Parthenium* y Canela (19, 22, 31 y 31,  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , respectivamente); esto se explica debido a que en este caso la maleza se encuentra en competencia con el cultivo, por tanto, se ve el efecto de reducción del crecimiento de las plantas, por la interferencia y la interacción maleza-cultivo, esto se aprecia con los valores obtenidos en los testigos absolutos y en las medias de biomasa obtenidas por todos tratamientos en cada muestreo, sin cultivo 67.66  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  y con cultivo 33.0  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Sin embargo, el tratamiento más efectivo para la supresión de la maleza siguió siendo el tratamiento Canela, con este análisis también es posible considerar al tratamiento del Prototipo A3, manteniéndose constantes estos dos, en todos los análisis y variables.

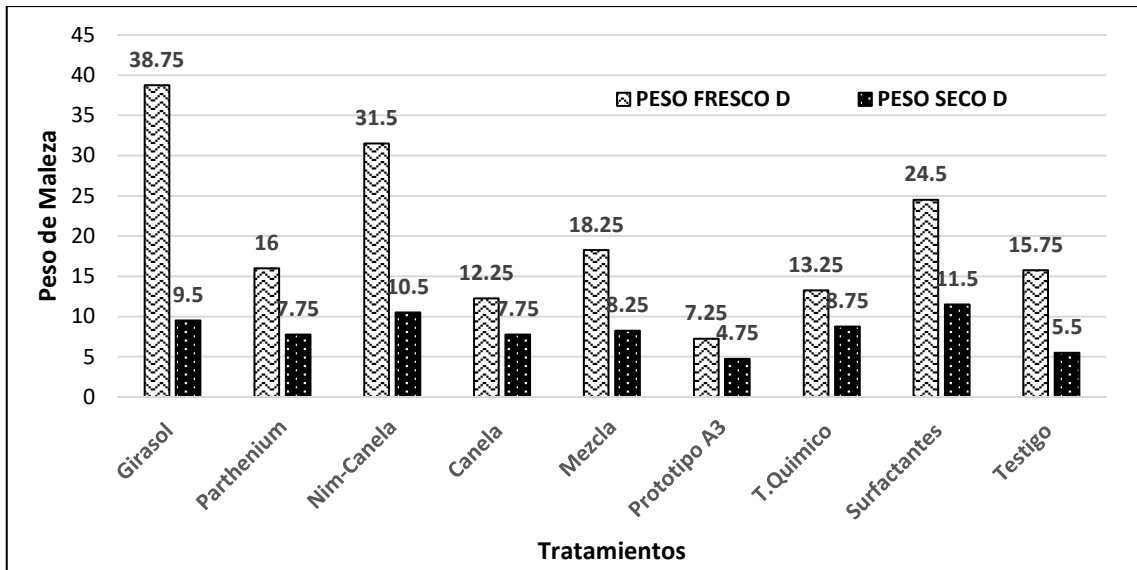


Figura 11. Peso de Maleza Dentro cultivo donde se muestra el peso de maleza y los pesos frescos y secos de los diferentes tratamientos.



## CONCLUSIONES

El cultivo del agave en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México está asociado con 19 familias de arvenses, las Poaceae y Asteraceae presentaron predominancia.

*Ipomoea* spp, presentaron daños significativos por el efecto de los extractos vegetales a nivel de plántula, tanto en laboratorio como campo (pre y post emergencia).

Los extractos de Canela y el Prototipo A3 de GreenCorp, fueron los que tuvieron mayor efecto fitotóxico sobre la maleza que interaccionó con el cultivo de agave; mientras que los extractos etanólicos (Girasol y *Parthenium*) no son tan eficaces y eficientes en campo para el control de la maleza.

## LITERATURA CONSULTADA

- Amaguaña R., F. J., & Churuchumbi R., E. F. (2018). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>
- Arias O., H. M., López B., A., Bernal V., M. E., & Castaño R., E. (2011). Caracterización ecológica y fitoquímica de la batatilla *Ipomoea purpurea* L. Roth (*Solanales, Convolvulaceae*) en el municipio de Manizales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 15(2): 19-39.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30682011000200002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682011000200002)
- Barillas M., T. B., & Echegoyen V., C. A. (2014). Identificación de malezas con potencial de resistencia o tolerancia a herbicidas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.); en el municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz. Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas (Tesis de licenciatura) pag 81.  
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7544/1/13101576.pdf>
- Bautista, J. A., & Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la «región del mezcal» de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 5-20. Obtenido de El agave en México. Temática socioeconómica: <https://invdes.com.mx/los-investigadores/el-agave-en-mexico-tematica-socioeconomica/>
- Broce, E. N., & López, R. A. (2021). Resistencia de Malezas a Herbicidas en Latinoamérica y Métodos de Manejo: Revisión de Literatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. (Tesis de licenciatura) pag 40.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bdd900e0-12db-4e30-96b2-4fb9447e2edc/content>
- Caldas, A. (2012). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>

Castillo, E., & Martínez, I. (2007). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>

Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia *Piperaceae*. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 26(1), 97-106.

