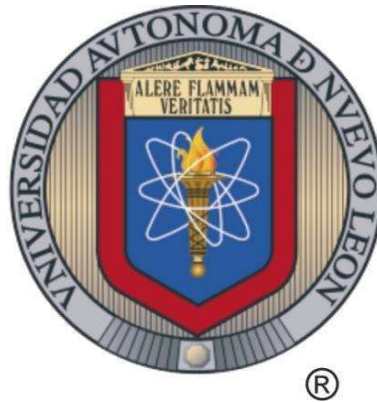


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS VEGETALES DE DOS ESPECIES
PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ING. ODLANIER PANTOJA ARRECHEA

General Escobedo, N. L

Junio de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS VEGETALES DE DOS ESPECIES
PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ING. ODLANIER PANTOJA ARRECHEA

General Escobedo, N. L

Junio de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS VEGETALES DE DOS ESPECIES
PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ING. ODLANIER PANTOJA ARRECHEA

General Escobedo, N. L

Junio de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS VEGETALES DE DOS ESPECIES
PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ING. ODLANIER PANTOJA ARRECHEA

General Escobedo, N. L

Junio de 2022

**ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

Dr. José Elías Treviño Ramírez
Director de Tesis

Dr. Guillermo Cristian G. Martínez Ávila
Co-Director de Tesis

Ph.D. Francisco Zavala García
Co-Asesor

Ph.D. Emilio Olivares Sáenz
Co-Asesor

M.C. Jesús Andrés Pedroza Flores
Co-Asesor

Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto
Subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme concluir mis estudios de posgrado.

A mi difunto padre Reinaldo Alberto Pantoja Pelegrino.

A mi madre Mercedes Arrechea Molina.

A mi Hijo Reinaldo Odlanier Pantoja Osoria y su madre Viasney Osoria Pichardo

A mi esposa Juana Deysi Jiménez Leiva.

A mis hermanos Madelín Núñez Arrechea, Osber Pantoja Arrechea y Erisdelvis Pantoja Lamote.

A mis compañeros de estudios, profesores y asesores

AGRADECIMIENTOS

- Al CONACYT, Al gobierno de México por haberme otorgado la beca de manutención que me ayudó a realizar el presente proyecto y a pagar mi estancia durante este periodo.
- A la Facultad de Agronomía de la UANL por las facilidades y apoyo brindado.
- Al Departamento de Posgrado por su apoyo y facilidades para estudiar esta Maestría.
- Al Dr. José Elías Treviño Ramírez, asesor principal, por todo su apoyo brindado incondicional para llevar a cabo este proyecto, sus consejos y amistad.
- Al asesor Dr. Guillermo Cristian Guadalupe Martínez-Ávila por sus asesorías, valiosas sugerencias y conocimientos durante el desarrollo del presente trabajo.
- Al resto del Comité particular de tesis: Dr. Francisco Zavala-García, Dr. Emilio Olivares-Sáenz y M.C Jesús Andrés Pedroza-Flores. Por sus asesorías y valiosas sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo.
- A mis maestros de posgrado de la FAUANL, por brindarme sus conocimientos y guiarme por un buen camino.
- A mis padres, mi hijo y familiares que me apoyaron en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURA	xii
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Hipótesis General.....	4
1.1.1 Hipótesis Específicas.....	4
1.2 Objetivo General	5
1.2.1 Objetivos Específicos.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.	6
2.1 Importancia del cultivo de maíz.....	6
2.2 Origen y definición de las malezas.....	7
2.3 Clasificación de las malezas.	9
2.3.1 Clasificación botánica.	9
2.3.2 Clasificación morfológica.	10
2.3.4 Clasificaciones complementarias.....	11
2.4 Las malezas como plaga y su influencia en el maíz.	12
2.5 Adaptabilidad de las malezas a los diferentes agroecosistemas.	13
2.5.1 Vías de diseminación de las malezas.....	14
2.6 Período crítico de competencia en el cultivo de maíz.	15
2.7 Métodos de control de malezas.	16
2.7.1 Control manual y mecánico.	16
2.7.2 Control químico.....	17
2.8 Efectos de los herbicidas en las malezas.	17
2.9 Alelopatía.	18
2.10 Plantas alelopáticas como fuente de bioherbicidas.....	21
2.10.1 <i>Parthenium hysterophorus</i> L.....	23
2.10.2 <i>Helianthus annuus</i> Biut.	24
2.11 Métodos de extracción.	25
2.11.1 Extracción asistida por ultrasonido.	26
2.11.2 Compuestos fenólicos.....	27
2.11.3 Flavonoides.	29

2.11.4 Método de extracción de compuestos fenólicos de Folin–Ciocalteu.....	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 Etapa 1 Trabajo de Laboratorio.....	32
3.1.1 Obtención de extractos acuosos, alcohólico e hidroalcohólicos.	32
3.1.2 Colecta de especies de malezas a utilizar para extracción de metabolitos secundarios.	32
3.1.3 Extracción de metabolitos secundarios.....	33
3.1.4. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu....	35
3.1.5 Determinación de flavonoides totales.	37
3.1.6 Determinación de grupos funcionales.....	38
3.1.7. Análisis estadístico del trabajo del Laboratorio.	39
3.2 Etapa 2 Trabajo de vivero-campo.	40
3.2.1 Localización del experimento de vivero en charolas.....	40
3.2.2 Localización de áreas de reservorios de malezas para recolectar.	40
3.2.3 Preparación de sustrato.....	42
3.2.4 Siembra del Experimento.....	42
3.2.5 Aplicación de los diferentes tratamientos y variables evaluadas.	45
3.2.6 Análisis estadístico del trabajo en vivero en charolas.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Resultados Etapa 1. Rendimiento de los distintos extractos de las especies	
<i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Helianthus annuus</i> Biut.	48
4.2 Determinación de polifenoles totales de los distintos extractos de las especies:	
<i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Helianthus annuus</i> Biut.	49
4.3 Determinación de flavonoides totales de los distintos extractos de las especies:	
<i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Helianthus annuus</i> Biut.	50
4.4 Determinación de grupos funcionales por FTIR de las especies: <i>Parthenium</i>	
<i>hysterophorus</i> L y <i>Helianthus annuus</i> Biut.....	51
4.5 Resultados Etapa 2. Peso de Materia seca (g) de las plantas de maíz a los 21	
días después de las aplicaciones de los extractos y del herbicida sintético.	53
4.6 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie	
quelite espatulado (<i>Amaranthus blitoides</i> L).	54

4.7 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie violeta del campo [<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.]	57
4.8 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie: Correhuela anual (<i>Ipomoea trichocarpa</i> Elliott.).....	60
4.9 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie: Chayotillo (<i>Xanthium strumarium</i> L).....	63
5. CONCLUSIONES.	65
6. RECOMENDACIONES.	66
7. BIBLIOGRAFÍA.	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 La clasificación taxonómica del maíz (<i>Zea mays</i> L) (GBIF, 2021).....	6
Cuadro 2 Principales malezas que afectan el cultivo de maíz (Urueta y Acosta, 2018)	13
Cuadro 4 Efecto, sobre diferentes especies receptoras, de compuestos alelopáticos que intervienen en el proceso de invasión (Lorenzo y González, 2010).	20
Cuadro 5 Grupos de polifenoles y algunos ejemplos de cada grupo.	29
Cuadro 6 Escala propuesta por la sociedad europea de investigación de malezas (EWRS) con modificaciones para evaluar el control de malezas y la fitotoxicidad al cultivo (Jürgens <i>et al.</i> , 1985).....	47
Cuadro 7 Resultados del control de la maleza: quelite espatulado (<i>Amaranthus spinosus</i> L) por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).....	55
Cuadro 8 Resultados del control de la maleza violeta del campo [<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.], por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).....	58
Cuadro 9 Resultados del control de la maleza correhuela anual (<i>Ipomoea trichocarpa</i> Elliott.), por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).....	61
Cuadro 10 Resultados del control de la maleza chayotillo (<i>Xanthium strumarium</i> L.), por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A). 64	64

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno (Muñiz, 2017).....	19
Figura 2 Métodos de extracciones más importantes de principios activos en plantas (Jara, 2010).	26
Figura 3 Recolección de las especies <i>Parthenium hysterophorus</i> L. y <i>Helianthus annuus</i> Biut.....	32
Figura 4 Procedimiento la obtención de los polvos de las malezas molidas de las especies <i>Parthenium hysterophorus</i> L. y <i>Helianthus annuus</i> Biut. a) Lavado de las plantas, b) cortado de las plantas y montaje en charolas de aluminio, c) Montaje de las charolas de aluminio con las plantas en la estufa, d) centrifugado del material vegetal después de sacado de la estufa, e) Tamizado del polvo del material centrifugado y f) Bolsa del polvo vegetal de cada una de las especies.	33
Figura 5 Procedimiento la obtención de extractos de las Malezas molidas de las especies <i>Parthenium hysterophorus</i> L. y <i>Helianthus annuus</i> Biu, a) Pesaje de 5 g de polvo de las especies, b) Muestras de las especies en el desonificador, c) Filtrado de las muestra en un matraz quita sapo con ayuda de una bomba de vacio para agilizar el filtrado, d) Equipo donde fue centrifugadas las muestras, e) Cajas petri con el material resultante de la centrifugación colocados en la estufa y f) Extracto de las especies.	35
Figura 6 Gradilla con los tubos de ensayo con las muestras de los extractos y la curva de calibración y los reactivos.	36
Figura 7 Equipo Rotovapor donde se encubaron las muestras.....	37
Figura 8 Equipo Espectrofotómetro donde se leyeron las absorbancia a 750 nm de las muestras.	37
Figura 9. Equipo Espectrómetro infrarrojo donde se analizaron las muestras de las especies <i>Parthenium hysterophorus</i> L. y <i>Helianthus annuus</i> Biut. para determinar los grupos funcionales.....	39

Figura 10	Proceso de recolección de semillas de malezas, a) Colecta de semillas de Flor amarilla (<i>Helianthus laciniatus</i> A. Gray), b) Colecta de semillas de Chayotillo (<i>Xanthium strumarium</i> L), c) Colecta de semillas de Quelite espinoso (<i>Amaranthus spinosus</i> L).	40
Figura 11	Lugares donde fueron Trasplantadas de malezas en campo y por especies, a) Plantas de violeta del campo [<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.], b) Plantas de Correhuela anual (<i>Ipomoea trichocarpa</i> Elliott.) c) Plantas de Quelite espatulado (<i>Amaranthus blitoides</i> L.) y d) Plantas de Chayotillo (<i>Xanthium strumarium</i> L.)	41
Figura 12	Preparación de sustrato, a) Bulto de peat moss, b) Peat moss mojado homogéneamente, c) Charola con $\frac{3}{4}$ de capacidad de peat moss, d) Todas las charolas listas con el sustrato humedecido listo para sembrar.	42
Figura 13	Siembra de tres semillas de maíz por charola y trasplante de tres plantas por especies de malezas.	43
Figura 14	Croquis del experimento (T-El tratamiento y #- número del tratamiento)..	44
Figura 15	Aplicación de los extractos y el herbicida estándar por unidad experimental.	46
Figura 16	Rendimientos de los Extracto acuoso de <i>Parthenium hysterophorus</i> L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (mg/g)	48
Figura 17	Cantidad de polifenoles totales de los Extracto acuoso de <i>Parthenium hysterophorus</i> L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (mg/g)	49

Figura 18 Flavonoides totales de los Extracto acuoso de <i>Parthenium hysterophorus</i> L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de <i>Helianthus annuus</i> Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (µg/ml)	50
Figura 19 Determinación de grupos funcionales por FTIR de las especies: <i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Helianthus annuus</i> Biut.	52
Figura 20 Peso de Materia seca de las plantas de maíz de los tratamientos de Extracto hidroalcohólico al 10% de <i>Parthenium hysterophorus</i> L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de <i>Parthenium hysterophorus</i> L, disueltos en solución acuosa (Ph 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de <i>Parthenium hysterophorus</i> L, disueltos en solución hidroalcohólica. (Ph 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de <i>Parthenium hysterophorus</i> L, disueltos en solución acuosa (Ph 20 A), Extracto hidroalcohólico al 10% de <i>Helianthus annuus</i> Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de <i>Helianthus annuus</i> Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de <i>Helianthus annuus</i> Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de <i>Helianthus annuus</i> Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 20 A), Herbicida Sintético (HERB), Testigo control (Sin aplicación de Agroquímico) (TESCOL) (g) a los 21 días después de las aplicaciones.	53
Figura 21 Comportamiento de los extractos sobre la especie quelite espatulado (<i>Amaranthus spinosus</i> L): a) Tratamiento 1 (Ph 10 H). b) Tratamiento 2 (Ph 10 A). c) Tratamiento 3 (Ph 20 H). d) Tratamiento 4 (Ph 20 A). e) Tratamiento 5 (Ha 10 H). f) Tratamiento 8 (Ha 20 A).	56
Figura 22 Comportamiento de los extractos sobre la especie violeta del campo [<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.]. a) Tratamiento 3 (Ph 20 H) b) Tratamiento 4 (Ph 20 A). c) Tratamiento 5 (Ha 10 H). d) Tratamiento 6 (Ha 10 A). e) Tratamiento 7 (Ha 20 H). f) Tratamiento 8 (Ha 20 A).	59

Figura 23 Comportamiento de los extractos sobre la especie correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.). a) Tratamiento 2 (Ph 10 A). b) Tratamiento 3 (Ph 20 H). c) Tratamiento 4 (Ph 20 A). d) Tratamiento 5 (Ha 10 H). e) Tratamiento 7 (Ha 20 H). f) Tratamiento 9 HERB..... 62

Figura 24 Comportamiento de los extracto sobre la especie chayotillo (*Xanthium strumarium* L.) a) Tratamiento 4 (Ph 20 A). b) Tratamiento 8 (Ha 20 A). c) Tratamiento 9 HERB. d) Tratamiento 10 TESCOLO 64

RESUMEN

La producción de maíz en México muestra un crecimiento a través del tiempo debido al aumento de la demanda y su importancia en la alimentación humana y animal. Un factor para tener en cuenta es la presencia de malas hierbas; por su influencia en la reducción del rendimiento. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de los extractos de las especies *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut., en el control de malezas en maíz. El método de extracción a evaluar es por ultrasonido asistido para obtener extractos acuosos, etanólicos e hidroalcohólicos, para caracterizar metabolitos como: polifenoles, flavonoides etc. Estos extractos al igual que el herbicida sintético se aplicaron a los 35 días después de la siembra del maíz y las malezas en charolas plásticas. Se concluye que los extractos hidroalcohólicos realizaron un control estadísticamente igual al herbicida sintético en las especies de malezas estudiadas.

Palabras claves: *Parthenium hysterophorus* L, *Helianthus annuus* Biut, Herbicida, Control químico.

ABSTRACT

Corn production in Mexico shows growth over time due to the increase in demand and its importance in human and animal nutrition. One factor to take into account is the presence of weeds; due to its influence on crop yield reduction. The objective of this research was to evaluate the effect of the extracts of the species *Parthenium hysterophorus* L. and *Helianthus annuus* Biut., In the control of Weeds in Corn. The extraction method to be evaluated was by assisted ultrasound to obtain aqueous, ethanolic and hydroalcoholic extracts, to characterize metabolites such as: polyphenols, flavonoids, etc. These extracts, as well as the synthetic herbicide, were applied 35 days after planting the corn and weeds in plastic trays. It is concluded that the hydroalcoholic extracts performed a statistically equal control to the synthetic herbicide in the weed species studied.

Keywords: *Parthenium hysterophorus* L, *Helianthus annuus* Biut, Herbicide, chemical control.

1. INTRODUCCIÓN.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de unos 8000 años de antigüedad, originario del Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México. Este valle se caracteriza por la sequedad de su clima, con un promedio anual de lluvia muy reducido; alberga principalmente especies vegetales y animales propias de tierra caliente y seca (Martínez *et al.*, 2018). La región cuenta con numerosos cultivos endémicos, lo que la convierte en un territorio "único". Hoy día, el maíz está muy distribuido por todos los países, América Central, Brasil y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta tecnología en el manejo de este cultivo.

