

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto de un Extracto Vegetal Potencializado para su Uso como Herbicida sobre la Dinámica Poblacional de la Maleza en los Ciclos P-V y O-I 2023.

Por:

LUIS GERARDO JAIME MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto de un Extracto Vegetal Potencializado para su Uso como Herbicida sobre la Dinámica Poblacional de la Maleza en los Ciclos P-V y O-I 2023.

Por:

LUIS GERARDO JAIME MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

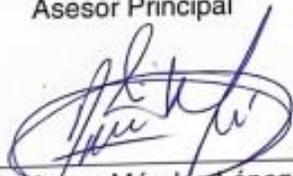
Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal



Dr. Francisco Castillo Reyes
Asesor Principal Externo



Dr. Alonso Méndez López
Coasesor



Dr. Raúl Rodríguez Herrera
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Fangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2024

Declaración de no plagio

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

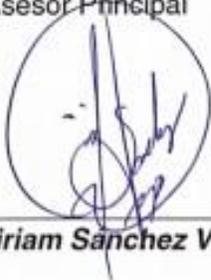
Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias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

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

Pasante

Luis Gerardo Jaime Morales
Luis Gerardo Jaime Morales

Asesor Principal


Dra. Miriam Sánchez Vega
Dra. Miriam Sánchez Vega

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme salud y nunca abandonarme en los momentos más difíciles de mi vida, por permitirme salir adelante e iluminar mi camino, así como también cuidar a mi familia y ponerme en mi vida a personas que hoy en día se han convertido en parte importante de mi familia.

A mis padres, **Alma Rosa Morales Pacheco** y **Gerardo Jaime Rojas** por apoyarme en mis decisiones y sacrificar cosas para poder culminar esta meta.

A mi hermana **Alondra Jaime Morales** por brindarme su cariño y apoyo económico para sostenerme durante este trayecto.

A mi hermano **Kevin Gerardo Jaime Morales** por todo su amor y admiración hacia mi persona.

A la **Dra. Miriam Sánchez Vega** por confiar en mí y darme esta oportunidad para poder llevar a cabo este gran proyecto, brindarme su tiempo y facilitarme todo el material e información necesaria durante el desarrollo de esta investigación.

Al **Dr. Francisco Castillo Reyes** por facilitarme su disponibilidad para resolverme las dudas que se me presentaron y apoyarme durante el trabajo.

A la **UAdeC** por la invitación para formar parte de este proyecto, especialmente al **Dr. Raúl Rodríguez Herrera**, responsable del proyecto en el que colaboré y asesor de este trabajo.

Al **Dr. Alonso Méndez López**, por su apoyo moral y académico durante el proceso de mi formación y estancia en la UAAAN.

... agradecimientos

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas al mundo de la agronomía y prestarme sus instalaciones para poder desarrollarme profesionalmente.

Al **Departamento de Parasitología** por brindar sus instalaciones y proporcionarme un buen núcleo de docentes con los cuales me pude apoyar para la investigación.

A la laboratorista del Área de Malezas, del Departamento de Parasitología, UAAAN, **Mary Cruz Carreño Cruz** por su apoyo y disponibilidad para la realización de esta investigación.

Esta investigación fue realizada, con apoyo financiado por el **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)**, a través del proyecto: *“Valorización de extractos potencializados de recursos naturales como alternativa para el control de arvenses”* (PROYECTO CONAHCYT-2023-322605).

DEDICATORIA

En mi familia siempre hemos dicho que **Dios** es nuestra fortaleza, sin él no podemos salir adelante, es por eso que este trabajo es dedicado a él, por no abandonarme nunca, dame la fortaleza para enfrentar las cosas y cuidar a mi familia.

A mi **ALMA MATER** por abrirme las puertas de su institución y brindarme todas las herramientas para mi formación académica.

A mi madre que tanto amo **Alma Rosa Morales Pacheco** por apoyarme siempre y darme sus oraciones para que me vaya bien en mi vida, por su amor y comprensión. Gracias porque sin ti, no sería la persona que ahora soy y por haberme educado a su manera, lo que hoy me ha abierto muchas puertas.

A mi padre: **Gerardo Jaime Rojas** que lo amo demasiado por siempre apoyarme en todo momento y por sacrificar algunas cosas para que nunca me falte nada, gracias por siempre estar para mí y hoy agradezco por haberme enseñado a trabajar en el campo, tus consejos, accesibilidad y amor.

A mi hermana querida **Alondra Jaime Morales** por siempre estar para mí y darme todo el apoyo, para que nunca me faltara nada durante mi carrera, sin duda eres una gran mujer y estoy muy contento por verte feliz con el hombre al que amas, te mereces toda la felicidad del mundo, siempre estaré para ti.

A mi hermano menor **Kevin Gerardo Jaime Morales**, por siempre motivarme a salir adelante, mostrarme su cariño y amor siempre, ser parte de mis aventuras y querer ser como yo.

A la **Dra. Miriam Sánchez Vega** por haberse convertido en una persona muy especial en mi vida, toda mi vida estaré agradecido con usted por permitirme ser

parte de su familia, por confiar en mí, por estar siempre cuando necesito apoyo, por incluirme en sus trabajos y prepararme académicamente y personalmente, gracias por todo me ha forjado una madurez en mi vida que nunca había tenido, por permitirme convivir con su familia. Por los cafecitos y los desayunos que siempre me invita. Además de haber sido una gran tutora y una gran amiga durante este gran trayecto.

A todas mis tías y tíos que me han apoyado en este trayecto, especialmente a **Cristina Morales Pacheco, Georgina Morales Pacheco, Josefina Morales Pacheco** y **Martha Jaime Rojas** que me brindan su apoyo emocional y económico para que salga adelante y compre lo necesario para estar bien.

A mis todos mis Prim@s que me han apoyado y brindado su cariño, y en memoria de **Julissa Corona Jaime †** y **Karen Jaime †**.

A mis amigos y team que tanto quiero **Marisol Botello, Daniel Alfaro, Marlen Cortes, Ricardo López, Rubén Quintero, Kenia Maca, Cecilia Sánchez, Monserrat García y Stefany Verazaluze** quienes me han enseñado el valor de la amistad, me sacaron una sonrisa en todo momento, También a mis amigas **Yuritzi Villanueva** y **Fernanda León** por siempre estar para mí. Gracias a todas estas personas pude ser yo mismo con ellos y descubrieron mi lado tierno, nunca voy olvidar todas las aventuras, ocurrencias que vivimos y siempre estaré para ustedes porque personas como ellos nunca se vuelven a encontrar en la vida.
Muchas gracias por hacer esta etapa universitaria la mejor de mi vida.

A mis amigos que realicé durante mi estancia de prácticas profesionales **Julián Garrido**, **Ing. José Alfredo Flores Yáñez** y el **Dr. Raciél Hernández** quien gracias a ellos adquirí nuevos aprendizajes académicos y personales, por hacer mi estancia más cómoda y fácil. Y a mis paisanos que conocí durante mi estancia profesional en Chapingo por incluirme en su vida y hacerme sentirme uno más de ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Concepto de Maleza.....	4
2.2 Antecedentes sobre la Maleza.....	4
2.3 Características de la Maleza	5
2.4 Importancia de la Maleza.....	6
2.5 Clasificación de la Maleza	9
2.6 La Maleza en la Agricultura	10
2.7 Mecanismos de Diseminación	10
2.8 Interferencia Maleza-Cultivo	11
2.9 Periodo Crítico de Competencia	12
2.10 Métodos de Control de la Maleza	12
2.11 Concepto de Herbicida	14
2.12 Clasificación de los Herbicidas	15
2.12.1 Modo de acción de los herbicidas	15
2.12.2 Mecanismo de acción de los herbicidas	16
2.12.4 Selectividad de herbicidas.....	17
2.12.5 Tipo de acción de los herbicidas	18
2.12.6 Época de aplicación	18
2.13 Resistencia de la Maleza a Herbicidas	19
2.13.1 Tipos de resistencia	20

2.13.2 Familias de malezas más comunes que presentan resistencia a herbicidas	21
2.13.3 Grupos de herbicidas con un alto reporte de biotipos de maleza resistentes	22
2.14 Tolerancia de la Maleza a Herbicidas	22
2.15 Situación Actual de los Herbicidas en México.....	23
2.16.1 Definición de agricultura sustentable.....	24
2.16.2 Extractos vegetales.....	24
2.16.2.1 Tipos de extractos vegetales.....	25
2.16.2.2 Extractos vegetales utilizados como biocontroladores en el manejo de la maleza.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Ubicación del Experimento	27
3.2 Desarrollo del Experimento	28
3.2.1 Descripción de los tratamientos	28
3.2.2 Experimento establecido en P-V 2023	30
3.2.3 Experimento establecido en O-I 2023	32
3.3 Variables	33
3.3.1 Número de familias y especies de maleza previas al establecimiento de los experimentos.....	34
3.3.2 Número de individuos de maleza	34
3.3.3 Daño fitotóxico a la maleza	35
3.3.4 Peso fresco de la maleza	36
3.3.5 Peso seco de la maleza	36
3.3.6 Producción de biomasa de la maleza.....	36
3.4 Análisis Estadístico.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Diagnóstico de la Maleza.....	39
4.2. Experimentos Establecidos en el Ciclo Primavera-Verano 2023.....	43
4.2.1. Preemergente P-V 2023.....	43
4.2.2. Postemergente P-V 2023.....	53
4.3. Experimentos establecidos en el ciclo Otoño-Invierno 2023	62
4.3.1 Preemergente O-I 2023	62
4.3.2 Postemergente O-I 2023.....	68

V.	CONCLUSIONES	73
VI.	REFERENCIAS	74
VII.	ANEXOS	84
	7.1. Resultados del análisis de suelo.....	84
	7.2. Reporte de degradación del bioherbicida en los suelos.....	86
	7.3. Variables climatológicas por día	88
	7.4. Grafica ombrotérmica	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de daños que ocasiona la maleza, como plantas que interfieren en los objetivos del hombre.....	8
Cuadro 2. Grupos químicos de herbicidas, clasificados por el mecanismo de acción citados por WSSA (2020).....	16
Cuadro 3. Descripción de tratamientos para evaluar el efecto de un bioherbicida para el control de la maleza en P-V y O-I (2023).....	28
Cuadro 4. Escala logarítmica determinada y propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de la maleza con herbicidas.....	35
Cuadro 5. Formulas empleadas en la transformación de datos de los valores de las variables que no cumplen con los supuestos de normalidad para el análisis de varianza.....	37
Cuadro 6. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de preemergencia establecido en P-V 2023, UAAAN....	44
Cuadro 7. Diversidad y abundancia de familias de maleza presente en el campo, después de la aplicación preemergente en el ciclo P-V 2023.....	49
Cuadro 8. Individuos de familias de maleza presente en el campo, contabilizada por tratamiento, después de la aplicación preemergente en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	50
Cuadro 9. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal expresadas en el experimento de aplicación preemergente, en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	52
Cuadro 10. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de postemergencia establecido en P-V 2023, UAAAN.....	54
Cuadro 11. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal en el experimento de postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	58
Cuadro 12. Principales familias y especies de maleza, que estuvieron presentes en el experimento con aplicaciones en postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	59