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Extractos+vegetales+utilizados+como+biocontroladores+con+%C3%A9nfasis+en+la+familia+Piperaceae&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Extractos+vegetales+utilizados+como+biocontroladores+con+%C3%A9nfasis+en+la+familia+Piperaceae&btnG=)

Chavez-Parga, M. D. C., Hernández, E. P., & Hernández, J. C. G. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 148-164.

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Revisi%C3%B3n+del+agave+y+el+mezcal&btnG=#d=gs\\_cit&t=1678228617847&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AwrUHmLT4scMJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Revisi%C3%B3n+del+agave+y+el+mezcal&btnG=#d=gs_cit&t=1678228617847&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AwrUHmLT4scMJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des)

Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). (2010). Catálogo de localidades indígenas 2010. URL:

[http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2578](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2578). Última consulta 3 de agosto de 2016. <https://invdes.com.mx/los-investigadores/el-agave-en-mexico-tematica-socioeconomica/>

Cruz-Ortiz, L., & Flores-Méndez, 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.

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Avances+en+el+desarrollo+de+nuevos+herbicidas+biol%C3%B3gicos+a+partir+de+extractos+vegetales+fitot%C3%B3xicos+aplicados+in+vitro&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Avances+en+el+desarrollo+de+nuevos+herbicidas+biol%C3%B3gicos+a+partir+de+extractos+vegetales+fitot%C3%B3xicos+aplicados+in+vitro&btnG=)

De la Vega, M. (2013). Resistencia de malezas a herbicidas. *Revista Especial Malezas AAPRESID*, 29-34.



- González, D. L. (2021). *Estudio del modo de acción de los metabolitos secundarios trans-cinamaldehído y norharmano sobre el metabolismo vegetal* (Doctoral dissertation, Universidade de Vigo) [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Estudio+del+modo+de+acci%C3%B3n+de+los+metabolitos+secundarios+trans-cinamaldeh%C3%ADdo+y+norharmano+sobre+el+metabolismo+vegetal+&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Estudio+del+modo+de+acci%C3%B3n+de+los+metabolitos+secundarios+trans-cinamaldeh%C3%ADdo+y+norharmano+sobre+el+metabolismo+vegetal+&btnG=)
- Illsley, C., Gómez, T., Rivera, G., Morales, M. D. P., García, J., Ojeda, A., ... & Mancilla, S. (2005). Conservación in situ y manejo campesino de magueyes mezcaleros. *Grupo de Estudios Ambientales AC. Ciudad de México: Informe final SNIB-CONABIO proyecto, (V028).* [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Conservaci%C3%B3n+in+situ+y+manejo+campesino+de+magueyes+mezcaleros&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Conservaci%C3%B3n+in+situ+y+manejo+campesino+de+magueyes+mezcaleros&btnG=)
- INTAGRI. (2020). *El cultivo de Agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) en México*. Obtenido de El cultivo de Agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) en México.: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cultivo-de-agave-azul-en-mexico>.
- INTAGRI. (2022). *Control de malezas en Agave Azul*. Obtenido de Control de malezas en Agave Azul : <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-malezas-en-agave-azul>.
- Jamaica-Tenjo, D. A., & González-Andújar, J. L. (2019). Modelos empíricos de competencia cultivo-mala hierba. Revisión Bibliográfica. Modelización de la interferencia cultivo-malezas, mediante modelos autorregresivos espaciales, con validación en un cultivo de lechuga, 7. *ITEA-Inf. Tec. Economía Agraria*, 115(4): 289-306. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Modelos+emp%C3%ADricos+de+competencia+cultivo-mala+hierba&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Modelos+emp%C3%ADricos+de+competencia+cultivo-mala+hierba&btnG=)
- Labrada, R., Caseley, J. C., & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo* (Vol. 120). Food & Agriculture Org.. <https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s0d.htm#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20es%20utilizado%20para,la%20maleza%20objeto%20de%20control>