Un elemento que afecta el rendimiento del maíz es la presencia de plantas indeseables, también llamadas malezas o arvenses que según Labrada (2003) pueden llegar a reducir hasta el 30 % de la producción del cultivo; colocando en riesgo la seguridad alimenticia. Estas plantas crecen en campo más rápido que el cultivo, por lo que compiten por luz, agua, nutrientes y espacio vital; el efecto mayor ocasionado por estas especies se da durante los primeros 30 a 40 días después de la siembra, llamado periodo crítico de competencia y que al no controlarse de forma eficiente reducen el rendimiento y calidad del grano de la cosecha (Moreno, 2017).

La aplicación de productos químicos según el procedimiento tradicional y como notable herramienta de manejo de malezas ha confirmado ser dañina, debido al desarrollo de resistencia de las malezas y sus efectos adversos sobre el medio ambiente y el hombre (González, 2012). Esta situación de deterioro sugiere que se requiere una agricultura respetuosa para reducir la dependencia sobre los herbicidas químicos sintéticos para el control de malezas (Reyes *et al.*, 2015).

Los científicos de todo el mundo están buscando métodos alternativos de manejo de malezas (Topal *et al.*, 2006). Una razón de interés actual es el estudio de los metabolitos secundarios en plantas ya que ellos forman parte de sus mecanismos de defensa contra el ataque de herbívoros y contra enfermedades, es decir, protegen a las plantas y aseguran la biodiversidad vegetal, lo cual no solo opera en el medio silvestre sino, también, en los ecosistemas agrícolas, y puede, en consecuencia, aprovecharse para sustituir a los herbicidas químicos industriales. Este fenómeno alternativo de control en las malezas es llamado alelopatía; es complejo e interesante, pero depende de variables como la forma en que la planta libera al medio el compuesto aleloquímico, la estructura química de este, su estabilidad en el ambiente que se dispersa y el modo en que afecta a otros organismos (Muñiz, 2017).

La utilización de extractos de plantas con características alelopáticas es una opción viable para el control de las malezas, ya que los compuestos bioactivos son biodegradables y su utilización puede contrarrestar el impacto ambiental negativo ocasionado por productos químicos (Khan, 2015). Los extractos acuosos y etanólicos son fuente interesante para la obtención de compuestos orgánicos con actividad bioherbicida, sus características estructurales y químicas pueden ayudar a reducir la presencia de malezas que hayan generado resistencia a herbicidas químicos (Gomaa y AbdElgawad., 2012). Los extractos de origen vegetal se caracterizan por la presencia de determinados metabolitos secundarios los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas, y que pueden ser agrupados en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides. Dichos compuestos le proporcionan importantes características a los extractos, como son antialimentarios, antivirales, antimicrobianos, repelentes, inhibidores de germinación de semillas que

permiten su utilización para proteger los cultivos e incrementar la calidad y su producción alimentaria, ya que tienen la propiedad de ser menos tóxicos y más fácilmente degradables (Philogene *et al.*, 2004).

Es poco probable que la alelopatía por si sola pueda reemplazar totalmente a otras prácticas de control de malezas ya que su efectividad es influenciada por muchos factores: sin embargo, su utilización ayuda en la reducción del uso de herbicidas, lo que conlleva a un beneficio para los agricultores y también en el impacto ambiental (Torres *et al.*, 2008).

1.1 Hipótesis General

Extractos de malezas con potencial alelopático actuarán como bioherbicidas para controlar malas hierbas en el cultivo de maíz.

1.1.1 Hipótesis Específicas

El uso del herbicida sintético y los extractos acuosos, alcohólicos e hidroalcohólicos de las especies Hierba Amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y Girasol maleza (*Helianthus annuus* Biut.), realizarán un control de las especies: quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L), chayotillo (*Xanthium strumarium* L), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) sembradas en charolas con plantas de maíz.

1.2 Objetivo General

Evaluar el efecto de los extractos de las especies Hierba amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y Girasol maleza (*Helianthus annuus* Biut.), en el control de malezas en maíz (*Zea mays*. L).

1.2.1 Objetivos Específicos

1.2.1.1 Realizar la extracción y clasificación de grupos funcionales de metabolitos presente en las muestras de cada especie de maleza utilizadas para obtener los extractos vegetales.

1.2.1.2 Evaluar el efecto alelopático de dos extractos obtenidos de Hierba amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y Girasol maleza (*Helianthus annuus* Biut.) sobre las especies quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L), chayotillo (*Xanthium strumarium* L), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.).

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Importancia del cultivo de maíz.

El maíz (*Zea mays* L) es una planta gramínea anual, originaria de México, pertenece a la familia Poáceas o Gramíneas y es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre (clasificación taxonómica; Cuadro 1).

Cuadro 1 La clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays* L) (GBIF, 2021).

Reino:	Plantae.
Subdivisión:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Sudclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Zea</i> .
Especie:	<i>Zea mays</i> . Linneo., Sp. PL., 2: 971, 1753

Actualmente es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, seguido por el trigo y el arroz (Damián-Huato *et al.*, 2013). Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t ha⁻¹. Su cultivo está distribuido por todos los países del mundo destacándose en la producción del año 2019; EE.UU en primer lugar con 366.287 seguido por China con 257.330 y en

tercer lugar Brasil con 94.500, donde México alcanzó el séptimo lugar con 25.600 en miles de toneladas de maíz (Statista, 2020).

El maíz tiene muchos usos y sus productos secundarios son más numerosos aún. En México se consume principalmente en forma de tortillas, tamales, pozole (un rico estofado), pinole (tostado y pulverizado), atole, roscas, esquite (tostado, sin moler), etc. La bebida indígena en los Andes, y fuera de ellos, es la chicha, bebida espirituosa semejante a la cerveza que se elabora con maíz fermentado. También se hace del maíz una harina y, entre otros, ciertos preparados para desayuno que se han generalizado mucho.

2.2 Origen y definición de las malezas.

La Agricultura constituye la mayor fuerza selectiva en la evolución de las malezas. Como resultado de los disturbios ocasionados por el hombre para el establecimiento de los cultivos, las actividades agrícolas han mantenido las comunidades vegetales en estadios inmaduros. La mayoría de los elementos de esas comunidades son lo que en la agricultura llamamos malezas. La maleza es la planta no deseada que crece en un campo o jardín y que todo agricultor debe controlar o eliminar, ya que nos afecta de varias formas al cultivo reduciendo la cosecha considerablemente. Las malezas representan un daño económico al agricultor si no las controla (Black *et al.*, 1969). De forma general las malas hierbas suelen crecer de forma natural, y además con considerable vigor por tratarse en la mayoría de las ocasiones de especies endémicas muy adaptadas al medio y por tanto con gran facilidad para extenderse. Por ello, la catalogación de malas hierbas es poco menos que imposible y además arrojan cifras tremendamente dispares en función de cada ubicación geoecológica.

De las 250,000 especies vegetales existentes, aproximadamente 8,000 (3%) son consideradas malezas y 250 especies son problemáticas, representando el 0.1% de la flora mundial. El 70% de las malezas-problema corresponden a 12 familias botánicas y el 40% son pertenecientes a 2 familias: Poaceae y Asteraceae, presentándose la misma concentración de familias que en la situación de los cultivos más importantes (Zita, 2011).

Muchas de las malezas se han introducido desde áreas geográficas muy distantes, o son nativas y particularmente favorecidas por las perturbaciones causadas en la actividad agrícola. Cualquiera que sea su origen, las malezas son un componente integral de los agroecosistemas y como tales influyen la organización y el funcionamiento de estos desde los albores de la agricultura. Tradicionalmente, y principalmente debido a su impacto sobre el rendimiento, las malezas se han considerado organismos indeseables. Tanto en la literatura como en la tradición agrícola, es profundo el sentimiento de aversión que estos organismos vegetales despiertan en el ser humano. En general, están asociadas a maldad, haraganería, daño, pérdida o inconvenientes de algún tipo (Moreno, 2010).

Si bien es cierto, que algunas especies de malezas interfieren en las actividades agrícolas, muchas son importantes en los agroecosistemas ya que constituyen parte de la red trófica; al mismo tiempo, ayudan a evitar la erosión del suelo, incrementan la materia orgánica y la recirculación de nutrientes, conservan la humedad, albergan organismos benéficos y vida silvestre (Altieri, 1999).

El tratamiento del problema de malezas en los cultivos bajo una óptica de corto plazo y en gran medida ignorando las características que exhiben las poblaciones espontáneas, ha demorado no solo la realización de estudios ecológicos aplicados al agroecosistema sino la implementación de estrategias soportadas sobre la base de teoría ecológica disponible (Cousens y Mortimer, 1995).

2.3 Clasificación de las malezas.

La agrupación de las malezas es bastante subjetiva y cualquier otra clasificación está muy lejos de ser absoluta. Su actualidad puede variar debido a que especies anteriormente no destacadas pueden convertirse en importantes, mientras que otras consideradas como tal, pueden declinar en su abundancia y frecuencia en un período corto de tiempo. Típicamente, una comunidad de especies en las áreas cultivables contiene representantes de un número de familias y géneros. Mientras que las malezas, desde un punto de vista antropocéntrico, pueden ser definidas como plantas “fuera de lugar”, es frecuentemente difícil clasificarlas sobre una base estrecha de criterios botánicos (ej. Morfológicos, fenológicos o taxonómicos). Por consiguiente, las guías de clasificación de las especies indeseables se realizan normalmente en función del hábitat o de las áreas afectadas (Booth *et al.*, 2003).

2.3.1 Clasificación botánica.

Este tipo de clasificación permite identificar una planta de acuerdo con su morfología y agruparlas en familias, géneros y especies. La planta se nombra por dos palabras en latín, la primera indicará el género y la segunda corresponderá a la especie. Esta forma de clasificación es utilizada a nivel mundial y permite evitar

confusiones en la utilización de nombres comunes en diferentes regiones (Benítez *et al.*, 2006).

2.3.2 Clasificación morfológica.

Esta clasificación viene dada por la representación de sus hojas y se dividen en: Monocotiledóneas de la familia Gramineae. Muestran una hoja seminal, angosta y alternada con tallos cilíndricos, su sistema radical es fibroso. En este grupo se localizan los zacates y gramas.

Monocotiledóneas de la familia Cyperaceae. Exhiben características similares a los zacates, con la diferencia de que sus tallos son triangulares sin nudos y sus hojas nacen en forma de roseta desde la base del tallo.

Dicotiledóneas. Presentan dos hojas seminales o cotiledonares, anchas con nervaduras y raíz de crecimiento vertical, trepadoras, rastreras herbáceas o semileñosas (González, 1999).

2.3.3 Clasificación por ciclo de vida.

Plantas anuales o de temporada: Son aquellas que cumplen su ciclo de vida en el plazo de un año. Su reproducción generalmente es por semilla. Ejemplo: *Helianthus annuus*, *Ipomoea trichocarpa*, *Amaranthus spinosus* y *A. hybridus*.

Plantas bianuales. Son plantas cuyo ciclo de vida dura 2 años, pasado ese tiempo la planta muere, presentando dos fases: establecimiento y crecimiento vegetativo en el primer año. En el segundo año llevan a cabo la floración, maduración, producción de semillas y muerte. Se reproduce por semilla. Ejemplo: *Daucus carota* y *Sida aggregata*.

Plantas perennes. Viven durante dos o más años; las plantas crecen siempre que las condiciones sean favorables. Su reproducción es por semilla, rizomas y estolones lo cual las hace muy constantes (De Real, 2013).

2.3.4 Clasificaciones complementarias

Dentro de la clasificación de las malezas para su estudio existen otras características que nos ayudan a una identificación más completa de estas especies vegetales (Velázquez – Vázquez, 2015).

Según su reproducción: Sexual y asexual.

Según la consistencia del tallo: herbáceas, semileñosas y leñosas.

Según su hábitat: Terrestres y acuáticas.

Según sus requerimientos: Hídricos, lumínicos y térmicos.

Según el grado de nocividad ocasionado en áreas agrícolas y recreativas:

Leve, medio y alto.

Según la composición química del sustrato: Halófitas, calcícolas y acidófitas.

2.4 Las malezas como plaga y su influencia en el maíz.

Las malezas comunes en el maíz dependen de la zona en la que se siembra. La maleza es una planta que crece en el lugar sin haber sido sembrada, es decir, no es deseada e interfiere con el crecimiento del cultivo principal. Incluye tanto a las especies silvestres sin utilidad para el hombre como aquellas plantas que en otras condiciones puedan ser consideradas productos agrícolas, como el sorgo o los quelites (Llumiquinga, 2020).

El problema al que se enfrenta el maíz con la maleza creciendo a sus alrededores es que se convertirá en un elemento de competencia para su desarrollo. La luz, el agua y los nutrientes que obtiene del suelo se ven mermados y, con ello, reduce el rendimiento de la milpa y la calidad de los productos. En muchas ocasiones, la maleza crece más rápido que el cultivo y esto provoca pérdidas por competencia de la producción maicera, además de albergar en ellas insectos y enfermedades que atacan al maíz y obligan al agricultor a gastar más dinero en controles fitosanitarios. Las malezas constituyen una amenaza para este cultivo, reportando pérdidas anuales de hasta un 30% y elevando el costo del valor de la producción a un 15 % o más. En consecuencia, el productor tendrá menos que vender y los consumidores menos con qué satisfacer sus necesidades, elevando los precios y haciendo que sea difícil acceder a los alimentos (Rosales y Medina, 2011). Por esto, el control de malezas es uno de los factores importantes para una mayor producción de maíz. En el Cuadro 2 se muestran las principales malezas que afectan al cultivo del maíz (Urueta y Acosta, 2018).

Cuadro 2 Principales malezas que afectan el cultivo de maíz (Urueta y Acosta, 2018)

TIPO DE MALEZA	GÉNERO Y ESPECIE	NOMBRE COMÚN	
Hoja ancha	<i>Baltimore recta</i>	Flor amarilla	
	<i>Bidens pilosa</i>	Mozote, mozote negro	
	<i>Melampodium divaricatum</i>	Flor amarilla, hierba de chucho	
	<i>Physalis sp</i>	Tomatillo, farolito	
	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo o güisquilite	
	<i>Ageratum conyzoides</i>	Santa Lucía, mejorana	
	<i>Euphorbia hirta</i>	Golondrinilla, hierba de sapo	
	<i>Boerhavia erecta</i>	Palo de leche	
	<i>Ipomoea sp</i>	Campanilla	
	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	
	<i>Sida sp</i>	Escobilla	
	Hoja angosta (gramíneas)	<i>Eleusine indica</i>	Zacate amargo, pasto de gallina
		<i>Digitaria sanguinalis</i>	Salea
<i>Ixophorus unisetus</i>		Zacate de agua	
<i>Cynodon dactylon</i>		Pasto bermuda, barrenillo	
<i>Sorghum halepense</i>		Zacate Johnson	
Ciperáceas	<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo	
	<i>Cyperus spp</i>	Coyolillo	

2.5 Adaptabilidad de las malezas a los diferentes agroecosistemas.

Las malezas y los cultivos ocupan el mismo nicho agroecológico o también llamado agroecosistema, el proceso de colonización de nuevos ambientes por nuevas especies de plantas es continuo, siendo el hombre con sus actividades un factor principal que actúa acelerando ese fenómeno. La acción del ser humano se refiere al transporte de malezas y a su vez a la intervención sobre el medio promoviendo que pueda ser invadido más fácilmente. La ecología de malezas tiene como objeto principal comprender cómo ocurre la distribución y abundancia de las malezas tanto en ecosistemas naturales como aquellos manejados por el hombre (Booth *et al.*, 2003).

Las malezas presentan características que les permiten su adaptabilidad a diferentes agroecosistemas, esas propiedades les permiten sobrevivir a diferentes ambientes debido a su capacidad de perdurabilidad y poder de mantener su línea genética durante un largo periodo de tiempo (Salazar e Hincapié, 2013).

Características adaptativas.