Cuadro 13. Individuos de familias de maleza presente en el campo, contabilizada por tratamiento, después de la aplicación postemergente en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	60
Cuadro 14. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal en el experimento de preemergencia en el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	66
Cuadro 15. Principales familias y especies de malezas presentes en el experimento con aplicaciones preemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	67
Cuadro 16. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de postemergencia establecido en O-I 2023, UAAAN.....	69
Cuadro 17. Variables de acumulación de materia vegetal en el experimento postemergente del ciclo O-I 2023, UAAAN.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo mundial de plaguicidas en el año 2020.....	23
Figura 2: Localización de las parcelas experimentales donde se establecieron los experimentos. A: experimentos establecidos en P-V; B: experimentos establecidos en O-I. 2023.....	27
Figura 3: Aleatorización de los tratamientos y tamaño de parcelas experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar, definidos para los experimentos establecidos en P-V (2023), el diseño experimental fue el mismo para preemergencia como para postemergencia, al evaluar un bioherbicida a base de extractos vegetales.....	30
Figura 4. Unidades de muestreo en la parcela experimental por tratamiento y repetición, para el ciclo P-V (2023), en la evaluación de un bioherbicida a base de extractos vegetales.....	31
Figura 5: Aleatorización de los tratamientos y tamaño de parcelas experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar, definidos para los experimentos establecidos en O-I (2023), el diseño experimental fue el mismo para preemergencia como para postemergencia, al evaluar un bioherbicida a base de extractos vegetales.....	32
Figura 6: Unidad de muestreo en la parcela experimental por tratamiento y repetición, para el ciclo O-I (2023), en la evaluación de un bioherbicida a base de extractos vegetales	33
Figura 7: Determinación de la predominancia de familias y especies de malezas previo a la instalación del experimento P-V 2023.....	39
Figura 8. Dinámica poblacional de la maleza, después de haber aplicado diferentes tratamientos en preemergencia en el ciclo P-V 2023.....	45
Figura 9. Fluctuación de la variable daño a la maleza en los tratamientos con diferentes dosis del bioherbicida, comparados con el tratamiento testigo sin aplicación, evaluados en preemergencia en el ciclo P-V 2023.....	47
Figura 10. Porcentaje de abundancia de maleza por tratamiento después de la aplicación en pre-emergente P-V 2023.....	51
Figura 11. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones en preemergencia del ciclo P-V 2023, UAAAN.....	53

Figura 12. Fluctuación de la variable daño a la maleza entre los tratamientos evaluados con las diferentes dosis del bioherbicida, comparados con el tratamiento sin aplicación, aplicados en postemergencia para el ciclo P-V 2023 (UAAAN).....	55
Figura 13. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones postemergentes en el ciclo P-V 2023, UAAAN	58
Figura 14. Porcentaje de abundancia de maleza por tratamiento después de la aplicación realizada en postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.....	61
Figura 15. Número de plantas de maleza presentes en los tratamientos evaluados con las diferentes dosis del bioherbicida, aplicados en preemergencia para el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	63
Figura 16. Número de individuos de familias de malezas por tratamientos en el experimento con aplicaciones preemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	68
Figura 17. Daño fitotóxico a la maleza entre los tratamientos, aplicados en postemergencia para el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	70
Figura 18. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones postemergentes en el ciclo O-I2023, UAAAN., UAAAN.....	71
Figura 19. Número de individuos de maleza por tratamiento, presentes en el experimento con aplicaciones postemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.....	73
Figura 20. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo al 0 día en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	87
Figura 21. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo recolectada al día 30 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	87
Figura 22. Grafica ombrotermica de las variables climatológicas durante el experimento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	94

RESUMEN

Se han buscado alternativas para combatir a la maleza y el uso de bioherbicidas elaborados a través de extractos vegetales, son una opción. Se entiende por bioherbicida, a aquellos agentes bióticos que poseen características patogénicas o supresoras del crecimiento de las malas hierbas, que son preparados en una formulación de manera similar a los herbicidas y dirigidos a la maleza para su control. El objetivo general de este trabajo fue determinar el potencial bioherbicida de un extracto vegetal, a base de gobernadora y hojásén, potencializado con cáscara de nuez y eucalipto, producido mediante microondas y ultrasonido. Las aplicaciones se realizaron en campo sin cultivar y en dos periodos del año (P-V y O-I), con dos momentos de aplicación preemergencia (pree) y postemergencia (post), en total se establecieron cuatro experimentos. Se evaluó el número de maleza, el daño fitotóxico en la planta mediante la escala de EWRS, peso fresco y seco de la maleza para obtener la acumulación de biomasa y el contenido de humedad, en un cuadrante de 0.50 x 0.50 m como unidad de muestreo y la diversidad (abundancia y riqueza) de las familias y especies de maleza. El experimento se estableció en bloques completos al azar, con seis tratamientos, cuatro con el bioherbicida (12.0, 9.0, 6.0 y 3.0 L·ha⁻¹) y dos testigos un absoluto sin aplicación y un testigo químico, tanto para pree (metribuzina) como para post emergencia (glifosato), con cuatro repeticiones. La ejecución de los experimentos se llevó a cabo en los terrenos agrícolas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dentro de los resultados obtenidos, se encontró que en pree P-V, con una dosis alta del bioherbicida (12.0 L·ha⁻¹) se redujo el número de individuos y ocasiono daño a la maleza de hoja angosta de la familia Poaceae y en pre O-I, solo fue notorio el efecto en los 3 primeros días después de la aplicación, a una dosis de 9.0 L·ha⁻¹. Mientras que en post P-V y O-I, no hubo efecto del bioherbicida en ninguna de las dosis probadas.

Palabras clave: glifosato, manejo biorracional, preemergencia, postemergencia, manejo integrado de malezas.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población actualmente genera gran demanda de producción de alimentos sanos y de calidad; sin embargo, es común la presencia de algunos factores bióticos y abióticos que afectan la producción al disminuir el rendimiento de los cultivos y su calidad. La maleza, es uno de los factores bióticos que ocasiona más problemas en la agricultura, ya que estas plantas llegan a interferir con las actividades humanas en áreas no cultivables y cultivables, demeritando la producción de los cultivos agrícolas (Jangre *et al.*, 2018).

Las pérdidas anuales causadas por la maleza en la agricultura de los países en desarrollo, han sido estimadas a más del 10% de la producción agrícola, dicho esto los productores generan una gran demanda en la compra de herbicidas sintéticos, para contrarrestar estos efectos. Sin embargo, el incremento en el uso de herbicidas sintéticos, es un factor de riesgo gestionado en la evolución de la resistencia, es por eso que se debe aplicar herbicidas con diferentes modos de acción en combinación o emplear diversas estrategias que conlleven a suprimir el efecto de la maleza, dentro de un manejo integrado de ésta (Dayan & Stephen, 2020).

El uso de herbicidas sintéticos es un pilar muy importante para la agricultura, con la tecnificación cada vez más de los campos de cultivo en los últimos años, se está aumentando el uso de estos insumos en todo el mundo, dejando atrás otros métodos de control más amigables con el ambiente (Gianessi, 2013).

El ser humano ha buscado nuevas maneras de combatir a la maleza y uno de los últimos estudios en investigación, son las aportaciones que se han realizado con el uso de bioherbicidas, los cuales son definidos por Opendor (2023) como agentes bióticos, generalmente microorganismos que poseen características patogénicas o supresoras del crecimiento de las malas hierbas y las cuales son aplicadas como formulaciones concentradas con efecto similar al de los herbicidas sintéticos, pero es específico para una especie de plantas. Dentro del uso de bioherbicidas, también

se considera a los extractos vegetales con potencial alelopático por lo que se han probado diferentes extractos en combinación con microorganismos o algunos ácidos orgánicos, para inhibir o suprimir la germinación y el crecimiento de la maleza o provocar la muerte de las plantas. Son pocos los productos considerados como bioherbicidas que han tenido éxito en campo y que controlan una amplia gama de especies de maleza, por lo que se hace necesario seguir con la investigación de nuevas formulaciones o mezclas principalmente con productos a base de extractos vegetales, como es el caso de esta investigación, esto con la finalidad de tener propuestas que puedan complementar el manejo integrado de la maleza en la sustitución del glifosato.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto fitotóxico de un bioherbicida formulado a base de extractos vegetales etanólicos, como alternativa al control químico sobre la supresión de la maleza en diferentes épocas de aplicación.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar la dosis óptima del bioherbicida para causar efecto fitotóxico y control de la maleza en condiciones de campo.

Identificar el momento de aplicación oportuno de un bioherbicida a base de extractos vegetales etanólicos para el control de la maleza, en las condiciones de campo de Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Definir la época del año donde la aplicación del bioherbicida ofrezca el mayor control de la maleza en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila.

1.2 Hipótesis

Los bioherbicidas a base de extractos vegetales son una alternativa de manejo biorracional sustentable de la maleza, debido a que son efectivos para provocar daños fitotóxicos a la maleza, tanto en preemergencia como en postemergencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Concepto de Maleza

Una maleza es cualquier especie vegetal que se desarrolla de manera silvestre dentro de un cultivo, la cual compite por nutrientes del suelo y agua, causando grandes pérdidas respecto a la producción de alimentos y a la economía. Además, existe una terminología que las caracteriza como plantas fuera de lugar, es decir, especies vegetales que crecen en un lugar donde no se requieren, poseen un conjunto de características de adaptabilidad que no tienen la mayoría de las plantas cultivadas. La presencia de maleza en términos agronómicos es sinónimo de daño económico que es provocado por la interferencia misma (Esperbent, 2015).

El concepto de maleza incluye a todas aquellas especies vegetales que debido a sus características fisiológicas afectan los propósitos de los humanos, cabe señalar que una maleza no solo está presente en los cultivos, sino también en los jardines, canales y orillas de caminos, la maleza que afecta el desarrollo de los cultivos es conocida como arvenses (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2010).

2.2 Antecedentes sobre la Maleza

La agricultura desde sus inicios se ha visto afectada por especies vegetales no deseadas actualmente conocidas como maleza, todo esto inició desde que la civilización dejó de ser nómada, e iniciaron con la domesticación de las plantas como una fuente de materia prima. Asimismo, el humano se convirtió en agricultor para poder realizar los estudios de las plantas, como lo es su comportamiento, necesidades y amenazas (Guzmán & Martínez, 2019).

La maleza se originó a partir de un proceso conocido como coevolución, es decir que los cultivos y la maleza coevolucionan en las comunidades vegetales que se estructuran en los agroecosistemas. Los mecanismos que determinan esta

coevolución y los procesos que regulan el éxito de poblaciones individuales dentro de las comunidades cultivo-maleza son diversos y complejos, sin embargo, todas aquellas actividades como lo son el desmonte y la perturbación del suelo, las cuales se dieron en la agricultura nómada emitieron señales para la germinación de todas aquellas semillas correspondientes a las especies residentes y la adaptación de plantas dañinas o que no son de utilidad para el hombre y se denominaron como maleza (Guglielmini *et al.*, 2007). Se considera a la maleza como especies vegetales hábiles en colonizar espacios con terreno desnudo, es por eso que se llega a la conclusión de que la maleza fue producida por el mismo hombre, ya que se trata de plantas que, por selección, se han adaptado a tener una relación con las actividades del ser humano, aprovechando sus múltiples formas de disturbio ambiental. En general las especies de maleza comenzaron a formar parte de los agroecosistemas desde que se estableció la agricultura, es decir desde la época del Neolítico (Mortimer, 1990).