- Lázaro-Bello, J. A. (2011, September). Notas corológicas sobre la flora vascular de la provincia de Valladolid (España). In *Anales de biología* (No. 33, pp. 93-97). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Notas+corol%C3%B3gicas+sobre+la+flora+vascular+de+la+provincia+de+Valladolid+%28Espa%C3%B1a%29&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Notas+corol%C3%B3gicas+sobre+la+flora+vascular+de+la+provincia+de+Valladolid+%28Espa%C3%B1a%29&btnG=)
- Liu, C.C.(2021). Importancia y usos de los cazahuates y quiebraplatos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 17(42): 2448-9026. doi: 10.30973/inventio/2021.17.42/2.
- López, D.D. (2021). *Estudio del modo de acción de los metabolitos secundarios trans-cinamaldehído y norharmano sobre el metabolismo vegetal*. Universidad de Vigo. (Tesis de doctorado). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287002>.
- López-Urquídez, G. A., Murillo-Mendoza, C. A., Martínez-López, J. A., Ayala-Tafoya, F., Yañez-Juárez, M. G., & López-Orona, C. A. (2020). Efecto de herbicidas preemergentes en el control de malezas y el desarrollo de cebolla bajo condiciones de fertirriego. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(5), 1149-1161. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Efecto+de+herbicidas+preemergentes+en+el+control+de+malezas+y+el+desarrollo+de+cebolla+bajo+condiciones+de+fertirriego.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Efecto+de+herbicidas+preemergentes+en+el+control+de+malezas+y+el+desarrollo+de+cebolla+bajo+condiciones+de+fertirriego.&btnG=)
- Martínez-Palacios, A., Castro, L. E. M., Alvarez, C. R. N., Vargas, N. M. S., Cervantes, L. A., Rodríguez, S. G., & Lobit, P.(2016). Monocultivo y sistemas agresivos de manejo asociados a plagas y enfermedades en plantaciones de Agave Cupreata en Michoacán. Monocultivo y sistemas agresivos de manejo asociados a plagas y enfermedades en plantaciones de Agave Cupreata en Michoacán. 83, 85. [https://www.researchgate.net/profile/Susana-Rodriguez-15/publication/295573233\\_Aspectos\\_sobre\\_manejo\\_y\\_conservacion\\_de\\_Agaves\\_mezcaleros\\_en\\_Michoacan/links/56cbd47b08ae1106370bad90/Aspectos-sobre-manejo-y-conservacion-de-Agaves-mezcaleros-en-Michoacan.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Susana-Rodriguez-15/publication/295573233_Aspectos_sobre_manejo_y_conservacion_de_Agaves_mezcaleros_en_Michoacan/links/56cbd47b08ae1106370bad90/Aspectos-sobre-manejo-y-conservacion-de-Agaves-mezcaleros-en-Michoacan.pdf).

- Meira.M. (2012). Importancia y usos de los cazahuates y quiebraplatos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 17(42): 2448-9026. doi: 10.30973/inventio/2021.17.42/2.
- Méndez N. G. S. (2019). *Evaluación de extractos vegetales con potencial para el control de malezas en agricultura orgánica* (Quevedo-UTEQ). (Tesis de posgrado). 70 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3684>
- Miranda, P. (2010). Importancia y usos de los cazahuates y quiebraplatos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 17(42): 2448-9026. doi: 10.30973/inventio/2021.17.42/2.
- Mora-López, J. L., Reyes-Agüero, J. A., Flores-Flores, J. L., Peña-Valdivia, C. B., & Aguirre-Rivera, J. R. (2011). Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género *Agave*. *Agrociencia*, 45(4), 465-477. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Variaci%C3%B3n+morfol%C3%B3gica+y+humanizaci%C3%B3n+de+la+secci%C3%B3n+Salmianae+del+g%C3%A9nero+Agave.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Variaci%C3%B3n+morfol%C3%B3gica+y+humanizaci%C3%B3n+de+la+secci%C3%B3n+Salmianae+del+g%C3%A9nero+Agave.&btnG=)
- Naveda, G. (2010). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>
- Oliveros-Bastida, A. D. J. (2008). El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Química viva*, 7(1), 2-34. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=El+fen%C3%B3meno+alelop%C3%A1tico&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=El+fen%C3%B3meno+alelop%C3%A1tico&btnG=)
- Ordaz, S. J. M., Gómez, C. R., de León, S. D. D., Rosales, M. S. D., Balch, E. P. M., Valles, C. Q., & Jiménez, M. D. L. L. G. (2008). El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia*, 16(41), 53-62. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=El+cultivo+in+vitro+como+herramienta+para+el+aprovechamiento%2C+mejoramiento+y+conservaci%C3%B3n+de+especies+del+g%C3%A9nero+Agave&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=El+cultivo+in+vitro+como+herramienta+para+el+aprovechamiento%2C+mejoramiento+y+conservaci%C3%B3n+de+especies+del+g%C3%A9nero+Agave&btnG=)