- Su alta tasa de colonización.
- Capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas.
- Presentan reproducción asexual y sexual.
- Son capaces de dispersarse con gran facilidad.
- El crecimiento inicial es rápido.
- Cubierta (testa) dura e impermeable que condiciona la dormancia de la semilla.
- Son altas productoras de semillas.
- Sistema radicular competitivo.
- Alta variabilidad fenotípica y genotípica.
- Las semillas permanecen vivas en el suelo por años, incluso siglos.

2.5.1 Vías de diseminación de las malezas.

El problema es que la maleza ha sido esparcida por el mundo, debido a que sus semillas son recogidas al recolectar y transportar los cultivos de granos y otras especies. El hombre y las actividades que este realiza son la principal fuente de dispersión de las malezas. Una de las principales características de las arvenses es su producción de grandes cantidades de semillas, que desde el punto de vista evolutivo la alta producción de semillas asegura la persistencia de la especie y su habilidad para reinfectar los suelos y por ende le confieren una mayor habilidad de competencia con los cultivos (Martínez-Rodríguez, 2005).

Otras formas por la que se pueden diseminar estas plantas son por la acción de los vientos: ya que algunas semillas de malezas tienen características especiales que le facilitan su movimiento, como estructuras que se asemejan a un paracaídas, cubiertas algodonosas que hacen que las semillas floten en el viento.

Las aguas principalmente las usadas para el riego son un factor importante en la movilidad de las semillas de las malezas. Los animales también contribuyen a la diseminación de las malezas, ya que las transportan en su lana y en el tubo digestivo, así como el hombre también las puede transportar en sus zapatos y en la ropa. Las maquinarias pueden transportar semillas, rizomas, estolones, así como desenterrarlos y/o cortarlos desparramando estos en otros sitios donde se producirá una nueva infección (Mortimer, 1997).

2.6 Período crítico de competencia en el cultivo de maíz.

El período crítico es definido como el período durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir pérdidas en el rendimiento. Es un lapso en el que el desmalezado presenta el mayor retorno económico, por lo cual es donde deben enfocarse los mayores esfuerzos de control. El período crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays*), está comprendido entre los 15 a 72 días después de la siembra y el punto crítico se determinó a los 20 días (Barrientos, 2014).

Las malezas compiten con el cultivo de maíz en una forma acentuada y como consecuencia hay una disminución notable en el rendimiento. No se sabe cuál es la época más crítica en la cual se deben efectuar deshierbas mecánicas, a fin de ayudar a los herbicidas comúnmente utilizados para dar la máxima protección al cultivo (Vera *et al.*, 2020).

Las pérdidas por competencia entre la maleza y el maíz son entre un 80 y 100 por ciento cuando no se realizan deshierbas. Durante los primeros cuarenta días la maleza es más perjudicial al cultivo del maíz. Haciendo el último deshierbe a los 40 días de germinado el maíz no es necesario efectuar nuevas deshierbas, puesto que el rendimiento no aumenta cuando las deshierbas se hacen después de este lapso.

2.7 Métodos de control de malezas.

En la etapa de gestionar un campo, hay multitud de factores que afectan de forma directa el crecimiento y rendimiento de los cultivos; uno de estos factores es la posible aparición de malas hierbas. El control de malezas es un reto, por lo que se hace necesario la utilización de una buena integración de métodos que nos ayuden a buscar soluciones que eviten su aparición y/o infestación general de los campos, estas prácticas pueden ser tanto culturales, como ecológicas, químicas y biológicas. Un adecuado manejo de estas poblaciones permitirá reducir los costos y aumentar el rendimiento de los cultivos (Ahsan, 2014).

2.7.1 Control manual y mecánico.

La elaboración de planes que permitan un buen control de la flora de arvenses en los campos debe partir de un buen control preventivo y cultural de malezas, con el objetivo de evitar la contaminación del material de plantación; esto implica la compra de semillas de alta calidad y libres de malas hierbas, la plantación de especies altamente adaptables y competitivas, hacer uso de la rotación de cultivos, reducción del espacio entre surcos, siembras superficiales para que el cultivo pueda crecer

más rápido que otras hierbas y así asegurar condiciones en el campo que sean menos favorables al desarrollo de malezas.

El control manual se realiza con ayuda de herramientas como el azadón, machetes, picos y otros instrumentos utilizados por el hombre, en pequeñas parcelas; por otra parte, el control mecánico se realiza con el objetivo de destruir las plantas no deseadas con un equipo de cultivo, esto implica la utilización de arados, equipos de labranza, tractores e implementos más pesados para realización de las labores de cultivo (Gómez, 2011).

2.7.2 Control químico.

Este control se basa en el uso de productos químicos para el control de las plantas indeseables, aunque este método da resultados rápidos se utilizan productos que son venenosos y causan daños a muchos organismos y a los recursos naturales. Además, otro aspecto negativo es el desarrollo de resistencia e ineficacia de los herbicidas si se usa repetidamente, además de su elevado costo, sin dejar de mencionar los efectos de fitotoxicidad que se desarrolla en las plantas cultivadas. Por lo que se recomienda el manejo de herbicidas con otros métodos de control (Tamayo, 2011).

2.8 Efectos de los herbicidas en las malezas.

Los herbicidas bien aplicados pueden ser un arma efectiva de control de malezas, no obstante, su uso debe estar precedido de una capacitación a los técnicos y agricultores sobre manipulación segura y uso correcto de los mismos.

El uso repetido de un mismo herbicida, lo cual es muy frecuente en áreas de monocultivo, debe evitarse para evitar la aparición de altas infestaciones de

especies tolerantes al herbicida y, a largo plazo, de especies con resistencia adquirida al herbicida en uso.

Un herbicida se define como una sustancia química capaz de causar daños fitotóxicos, es decir, son sustancias que al ponerse al contacto con la planta interfieren con su metabolismo provocándole daños severos e incluso la muerte (Duke y Dayan, 2011).

La forma más útil de clasificación de los herbicidas es según su modo de acción que no es más que la secuencia de eventos que ocurren desde la absorción del herbicida hasta la muerte de la planta. Los herbicidas con el mismo modo de acción tienen el mismo comportamiento de absorción y transporte y producen síntomas similares en las plantas tratadas (Gunsolus y Curran, 1996); además, la clasificación de los herbicidas según su modo de acción permite predecir, en forma general, su espectro de control de maleza, época de aplicación, selectividad a cultivos y persistencia en el suelo (Ashton y Craft, 1981). Finalmente, este tipo de clasificación permite diseñar los programas de control químico de maleza más eficientes y evitar los posibles efectos negativos del uso de herbicidas como son la residualidad en el suelo, el cambio de especies de maleza y el desarrollo de biotipos de maleza resistentes a herbicidas (Heap, 2000).

2.9 Alelopatía.

En la naturaleza, las plantas están expuestas a factores bióticos y abióticos con los cuales han coevolucionado. Estos factores a lo largo del proceso evolutivo en los vegetales, han provocado el desarrollo de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios.

Muchas sustancias producidas por una planta le puede proporcionar beneficios al provocar efectos sobre otras plantas y animales, estas sustancias se denominan aleloquímicos y el fenómeno en el cual están involucrados se nombra alelopatía, término que describe la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta (Ríos y Rosabal, 2008). La definición abarca tanto los efectos perjudiciales (alelopatía negativa), como benéficos (alelopatía positiva) que puedan producir estos compuestos, agentes o sustancias alelopáticas.

Existen diferentes formas de liberación de sustancias alelopáticas al medio ambiente (Figura 1).

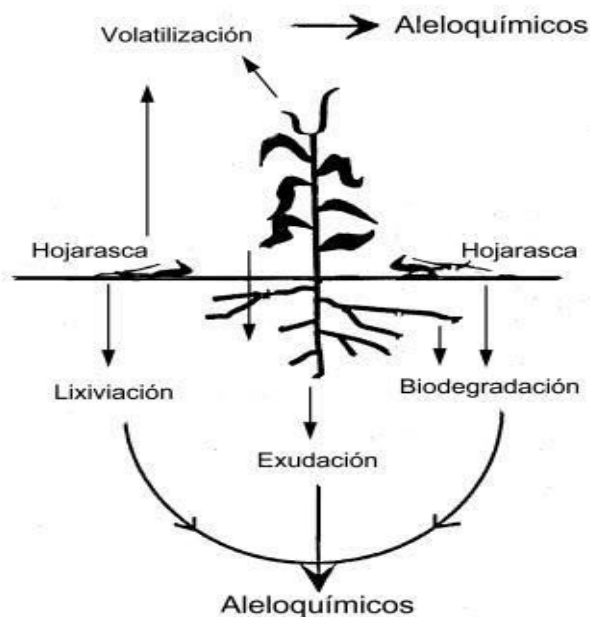


Figura 1 Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno (Muñiz, 2017).

Son escasos los trabajos en los que el efecto alelopático de una especie invasora está asociado a una o varias moléculas identificadas. En la Cuadro 3 se recoge el

efecto, sobre diferentes especies receptoras, de compuestos alelopáticos que intervienen en el proceso de invasión (Lorenzo y González, 2010).

Cuadro 3 Efecto, sobre diferentes especies receptoras, de compuestos alelopáticos que intervienen en el proceso de invasión (Lorenzo y González, 2010).

Compuesto alelopático	Especies invasora	Efecto	Especies receptora	Bibliografía
Sesquiterpenos	<i>Chrysanthemoides monilifera</i> spp. <i>rotundata</i>	Inhibición del crecimiento de plántulas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Isolepis nodosa</i> • <i>Acacia longifolia</i> var. <i>sophorae</i> • <i>Banksia integrifolia</i> 	Ens et al, (2010)
Fenoles solubles	<i>Typha angustifolia</i>	Reducción del crecimiento	• <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	Jarchow y Cook (2009)
Glucosinolatos y sus productos de hidrólisis	Especies de la familia Brassicaceae	Interacciones planta-planta, planta-microorganismo y planta insecto	• Especies nativas del área invadida	Müller (2009)
7,8-benzoflavona	<i>Acroptilon repens</i>	Efecto sobre cuatro especies de legumbres y sus rizosferas asociadas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Astragalus cicer</i> • <i>Hedysarum boreale</i> • <i>Lupinus sericeus</i> • <i>Medicago sativa</i> 	Alford et al. (2009)
(±)-catequina	<i>Centaurea maculosa</i>	Efecto sobre cuatro especies de legumbres y sus rizosferas asociadas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Astragalus cicer</i> • <i>Hedysarum boreale</i> • <i>Lupinus sericeus</i> • <i>Medicago sativa</i> 	Alford et al. (2009)
(±)-catequina	<i>Centaurea maculosa</i>	Efecto sobre el crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Especies que conviven con la invasora en su ambiente nativo e invadido 	Thorpe et al. (2009)
Isopropil y sec-butil glucosinolatos y sus productos de degradación	<i>Sisymbrium loeselii</i>	Inhiben la germinación y el crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Centaurea maculosa</i> • <i>Pseudoroegneria spicata</i> • <i>Festuca idahoensis</i> • <i>Glomus intraradices</i> 	Bainard et al. (2009)
Óxido de cariofileno, ácido linoleico, germacreno B	<i>Centaurea diffusa</i>	Liberados al suelo	?	Quintana et al. (2009)

Continúa Cuadro 3.

(±)-catequina	<i>Centaurea maculosa</i>	Reducción de la biomasa, descenso de la germinación e incremento de la mortalidad de los germinantes	• Especies nativas del ambiente invadido	He et al. (2009)
Monoterpenos	<i>Artemisia vulgaris</i>	Reducción de la biomasa aérea	• <i>Solidago canadensis</i>	Barney et al. 2009
Poliacetilenos y diterpenos	<i>Solidago canadensis</i>	Efectos en el crecimiento	• Especies nativas	Abhilasha et al. (2008)
Cnicina	<i>Centaurea diffusa</i>	Reducción de la germinación, del peso e inhibición del crecimiento de algunas bacterias fitopatógenas Gram (-)	• <i>Lycopersicon esculentum</i> • <i>Lactuca sativa</i> • <i>Triticum aestivum</i> • <i>Leonorus sibiricus</i> • <i>Pseudomonas syringae</i> • <i>Xanthomonas campestris (Pammel) Dowson</i> • <i>Erwinia caratovora</i> Smith	Cabral et al. (2008)
Onopordopicrina	<i>Centaurea tweediei</i>	Reducción de la germinación, del peso y de la longitud radicular	• <i>Lycopersicon esculentum</i> • <i>Lactuca sativa</i> • <i>Triticum aestivum</i> • <i>Leonorus sibiricus</i>	Cabral et al. (2008)

2.10 Plantas alelopáticas como fuente de bioherbicidas.

Por la situación existente con el medio ambiente es necesario utilizar alternativas amigables para el combate de las malezas, ya que debido a que al realizar aplicaciones con agroquímicos solo el 0.4 % llega a la maleza, el otro porcentaje circula libremente afectando el aire, el agua y el ambiente en general. Estimaciones realizadas demuestran que las pérdidas causadas anualmente por arvenses en países en desarrollo ascienden a 125 millones de toneladas de alimentos. Por lo que, realizar investigaciones sobre actividad alelopática de los metabolitos

secundarios originados de las plantas, pueden ser una elección en el control de malezas, además estas sustancias tienen la ventaja de ser elementos biodegradables (García y Peláez, 2007).

Existe una gran cantidad de especies cultivadas y no domesticadas que pueden utilizarse por su potencial alelopático como productoras de herbicidas naturales. En condiciones de campo, se ha observado que el sorgo, el girasol y otros cultivos reducen el uso de herbicidas, durante el período del desarrollo del cultivo, así como en años siguientes. Cultivos de cobertura y sus residuos, tales como centeno, avena, cebada, trigo, sorgo granífero y sudangrass son efectivos en la reducción del crecimiento de malezas (Salazar *et al.*, 2009). Por lo tanto, investigaciones de productos obtenidos del metabolismo secundario de diferentes especies vegetales, abre una ventana de probabilidades en el control de malezas, desarrollo de nuevos herbicidas naturales y la contribución al cuidado del ambiente. La alelopatía por si sola puede no ser una perfecta tecnología en el manejo de las malezas, pero puede ser una herramienta suplementaria para su control. El hecho de que algunas especies de malezas produzcan alelopatía contra otras especies ofrece una oportunidad para ayudar, aun utilizando sustancias químicas al manejo de la población de malezas de un área determinada.

En algunos trabajos se ha observado que la avena presenta potencial alelopático para reprimir el crecimiento de algunas malezas, posiblemente mediante la liberación de sustancias tales como el escopoleti, estos efectos también se han mencionado en trabajos con el cultivo del pepino que al parecer manifiesta las mismas cualidades (Lockerman y Putnam, 1979).

Ferrer *et al.* (2006) Observaron que las raíces de algunos cultivos como el maíz, la pimienta y el trébol liberan ciertas sustancias que permiten que germinen las semillas del *Orobancha spp* que pueden permanecer por más de dos años en el suelo, estas no son hospedantes de estas malezas, por lo que se usan para promover la germinación del *Orobancha* y reducir así su número en el suelo.

2.10.1 *Parthenium hysterophorus* L.

Esta especie es comúnmente llamada escoba amarga, hierba amargosa o simplemente escoba, es una planta herbácea, de hábito caducifolio, con aspecto velludo y muy ramificada de la familia Asteraceae, natural de las zonas cálidas de América, desde el sur de los Estados Unidos (Luisiana y Florida), pasando por el Caribe (Cuba y otras Antillas), así como Suramérica desde Venezuela hasta Argentina y Uruguay. Alcanza entre 1 a 1.5 m de altura. Las hojas alternas, ovadas y pinnadas con segmentos lanceoladas. La inflorescencia se encuentra en corimbos o panículas muy numerosas. Se propaga por semilla, se distribuye fácilmente en las praderas, huertos y zonas de cultivo, germina en un máximo de 1 a 6 meses después de que las semillas maduran. Su ciclo se completa produciendo una sola planta, con un promedio de 810 flores. Los cultivos que más se ven afectados van desde granos, cereales, hortalizas, forrajes y frutales. Contiene en su tallo y hojas un alcaloide llamado partenina que es tóxica para el ganado, también cuenta con actividad alelopática que sirve como medio de defensa contra depredadores, además ayuda a controlar otras malezas (CONABIO, 2004).