2.3 Características de la Maleza

Estas especies vegetales poseen una gran cantidad de características que las definen como maleza, las cuales se distinguen por su rápido crecimiento, poseen una propagación fácil, son agresivas en términos de competencia, adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, por lo cual reducen la disponibilidad de agua, nutrientes y luz. Dicho lo anterior, como consecuencia se tiene una baja producción en las cosechas, disminución en la calidad del agua, afectando los intereses del hombre (Villarreal, 1983).

Existen otras características por las cuales podemos llamar maleza a una planta, una de estas es el retraso de la cosecha, esto debido a que su presencia en etapas de madurez incrementa o conserva la cantidad humedad relativa en el ambiente y también humedad en los tejidos, también se caracterizan debido a que reducen la sanidad de los cultivos, ya que estas funcionan como hospedantes alternos o reservorios de plagas y algunas enfermedades de cultivo, por el aumento o

acumulación de la humedad relativa, que genera un microambiente que conlleva a elevar la incidencia y severidad de algunas enfermedades, otras características relevantes, es que impiden el adecuado flujo del agua, algunas son alelopáticas, tienen impacto sobre el establecimiento del cultivo y pueden comportarse como parásitas (Sunshine, 2013).

Las características generales que tiene la maleza se pueden resumir, en que son especies vegetales con alta dispersión de sus estructuras reproductivas, alto potencial de colonización en terreno desnudo, con alta capacidad de persistencia a través del tiempo y el espacio, hábiles competidoras y que expresan abundante y longevo banco de semillas.¹

2.4 Importancia de la Maleza

La importancia de la maleza radica, en cómo este tipo de plantas puede llegar a demeritar la calidad de las cosechas y ocasionar pérdidas considerables en la producción; la maleza son todas aquellas plantas adaptadas a los ambientes modificados por la actividad productiva, que interfieren marcadamente con la misma y constituyen una de las principales causas de pérdida de rendimiento de los cultivos. Las pérdidas promedio estimadas para el mundo entero varían entre 12 y 40% según la región y el cultivo. Para las zonas templadas se han estimado, en promedio, reducciones de la producción potencial entre el 5 y 20%. Estas pérdidas dependen de la especie, de su densidad, del tiempo en que están compitiendo, de los sistemas de labranza utilizados, entre otros factores. Cuando no hay control de la maleza en los cultivos las pérdidas pueden llegar a ser hasta del 100%. Para citar algunos ejemplos, en cultivos convencionales las pérdidas en el rendimiento llegan a fluctuar, para el caso de la soja, entre 27 al 100%, el maíz de 29 al 97% y en girasol de 4 al 78%, como se puede apreciar algunos cultivos son más susceptibles que otros, por lo que se puede corroborar que incluso el arquetipo o porte del cultivo

¹ Comunicación personal, apuntes de la materia de Manejo de malezas PAR466, impartidos por la titular de la materia, Dra. Miriam Sánchez Vega (2024).

pueden verse influenciados por el efecto de la maleza. En caso contrario una especie considerada maleza, como *Cynodon dactylon* puede causar pérdidas superiores al 70% en maíz, cercanas al 44% en soja y al 35% en girasol (Bedmar *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista o enfoque en que se analice el concepto de maleza, se considera que algunas especies de maleza poseen principios activos que son utilizados en la medicina general e incluso son utilizadas como alimento ganadero y humano (Ladio, 2005).

Considerado también dentro de la importancia que conlleva la presencia de la maleza en los cultivos, es la forma en que éstas plantas son controladas. Existen diferentes métodos de control, pero el uso de herbicidas sintéticos como control químico es de los mayormente empleados y el mal uso de este tipo de productos provoca problemas en el ambiente, la salud y la producción, se requiere conocer el buen manejo de estos productos, por lo que, la maleza causa tanto pérdidas directas como indirectas en la producción agrícola (Cuadro 1; Liebman *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Tipos de daños que ocasiona la maleza, como plantas que interfieren en los objetivos del hombre.

JUSTIFICACIÓN	MECANISMOS	EJEMPLOS
Reducen el rendimiento de los cultivos	Interfiere con la planta por la obtención de recursos como agua, luz, nutrientes.	<i>Avena fatua</i> , <i>Galium aparine</i> en cereales <i>Poa annua</i> en pastizales.
Reducen la calidad de las cosechas	Contaminación de semillas para siembra y otros productos de cosecha.	<i>Sinapsis arvense</i> en canola. Bayas de <i>Solanum nigrum</i> en chícharo.
Retrasan la cosecha	La conservación de la humedad puede retrasar la maduración e incrementar los niveles de humedad del cultivo cuando este es cosechado.	
Interfieren con la cosecha	Las plantas trepadoras, pueden dificultar las operaciones de cosecha. Malezas tardías de crecimiento vigoroso, pueden interferir con la cosecha de papas y camote.	<i>Sycios deppei</i> en Maíz, <i>Chenopodium album</i>
Interfieren con la alimentación animal	Plantas espinosas inhiben la alimentación animal.	<i>Cirsium arvense</i> , <i>Senecio inaequidens</i>
Causan envenenamiento		<i>Senecio jacobea</i> , <i>Digitalis purpurea</i> y <i>Rhododendron ponticum</i> .
Contaminan los productos animales	Les confiere sabores desagradables.	<i>Allium ursinum</i> , <i>Ranunculus spp</i>
Pueden comportarse como parásitas		<i>Cuscuta spp</i>
Reducen la sanidad de los cultivos	Funcionan como hospedantes alternos o reservorios de plagas y enfermedades de cultivo. Al aumentar la humedad relativa del microambiente pueden elevar la incidencia y severidad de algunas enfermedades.	<i>Puccinia sorghi</i> , que provoca la roya del maíz.
Reducen la salud de animales y humanos	Actúan como hospedantes intermediarios o vehículos para la ingestión de parásitos. Provocan fotosensibilidad Teratogénicos.	Pastos: <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Pteridium aquilinum</i>
Son una amenaza para la seguridad	Reducen la visibilidad en los caminos. Son un riesgo de incendio debajo de las líneas eléctricas.	Plantas altas
Impiden el adecuado flujo de agua	Masas de plantas bloquean canales y drenes.	<i>Elodea canadensis</i>
Algunas son alelopáticas	Liberan sustancias toxicas para plantas de cultivo.	Se presenta sobre todo en zonas tropicales
Impacto sobre el establecimiento del cultivo	La vegetación impide el establecimiento de árboles jóvenes.	

Fuente: Liebman et al. (2001)

2.5 Clasificación de la Maleza

La maleza se puede clasificar mediante varios criterios, uno de estos es con base en su ciclo de vida, entre las que se encuentra a las plantas anuales que son aquellas que en un año o menos cumplen su ciclo, su reproducción principalmente es por semilla, las etapas que lo involucran incluyen, la germinación, crecimiento, maduración, producción de semillas y muerte. Así mismo, también existe la maleza que cumple su ciclo de vida en dos años, las cuales generalmente emergen en primavera-verano e invernan en una etapa vegetativa, algunas características de este ciclo de vida van a depender de la especie de maleza que se presente. Por último, se encuentran las plantas perennes, las cuales se caracterizan por ser maleza permanente que rebrota o retoña cada año (Mortimer, 2003).

Otras formas de clasificar a la maleza, es por el lugar donde crecen y se les conoce como arvenses y ruderales, las primeras son aquellas que se establecen cerca de áreas cultivables y tienen interferencia con los cultivos; mientras que las segundas se presentan en áreas industrializadas, ciudades o construcciones habitacionales. También, se clasifican por sus hábitos de crecimiento, en los cuales se encuentran como ejemplo algunas especies que son rastreras, erectas o trepadoras (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2010).

Comúnmente se refieren a la maleza por aspectos de su morfología, como plantas de hoja ancha y de hoja angosta, principalmente cuando se requiere seleccionar algún método de control. El grado perjudicial que tienen estas plantas también se considera un parámetro para ser considerado en su clasificación y se refiere a la adaptación a una condición edafoclimática específica, como tolerantes a salinidad o sequía, para citar unos ejemplos (Agostinetto, 2014).

2.6 La Maleza en la Agricultura

Estas especies vegetales perjudiciales para los cultivos, se encuentran presentes en la mayoría de los cultivos, ya que cuentan con un sinnúmero de especies y familias que se han adaptado a casi todas las condiciones climáticas y de manejo de los mismos cultivos, e incluso han mimetizado el ciclo de vida o su morfología con la del cultivo, otras se han mantenido en estado de latencia, para que de forma discontinua germinen y se establezcan cuando las condiciones son idóneas, además poseen una reproducción sexual y asexualmente mediante algunas estructuras especializadas conocidas como rizomas, estolones, bulbos y raíces. Es por eso, que las malezas tienen una amplia gama de dispersión, establecimiento y éxito en las actividades agrícolas (Gómez, 2013).

Existen plantas invasoras que son el resultado de las actividades humanas y que se ha extendido fuera de su área de su distribución natural, así como también se ha advertido el establecimiento en altas densidades, sobre un área natural de especies nativas, por lo que las va desplazando con mayor agresividad, lo que conlleva a ciertos efectos negativos en las poblaciones nativas y en los cultivos. En las investigaciones, el hecho de utilizar malezas invasoras, requiere de un gran conocimiento de la identidad y distribución de las especies de plantas no nativas, que se establecen como invasoras en las áreas agrícolas de interés (Espinosa & Villaseñor, 2017).

2.7 Mecanismos de Diseminación

Las semillas de la maleza se pueden dispersar por varios mecanismos, uno de estos es la autocoria, que se encuentra relacionado únicamente a la planta madre, la que deja caer las semillas una vez que éstas se encuentren en su etapa madura, en algunos casos se realiza por medio de la dehiscencia (apertura espontánea de una estructura vegetal, una vez llegada su madurez, para liberar su contenido). Otro mecanismo de diseminación es la anemocoria, que se caracteriza por ser un

proceso de dispersión de las semillas que la planta emplea a través de la fuerza del viento. Por su lado, la zoocoria también es un modo de diseminación de las semillas de maleza, que es llevada a cabo por un animal, ya sea pegado a su pelaje, haberse alimentado por él o transportado de un sitio a otro, como en el caso de los insectos, como las hormigas. Otro mecanismo importante es la hidrocoria que es definido como la diseminación de las semillas por medio de las corrientes del agua, finalmente el hombre también puede dispersar las malezas de manera accidental o intencional de diferentes maneras tal es el caso del uso de la maquinaria agrícola, semillas contaminadas y movimientos del suelo (Rodríguez *et al.*, 1983).

2.8 Interferencia Maleza-Cultivo

La interferencia entre malezas y cultivos se debe a cuatro factores: la competencia, la alelopatía, su papel como hospedadores de plagas y enfermedades, y el parasitismo. La competencia depende de varios elementos, como la disponibilidad de agua, espacio, luz, CO₂, O₂ y nutrientes. El grado de competencia puede ser afectado directamente por las características propias de la maleza y del cultivo, así como por los factores bióticos y abióticos en los que interactúan (Agostinetto, 2014).