- Osorio. E. (2009). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>
- Pedraza, M & Plaza, G.A. (2007). Caracterización ecológica y fitoquímica de la batatilla *Ipomoea purpurea* L. Roth (*Solanales, Convolvulaceae*) en el municipio de Manizales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 15(2): 19-39. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30682011000200002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682011000200002)
- Peñaherrera C., L. (2013). Situación actual sobre el uso del glifosato en Ecuador. *Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables*. [https://www.researchgate.net/publication/304149389\\_Situacion\\_actual\\_sobre\\_el\\_uso\\_del\\_glifosato\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/304149389_Situacion_actual_sobre_el_uso_del_glifosato_en_Ecuador)
- Pérez D. J. F. (2007). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave *Tequilana Weber* en la zona de denominación de origen del tequila. Libro Técnico Núm. 4. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ignacio-Del-Real-Laborde/publication/311368794\\_Conocimiento\\_y\\_practicas\\_agronomicas\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_Agave\\_Tequilana\\_Weber\\_en\\_la\\_zona\\_de\\_denominacion\\_de\\_origen\\_del\\_tequila/links/59a46bcaaca272a6461bc2bc/Conoc](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ignacio-Del-Real-Laborde/publication/311368794_Conocimiento_y_practicas_agronomicas_para_la_produccion_de_Agave_Tequilana_Weber_en_la_zona_de_denominacion_de_origen_del_tequila/links/59a46bcaaca272a6461bc2bc/Conoc)
- Pérez, D. J. F. y R. Rubio C. 2007. Tecnología de manejo y control de plagas del agave. P. 155 – 196. In Rulfo, V. F. O. et al.(Eds). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/14.pdf>.
- Pérez, T. (2009). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84.



<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>

- Quishpe C. J. (2019). Evaluación del efecto del agave azul (*Agave americana* sp *Andina*) en la captura de agua y mejoramiento de la fertilidad en suelos volcánicos endurecidos (cangahuas). Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito: UCE. 94 p.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18794/1/T-UCE-0004-CAG-096.pdf>
- Razo-León, A. E. (2015). Importancia y usos de los cazahuates y quiebraplatos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 17(42): 2448-9026. doi: 10.30973/inventio/2021.17.42/2.
- Rubio, R.(2019).Control de malezas en el cultivo de agave. Todo sobre tequila.10:00:00. <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/control-maleza-cultivo-agave#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20de%20herbicidas%20debe,se%20aplican%20directamente%20al%20agave>
- Rulfo V., F. O. et al. (ed.). 2007 Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave Tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. <https://blogdefagro.com/2020/06/08/el-cultivo-del-agave-agave-tequilana-w/>..
- Sánchez, F. (2009). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>
- SAS. Instituto de Sistema de Análisis Estadístico (2002) Guía del usuario de SAS / STAT. Versión 8, 6ta edición, SAS Institute, Cary, 112.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257066/Potencial-Agave\\_Tequilero\\_y\\_Mezcalero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257066/Potencial-Agave_Tequilero_y_Mezcalero.pdf). Ultima consulta 7 de marzo de 2023.

- Secretaría de Economía. Sistema de Información Arancelaria (SIAVI). (2016).  
URL: <http://www.economia.gob.mx/?P=2261>. Última consulta 7 de marzo de 2023.
- Suarez Uca, L. S. (2022). *Eficacia de los coadyuvantes en los agroquímicos para el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias. (Tesis de licenciatura). (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022). Pag 23.
- Taberner P A, Ranzenberger A, Zaragoza Larios C. (2007). Resistencia de Malezas a Herbicidas en Latinoamérica y Métodos de Manejo: Revisión de Literatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. (Tesis de licenciatura) pag 40.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bdd900e0-12db-4e30-96b2-4fb9447e2edc/content>
- Torres, L., Montesdeoca, F., Gallegos, P., Castillo, C., Asaquibay, C., Valverde, F., & Andrade-Piedra, J. (2011). Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, 3. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/16/control-mecanico/>.
- Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). (2021) Importancia y usos de los cacahuates y quiebraplatos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 17(42): 2448-9026. doi: 10.30973/inventio/2021.17.42/2.
- Vazquez G., J. C. (2018). *Diversidad de Arvenses en Huertos de Nogal (Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch) en Saltillo y Parras de la Fuente, Coahuila, México*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (Tesis de licenciatura.). Pag. 60.
- Vazquez M., M. (2019). *Evaluación del Control de Maleza Mediante la Aplicación de Glifosato de Patente y Genérico en el Cultivo de Algodón Transgénico*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (Tesis de licenciatura.). Pag.37.
- Vibrans H. (ed.) 20 de julio de 2009. Malezas de México. *Ipomoea purpurea (L.) Roth.* 7 de marzo de 2023.  
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-purpurea/fichas/ficha.htm>.

Villarreal Q., J. A. (1983). Malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agrícola Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México., 1983.271p.