En estudios realizados se ha encontrado que el extracto acuoso de *P. hysterophorus* posee una mezcla de metabolitos secundarios, entre ellos, lactonas sesquiterpénicas como la partenina, la coronopilina y varios ácidos que sirven como

defensa contra herbívoros con efectos ecológicos positivos, por lo que su posible empleo, tiene la importancia fitosanitaria necesaria para investigar su efecto sobre la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith), como una de las alternativas para el manejo de esta plaga (Sampietro, 2003).

Cabe mencionar que aunque el *Parthenium hysterophorus* L. está considerada una maleza por ser una especie de planta agresora capaz de reproducirse y de implantarse en nuevos territorios con facilidad, se le atribuye características benéficas, utilizadas en compuestos farmacéuticos que el hombre maneja, se le atribuyen efectos digestivos: Antiamebiana, otros usos también atribuidos son tónica, estimulante, estomacal, hipoglucemiante, antineurálgica, antiartrítica, hipotensora, antiemética, antiespasmódica y antiulcerosa. En México se realizan estudios para su utilización en el control de la diabetes mellitus tipo 2 que es uno de los principales padecimientos crónicos degenerativos en el país (Pérez, 2009).

2.10.2 *Helianthus annuus* Biut.

El girasol es una planta domesticada es originaria del norte de México y oeste de E.U.A. En esta región acompaña a las carreteras y vías de ferrocarril con grandes poblaciones, también puede ser una maleza agresiva. Es una hierba robusta y anual, de más de 1 m de alto, con flores en capítulos grandes; las exteriores son amarillas y las interiores café. Los frutos tienen la forma de cabezuela. Las hojas y el tallo son muy ásperos al tacto (hispidos). Aunque se le trata como maleza, cumple una función importante: su habilidad para crecer en todo tipo de ambientes y su resistencia a la sequía le permite invadir sitios degradados, donde detienen el suelo. Asimismo, como producen mucho néctar, atraen a polinizadores entre ellos a la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L).

2.11 Métodos de extracción.

La extracción se utiliza para la separación de las sustancias biológicamente activas de los materiales inertes o inactivos de una planta, a partir de la utilización de un disolvente seleccionado y de un proceso de extracción adecuado; donde siempre se obtienen, por lo menos, dos componentes: la solución extraída en su solvente (el extracto) y el residuo (el bagazo). Los métodos de extracción de elementos activos en los vegetales permiten conocer las diferentes sustancias que poseen estos en su metabolismo. Las plantas sintetizan metabolitos primarios que son los necesarios para la realización de sus funciones fisiológicas y otras sustancias provenientes del metabolismo secundario que no forman parte de estas, sino más bien se producen por la planta para utilizarlos como medios de defensa contra depredadores o atrayentes de polinizadores para su reproducción. El estudio de las sustancias provenientes del metabolismo secundario ha sido posible debido a la utilización de diversas técnicas de extracción en frío o calor, agregándosele diferentes solventes (acuosos, etanólicos, metanólicos etc.) que aseguran en mayor o menor cuantía la extracción de compuestos activos (Sharapin, 2000).

Entre los métodos de extracciones de principios activos más importantes en plantas se presentan en la Figura 2.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

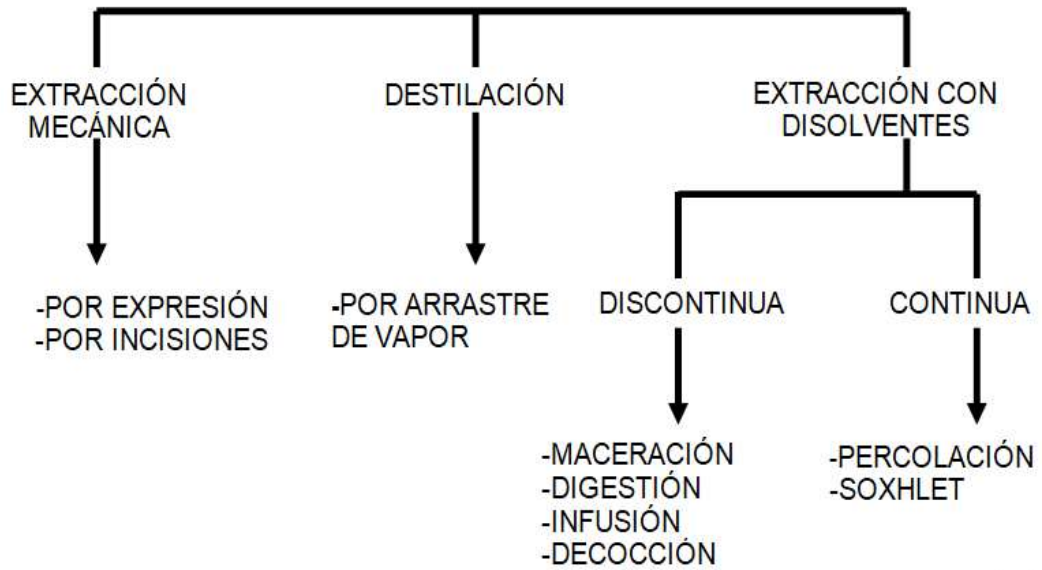


Figura 2 Métodos de extracciones más importantes de principios activos en plantas (Jara, 2010).

Extracción mecánica: Permite obtener los principios activos disueltos en los fluidos propios de la planta aplicando calor; la planta fresca se introduce en una prensa hidráulica y se exprime hasta que se obtiene su jugo.

Extracción por destilación: Proceso de separación por el que, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan selectivamente los componentes volátiles de la materia prima vegetal.

Extracción con solventes. Método de separación de una o más sustancias de una mezcla mediante el uso de solventes, acetona, metanol, etc., puede ser continua (Soxhlet o Ultrasonidos) o discontinua (macerados) (Juárez, 2012).

2.11.1 Extracción asistida por ultrasonido.

La extracción de componentes bioactivos por ultrasonido es un método limpio, sencillo, rápido en comparación con los métodos convencionales. Además, tiene una alta reproducibilidad en corto tiempo, de fácil manipulación y disminución en el uso

de solventes frente a otros métodos. Las ondas de ultrasonido causan la ruptura mecánica de la pared celular liberando los componentes bioactivos; a su vez, el calentamiento local del solvente aumenta la difusión del extracto, mejorando así la transferencia de masa a través de la interfase sólido-líquido. Los efectos mecánicos de la sonicación inducen a una mayor disolución del solvente en las paredes y membranas celulares, facilitando la liberación del contenido de las células y mejorando la transferencia de masa (Arbeláez *et al.*, 2011; Azuola y Águilar, 2007).

Normalmente el soluto de interés se encuentra dentro de la célula, en la pared celular, en el citoplasma y/o los orgánulos, lograr su extracción de manera convencional con solventes no es fácil y la eficiencia es mucho menor, sin embargo con la utilización del ultrasonido se superan estas dificultades debido a la acción del ultrasonido que abre poros en la pared celular y porque disminuye el tamaño de los solutos, este mecanismo de extracción asistida por ultrasonidos implica dos principales tipos de fenómenos físicos, a saber: (a) difusión a través de la pared celular y (b) lavado del contenido de la célula después de romper las paredes.

Son muchas las investigaciones actuales que se realizan con la aplicación de la tecnología del ultrasonido en la extracción de compuestos fenólicos y todos tienen centrado su interés en proporcionar las condiciones óptimas de extracción con el ultrasonido, de allí que se enfoquen en dar los valores óptimos de temperatura, frecuencia, potencia, y tiempo que aplican directamente a esta tecnología para obtener el máximo rendimiento de extracción (Tobón, 2015).

2.11.2 Compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos o fenoles se encuentran en el reino vegetal, son orgánicos, son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo

aromático. Muchos son clasificados como metabolitos secundarios de las plantas se refiere a aquellos productos biosintetizados que poseen la característica biológica de ser productos secundarios de su metabolismo. En general son sintetizados por una de dos vías biosintéticas: la ruta del ácido shikímico o la vía del ácido malónico o por las dos. Presentan diferentes actividades y estructuras químicas, son muy diversos, abarcando 10,000 compuestos en las plantas. Este grupo juega un papel importante en las plantas; muchos son productos de defensa ante herbívoros y patógenos, otros proveen soporte mecánico a la planta, otros atraen polinizadores o dispersores de frutos, algunos de ellos absorben la radiación ultravioleta, o actúan como agentes alelopáticos. Generalmente se consideran micronutrientes indispensables para alimentación humana y animal (Vásquez, 2007).

Son fácilmente oxidables y presentan implicaciones de defensa o tolerancia al estrés en las plantas. Las células de las plantas tienden a inhibir reacciones de oxidación o a eliminar reacciones intermedias entre los radicales libres, ayudando a retrasar o prevenir la oxidación de las moléculas de estos compuestos generando así una capacidad antioxidante. Esta función trata de minimizar la oxidación y muerte celular, algunas vitaminas y enzimas son consideradas como antioxidantes en los vegetales (Castañeda *et al.*, 2008).

García y Carril (2011), mencionaron que los compuestos fenólicos llamados también metabolitos secundarios se agrupan en tres clases: 1) *Alcaloides* y *Terpenos*; (fenoles donde se encuentran pigmentos, hormonas y aceites esenciales). 2) *Polifenoles*; (taninos, flavonoides, cumarinas y lignina). 3) *Glicósidos* (glucosinatos, glicósidos y saponinas). Algunos ejemplos de estos compuestos se presentan en el siguiente Cuadro 4.

Cuadro 4 Grupos de polifenoles y algunos ejemplos de cada grupo.

Estructura química	Tipo	Ejemplo de polifenol
C6	Fenol simple	Eugenol
C6-C1	Ácido fenólico Ácido benzoico	Ácido gálico Ácido elágico
(C6-C1) _n	Taninos hidrolizables	
C6-C2	Ácido fenil acético	
C6-C3	Ácido hidroxicinámico Cumarinas	Ácido cafeico Ácido ferúlico
(C6-C3) ₂	Lignanós	
C6-C1-C6	Benzofenonas Xantonas	
C6-C2-C6	Estilbenos	Resveratrol
C6-C3-C6	Flavonoides	Antocianinas Flavonoles Flavonas Flavanonas Isoflavonas Flavanoles
	Chalconas	
(C6-C3-C6) _n	Proantocianinas (taninos 4 ≤ n ≤ 11)	

2.11.3 Flavonoides.

Se conoce como flavonoide al metabolito secundario polifenólico que se añade a un grupo cetona con pigmentación amarilla, de ahí su nombre, que procede del latín *flavus* que quiere decir amarillo propiamente dicho. Son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos y son biosintetizados en el citoplasma de la

planta y trasladados a la vacuola, su concentración varía dependiendo de la especie y el medio ambiente (Ávila, 2009). Los flavonoides forman parte del metabolismo vegetal, su estructura química está conformada por dos anillos fenilos ligados por un anillo pirano, son compuestos aromáticos a los que se atribuye la pigmentación en plantas y frutos, atrayente de insectos para la polinización, infieren en la resistencia a enfermedades, además regula la cantidad de luz a las “auxinas” reguladoras del crecimiento en las plantas (Escamilla *et al.*, 2009).

Macías *et al.* (2007) mencionaron que, dentro de los 5,000 compuestos de flavonoides, algunos se les atribuyen actividades alelopáticas como inhibición en la absorción mineral, inhabilitación en transferencia de energía imposibilitando la síntesis de ATP mitocondrial, atribuido a el kaempferol, quercetina y naringenina. También refieren que la exudación radicular de catequina derivada de la maleza *Centaurea maculosa* cambia la expresión genómica y provoca la muerte del sistema radicular en plantas contiguas.

2.11.4 Método de extracción de compuestos fenólicos de Folin–Ciocalteu.

El ensayo Folin-Ciocalteu se utiliza como una medida del contenido de compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es

la que medimos para evaluar el contenido en polifenoles (Beltrán *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2015).

El mecanismo de reacción es una reacción redox, por lo que además puede considerarse también, como un método de medida de la actividad antioxidante total. La oxidación de los polifenoles presentes en la muestra causa la aparición de una coloración azulada que presenta un máximo de absorción a 765 nm, y que se cuantifica por espectrofotometría con base a una recta patrón de ácido gálico. Se trata de un método preciso y sensible, que puede padecer numerosas variaciones, fundamentalmente en lo relativo a los volúmenes utilizados de la muestra a analizar, concentración de reactivos y tiempo de reacción.

Este ensayo de análisis de los polifenoles totales se utiliza con frecuencia en el estudio de las propiedades antioxidantes de alimentos vegetales, como zumos de fruta, al tratarse de un parámetro que generalmente, muestra una estrecha correlación con los diferentes métodos de medición de la actividad antioxidante.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Etapa 1 Trabajo de Laboratorio.

3.1.1 Obtención de extractos acuosos, alcohólico e hidroalcohólicos.

Para la obtención de extractos acuosos, alcohólico e hidroalcohólicos se colectaron las malezas *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut. como posibles malezas alelopáticas, esta selección se basó en el predominio de estas especies y su difícil control observada en los terrenos del campo experimental de la FAUANL de Marín N.L.

3.1.2 Colecta de especies de malezas a utilizar para extracción de metabolitos secundarios.

Se realizó una colecta de 4.0 kg de peso fresco de plantas completas de las malezas en etapa de floración de las especies; *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut. con una altura aproximada de 70 cm; la colecta se realizó en la Unidad Académica Marín de la Facultad de Agronomía UANL, en el polígono norte "B", cercano a las presas gemelas. La colecta fue el día 26/01/2020 a las 11:00 horas (Figura 3).



Figura 3 Recolección de las especies *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut.

Las plantas se lavaron con agua corriente, luego con agua destilada y se les desecharon las partes secas y las raíces; posteriormente se cortaron en trozos de 2.5 cm y se colocaron en bandejas de aluminio para ponerlas a la estufa por 72 hr a una temperatura de 50 °C; trascurrido el tiempo de secado se usó una licuadora eléctrica para triturar el material vegetal y posteriormente se pasó por un tamiz de 1 mm. Finalmente, el polvo obtenido se almacenó a temperatura ambiente y bajo condiciones de oscuridad, en bolsas de plástico debidamente hasta su uso (Ordoñez *et al.*, 2006) (Figura 4).



Figura 4 Procedimiento la obtención de los polvos de las malezas molidas de las especies *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut. a) Lavado de las plantas, b) cortado de las plantas y montaje en charolas de aluminio, c) Montaje de las charolas de aluminio con las plantas en la estufa, d) centrifugado del material vegetal después de sacado de la estufa, e) Tamizado del polvo del material centrifugado y f) Bolsa del polvo vegetal de cada una de las especies.

3.1.3 Extracción de metabolitos secundarios.

En el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía UANL se llevó a cabo el proceso de extracción de metabolitos secundarios. Para los métodos de extracción se modificó la información referida por Ordoñez *et al* (2006).

3.1.3.1. Procedimiento para la obtención de los extractos acuosos, alcohólico e hidroalcohólicos por el método de extracción asistida por ultrasonido.

Se tomaron 5 g de la muestra en polvo de cada una de las especies, se colocaron en botes plásticos de 100 ml de color gris; a cada bote se añadieron 60 ml de agua destilada para los tratamientos acuosos; 60 ml de etanol absoluto para los tratamientos alcohólicos y en el caso de los tratamientos hidroalcohólicos se añadieron 30 ml de agua destilada más 30 ml de etanol absoluto posteriormente se colocaron en el desonificador por espacio de 40 minutos a temperatura ambiente; en total se obtuvieron seis tratamientos (tres para la especie *Parthenium hysterophorus* L. y tres para la especie *Helianthus annuus* Biut.); de cada tratamiento se hicieron cuatro repeticiones. Al terminar los 40 minutos se pasaron a través de un papel filtro en un embudo friger colocado en un matraz quita sapo con bomba de vacío para agilizar el filtrado; el filtrado quedo en los tubos de plástico de 50 ml de capacidad. Posteriormente, cada una de las muestras se centrifugo a 3500 rpm por 15 minutos a 4 °C para separar el sólido del líquido. El líquido resultante se colocó en cajas de petri de vidrio previamente lavadas, las cuales se secaron en una estufa por 72 hr a 50 °C, al terminar su tiempo se esperó que se secaran y luego se pesaron para tener como resultante una solución de 10,000 ppm incluyéndole agua destilada a los tratamientos de extractos acuosos, etanol absoluto a los extractos alcohólicos y a los hidroalcohólicos mitad de agua destilada y la otra de etanol absoluto, para quedar así conformados los seis extractos por analizar (Herrera y De Castro, 2005), (Figura 5).