La intensidad de competencia maleza-cultivo depende en gran parte de las variables ambientales, culturales, intrínsecas de la especie de maleza y del cultivo. Para citar algunos ejemplos, en el caso de los factores considerados dentro de los cultivos, estas variables, pueden ser: las variedades y tipos de cultivo, combinaciones, rotación y densidades que se den en el sistema productivo, el uso de coberturas y los sistemas de labranza. Por otro lado, en las variables para la maleza, se tiene a: la densidad de las poblaciones de maleza, el tipo de especie de maleza, la fisiología de la maleza, la disposición espacial de las plantas, para citar algunos de ellos. Y como factores externos a la maleza y al cultivo, dominados por factores abióticos, son: el tipo y humedad del suelo, el pH, conductibilidad eléctrica, uso de Mulch, coberturas o compostas, tipo de agua de riego, temperaturas, clima, entre otros.

Todas estas variables interrelacionadas en los sistemas productivos, definen el grado de competencia entre la maleza y el cultivo (Zita, s/f).

La competencia entre el cultivo y la maleza se expresa por la alteración del crecimiento y desarrollo de ambos, todo esto debido a que los recursos que se encuentran disponibles para el cultivo son limitados (Intagri, 2017).

2.9 Periodo Crítico de Competencia

El período del ciclo del cultivo durante el cual la presencia de la maleza reduce el rendimiento del cultivo se llama "período crítico de competencia" (PCC). Este período representa la etapa del ciclo del cultivo que debe estar libre de individuos de maleza para evitar pérdidas significativas en el rendimiento. Este concepto es diferente del "período crítico de supervivencia de la maleza", que se refiere a la fase del ciclo de vida de la maleza en la que un tratamiento de control sería más efectivo. Los períodos críticos generalmente se han definido en días o semanas desde la emergencia o siembra del cultivo. Sin embargo, debido a las distintas fechas de siembra y condiciones ambientales, comparar la información disponible es complicado. Por ello, sería más apropiado referirse a estados fenológicos o unidades térmicas acumuladas. La temperatura y el fotoperíodo son los factores que regulan las respuestas fenológicas de los cultivos y la maleza, y sirven como base para desarrollar modelos empíricos simples (Bedmar *et al.*, 2002).

2.10 Métodos de Control de la Maleza

Varios autores señalan que en el caso de la maleza existen varios métodos de control, esto, debido a que los productores han adquirido y adecuado con el paso del tiempo varias prácticas de manejo a los agroecosistemas. Uno de los controles más utilizados en la actualidad es el control químico, el cual se caracteriza por emplear agentes químicos para la eliminación de la maleza, asimismo este método de control se considera como uno de los más eficaces y económicos. Por su lado,

también existe el método de control cultural que se caracteriza por contar con una serie de prácticas que favorecen al crecimiento del cultivo y disminuye el desarrollo de la maleza, por ejemplo: el utilizar semilla certificada, rotación de cultivos y fertilización adecuada. Otro método de control, que es uno de los más antiguos es conocido como mecánico, ya que este se caracteriza por la eliminación completa de la maleza, es decir, incluye la remoción manual, machete o azadón, así como el uso de algunos implementos agrícolas, el control mecánico es uno de los métodos, que con el paso de los años se sigue utilizando a nivel mundial y posee una gran demanda, sin embargo, tiene ciertas restricciones de uso (Sogamoso-González *et al.*, 2015).

También se ha implementado el uso de organismos vivos para la eliminación de la maleza o suprimir su crecimiento, a este tipo de método se le conoce como control biológico.

El control legal es una de las medidas preventivas aplicadas al control de la maleza, que previene la diseminación y establecimiento de algunas especies de importancia económica, cuyo objetivo es brindar una protección fitosanitaria al mantener el estatus fitosanitario por medidas fitosanitarias legales (SAGARPA, 2013).

El control físico también es un método muy utilizado en la agricultura por sus contribuciones a la erradicación de la maleza, dentro de este método de control abarca el uso de coberturas plásticas y vegetales. En las coberturas plásticas podemos encontrar al acolchado cuyo principio es evitar el paso de la luz, con lo que se evita la germinación de la maleza, cabe señalar que existen diferentes tipos de plásticos cuyo color posee diferentes funciones sobre la maleza. Otro ejemplo muy importante es la solarización, es decir el uso de plásticos transparentes, el cual su principio se basa en el calentamiento del suelo alcanzando temperaturas letales, no solo para las semillas de la maleza, si no para insectos fitopatógenos (Estrada & Díez, 2020). Por su lado en el uso de coberturas vegetales, aquí se puede emplear desde coberturas vivas hasta muertas, cuyo principio de las coberturas vegetales

vivas es evitar la incidencia de la luz, aunque también se puede expresar el fenómeno de alelopatía.

Otras prácticas que forman parte del método físico es la inundación, el cual se basa en impedir que la luz llegue directamente al suelo, además de disminuir la cantidad de oxígeno evitando de esta forma que las semillas de malezas germinen. El uso de fuego también es otra práctica que se lleva a cabo dentro del control físico, en donde el calor mata a las células al coagular las proteínas e inactivar a las enzimas (Sepeda & Sotovsky, 2020).

Existen algunas prácticas de manejo específicas en cada método de control y que se ejecutan en el manejo integrado de la maleza (MIM) que son recomendadas para evitar el desarrollo de la maleza, algunas de ellas están relacionadas, a la forma y momento de aplicación de algunos productos químicos, ya sea en presiembra, preemergencia, postemergencia o postsiembra; algunas otras concentran residuos de plantas alelopáticas en la zona de germinación de las semillas de maleza. Estas actividades indican que los métodos de control para la maleza, empleados en un sistema agrícola, son dinámicos y adaptables a las necesidades del cultivo y del productor para asegurar el éxito de la producción (Menalled, 2010).

2.11 Concepto de Herbicida

Los herbicidas se encuentran dentro de la clasificación de los plaguicidas, los cuales son definidos por la Ley General de Salud como una sustancia o mezcla de varias sustancias que se destina a controlar cualquier tipo de plaga, incluyendo los vectores que transmiten enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causan daños o que interfieren con la producción agropecuaria; en el caso de herbicidas, estos se dirigen específicamente para el control de la maleza o malas hierbas (CEDRSSA, 2020).

Los herbicidas se definen como productos químicos que poseen la capacidad de alterar la fisiología de la planta provocando su muerte o un desarrollo anormal de la misma. Se caracterizan por generar un efecto letal actuando sobre un sitio primario de acción y creando una serie de efectos secundarios y terciarios que causan la muerte de la planta (Collavo, 2008; CEDRSSA, 2020).

2.12 Clasificación de los Herbicidas

Existen varias maneras en las cuales se pueden clasificar los herbicidas, por su modo de acción, selectividad, familia química, tipo de acción y época de aplicación, asimismo al momento de seleccionar un herbicida es importante conocer el ingrediente activo, la dosis, su eficacia, modo de acción y su persistencia en el suelo (Rosales, 2022).

2.12.1 Modo de acción de los herbicidas

El modo de acción es definido como la secuencia de procesos biológicos que genera el herbicida para matar a la maleza o cualquier otra planta que no tolere su formulación, es de gran relevancia tener en cuenta, a qué modo de acción pertenece cada grupo químico e ingrediente activo del herbicida, ya que puede servir para prevenir la resistencia a los herbicidas, realizar un diagnóstico de daño en el cultivo, así como también, dirigir el control a un espectro de tipos de maleza en específico; existen ocho grupos de herbicidas, descritos por modo de acción: I. Inhibidores de la síntesis de lípidos, II. Inhibidores de la síntesis de aminoácidos, III. Inhibición del crecimiento de plántulas, IV. Reguladores del crecimiento, V. Inhibición de la fotosíntesis, VI. Alteración de la membrana celular, VII. Inhibición de la biosíntesis de carotenoides y VIII. Sin clasificar o desconocidos (Rosales, 2022).

2.12.2 Mecanismo de acción de los herbicidas

El mecanismo de acción se refiere a cómo estos compuestos afectan el metabolismo de las plantas, causando un desequilibrio en el funcionamiento normal de sus procesos vitales. Esto lleva a una reducción en el crecimiento o la muerte de las especies susceptibles. El mecanismo de acción describe cómo un herbicida controla las malas hierbas, ya sea interrumpiendo un proceso biológico específico o inhibiendo el funcionamiento de ciertas enzimas, lo que afecta el crecimiento y desarrollo normal de la planta. Para facilitar a los agricultores la identificación rápida de los mecanismos de acción, el Comité de Acción contra la Resistencia a los Herbicidas (Herbicide Resistance Action Committee, HRAC) desarrolló en los años 80 un sistema de clasificación basado en letras. Por otro lado, la Sociedad Americana de Malherbología (Weed Science Society of America, WSSA) creó un sistema de clasificación basado en números. En los dos sistemas, los herbicidas se clasifican según la enzima o el sistema biológico que pueden interrumpir (Torra *et al.*, 2022).

Existen 35 grupos de herbicidas clasificados por mecanismos de acción los cuales se describen de manera concreta (Cuadro 2; WSSA, 2020).

Cuadro 2. Grupos químicos de herbicidas, clasificados por el mecanismo de acción citados por WSSA (2020).

Grupo	Mecanismo de acción
1	Inhibición de la enzima acetilcoenzima A carboxilasa (ACCase)
2	Inhibición de la enzima acetolactato sintasa (ALS)
3	Inhibición del ensamble de microtúbulos
4	Imitadores de auxinas
5	Inhibición de la fotosíntesis en fotosistema II Serina
6	Inhibición de la fotosíntesis en fotosistema II Histidina
9	Inhibición de la 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa (EPSP)
10	Inhibición de la glutamina sintetasa (GS)
12	Inhibición de carotenoides al inhibir la enzima fitoeno desaturasa (PDS)
13	Inhibición de la enzima 1-deoxi-D-xyulosa-5-fosfato sintasa (DOXP sintasa)
14	Inhibición de la enzima protoporfirinogeno oxidasa (PPO)
15	Inhibición de la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga (AGCML)

...continuación **Cuadro 2.**

18	Inhibición de la dihidropteroato sintetasa (DHP)
19	Inhibición del transporte de auxinas
22	Desviadores de electrones en el fotosistema I
23	Inhibición de la organización de microtúbulos
24	Alteradores de fosforilación oxidativa / membranas celulares
27	Inhibición de la 4-hidroxifenil piruvato dioxigenasa (HPPD)
28	Inhibición de la dihidro orotato dehidrogenasa (DHODH)
29	Inhibición de la síntesis de celulosa
30	Inhibición de ácidos grasos por tioesterasa
31	Inhibición de serina treonina proteína fosfatasa
32	Inhibición de solanesil difosfato sintasa
33	Inhibición de homogentisato solanesiltransferasa
34	Inhibición de licopeno ciclasa
0	Mecanismo de acción desconocido

2.12.3 Familias químicas de los herbicidas

Cuando se habla de las familias químicas de los herbicidas sintéticos, se hace referencia a la descripción del ingrediente activo utilizado en la formulación, en México las principales familias químicas de herbicidas son: triazinas, dinitroanilinas, fenoxiacéticos, cloroacetamidas, ciclohexanodianas, sulfonilureas y bipyridilos. Por su parte la HRAC reporta un total de 35 grupos químicos, los cuales en su última actualización las familias químicas se basan en los estándares de la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry, por sus siglas en inglés), en donde los nombres de las familias químicas dan una indicación de estructuras químicas comparables dentro del mismo grupo de modo de acción, mientras que el nombre de la sustancia activa, corresponde con la forma química más relevante desde el punto de vista comercial, con la finalidad de evitar duplicaciones presentes en el mercado (Torra *et al.*, 2022).

2.12.4 Selectividad de herbicidas

La selectividad de los herbicidas se refiere a la capacidad de un herbicida para eliminar o controlar ciertas plantas no deseadas (malas hierbas) sin dañar

significativamente a las plantas deseadas (cultivos). Esta característica permite que los agricultores y jardineros utilicen herbicidas para proteger sus cultivos de las malas hierbas sin afectar negativamente el crecimiento y la salud de las plantas que quieren conservar. La selectividad puede depender de varios factores, como la formulación del herbicida, la dosis aplicada, el momento de la aplicación y las diferencias biológicas entre las plantas objetivo y las plantas protegidas. Existen varios tipos de selectividad, entre estos encontramos la fisiológica, genética, bioquímica, por morfología y por posición. También se debe tener en cuenta que existen algunos parámetros que causan la selectividad, uno de ellos son las propiedades de los herbicidas, los atributos de la planta también son otro factor importante que se rige dentro de la selectividad, así como el momento de la aplicación, la técnica de aplicación del herbicida y por supuesto la combinación de todos estos parámetros ya mencionados (Labrada *et al.*, 1996).

2.12.5 Tipo de acción de los herbicidas

El tipo de acción se puede presentar de dos maneras, la primera es de contacto, la cual se caracteriza por eliminar a todas aquellas plantas que entraron en contacto con el herbicida, asimismo al aplicarlo es fundamental cubrir completamente a la maleza con el herbicida para obtener un buen control, este tipo de acción posee un transporte limitado dentro de la planta. Otra manera es sistémica, en donde este tipo de herbicidas es aplicado directamente al suelo o al follaje de la planta y son absorbidos y transportados por toda la planta hasta las raíces (Rosales & de la Cruz, 2006).

2.12.6 Época de aplicación

Según su época de aplicación los herbicidas se pueden clasificar de tres maneras, presembrado (PS), preemergencia (PRE) y postemergencia (POST), ya que esta dependerá de la etapa de crecimiento en la que se encuentra la maleza (Rivero *et al.*, 2002).

Presiembra. Es un tratamiento que se realiza antes de sembrar las plantas a cultivar, estos herbicidas se dividen en PS foliares y PS al suelo, primeramente, los PS foliares se utilizan en sustitución de la labranza primaria para el control de la maleza que se presenta antes de la siembra del cultivo. Por otro lado, los herbicidas PS al suelo son aplicados de igual manera antes de la siembra del cultivo, pero se caracterizan por necesitar cierta profundidad del suelo para evitar su volatilidad y degradación por la luz (Rivero *et al.*, 2002).

Preemergencia. Este tipo de herbicidas se utilizan antes de la emergencia de la maleza. Esto pueden o no ser antes de la emergencia del cultivo. Este tipo de herbicidas presenta una interacción con algunas características del suelo tales como el pH y materia orgánica que pueden afectar la dosis del herbicida disponible en el suelo para combatir a la maleza (Rivero *et al.*, 2002).

Postemergencia. Los tratamientos de postemergencia se aplican una vez que el cultivo y generalmente la maleza ha emergido, pero cabe señalar que en cultivos trasplantados el herbicida se puede aplicar después de establecer el cultivo. Por otro lado, este tipo de herbicidas puede ser uno de los más económicos para el agricultor ya que se utiliza solo donde se encuentra la maleza (Rivero *et al.*, 2002).

2.13 Resistencia de la Maleza a Herbicidas

La resistencia es definida como la capacidad inherente y heredable que poseen algunos biotipos de un determinado grupo, para sobrevivir y reproducirse una vez que estos han sido sometidos a una determinada dosis de un herbicida, que regularmente es letal para los individuos de un grupo normal de la misma especie (De la Vega, 2013).

Asimismo, cabe señalar que cuando se presenta la resistencia, los individuos que fueron capaces de sobrevivir son conocidos como atípicos, ya que comúnmente se encuentran en baja frecuencia y que fueron resultado de una mutación, lo cual les

da esa capacidad para sobrevivir, sin embargo, esta capacidad no es originada por algún herbicida (De la Vega, 2013).

El uso de herbicidas inicio desde los años cincuenta, una vez que se adquirieron los herbicidas hormonales, como el 2,4-D. La disponibilidad de productos y su uso aumentó drásticamente de forma que en la actualidad los herbicidas ocupan cerca del 45% de los mercados fitosanitarios (Pardo del Campo, 2013). Por su parte, la resistencia de la maleza a los herbicidas sintéticos se ha incrementado año con año en todo el mundo, y es que este fenómeno de resistencia se hizo presente desde el origen de los primeros herbicidas sintéticos (Heap, 2021).

La evolución de la resistencia se ve principalmente influenciada por el flujo de genes y la presión de selección, ya que estos factores favorecen y aumentan con el tiempo la frecuencia de individuos de maleza resistente dentro de una población. Esto conduce a la prevalencia de individuos que han desarrollado resistencia al herbicida en cuestión. Además de la presión de selección ejercida por los herbicidas, otros factores biológicos y genéticos de las especies de maleza, las características de los herbicidas y las prácticas agronómicas también juegan un papel crucial en la evolución y propagación de la resistencia a estos productos químicos (Foles *et al.*, 2023).

2.13.1 Tipos de resistencia

Esqueda *et al.* (2016) mencionan que existen algunos tipos de resistencia que se presentan en la maleza, entre estos se encuentran:

Resistencia cruzada: esta se da cuando una población de maleza es resistente a dos o más herbicidas que son de la misma o diferente clase química, esto debido a la presencia de un mecanismo de resistencia único.

Resistencia múltiple: puede ocurrir en respuesta al uso de dos o más herbicidas con distinto modo de acción, por lo que se tiene una selección de dos o más mecanismos de resistencia.

Powles y Preston (2020) señalan que hay tres tipos principales de resistencia a los herbicidas sintéticos: resistencia simple, resistencia cruzada y resistencia múltiple. La resistencia simple ocurre cuando una maleza desarrolla resistencia a una sola familia de herbicidas o a un único modo de acción. En el caso de la resistencia cruzada, un mecanismo de resistencia permite a la maleza resistir a una o más familias de herbicidas que pertenecen al mismo modo de acción, o debido a la presencia de un mecanismo específico de resistencia. Además, puede surgir la resistencia cruzada negativa, donde el mismo mecanismo de resistencia hace a la maleza sensible o muy sensible a otro herbicida. Por último, la resistencia múltiple se presenta cuando una maleza es resistente al menos a dos familias de herbicidas que actúan mediante dos o más modos de acción diferentes, generalmente mediante varios mecanismos de resistencia.

2.13.2 Familias de malezas más comunes que presentan resistencia a herbicidas

En los últimos años se han reportado un gran incremento en algunas familias de maleza debido a su capacidad de resistencia a los herbicidas sintéticos como un efecto secundario no deseado que se produce posterior de un uso reiterado de un determinado herbicida, un ejemplo de esto son las familias Poaceae, Asteraceae y Brassicaceae, las cuales son las tres familias principales que se han reportado como las más comunes a presentar resistencia a los diferentes modos de acción de los herbicidas, así mismo estas familias son muy fáciles de esparcirse en los diferentes tipos de cultivos. Otras familias que han destacado por su importancia económica por contar con especies altamente competitivas y que han generado resistencia a los herbicidas, son: Cyperaceae, Amaranthaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae, Alismataceae, Chenopodiaceae y Caryophyllaceae (Heap, 2021).

2.13.3 Grupos de herbicidas con un alto reporte de biotipos de maleza resistentes

Debido al exitoso uso de los herbicidas sintéticos desde hace más de 70 años, este tipo de tecnología ha presentado problemas, ya sea por contaminación ambiental, a la salud del ser humano o por generar resistencia en la maleza, en éste último caso se han generado a través del tiempo biotipos de maleza, con resistencia a los diferentes grupos de herbicida sintéticos disponibles en el mercado; lo que indica que, los mecanismos de resistencia en el sitio objetivo (Target-Site Resistance, TSR), o como los mecanismos de resistencia en el sitio no objetivo (Non Target-Site Resistance, NTSR) han evolucionado en la maleza a la mayoría de las clases de herbicidas sintéticos (Gaines *et al.*, 2020).

Algunos autores han señalado a los herbicidas del grupo de las glicinas, como uno de los grupos químicos de importancia que por su reciente aumento en casos de resistencia; sin embargo los inhibidores de la ACCasa, los cuales afectan a la síntesis de lípidos, inhibiendo la enzima carboxilasa del acetyl coenzima A, como uno de los principales grupos que ha presentado un gran número de casos de resistencia, otros grupos como lo son las triazinas, que inhiben la fotosíntesis y los inhibidores de la ALS que se caracteriza por dañar la síntesis de proteínas, aminoácidos de cadena ramificada y modificando su conformación para posteriormente inhibir la acción enzimática de la acetolactato sintetasa, se encuentran en los grupos de herbicidas sintéticos con casos de biotipos de maleza resistentes (Powles & Preston, 2016; Heap, 2021).

2.14 Tolerancia de la Maleza a Herbicidas

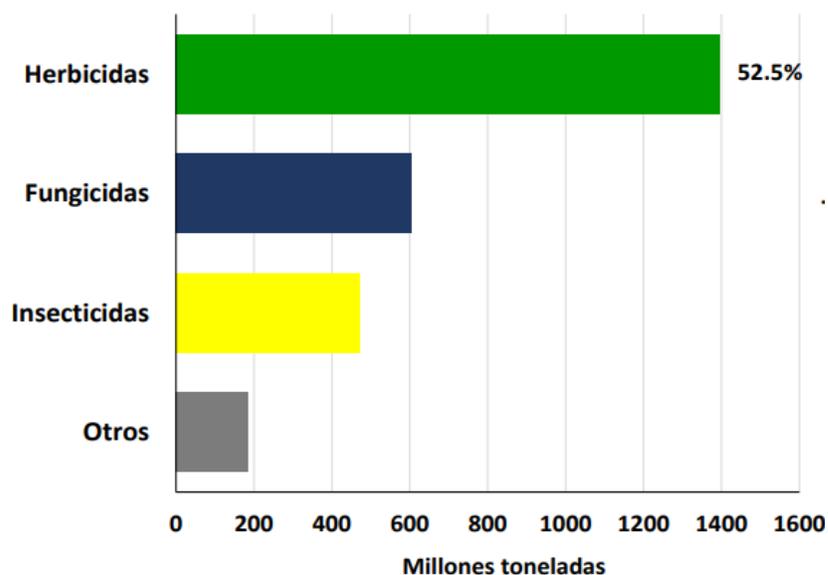
La tolerancia se define como la capacidad que poseen los individuos de una especie de soportar la dosis comercial de un herbicida debido a características que le son propias, se presenta, de forma natural en una especie, es relevante saber que todas

aquellas malezas que son capaces de sobrevivir a la aplicación del herbicida son conocidas como especies tolerantes (Papa & Tuesca, 2013).