A continuación, se describen los seis tratamientos que se analizaron en el laboratorio.

- 1- Extracto acuoso de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Ac Ph).
- 2- Extracto alcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Al Ph).
- 3- Extracto hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Hi Ph).
- 4- Extracto acuoso de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Ac Ha).
- 5- Extracto alcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Al Ha).
- 6- Extracto hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Hi Ha).

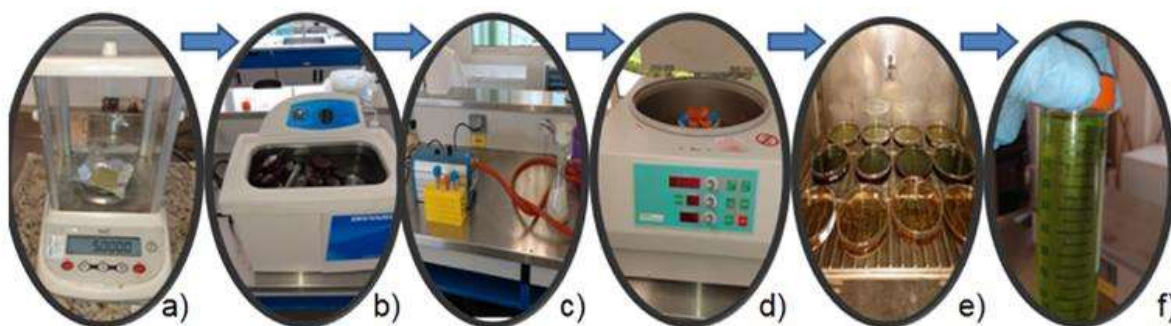


Figura 5 Procedimiento la obtención de extractos de las Malezas molidas de las especies *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biu, a) Pesaje de 5 g de polvo de las especies, b) Muestras de las especies en el desonificador, c) Filtrado de las muestra en un matraz quita sapo con ayuda de una bomba de vacio para agilizar el filtrado, d) Equipo donde fue centrifugadas las muestras, e) Cajas petri con el material resultante de la centrifugación colocados en la estufa y f) Extracto de las especies.

3.1.4. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.

Para la determinación de polifenoles totales de cada uno de los extractos de malezas se utilizó el método de Folin-Ciocalteu modificado por Beltrán *et al.* (2013). La preparación de muestra y la preparación de la curva de calibración se realizó por

separado con el procedimiento descrito a continuación; los resultados de la cantidad de polifenoles se expresaron en mg L^{-1} de equivalentes de ácido gálico.

3.1.4.1 Descripción de metodología.

A. Preparación de muestra.

Se agregó por triplicado en tubos de ensayo, 200 μl muestra, 2600 μl de agua destilada, 200 μl de reactivo Folin-Ciocalteu; esperar 5 minutos, se añade 2 ml de Na_2CO_3 al 7 %, colocarlo por 90 minutos a 40 °C en Rotovapor.

B. Preparación de la curva de calibración.

Se agregaron por triplicado, 200 μl de ácido gálico en concentraciones de: 0, 20, 50, 70, 90, 110, y 150 ppm; 2600 μl de agua destilada, 200 μl de reactivo Folin-Ciocalteu se esperó 5 minutos y se le añadieron 2000 μl de Na_2CO_3 , al 7 % (Figura 6).



Figura 6 Gradilla con los tubos de ensayo con las muestras de los extractos y la curva de calibración y los reactivos.

C. Las muestras preparadas se colocaron en el interior de un rotovapor para su incubación a 40 °C por 90 Min (Figura 7) para promover una reacción de oxidoreducción.



Figura 7 Equipo Rotovapor donde se encubaron las muestras.

D. después de los 90 minutos de incubación se tomó la lectura en un Espectrofotómetro a 750 nm (Figura 8).



Figura 8 Equipo Espectrofotómetro donde se leyeron las absorbancia a 750 nm de las muestras.

3.1.5 Determinación de flavonoides totales.

El contenido de flavonoides se determinó según el método utilizado por De la Rosa *et al.* (2014) con algunas modificaciones; se mezcló un volumen (310 μ l) de la muestra con 93 μ l de nitrato de sodio al 5 % (p/v) y 93 μ l de agua destilada. La solución se mezcló manualmente y se incubó durante 3 min a 40 $^{\circ}$ C. Posteriormente

se añadieron 93 μl de Cloruro de Aluminio al 10 % (p/v) y se incubó durante 3 min en la oscuridad. Para la curva de calibración se agregaron 310 μl de quercetina por triplicado y se utilizaron concentraciones de 0, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 ppm, se homogenizó y se midió la adsorbancia a una longitud de onda de 510 nm. Finalmente, los resultados se reportaron como μg equivalente de Quercetina por mililitros de acuerdo con una curva de calibración preparada con el mismo estándar.

3.1.6 Determinación de grupos funcionales.

Los análisis se realizaron utilizando una Espectrometría infrarroja (FTIR) Agilent modelo Cary 630 acoplado con el accesorio ATR con cristal de seleniuro de zinc (ZnSe). Las muestras se colocaron sobre el cristal (Figura 9), asegurándose que cubriera toda la superficie de este, posteriormente se prensó y analizó utilizando el programa MicroLab PC en un rango espectral de 4000 a 650 cm^{-1} , con un ciclo de 32 escaneos y una resolución de 2 cm^{-1} . El análisis del espectro y los grupos funcionales detectados se realizó utilizando el programa MicroLab Expert y la construcción del gráfico por medio del programa OriginPro 8.



Figura 9. Equipo Espectrómetro infrarrojo donde se analizaron las muestras de las especies *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut. para determinar los grupos funcionales.

3.1.7. Análisis estadístico del trabajo del Laboratorio.

Se realizó el ANOVA en un diseño completamente al azar y en las variables con significancia estadística se utilizó una comparación de medias por el método de Tukey para evaluar las diferencias estadísticas entre los tratamientos, con un nivel de significancia del 5 %. Se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS Statistical Package for Social Sciences y el paquete estadístico FAUANL (Olivares, 2012).

3.2 Etapa 2 Trabajo de vivero-campo.

3.2.1 Localización del experimento de vivero en charolas.

El presente trabajo se realizó en el Campus Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía, ubicado en carretera Zuazua-Marín km 17.5 en el Municipio de Marín, Nuevo León, con una elevación de 375 msnm, coordenadas 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste (Rodríguez *et al.*, 2013).

3.2.2 Localización de áreas de reservorios de malezas para recolectar.

Se realizó la colecta de semillas de *Amaranthus blitoides* L, *Xanthium strumarium* L, *Anoda cristata* (L.) Schlecht. e *Ipomoea trichocarpa* Elliott. de plantas secas, en la Unidad Académica Marín de la Facultad de Agronomía en el polígono norte "B" cerca de las presas gemelas en febrero de 2020 (Figura 10). Se decidió considerar estas cuatro especies de maleza, por ser las más frecuentemente encontradas en las áreas agrícolas de Marín, Nuevo León.

La semilla se colocó en bolsas de papel, previamente rotuladas con el nombre común, nombre científico, fecha, hora y lugar de la colecta. Se trasladaron a la oficina de trabajo para realizar su selección y limpieza.



Figura 10 Proceso de recolección de semillas de malezas, a) Colecta de semillas de Flor amarilla (*Helianthus laciniatus* A. Gray), b) Colecta de semillas de Chayotillo (*Xanthium strumarium* L), c) Colecta de semillas de Quelite espinoso (*Amaranthus spinosus* L).

La siembra se realizó en charolas de propagación de poliestireno, en donde se sembraron semillas de las especies Quelite espinoso (*Amaranthus spinosus* L), Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L.) Chayotillo (*Xanthium strumarium* L) y Flor amarilla (*Helianthus laciniatus* A. Gray) en el mes de agosto de 2020, pero no germinaron.

En octubre de 2020, en las áreas de reservorio ubicadas en el Campo Agrícola Experimental de la FAUANL, se realizó el trasplante de las plántulas de las especies de malezas Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L.), Chayotillo (*Xanthium strumarium* L.), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) en charolas (Figura 11).

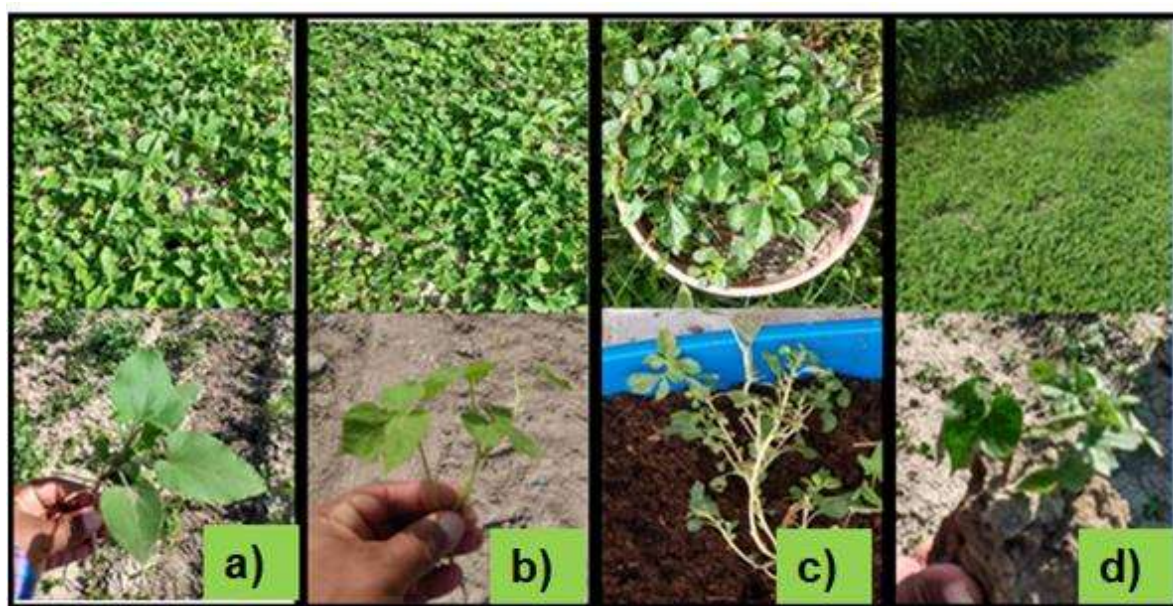


Figura 11 Lugares donde fueron Trasplantadas de malezas en campo y por especies, a) Plantas de violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.], b) Plantas de Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) c) Plantas de Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L.) y d) Plantas de Chayotillo (*Xanthium strumarium* L.)

3.2.3 Preparación de sustrato.

La preparación del sustrato se realizó el 24 de octubre de 2020; se utilizaron dos costales de Peat Moss. Los cuales se humedecieron homogéneamente para luego incorporarlo a las charolas de plástico (Figura 12) y realizar la siembra del Maíz y el trasplante de las malezas: Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L.), Chayotillo (*Xanthium strumarium* L.), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) en charolas.



Figura 12 Preparación de sustrato, a) Bulto de peat moss, b) Peat moss mojado homogéneamente, c) Charola con $\frac{3}{4}$ de capacidad de peat moss, d) Todas las charolas listas con el sustrato humedecido listo para sembrar.

3.2.4 Siembra del Experimento.

En la segunda etapa se sembró el Maíz (híbrido: H-7573 de Asgrow) en charolas plásticas, tres individuos por unidad experimental, al igual que las plántulas de las especies de malezas Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L), Chayotillo (*Xanthium strumarium* L), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) (Figura 13). Este trabajo se desarrollo en el Campo Agrícola Experimental de la FAUANL ubicado en la carretera

Zuazua-Marín Km 17.5 en el Municipio de Marín, Nuevo León el 24 de octubre de 2020

El experimento se estableció en un diseño experimental completamente al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 14); utilizando una charola como unidad experimental.



Figura 13 Siembra de tres semillas de maíz por charola y trasplante de tres plantas por especies de malezas.

T2	T4	T1	T10
T3	T5	T8	T7
T4	T6	T10	T9
T5	T2	T7	T1
T6	T3	T9	T8
T1	T10	T4	T6
T8	T9	T2	T3
T7	T1	T6	T5
T10	T7	T5	T4
T9	T8	T3	T2

Figura 14 Croquis del experimento (T-El tratamiento y #- número del tratamiento).

3.2.5 Aplicación de los diferentes tratamientos y variables evaluadas.

Las aplicaciones de los distintos tratamientos se realizaron el 27 de noviembre de 2020.

A continuación, se describen los tratamientos que se utilizaron, para el control de malas hierbas en el cultivo de maíz sembrado en las charolas (Figura 15).

Tratamientos: Con número y Descripción:

1-Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 10 H).

2- Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 10 A).

3-Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 20 H).

4-Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 20 A).

5-Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 10 H).

6-Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 10 A).

7-Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 20 H).

8-Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 20 A).

9-Herbicida Sintético (HERB).

10-Testigo control (TESCOL) (Sin aplicación de Agroquímico).

El herbicida (Químico-sintético) que se utilizó fue El 2,4 – D amina en una dosis de 5 ml por litro de agua.

En este experimento se evaluó la efectividad de los distintos tratamientos en el control de las especies de malezas Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L), Chayotillo (*Xanthium strumarium* L), violeta del campo (*Anoda cristata*) y Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa*). La fitotoxicidad de los tratamientos utilizados con el cultivo de maíz se realizó utilizando el método propuesta por la sociedad europea de investigación de malezas (EWRS) (Jürgens *et al.*, 1985)



Figura 15 Aplicación de los extractos y el herbicida estándar por unidad experimental.

Variables agronómicas que se evaluaron en el Cultivo de maíz:

- Peso seco de plantas de maíz
- Altura de la planta (cm).
- Número de hojas por planta.

La revisión de la efectividad de los tratamientos se realizó a los 7, 14 y 21 días después de las aplicaciones, siguiendo la metodología propuesta por Jürgens *et al*

(1985) y la escala propuesta por la sociedad europea de investigación de malezas (EWRS) para evaluar el control de malezas y la fitotoxicidad al cultivo por el herbicida y los extractos (Cuadro 5).

Cuadro 5 Escala propuesta por la sociedad europea de investigación de malezas (EWRS) con modificaciones para evaluar el control de malezas y la fitotoxicidad al cultivo (Jürgens *et al.*, 1985)

valor	Control de malezas (%)	Efecto sobre malezas	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo.
1	99.0-100.0	muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.3-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	muerte

3.2.6 Análisis estadístico del trabajo en vivero en charolas.

Para el análisis estadístico de la información se utilizó el paquete SPSS; se realizaron análisis de varianza para cada variable evaluada; en los casos donde se presentó diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a efectuar comparación de promedios por el método Tukey ($p \leq 0.05$) (Olivares, 2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados Etapa 1. Rendimiento de los distintos extractos de las especies *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut.

Los resultados del rendimiento de polvos secos al realizar los diferentes extractos de las dos especies dieron como resultado que el extracto Hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. fue el mejor con 108.53 mg/g teniendo diferencia significativa con el resto de los extractos (Figura 16). Este rendimiento fue menor que los resultados obtenidos por Rivero *et al* (2018), utilizando el mismo método de extracción por ultrasonido con extracto crudo etanólico foliar de Moringa, quienes obtuvieron un rendimiento de 176.55 mg/g.