2.15 Situación Actual de los Herbicidas en México

Actualmente en México el uso de herbicidas sintéticos es una actividad con gran demanda, ya que los productores adquieren este tipo de productos para obtener grandes rendimientos y calidad en sus cosechas. Se reporta que el consumo de plaguicidas en México ha aumentado constantemente, en el año 2015 se utilizaron 55.8 mil toneladas, de lo cual 28.9 mil toneladas correspondían a insecticidas y 26.9 mil toneladas a herbicidas y defoliantes (SEMARNAT, 2020).

La SEMARNAT (2020) publicó que la producción de plaguicidas para el año 2018 fue de 123.5 mil toneladas, de las cuales 41.9 mil toneladas correspondieron a insecticidas, 47.6 mil toneladas a fungicidas y 33.9 mil toneladas de herbicidas. Finalmente, Statista (2022) reportó que los herbicidas son los productos químicos más consumidos a nivel mundial con un promedio de 1,400 millones de toneladas (Figura 1).



Fuente. Statista (2022).

Figura 1: Consumo mundial de plaguicidas en el año 2020.

2.16 Origen de la Agricultura Sustentable

Debido a los problemas que el mundo ha enfrentado en el ámbito agronómico, como la escasez y contaminación de alimentos, inseguridad, calidad y cambio climático, se ha implementado un conjunto de técnicas y labores para poder satisfacer cada uno de estos puntos, y es que estas actividades se iniciaron desde el inicio de la Segunda Guerra Mundial con la Revolución Verde, dándole otro aspecto a la agricultura convencional sacando su máxima productividad y esplendor al límite, es por eso que podemos decir que este tipo de agricultura era altamente industrializada, caracterizada por sistemas de monocultivos y el uso de insumos agrícolas principalmente químicos como los fertilizantes y plaguicidas, esto acarrió una serie de problemas ambientales, por lo que se recurrió a dar énfasis a una agricultura más amigable con el ambiente, sustentable y orgánica, que a través del paso del tiempo ha adquirido importancia y ganando terreno en la producción agrícola (Zamilpa *et al.*, 2016).

2.16.1 Definición de agricultura sustentable

La agricultura sustentable es definida como un sistema el cual integra prácticas de producción de plantas y animales con el fin de satisfacer las necesidades alimentarias humanas, mejorar la calidad ambiental, utilizar de manera eficiente los recursos no renovables y aumentar la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en general. Algunas características o principios que abarca la agricultura sustentable son la biodiversidad, conservación de recursos naturales, reducción de insumos químicos utilizando el manejo biorracional, eficiencia económica y responsabilidad social (Soto, 2008).

2.16.2 Extractos vegetales

En la actualidad el uso de extractos vegetales es una nueva manera de combatir diferentes problemas en la agricultura, tales como plagas, enfermedades, maleza e

incluso corregir algunas deficiencias nutrimentales; ya que las plantas contienen diferentes principios activos, los cuales gracias al avance de la tecnología se han podido estudiar a fondo y utilizarse de manera correcta en los diversos productos agrícolas, como lo son insecticidas, fungicidas, herbicidas, biofertilizantes y bioestimulantes, entre otros, a lo que se le ha denominado como manejo biorracional de los cultivos (Dayan & Duke, 2014).

No obstante, gracias a esto la literatura ha señalado la creación de diferentes modos de acción en algunos herbicidas naturales que se siguen estudiando para su venta comercial. Es por eso que al utilizar sustancias naturales con un perfil ambiental y toxicológico más confiable se ha convertido como una necesidad creciente, ya que hoy en día la humanidad ha considerado a esto, como una actividad segura el uso de productos naturales en comparación a los herbicidas sintéticos (Dayan & Duke, 2014).

2.16.2.1 Tipos de extractos vegetales

Los extractos vegetales se pueden clasificar dependiendo su grado de concentración de solventes extractivos de la siguiente manera, según lo cita Amaguaña & Churuchumbi (2018):

Extractos líquidos o fluidos. Se caracterizan por ser preparaciones de sustancias vegetales las cuales contienen como disolvente alcohol o preservante, de manera que cada mililitro tenga los constituyentes extraídos de 1.0 g del material madre que representa.

Extractos secos. Estos extractos son obtenidos evaporando todo el solvente hasta que se tenga una consistencia en polvo. Asimismo, se consideran como altamente estables, aunque cabe señalar que a veces pueden ser higroscópicos.

Extractos semisólidos o blandos. Poseen demasiada riqueza en comparación a la sustancia de partida, y estos son obtenidos utilizando el método de la evaporación en donde participa el disolvente hasta obtener un producto de textura semisólida.

Citoextractos. Son obtenidos al realizar una maceración del ingrediente vegetal principal correctamente desecada, incorporada a condiciones de temperaturas muy bajas (-196°C) mediante inyección de nitrógeno líquido, de manera que los principios activos no se vean alterados por la acción del calor desprendiendo en un proceso de molturación y del ingrediente vegetal, puede llegar hasta 70°C. Este tipo de extractos son muy útiles para la obtención de proteínas y enzimas de ciertas especies.

2.16.2.2 Extractos vegetales utilizados como biocontroladores en el manejo de la maleza

Se ha logrado un avance significativo en el uso de extractos vegetales para obtener sustancias químicas que sean menos dañinas para el medio ambiente y para el hombre, así mismo ser aprovechados como bioherbicidas y al mismo tiempo determinar su selectividad respecto a los cultivos donde se utilicen (Celis *et al.*, 2008). El uso de algunos extractos a base de pino *Pinus* sp. y tomillo *Thymus vulgaris* mostraron síntomas a las dos horas al aplicarse como bioherbicidas en arvenses en preemergencia. Lo que amplía las investigaciones de los bioherbicidas como selectivos, pero se debe considerar diferentes variables a evaluar y determinar el modo de selección del producto natural (Portuguez-García *et al.*, 2021). Guevara *et al.* (2019), mencionan la efectividad de un bioherbicida a partir de un extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras comparada con un herbicida sintético, en donde los resultados mostraron que, a diferencia de las pruebas con el extracto fenólico, el herbicida sintético no detiene la emergencia radicular en las semillas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Parasitología y en el campo experimental, conocidos como “El bajo” de esta misma institución, que se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (25 ° 22 'N y 101 ° 00' O, 1760 m sobre el nivel del mar; Figura 2) en donde se establecieron los diferentes experimentos analizados en esta investigación.



Figura 2. Localización de las parcelas experimentales donde se establecieron los experimentos. A: experimentos establecidos en P-V; B: experimentos establecidos en O-I. 2023.

Al momento de seleccionar los terrenos, se consideró que éstos se encontraran libres de aplicaciones de herbicidas o productos químicos, al menos por cinco años, para evitar algún problema de residualidad o interferencia de estos productos en los resultados, por lo que los experimentos fueron establecidos en dos terrenos diferentes con estas características (Figura 2).

3.2 Desarrollo del Experimento

Se establecieron dos experimentos con aplicaciones en preemergencia y en postemergencia, evaluados en dos épocas del año, tanto en primavera-verano (P-V) como en otoño-invierno (O-I), en el año 2023; bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos. Ambos experimentos fueron dirigidos al control de maleza, sin interacción con cultivos.

3.2.1 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos establecidos para cada uno de los experimentos, tanto preemergencia como postemergencia, en dos épocas del año, P-V y O-I (2023), estuvieron relacionados con aplicaciones de un bioherbicida a base de extractos vegetales que contenía gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojásén (*Flourensia cernua*), potencializado con cascara de nogal y eucalipto, obtenidos mediante microondas y ultrasonido. Los tratamientos se definieron por cuatro dosis del bioherbicida, con sus respectivo testigo absoluto y testigos químicos, éstos últimos, fueron diferentes en cada momento de aplicación (preemergencia y postemergencia) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de tratamientos para evaluar el efecto de un bioherbicida para el control de la maleza en P-V y O-I (2023).

No. de tratamiento	Descripción	Dosis (L·ha⁻¹)
1	Testigo absoluto	0.0
2		3.0
3		6.0
4	Bioherbicida	9.0
5		12.0
	Testigos químicos: ingrediente activo (i. a.)	
6	Metribuzina (preemergencia)	0.30
	i. a. Glifosato (postemergencia)	2.0

Los tratamientos del 2 al 4, consistieron en la aplicación del bioherbicida a base de extractos vegetales a cuatro dosis, las aplicaciones de estos se realizaron dos veces, en el caso de preemergencia, tanto en P-V como en O-I, la primera aplicación fue al momento de realizar el trazado del terreno para el experimento y la segunda 5 días después de la primera; mientras que para postemergencia, se realizaron cuando la maleza presentó una altura aproximadamente 5.0 cm, para la primer aplicación y para la segunda, cuando las plantas alcanzaron una altura de 15.0 cm.

El tratamiento 6 fue diferente para cada experimento, en preemergencia se aplicó Sencor® Liquid, que es un herbicida sintético selectivo para el control de las malas hierbas anuales gramíneas y dicotiledóneas en preemergencia o postemergencia temprana y se utiliza en diferentes cultivos entre ellos algunas hortalizas como la papa y el tomate, cuyo ingrediente activo es la metribuzina, sustancia activa que pertenece a la familia química de las triazinonas (Grupo HRAC C1). La dosis recomendada por el fabricante fue 365 mL·ha⁻¹. Para postemergencia se utilizó el producto comercial Glyphos® Solución acuosa, con glifosato como ingrediente activo, caracterizado por ser un herbicida sistémico para el control total de la maleza, en postemergencia, pertenece al grupo químico de los organofosforados. La dosis recomendada por el fabricante fue de 2.0 L·ha⁻¹. Las aplicaciones de los tratamientos químicos, se realizaron conforme a las etiquetas e instrucciones de uso de cada formulación.

Para la aplicación de los tratamientos, se realizó la calibración del equipo de aplicación, con la final de calcular el volumen de agua a utilizar en las aplicaciones, el cual se ajustó a 400 L·ha⁻¹. La aplicación de los tratamientos se realizó con una mochila eléctrica de aspersión, de la marca "Oaklan", de batería recargable modelo FB-2201 con capacidad de 22 L. Se utilizaron boquillas de abanico plano (11004 para preemergencia y 8204 para postemergencia) acoplado con una campana, con la finalidad de evitar la deriva de los productos o evitar efectos de traslape entre tratamientos.

3.2.2 Experimento establecido en P-V 2023

Para los experimentos de P-V, tanto para preemergencia como postemergencia, se preparó el terreno mediante dos pasos de rastra, después se emparejo y se eliminaron piedras, posteriormente se delimitaron las parcelas experimentales para cada tratamiento de 1.5 x 2.0 m (3.0 m²), las cuales se trazaron con estacas, lazo y cal; se dejaron pasillos de 0.6 m entre cada parcela (Figura 3). La unidad de muestreo en cada tratamiento y repetición, consistió de una superficie de 0.25 m² tomada con un cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m, el cual se colocó tres veces en cada parcela en forma diagonal (Figura 4) para posteriormente obtener el promedio una vez realizados los análisis estadísticos.