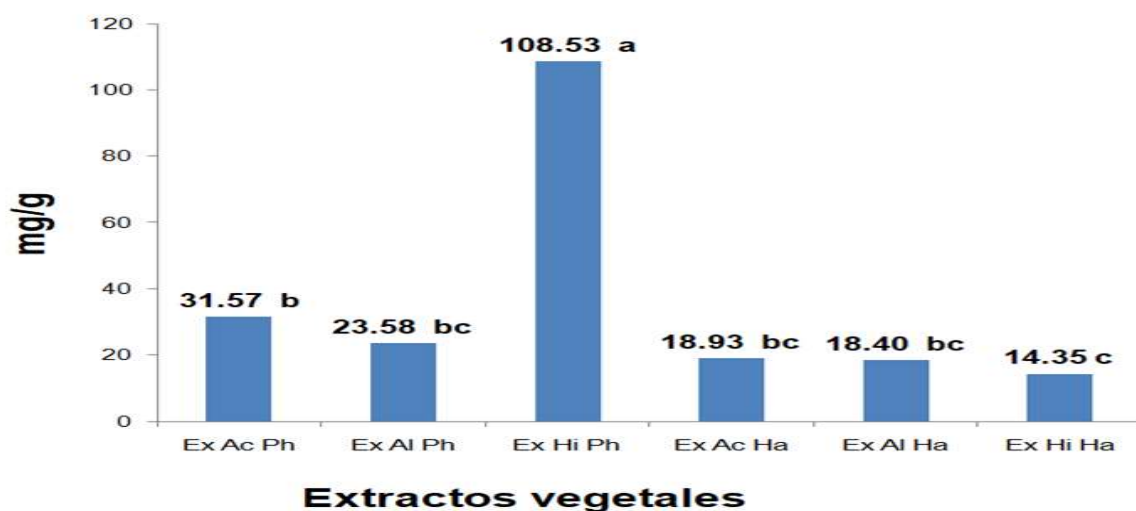


Figura 16 Rendimientos de los Extracto acuoso de *Parthenium hysterophorus* L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (mg/g)

4.2 Determinación de polifenoles totales de los distintos extractos de las especies: *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut.

Los tratamientos con los mejores rendimientos fueron los extracto Hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. y de extracto *Parthenium hysterophorus* L. al lograr valores de 47.5 y 41.19 mg/g de extracto vegetal, respectivamente (Figura 17). Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Ordoñez *et al* (2018) en cascara de mandarina común y toronja con rendimientos de 0.032 y 0.03 mg/g de muestras, respectivamente.

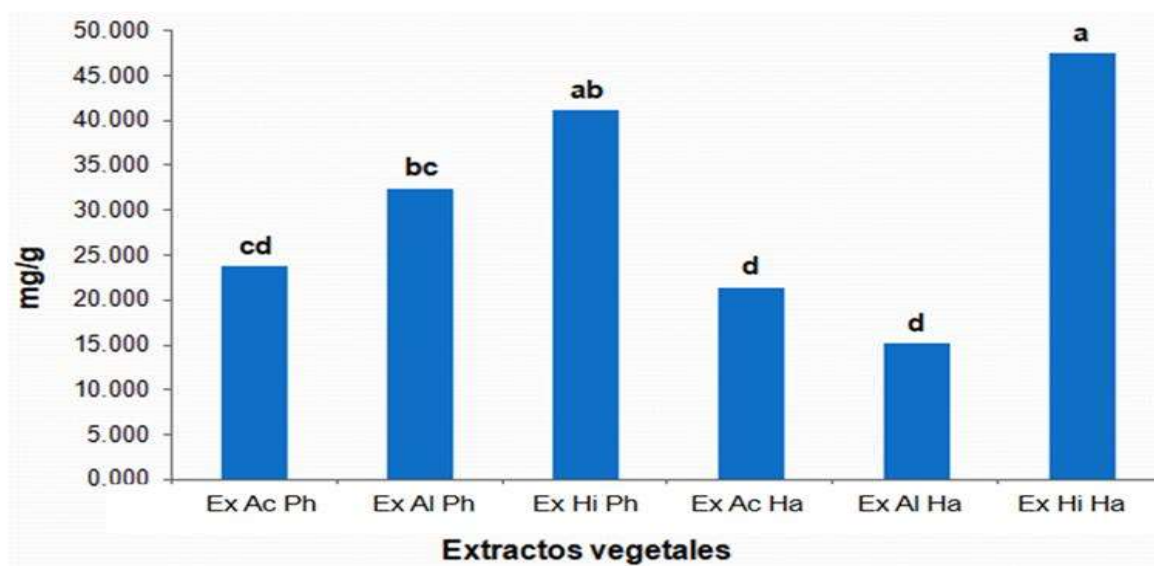


Figura 17 Cantidad de polifenoles totales de los Extracto acuoso de *Parthenium hysterophorus* L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (mg/g)

4.3 Determinación de flavonoides totales de los distintos extractos de las especies: *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut.

En la determinación de flavonoides totales de los distintos extractos de las especies: *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut., el mejor tratamiento fue el extracto hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. con diferencia significativa al compararse con el resto de los extractos. Le siguieron los extractos hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. y el extracto alcohólico de *Parthenium hysterophorus* L., los cuales no manifestaron diferencias significativas entre ellos; el extracto alcohólico de *Helianthus annuus* Biut. Fue el más bajo de todos (Figura 18).

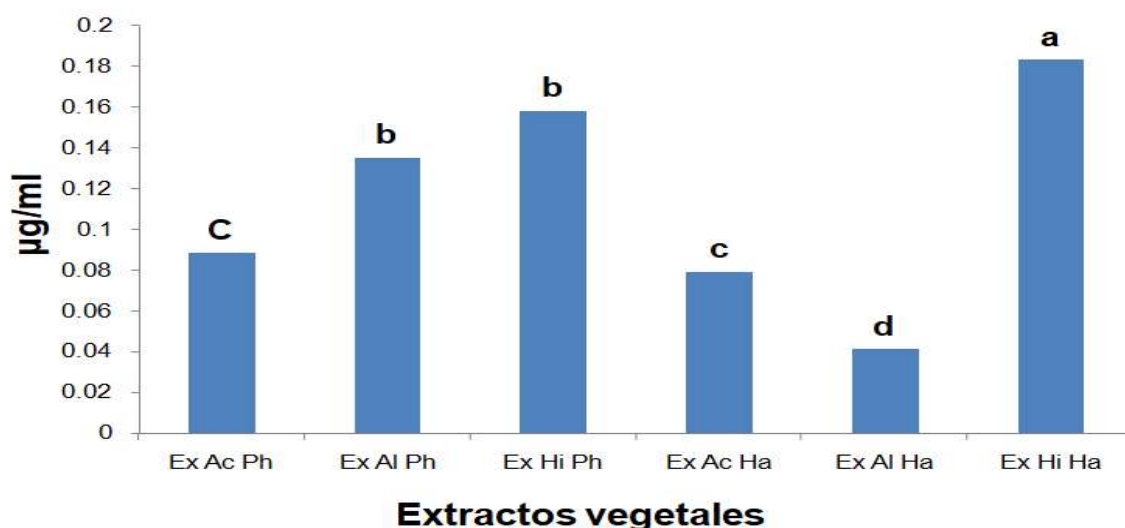


Figura 18 Flavonoides totales de los Extracto acuoso de *Parthenium hysterophorus* L (Ex Ac Ph), Extracto alcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Al Ph), Extracto hidroalcohólico de *Parthenium hysterophorus* L. (Ex Hi Ph), Extracto acuoso de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Ac Ha), Extracto alcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Al Ha) y Extracto hidroalcohólico de *Helianthus annuus* Biut. (Ex Hi Ha) expresado en (µg/ml)

4.4 Determinación de grupos funcionales por FTIR de las especies: *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut.

La biomasa del polvo se analizó mediante espectrometría infrarroja FTIR para determinar los grupos funcionales cualitativamente básicos en la superficie. El espectro FTIR de *Parthenium hysterophorus* L. reveló un pico menos intenso en 2970 cm^{-1} (Figura 19) correspondiente a vibraciones de estiramiento asimétrico CH alifático. Picos prominentes entre 1300 y 1000 cm^{-1} se debieron a la presencia de una fracción fenólica y alcohólica. La aparición de una banda ancha fuerte a 3600 - 3200 cm^{-1} correspondió a grupos OH de fenoles unidos por H. Similares resultados obtuvo Latif *et al* (2018) con la misma especie. En el caso de la especie *Helianthus annuus* Biut, hubo ampliación en las frecuencias de absorción de amino y grupos hidroxilo (3440 a 3450 cm^{-1} para el grupo -OH). Similares resultados obtuvieron Moyo *et al* (2012) con la misma especie.

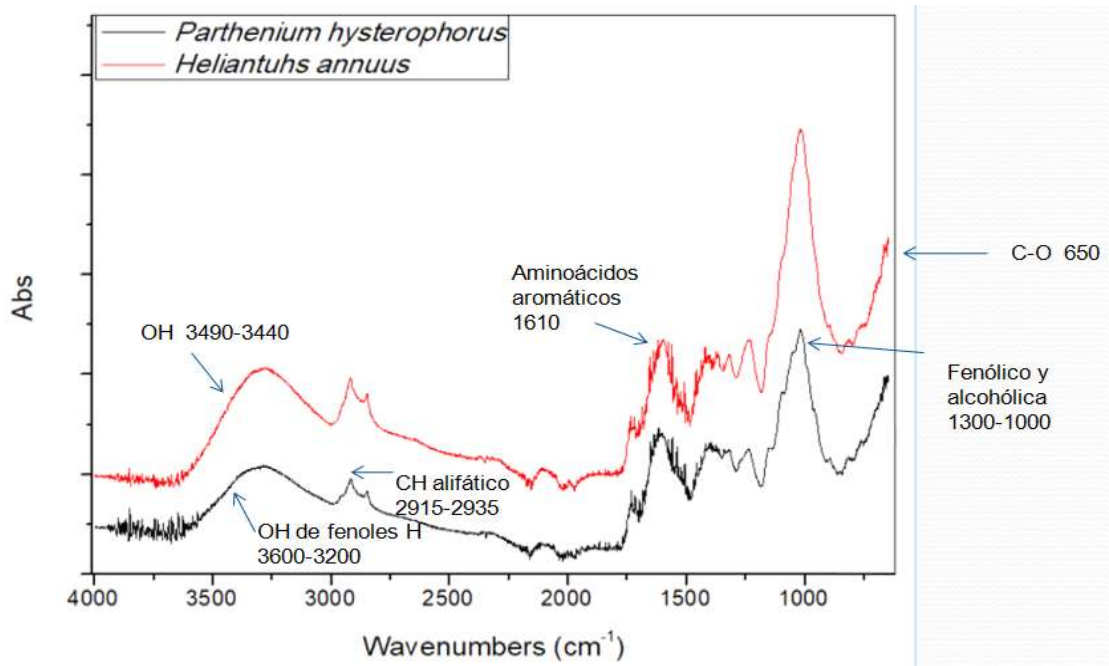


Figura 19 Determinación de grupos funcionales por FTIR de las especies: *Parthenium hysterophorus* L y *Helianthus annuus* Biut.

4.5 Resultados Etapa 2. Peso de Materia seca (g) de las plantas de maíz a los 21 días después de las aplicaciones de los extractos y del herbicida sintético.

En cuanto al peso de la materia seca de las plantas de maíz a los 21 días después de la aplicación, se pudo observar que todos los tratamientos obtuvieron diferencia significativa con respecto al testigo (control) como se puede ver en la Figura 20, donde el testigo obtuvo un peso de 7.75 g.

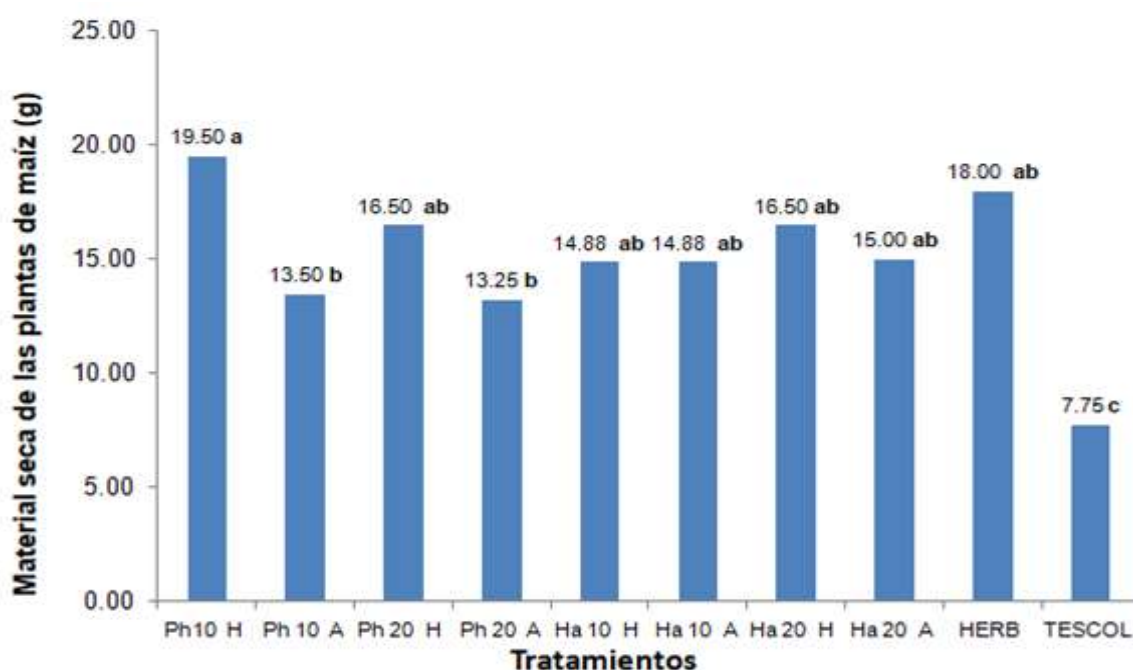


Figura 20 Peso de Materia seca de las plantas de maíz de los tratamientos de Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica. (Ph 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 20 A), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 20 A), Herbicida Sintético (HERB), Testigo control (Sin aplicación de Agroquímico) (TESCOL) (g) a los 21 días después de las aplicaciones.

4.6 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L).

Los resultados de la aplicación de los distintos extractos vegetales sobre quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L) a los 7 días después de la aplicación de los tratamientos de extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium*, disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 10 H) y el de extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 10 A) alcanzaron un control entre el 96.6 y 99 % de las plantas mientras que el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 20 H) y el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 20 A) obtuvo un control entre el 93 y el 96.6 de las plantas; mientras que el resto de los tratamientos tuvieron un control del 50 % hasta el 87.5 % de las plantas aunque no tuvieron diferencia significativa con el herbicida sintético (HERB) pero si con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 6).

A los 14 días después de la aplicación solo el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 20 A) alcanzó un control del 95.83% sobre la especie Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L) quedando por debajo del resto de los tratamientos los cuales lograron matar la al 100% y no presentaron diferencias significativas con el herbicida sintético (HERB) pero si con el testigo control (TESCOL). (Cuadro 6 y Figura 21).

A los 21 días después de la aplicación el control de los extractos fue del 100 % sobre la especie Quelite espatulado (*Amaranthus blitoides* L) al igual que el herbicida sintético (HERB) pero si tuvo diferencia significativa con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 6). Resultados similares obtuvo Chusin (2020) aplicando extracto acuoso de semilla de Higuera (*Ricinus communis* L.) para el control en pre-siembra de

malezas en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) alcanzando entre 90 y 100 % de control.

Cuadro 6 Resultados del control de la maleza: quelite espatulado (*Amaranthus spinosus* L) por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).