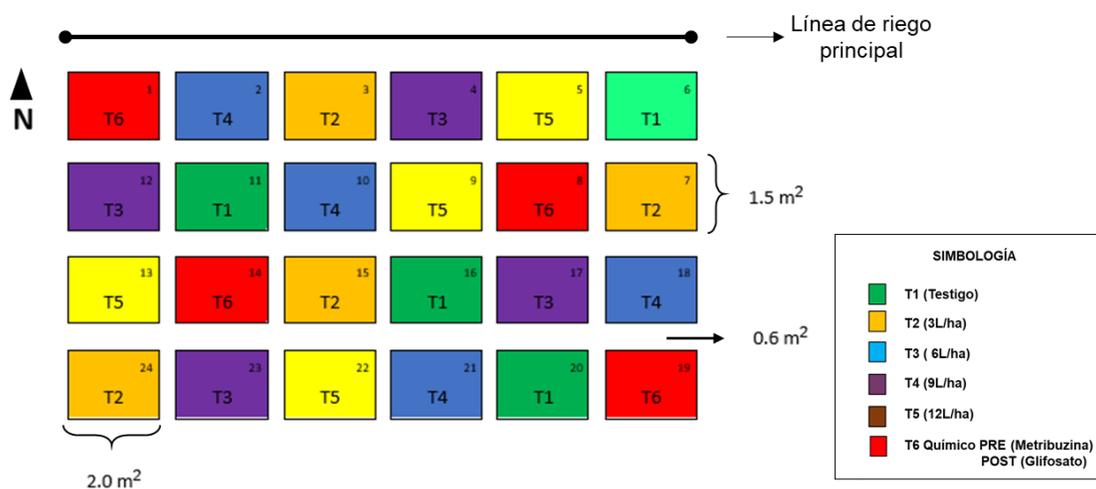


Figura 3. Aleatorización de los tratamientos y tamaño de parcelas experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar, definidos para los experimentos establecidos en P-V (2023), el diseño experimental fue el mismo para preemergencia como para postemergencia, al evaluar un bioherbicida a base de extractos vegetales.

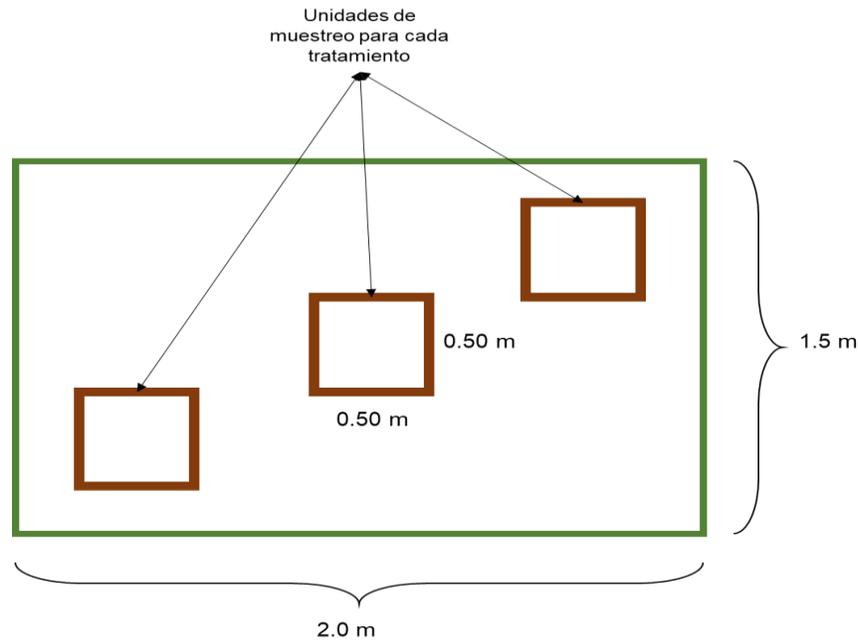


Figura 4: Unidades de muestreo en la parcela experimental por tratamiento y repetición, para el ciclo P-V (2023), en la evaluación de un bioherbicida a base de extractos vegetales.

Se instaló un sistema de riego con cintilla de la marca AQUA-TRAXX Azul, de 5/8" (16.0 mm) calibre 6 mil y con una distancia de gotero a gotero de 0.20 m. Una vez establecido el diseño en campo y la aleatorización de los tratamientos por bloque (Figura 3) para cada experimento (pre y post emergencia) se procedió a regar las parcelas, hasta saturar a capacidad de campo por 24 horas previo a la aplicación de los tratamientos en preemergencia, con la finalidad de activar el bioherbicida; los riegos se mantuvieron de forma constante con un intervalo de cinco días entre ellos. En el caso de las pruebas para postemergencia se esperó que la maleza germinará (aproximadamente un mes), hasta que alcanzara la altura de 5.0 cm para hacer la primera aplicación.

Los experimentos en P-V 2023, se establecieron el día 13 de junio para preemergencia y el 14 de julio para postemergencia, en el año del 2023.

3.2.3 Experimento establecido en O-I 2023

Para los experimentos de O-I, tanto para preemergencia como postemergencia, también se preparó el terreno mediante dos pasos de rastra, pero en este caso se surco el terreno a una distancia de 0.80 m entre surcos. Una vez surcado, se trazó el diseño experimental y delimitaron las parcelas experimentales para cada tratamiento (Figura 5), el cual consistió en 13 surcos en total, sin embargo, solo se utilizaron seis para realizar las aplicaciones, por tanto, cada parcela experimental fue de 0.80 m de ancho por 1.5 m de largo. Se trazó el experimento en campo con apoyo de estacas, lazo y cal; se dejaron pasillos de 0.50 m entre cada parcela (Figura 5). La unidad de muestreo en cada tratamiento y repetición, consistió de una superficie de 0.25 m² tomada con un cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m, en el centro del surco (Figura 6).

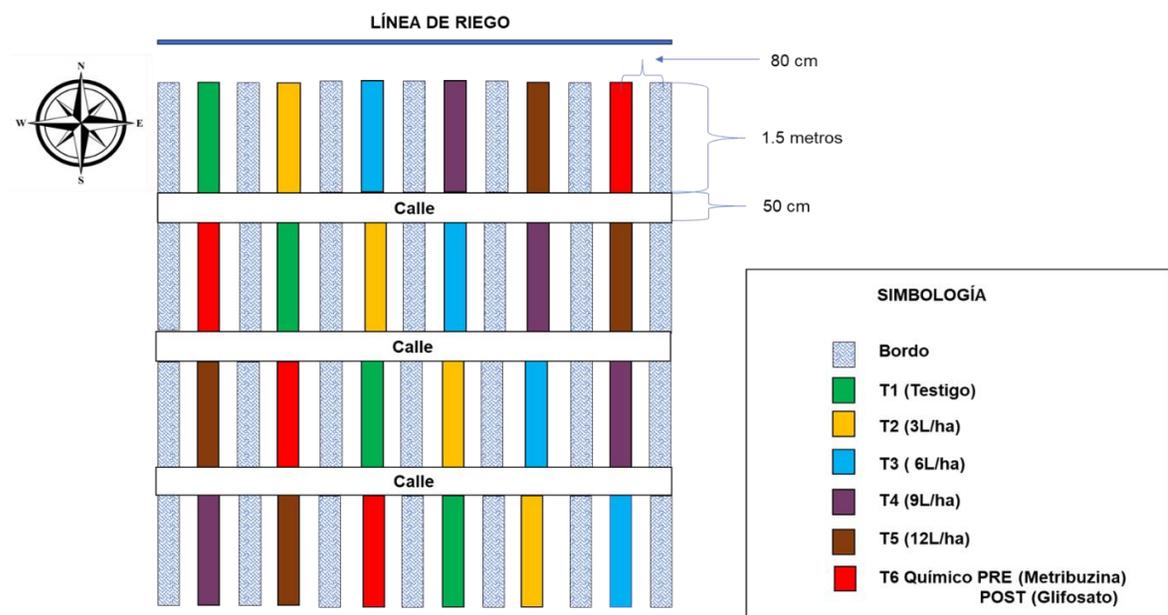


Figura 5. Aleatorización de los tratamientos y tamaño de parcelas experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar, definidos para los experimentos establecidos en O-I (2023), el diseño experimental fue el mismo para preemergencia como para postemergencia, al evaluar un bioherbicida a base de extractos vegetales.

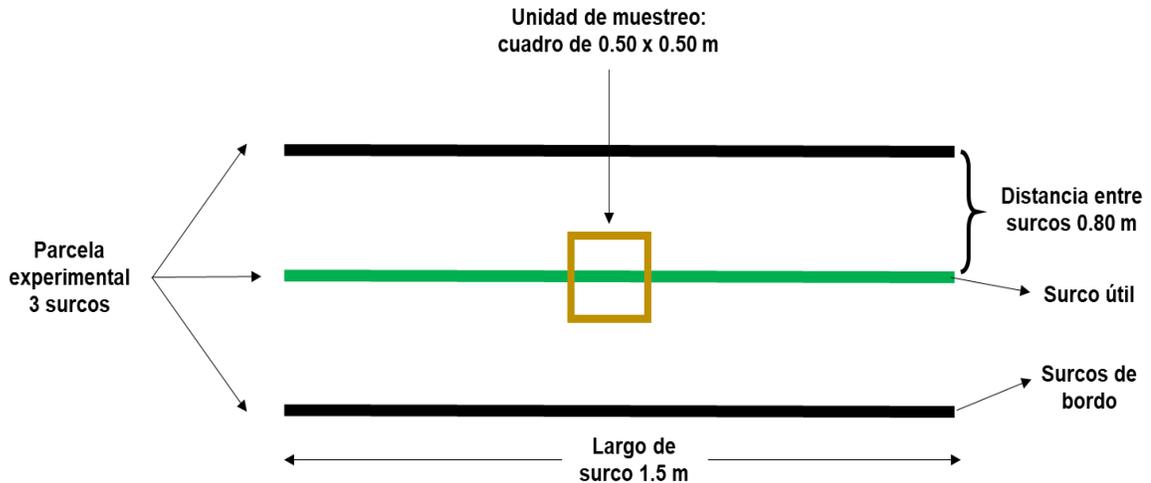


Figura 6: Unidad de muestreo en la parcela experimental por tratamiento y repetición, para el ciclo O-I (2023), en la evaluación de un bioherbicida a base de extractos vegetales.

El manejo de los riegos y aplicaciones en estos experimentos se realizó de forma similar a como se llevó a cabo para el ciclo de P-V 2023, por lo que se instaló el sistema de riego y se dejó regar por 24 horas hasta llegar a capacidad de campo, y posteriormente se realizó la primera aplicación de los tratamientos para el experimento en preemergencia. En el caso de las aplicaciones para postemergencia, se esperó a que la maleza germinará y alcanzará una altura de aproximadamente 5.0 cm para realizar la primera aplicación, lo que ocurrió a los 20 días posteriores a las aplicaciones realizadas en preemergencia, debido a la disminución de las temperaturas.