Tratamientos	Control de quelite espatulado (<i>Amaranthus spinosus</i> L)		
	7 (D.D.A)%	14 (D.D.A) %	21 (D.D.A)%
Ph 10 H	100 a	100 a	100 a
Ph 10 A	100 a	100 a	100 a
Ph 20 H	95.83 a	100 a	100 a
Ph 20 A	93.33 a	95.83 a	100 a
Ha 10 H	82.49 a	100 a	100 a
Ha 10 A	74.17 a	100 a	100 a
Ha 20 H	66.67 a	100 a	100 a
Ha 20 A	80.00 a	100 a	100 a
HERB	100 a	100 a	100 a
TESCOL	0.00 b	0.00 b	0.00 b

Los tratamientos fueron de Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 20 A), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 10 A), - Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 20 A), Herbicida Sintético (HERB) y Testigo control (Sin aplicación de Agroquímico) (TESCOL).

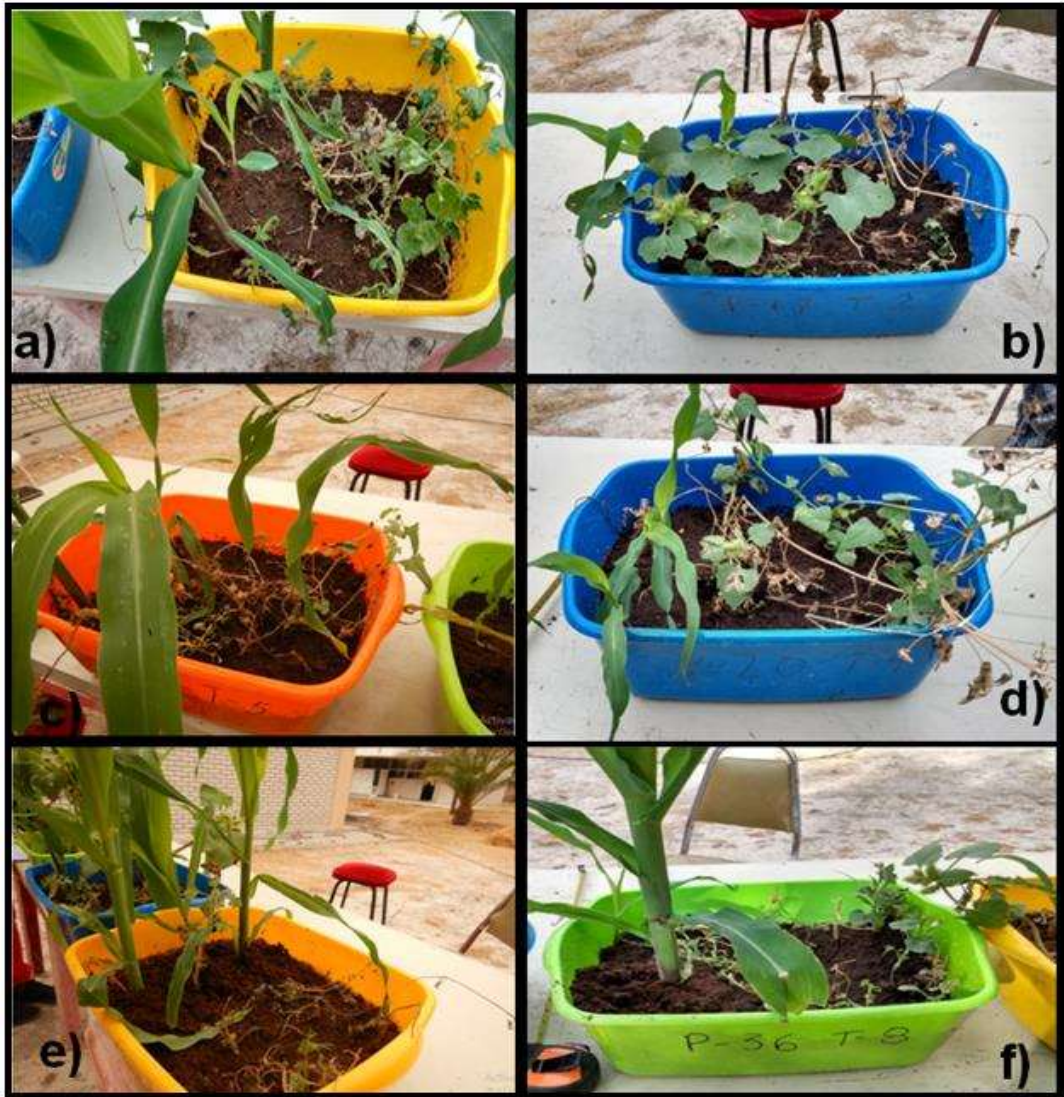


Figura 21 Comportamiento de los extractos sobre la especie quelite espatulado (*Amaranthus spinosus* L): a) Tratamiento 1 (Ph 10 H). b) Tratamiento 2 (Ph 10 A). c) Tratamiento 3 (Ph 20 H). d) Tratamiento 4 (Ph 20 A). e) Tratamiento 5 (Ha 10 H). f) Tratamiento 8 (Ha 20 A).

4.7 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.].

El comportamiento los distintos tratamientos de los extractos vegetales sobre la especie violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.], dio como resultado a los 7 días de la aplicación, que los tratamientos de extracto hidroalcohólico de *Parthenium* al 20 % disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 20 H), extracto hidroalcohólico de *Parthenium* al 20 % disuelto en solución acuosa al 20 %, extracto hidroalcohólico de *Helianthus* al 10 % disuelto en solución hidroalcohólica (Ha 10 H) y extracto hidroalcohólico de *Helianthus* al 10 % disuelto en solución acuosa (Ha 10 A) se observó un control suficiente (Jürgens *et al.*, 1985) sobre la especie según la escala propuesta por la sociedad europea de investigación de malezas aunque no tuvieron diferencia significativa con el tratamiento del herbicida sintético (HERB) y con el resto de los tratamientos pero sí con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 7).

A los 14 días después de las aplicaciones el extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium* disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 10 H) y el extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 10 A) tuvieron un control suficiente, mientras que el resto de los tratamientos de los extractos tuvo un control muy bueno (Jürgens *et al.*, 1985) sin diferencia significativa con el Herbicida sintético (HERB) pero sí con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 7 y Figura 22).

A los 21 días después de las aplicaciones todos los tratamientos de los extractos al igual que el del herbicida sintético mataron totalmente las plantas de la especie

violeta del campo teniendo diferencia significativa con el testigo control (TESCOL).

(Cuadro 7)

Cuadro 7 Resultados del control de la maleza violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.], por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).

Tratamientos	Control de violeta del campo [<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.].		
	7 (D.D.A) %	14 (D.D.A) %	21 (D.D.A) %
Ph 10H	65.00 a	91.67 a	100 a
Ph 10 A	61.25 a	89.17 a	100 a
Ph 20 H	90.83 a	100 a	100 a
Ph 20 A	83.33 a	98.33 a	100 a
Ha 10 H	92.92 a	100 a	100 a
Ha 10 A	89.17 a	100 a	100 a
Ha 20 H	80.84 a	93.33 a	100 a
Ha 20 A	77.50 a	96.67 a	100 a
HERB	100 a	100 a	100 a
TESCOL	0.00 b	0.00 b	0.00 b

Los tratamientos fueron de Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 10 A), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución hidroalcohólica (Ph 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium hysterophorus* L, disueltos en solución acuosa (Ph 20 A), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 10 A), - Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución hidroalcohólica (Ha 20 H), Extracto hidroalcohólico al 20% de *Helianthus annuus* Biut, disueltos en solución acuosa (Ha 20 A), Herbicida Sintético (HERB) y Testigo control (Sin aplicación de Agroquímico) (TESCOL).



Figura 22 Comportamiento de los extractos sobre la especie violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.], a) Tratamiento 3 (Ph 20 H) b) Tratamiento 4 (Ph 20 A). c) Tratamiento 5 (Ha 10 H). d) Tratamiento 6 (Ha 10 A). e) Tratamiento 7 (Ha 20 H). f) Tratamiento 8 (Ha 20 A).

4.8 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie: Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.).

Los resultados del control de los distintos tratamientos de los extractos sobre la especie: Correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.), a los 7 días después de la aplicación mostraron que el extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 10 A) logró eliminar totalmente las plantas mientras que el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disuelto en solución hidroalcohólica (Ha 20 H) alcanzó un muy buen control al igual que el herbicida Sintético (HERB) a diferencia del extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 20 A) y el extracto hidroalcohólico al 10 % de *Helianthus* disuelto en solución hidroalcohólica (Ha 10 H) los cuales lograron un buen control (Jürgens *et al.*, 1985), mientras que los otros tratamientos tuvieron un control medio hasta un control pobre (Jürgens *et al.*, 1985) pero con diferencia significativas con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 8).

A los 14 días después de la aplicación los tratamientos de extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 10 A), extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 20 H), extracto hidroalcohólico al 10 % de *Helianthus* disuelto en solución hidroalcohólica (Ha 10 H) y el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disuelto en solución hidroalcohólica (Ha 20 H) eliminaron totalmente a la especie correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) al igual que el Herbicida Sintético (HERB); mientras que el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disuelto en solución acuosa (Ph 20 A) tuvo un muy buen control (Jürgens *et al.*, 1985) a diferencia de el extracto hidroalcohólico al 10 % de *Helianthus* disuelto en solución acuosa (Ha 10 A) el cual

presento un buen control y no tuvieron diferencias significativas con el Herbicida Sintético (HERB) pero si con el Testigo control (TESCOL) (Cuadro 8 y Figura 23).

A los 21 días después de la aplicación ya presentaron un muy buen control los extracto hidroalcohólico al 10 % de *Parthenium*, disuelto en solución hidroalcohólica (Ph 10 H), Extracto hidroalcohólico al 10 % de *Helianthus* disuelto en solución acuosa (Ha 10 A) y extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disuelto en solución acuosa (Ha 20 A) quedando por debajo del resto de los extractos y el Herbicida Sintético (HERB) los cuales lograron eliminar totalmente las plantas de la especie correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) por lo que no tuvieron diferencia significativa con el herbicida sintético pero si con el testigo control (cuadro 8); similares resultados fueron obtenidos por Jarma y Tirado (2004), al controlar en forma pre-emergente las especies: *Amaranthus dubius*, *Ipomoea tiliacea* y algodón con extractos de *Gliricidia sepium* (cocoite).

Cuadro 8 Resultados del control de la maleza correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.), por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).

Tratamientos	Control de correhuela anual (<i>Ipomoea trichocarpa</i> Elliott.).		
	7 (D.D.A) %	14 (D.D.A) %	21 (D.D.A) %
Ph 10H	60.84 b	81.67 c	96.67 a
Ph 10 A	100 a	100 a	100 a
Ph 20 H	87.97 ab	100 a	100 a
Ph 20 A	95.42 a	98.33 a	100 a
Ha 10 H	95.83 a	100 a	100 a
Ha 10 A	74.17 b	95.00 abc	98.34 a
Ha 20 H	97.49 a	100 a	100 a
Ha 20 A	84.17 ab	85.84 bc	97.50 a
HERB	98.33a	100 a	100 a
TESCOL	0.00 c	0.00 d	0.00 b

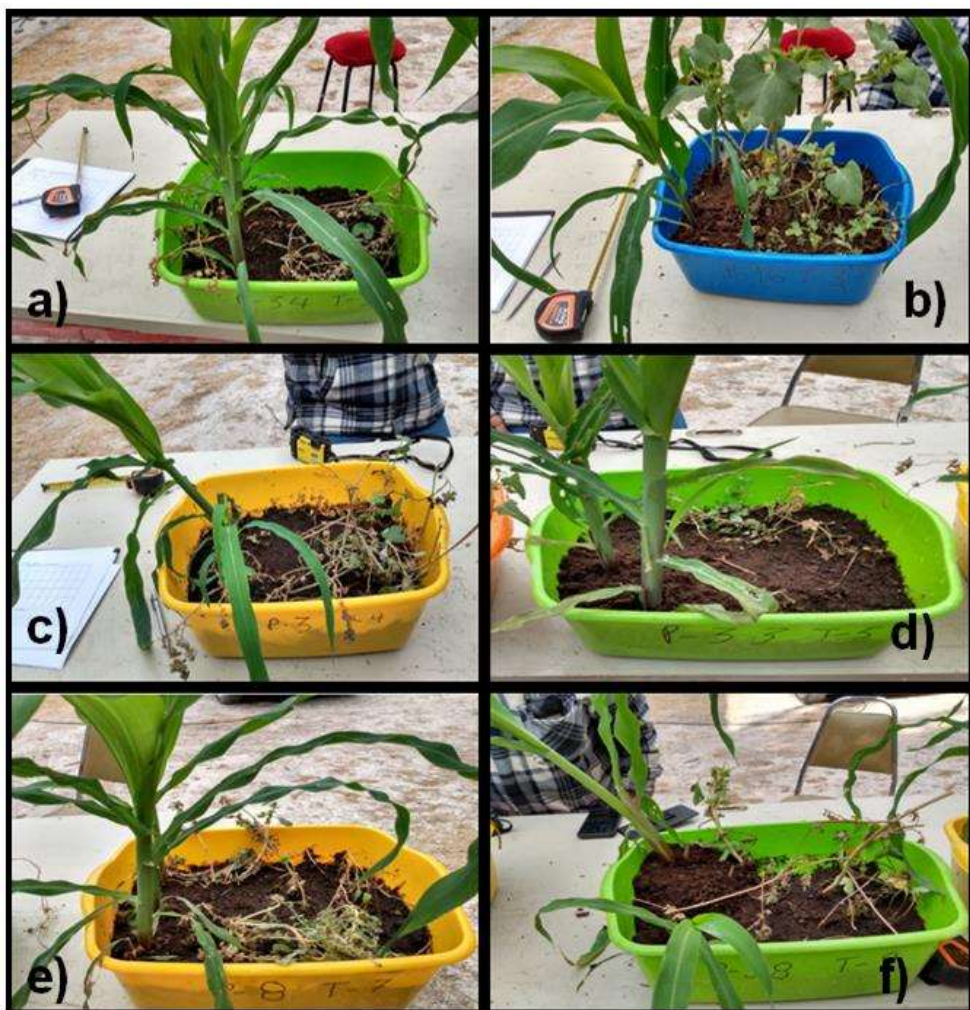


Figura 23 Comportamiento de los extractos sobre la especie correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.). a) Tratamiento 2 (Ph 10 A). b) Tratamiento 3 (Ph 20 H). c) Tratamiento 4 (Ph 20 A). d) Tratamiento 5 (Ha 10 H). e) Tratamiento 7 (Ha 20 H). f) Tratamiento 9 HERB.

4.9 Efectos de los extractos vegetales y el herbicida sintético sobre la especie: Chayotillo (*Xanthium strumarium* L).

El comportamiento de los distintos tratamientos sobre la especie chayotillo resultó de la siguiente manera: a los 7 días después de la aplicación excepto los tratamientos de extracto hidroalcohólico al 10% de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 10 A), el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 20 A) y el extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disueltos en solución acuosa (Ha 20 A) alcanzaron un control regular (Jürgens *et al.*, 1985), los demás tratamientos de los extractos consiguieron un control pobre y muy pobre teniendo diferencia significativa con el testigo control (TESCOL) y con el herbicida sintético (HERB) el cual si tuvo un buen control. (Cuadro 9)

A los 14 días después de la aplicación los mejores tratamientos fueron el de extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disueltos en solución acuosa (Ha 20 A) con un control medio y el de extracto hidroalcohólico al 20% de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 20 A) reportó un control suficiente (Jürgens *et al.*, 1985) estando por encima de los demás tratamientos los cuales se comportaron desde un control regular a muy pobre; no teniendo diferencias significativas con el herbicida sintético (HERB) pero si con el testigo control (TESCOL) (Cuadro 9).

A los 21 días después de la aplicación los mejores tratamientos fueron el de extracto hidroalcohólico al 20 % de *Helianthus* disueltos en solución acuosa (Ha 20 A) y el de extracto hidroalcohólico al 20 % de *Parthenium* disueltos en solución acuosa (Ph 20 A) los cuales alcanzaron un muy buen control (Jürgens *et al.*, 1985) sobre la especie chayotillo sin diferencias significativa con el herbicida sintético pero si con el testigo control (Cuadro 9 y Figura 24).

Cuadro 9 Resultados del control de la maleza chayotillo (*Xanthium strumarium* L.), por los distintos extractos comparados con el herbicida sintético y un testigo control; evaluados a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (D. D. A).

Tratamientos	Control de chayotillo (<i>Xanthium strumarium</i> L.).		
	7 (D.D.A) %	14 (D.D.A) %	21 (D.D.A) %
Ph 10H	21.67 cd	47.08 bc	60.83 bc
Ph 10 A	55.83 bc	78.33 abc	86.67 abc
Ph 20 H	41.67 bc	57.50 bc	69.17 a
Ph 20 A	69.17 b	92.50 ab	100 a
Ha 10 H	48.33 bc	65.42 abc	87.08 abc
Ha 10 A	35.00 bc	50.00 bc	65.83 bc
Ha 20 H	22.50 c	36.25 c	52.50 c
Ha 20 A	67.49 b	86.67 abc	96.67 a
HERB	97.50 a	100 a	100 a
TESCOL	0.00 d	0.00 d	0.00 d



Figura 24 Comportamiento de los extracto sobre la especie chayotillo (*Xanthium strumarium* L.) a) Tratamiento 4 (Ph 20 A). b) Tratamiento 8 (Ha 20 A). c) Tratamiento 9 HERB. d) Tratamiento 10 TESCOL

5. CONCLUSIONES.

- Los extractos hidroalcohólicos de *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut. mostraron mayor contenido de Polifenoles totales.
- Todos los tratamientos de los extractos vegetales tuvieron buen control y al compararlo con el herbicida sintético no presentaron diferencia significativa contra las especies quelite espatulado (*Amaranthus spinosus* L), violeta del campo [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.] y correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.) a los 14 días después de la aplicación; excepto los tratamientos de *Parthenium hysterophorus* L. disuelto en disolución hidroalcohólica al 10 % (Ph H 10) y *Helianthus annuus* Biut. disolución acuosa al 20 % (Ha A 20) en la maleza correhuela anual (*Ipomoea trichocarpa* Elliott.).
- Los tratamientos de los extractos hidroalcohólicos *Parthenium hysterophorus* L. al 20 % y *Helianthus annuus* Biut. al 20 %, ambos disueltos en disolución acuosa obtuvieron un buen control sobre chayotillo (*Xanthium strumarium* L.) a los 21 días después de la aplicación.

6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda realizar las aplicaciones de los extractos hidroalcohólicos de *Parthenium hysterophorus* L. y *Helianthus annuus* Biut. para el control de malezas en el cultivo de maíz en campo para corroborar sus efectos alelopáticos con las malezas de las especies estudiadas.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Ahsan, B. A. (2014). Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop Protection*. 65. 105-113
- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74 (1): 19-31.
- Arbeláez, J. S. M., J. I. S. Acevedo y P. N. M. Yepes. (2011). Metabolitos secundarios en el guayacán amarillo y en el guayacán rosado. *Scientia et Technica*, 1(47): 297-301.
- Ashton, F. M., y Crafts, A. S. (1981). *Ureas. Mode of Action of Herbicides*. Wiley-Interscience Publications, New York, 367-393.
- Ávila Castañeda, I. M. (2009). Estudio de los compuestos polifenólicos con énfasis en flavonoides del hongo *Lentinula edodes* y determinación de la actividad antioxidante. *Química*.
- Azuola, R., y Vargas-Aguilar, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Revista Tecnología en marcha*, 20(4).
- Barrientos, M. (2014). Evaluación de periodos críticos en el control de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* Var. IBO – 128), Comunidad Azero Norte, Monteagudo. Informe de consultoría. Proyecto BEISA 3. U.M.R.P.S.F.X.CH. Monteagudo, Bolivia. 87-99
- Beltrán D. Y., H. J. Morris Q, E. R. De la Cruz, Y. Quevedo M. y R. C. Bermúdez S. (2013). Contenido de fenoles totales en extractos de *Pleurotus* obtenidos con solventes de diferente polaridad. *Revista cubana de Investigaciones biomédicas*, 2: 121-129.

- Benítez, R.C., L. A. Cardozo., Ch. L. Hernández., M. Lapp., Z. T. Ruiz., P. Torrecilla. (2006). Botánica sistemática fundamentos de estudio. Cap. 1 Fuentes de evidencias sistemáticas y ciencias relacionadas Universidad Central de Venezuela, Maracay. Primera Edición Digital. 6-17.
- Black, CC, Chen, TM y Brown, RH (1969). Bases bioquímicas de la competencia vegetal. *Ciencia de malezas*, 17 (3), 338-344.
- Booth, BD, Murphy, SD y Swanton, CJ (2003). *Ecología de malezas en sistemas naturales y agrícolas*. CABI.
- Castañeda, B. C., E. R. Llica y L. I. Vásquez. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Horizonte Médico* 8(1): 31-37.
- Chusin Ayala, L. P. (2020). Evaluación del extracto acuoso de semilla de higuierilla (*Ricinus communis* L.) Como herbicida presiembra para el control de malezas en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) en el Barrio Santan grande de la parroquia Ignacio Flores Del *Cantón Latacunga* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- CONABIO (2004) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/partheniumhystroropus/horus/fichas/ficha.htm#5>. Biología y ecología. (Consultada noviembre 3 2014)
- Cousens, R. y Mortimer, M. (1995). *Dinámica de las poblaciones de malas hierbas*. Prensa de la Universidad de Cambridge.

- Damián-Huato, M. A., Cruz-Leon, A., Ramirez-Valverde, B., Romero-Arenas, O., Moreno-Limón, S., y Reyes-Muro, L. (2013). Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(2), 157-176.
- De la Rosa, L. A., Vazquez-Flores, AA, Álvarez-Parrilla, E., Rodrigo-García, J., Medina-Campos, ON, Ávila-Nava, A., y Pedraza-Chaverri, J. (2014). Contenido de las principales clases de compuestos polifenólicos, actividad antioxidante, antiproliferativa y protectora celular de los extractos crudos de nuez pecana y sus fracciones. *Revista de alimentos funcionales*, 7, 219-228.
- De Real, S. F. (2013). Estudio de la biología de las malezas. *Revista Vinculando*.
- Duke, SO y Dayan, FE (2011). 4.03-Bioactividad de los herbicidas. *Biotechnología integral*, 23-35.
- Escamilla Jiménez, C. I., Cuevas Martínez, E. Y., y Guevara Fonseca, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2), 73-75.
- Ferrer, L. J., Zayas, D. V., y Puentes, R. Á. (2006). Efecto alelopático de *Pinus caribaea* en la germinación de arvenses en casas de cultivo protegido. *Centro Agrícola*, 33(4), 79.
- García F., C.H., y P. M. J. Peláez. (2007). Effect Determination of sugar cane molasses bioherbicida on *Brassica campestris* L. *Revista ambiental*. 2(2): 53-60.
- García, A. Á., y Carril, E. P. U. (2011). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2(3).

- GBIF. 2021-07-01. The global biodiversity information Facility: Backbone taxonomy.
<http://www.gbif.org/species/5290052>
- Gomaa, NH y Abd Elgawad, HR (2012). Efectos fitotóxicos de extractos de**
*Echinochloa colona*** (L.) Link. (Poaceae) sobre la germinación y el
crecimiento de plántulas de malezas. *Revista Española de Investigaciones
Agrarias.-Madrid*, 10 (2), 492-501.
- Gómez Brindis, J. G. (2011). Herbicidas agrícolas: Formulaciones, usos, dosis y
aplicaciones.
- González Castillo, L. E. (2012). Efectos del aceite esencial y extractos acuosos de
Eucalyptus gomphocephala DC. sobre la germinación y el crecimiento de
arvenses.
- González, F. (1999). Monocotiledóneas y dicotiledóneas: Un sistema de clasificación
que acaba con el siglo. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 23 (87), 195-204.
- Gunsolus, J. L., and Curran, W. (1996). Herbicide Mode of Action and Injury
Symptoms. North Central Extension Publication 377, 14.
- Heap, I. (2000). International survey of herbicide-resistant weeds. Classification of
herbicides by mode of action.
- Herrera, MC y De Castro, ML (2005). Extracción asistida por ultrasonido de
compuestos fenólicos de fresas antes de la separación por cromatografía
líquida y detección ultravioleta de matriz de fotodiodos. *Revista de
cromatografía A*, 1100 (1), 1-7.
- JARA, A. V. C. (2010). Preparación de extractos vegetales: determinación de
eficiencia de metódica. *Bioquímica y Farmacéutica*, 4.

- Jarma Orozco, A. D. J., y Tirado, G. R. (2004). Efecto bioherbicida de extractos vegetales para el manejo de malezas en algodón en el Caribe colombiano.
- Juárez Luna, M. A. (2012). *Propiedades funcionales del hongo comestible Pleurotus y su relevancia en la alimentación regional* (Master's thesis).
- Jürgens, G. W., Helmut, W., Joachim, S., Jaime, E., y García, G. (1985). *Levantamiento de malezas en cultivos agrícolas. Resúmenes del seminario manejo integrado de malezas*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José (Costa Rica). Universidad de Costa Rica, San José (Costa Rica). Convenio Costarricense-Alemán de Sanidad Vegetal.
- Khan, M. I. (2015). Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6): 1307-1316.
- Labrada, R. (2003). El control de malezas en el contexto del Manejo Integrado de Plagas. En: Labrada, R.; Caseley, J. y Parker, C. (Ed). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo*. Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma: 3-9
- Latif, Z., Fazal, A., Choudhary, MA, Ahmad, Z. y Mirza, MA (2018). Validación del modelo de Flory-Huggins para la adsorción de fenol por partenio *Hysterophorus* en un sistema por lotes. *Ingeniería Química Aplicada*, 1 (2).
- Llumiyinga Inte, B. M. (2020). Estudio fenológico de la línea promisorio de maíz chulpi (*Zea mays* L.) UTC 003 en dos localidades, Tigualo y Laigua de Maldonado, provincia de Cotopaxi, Fase I (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.).

- Lockerman, RH y Putnam, AR (1979). Evaluación de pepinos alelopáticos (*Cucumis sativus*) como ayuda para el control de malezas. *Weed Science*, 27 (1), 54-57.
- Lorenzo, P., y González, L. (2010). Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas*, 19(1).
- Macías, FA, Molinillo, JM, Varela, RM, y Galindo, JC (2007). Alelopatía: una alternativa natural para el control de malezas. *Pest Management Science: anteriormente Pesticide Science*, 63 (4), 327-348.
- Martínez, E. G., I. F. Segovia y A. F. López. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.
- Martínez, M., Téllez, R. y Mora, J. (2018). Maíz blanco y amarillo sustituto o complementos. *Revista mexicana de Ciencias agrícolas*.9 (4), 879-885
- Martínez-Rodríguez, A. L. (2005). Estrategias de colonización de las plantas para la estabilización de taludes en carreteras.
- Moreno, L. L. V. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario (La Habana)*, 15, 1.
- Moreno, R. (2017). Manejo de Malezas en el Cultivo de Maíz. *INTA EEA*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_malezas_moreno_mj17.pdf.
- Mortimer, M. (1997). La necesidad de los estudios sobre ecología de arvenses para mejorar el manejo de arvenses. *Consulta de expertos en ecología y manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma*, 17-26.

- Moyo, M., Maringe, A., Chigondo, F., Nyamunda, BC, Sebata, E. y Shumba, M. (2012). Eliminación por adsorción de iones nitrato de soluciones acuosas utilizando cáscara de semilla de girasol tratada con ácido (*Helianthus annuus*). Revista Internacional de Avances en Ciencia y Tecnología, 5 (6), 47-66.
- Muñiz Moreno, L. (2017). *Manejo de herbicidas sintéticos y extractos vegetales para controlar malezas en cultivos básicos: maíz, frijol y sorgo* (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Olivares, S. E. (2012). Paquete de diseños experimentales versión 1.0 Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. *Marín, NL*.
- Ordóñez V. P., M. Vega E. and O. Malagón A. (2006). Phytochemical study of native plant species used in traditional medicine in Loja Province. 10(2): 65-71.
- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121.
- Pérez-García V. (2009). Plantas medicinales de USO en traspatio de la zona centro Del estado de Veracruz [Tesis licenciado en biología]. Veracruz, México: Universidad Veracruzana;
- Philogene, B. J., C. Regnault-Roger. P. U. Terrón., and C. Vincent. (2004). Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi-Prensa Madrid España. 10(3): 20
- Reyes, S. R., Casanova, E. V., Gaona, M. C. y Saldarriaga. (2015). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hoja de *Moringa citrifolia* L. "Noni" y cuantificación

espectrofotométrica de los Flavonoides totales. UCV-SCIENTIA, 2 (2), 11-22.

Ríos, C., y M. Rosabal. (2008). Potencial alelopático de bambúes tropicales. Efecto sobre la germinación y crecimiento de cultivos tropicales. Centro Agrícola, 35 (2): 79-84.

Rivero, C. L., Quiñones-Gálvez, J., Martínez, A. T. P., Ortiz, C. C. C., Paneca, M. R., Valdéz, G. A. C., y Ruiz, Y. K. C. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Biotecnología Vegetal*, 18(1).

Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J. E., Ojeda Zacarías, C., y de la Rosa Loera, A. (2013). Comparación de dos tipos de selección en poblaciones de maíces criollos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 611-623.

Rosales, R. E., T. C. Medina. (2011). Manejo de Malezas en cultivos básicos, Manejo de malezas en México Vol. 1/ Maleza terrestre, D.R. Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán Sinaloa México. 154-158.

Salazar, L. F., y Hincapié, E. (2013). *Arvenses de mayor interferencia en los cafetales*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Salazar, L. O., F. A. Valverde., C. R. B. Correa., M. S. S. Orozco., y C. E. M. Barona. (2009). Evaluación de extractos de fique, coquito, sorgo y ruda como posibles bio-herbicidas. *Acta Agronómica*, 58(2): 103.

Sampietro, D.A.(2003). Hipertextos del área de la Biología. Universidad Nacional Del Nordeste. <http://www.biología.edu.ar/plantas/alelop.litur#libro.2003>. Consultado: 23/03/04.

- Sharapin, N. (2000). Extracción de materias primas vegetales. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. Convenio Andrés Bello No. 78. CYTED. Capítulo 2. Vol. 1. 27-60.
- Statista (2020) Maíz. Disponible en: <https://www.mccormick.it/mx/todos-los-datos-actualizados-sobre-la-produccion-de-maiz-en-el-mundo/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20las%20previsiones%20del%20Departamento,de%20toneladas%20en%202018%2D2019>. Fecha de consulta 16 de marzo de 2022.
- Tamayo, E. L. M. (2011). Problemática de malezas en hortalizas y su manejo integrado. Manejo de malezas en México Vol. 1/ Maleza terrestre, D.R. Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán Sinaloa México. 116-125
- Tobón Arroyave, N. D. L. C. (2015). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo.
- Topal, S., I. Kocacaliskany. and O. Arslan. (2006). Herbicidal Potential of Catechol as an Allelochemical. 61(1-2): 69-73.
- Torres-Acosta, J. F. D. J., M. A. Alonso-Díaz., H. Hoste., C. A. Sandoval-Castro y A. J. Aguilar-Caballero.(2008). Efecto negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. Tropical and subtropical Agroecosystems. 9 (1) 123-172
- Urueta Muñoz, J. M., y Acosta Gómez, O. J. (2018). Diseño e implementación de una aplicación web móvil que brinda el apoyo para la erradicación de las malezas En los cultivos de maíz (*zea mays* l).

- Vázquez, J. M. (2007). *Evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de Helicarpus terebinthinaceus* (Doctoral dissertation, Tesis, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán De León, Oaxaca, México).
- Velázquez-Vázquez, B. A. (2015). Identificación de maleza en estado de plántula. Tesis Licenciatura. Universidad Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila.
- Vera Díaz, F., Castro Arteaga, C., Gutiérrez Mora, X., y Vásquez Galarza, G. (2020). Alternativas agroecológicas para el control y manejo de arvenses en competencia específica con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Caribeña de Ciencias Sociales*, (junio).
- Zita, G. (2011). Biología y ecología de la maleza.