Los experimentos en O-I 2023, se establecieron el día 11 de noviembre para preemergencia y el día 2 de diciembre para postemergencia, en el año del 2023.

3.3 Variables

Previó al establecimiento de cada uno de los experimentos, en los terrenos se realizó una evaluación diagnóstica de la maleza presente, la cual se hizo en los ciclos anteriores en P-V 2022 y O-I 2022, con la finalidad de determinar las especies de importancia en el sitio y corroborar con los especímenes reportados en el periodo

de establecimiento y evaluación, para esta investigación. La determinación a nivel especie de la maleza se realizó con el apoyo de libros y claves taxonómicas (Villarreal, 1983), también con la comparación de fotografías provistas por el sitio web de Malezas de México, de CONABIO (2012) y asesoramiento por parte de la Dra. Miriam Sánchez Vega (UAAAN, Departamento de Parasitología, Área de malezas).

La toma de datos se realizó cada tres días después de la segunda aplicación (ddsa) y en el caso de algunas variables los datos se tomaron a hasta los 30 ddsa que fue la última toma de datos, con la finalidad de dar continuidad a los efectos provocados por los tratamientos, tanto en los experimentos establecidos en P-V y O-I. Las variables que se consideraron fueron las siguientes:

3.3.1 Número de familias y especies de maleza previas al establecimiento de los experimentos.

Se realizaron recorridos zonales dentro y en la periferia de los lotes experimentales, se determinó la maleza presente a nivel de familia y especie en el año 2022, por lo que se generó un listado el cual se reporta como parte de los resultados, de ésta investigación.

3.3.2 Número de individuos de maleza

Hace referencia a la abundancia total de plantas de maleza, por lo que, se realizó un registro del número de plantas presentes en cada una de las unidades experimentales, por tratamiento y repetición (NM), estas evaluaciones fueron a los 3, 6, 9, 12, 15 y 18 ddsa, solo para los experimentos de preemergencia. Se colocó un cuadro de 0.50 x 0.50 m (0.25 m²) tres veces (en el inicio, en el centro y al final; Figura 4) para P-V y una vez (centro del surco; Figura 6) para O-I. a los 30 ddsa, dentro de cada unidad de muestreo se realizó un conteo total de los individuos, para el taxón a nivel de familia y especie, los datos se registraron en el libro de campo y

se capturaron en una base de datos electrónica para su posterior análisis estadístico.

3.3.3 Daño fitotóxico a la maleza

Para tomar esta variable se consideró la escala de EWRS (European Weed Research Society, por sus siglas en inglés; Cuadro 4), en función a los efectos fitotóxicos que se observaron en la maleza presente en cada unidad experimental, ocasionados por la aplicación de los diferentes tratamientos. Se evaluó, por tanto en un rango de 0% a 100%; donde el 0% es sin efecto, y los porcentajes intermedios hacen referencia a síntomas sin llegar a la muerte y, finalmente el 100% nos indica la muerte de la maleza. Los datos para la obtención de esta variable (D), se tomaron a los 3, 6, 9, 12, 15 y 18 ddsa, tanto para P-V, como O-I, así como en pree y postemergencia.

Cuadro 4. Escala logarítmica determinada y propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (ERWS) para evaluar el control de la maleza con herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto de maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

3.3.4 Peso fresco de la maleza

La toma de las muestras se basó en el área delimitada por un cuadrante de 0.50 x 0.50 m (0.25 m²; unidad de muestreo), para ello, se colectaron las plantas completas a los 30 ddsa en cada experimento, las muestras se trasladaron al Laboratorio de Malezas y se pesaron en fresco (PF) en una báscula digital, el dato se reportó en gramos (g).

3.3.5 Peso seco de la maleza

Para esta variable se consideraron las plantas de las mismas muestras que se obtuvieron para el PF, ya que las muestras fueron sometidas a una estufa de secado por 48 horas a una temperatura de 110°C. Posteriormente las muestras secas se pesaron en báscula digital, el peso se registró en gramos (PS, g).

3.3.6. Contenido de humedad en el tejido de la maleza

Esta variable fue calculada por tratamiento y repetición, con la resta entre el peso fresco de la maleza menos el peso seco de la maleza (CH), calculada en gramos y transformada a mililitros (mL), para ello se consideró la densidad del agua que es de 1.0 g·mL⁻¹. La variable representa el agua contenida en los tejidos vegetales de las plantas de maleza, este valor reflejó la capacidad que tuvieron las plantas para absorber agua y contenerla en su estructura,

3.3.6 Producción de biomasa de la maleza

La biomasa es la cantidad total de materia vegetal que acumulan las plantas como producto de la fotosíntesis, en cualquier etapa de su desarrollo y en un área determinada. Por lo que, para esta variable (BM) se consideró el PS, por unidad de superficie, donde esta última correspondió a la unidad de muestreo (0.25 m²) extrapolada a 1.0 m².

3.4 Análisis Estadístico

Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, para todos los experimentos realizados en esta investigación, también se ejecutó una separación de medias por la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) con apoyo del programa computacional de SAS (SAS Institute, 2002). Con las variables que no presentaron diferencias estadísticas se procedió a explicarlas mediante análisis descriptivo, por medio de gráficas donde se empleó la media de cada variable y se generaron gráficos de tendencia o barras, entre otras.

Para verificar los supuestos que exige la estadística para el análisis de varianza y normalizar los datos, así como para evitar la incidencia de valores atípicos, se transformaron aquellas variables obtenidas en número dígitos que indicaban conteos y las que estaban expresadas en valores porcentuales, que no se ajustaban a una curva de normalidad, con la finalidad de que los valores no se alejen de manera considerable de la media y desviación estándar. Las fórmulas empleadas, se describen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Formulas empleadas en la transformación de datos de los valores de las variables que no cumplen con los supuestos de normalidad para el análisis de varianza.

Transformaciones para números Dígitos	Transformaciones para porcentajes
$X' = \sqrt{X}$ (sin valores cero)	$X' = 2 \arcsen \sqrt{P}$ $P = \%$
$X' = \sqrt{0.5 + X}$ (con valores cero)	

Fuente: Transformación de dato. <https://www.youtube.com/watch?v=tzbVSgynGBM>

3.5 Condiciones Edafoclimáticas

Con la finalidad de considerar aspectos abióticos que interfirieron en la respuesta de los tratamientos en los experimentos, se recurrió a solicitar en la estación

meteorológica del Departamento de Agrometeorología de la UAAAN, los datos de las condiciones climáticas, desde el momento del establecimiento de los experimentos, las aplicaciones y evaluaciones realizadas en los experimentos hasta finalizar. Los datos solicitados, fueron: temperaturas máximas, mínimas y promedio, así como humedad relativa y precipitación (Anexo 7.3), de los cuales se realizó una gráfica ombrotérmica (Figura 22 del Anexo 7.4) y se relacionó con la respuesta de los tratamientos en la maleza, durante el desarrollo del experimento.

También se tomaron muestras del suelo, previas al establecimiento y al concluir el experimento, esto para realizar un análisis de suelo. Los muestreos fueron por el método de cinco de oros, se extrajo un kilogramo de suelo de cada punto, una vez teniendo todas las muestras estas se homogenizaron y se separó un kilogramo para ser enviado al laboratorio (Fertilab®), de esta forma se conocieron los componentes y las características del suelo, con la finalidad de determinar algún efecto sobre la maleza después de haber sido tratada para su control con los tratamientos (Anexo 7.1).

Al finalizar el experimento, las muestras de suelo fueron obtenidas de las parcelas con los tratamientos con las dosis más altas ($12.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), para determinar si hubo residualidad después de 30 días de haberse aplicado (Anexo 7.2). Estas muestras se enviaron a un laboratorio comercial, donde fueron procesadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la Maleza

En el campo experimental previo al establecimiento de los experimentos se determinó la maleza predominante, tanto a nivel familia como a especie, por lo que se encontró la presencia de 12 familias taxonómicas: Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Poaceae, Papaveraceae, Resedeaceae y Solanaceae. Es importante señalar que para la determinación de este apartado no se realizó conteo de individuos y que se realizó un año anterior (2022) al establecimiento de los experimentos (Figura 7).



Figura 7. Determinación de la predominancia de familias y especies de malezas previo a la instalación del experimento, realizada en el año 2022.

Durante los recorridos zonales para determinar las especies de maleza, se encontró que un 80% de los individuos de maleza pertenecían a la familia Asteraceae, entre las especies que más se presentaron fueron *Ambrosia* spp. L. (1753), *Artemisia abrotanum* L. (1753), *Bidens* spp. L. (1753), *Bidens subalternans* (D. C., 1929), *Erigeron* (= *Conyza*) *bonariensis* (L.) Cronquist (1943), *Helianthus annuus* L. (1753),

Helianthus laciniatus (Gray, A., 1849), *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass., 1825 y *Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray (1876). Destacando estas tres últimas las de mayor densidad; al respecto, Webster *et al.* (2003) indican que la acumulación de semillas en el suelo depende no solo de la producción anual de semillas, sino también de las características específicas de la germinación y la latencia, ya que a menudo esta última característica asume un papel crucial en términos de persistencia y presencia de individuos en el terreno. Figueroa y Jaksic (2004) mencionan que el banco de semillas es un parámetro clave de la sostenibilidad de la supervivencia de cada especie a lo largo del tiempo, especialmente en una comunidad vegetal anual predominante, como es el caso de lo que se reflejó en este diagnóstico, con la familia Asteraceae y que se expresó en el momento de la evaluación de los experimentos.

Villaseñor (2018) menciona que la familia Asteraceae es la más grande en cuanto a abundancia y riqueza, tanto en México, como a nivel mundial, debido a su número de géneros y especies que la conforman. Asimismo, esta familia es de gran importancia su control, debido a que posee un impacto en la producción agrícola por la resistencia a herbicidas, problemas ecológicos y sanitarios, es de las pocas en la flora de México que desde hace aproximadamente cuatro décadas tiene claves para identificar sus géneros (Murguía & Villaseñor, 1996).

Por su lado, en la familia Chenopodiaceae, se encontraron las especies *Chenopodium album* L. (1753), *Chenopodium berlandieri* (Moq. 1840), *Chenopodium murale* L. (1753), *Salsola tragus* L. (1753) y *Salsola iberica* ((Sennen & Pau) Botsch. ex Czerep. (1973), estas últimas dos especies se encuentran reportadas como sinónimo de *Salsola kali* L. (1753).

En la familia de las Poaceae, resaltaron *Bromus unioides* (Kunth, 1816), *Setaria adhaerens* Forssk. (Chiov., 1917) y *Setaria parviflora* (= *S. geniculata*) (Poir.) Kerguélen, 1987). Estas especies de la familia Poaceae son de importancia económica en los cultivos y se requiere controlar en las primeras etapas fenológicas,

debido a que compiten con los cultivos por agua, luz, nutrientes y espacio, también su crecimiento es muy rápido y otro aspecto relevante es que algunas especies de Poaceae, han desarrollado resistencia a herbicidas comunes, lo cual dificulta su manejo y control (Gámez *et al.*, 2011).

En la familia Solanaceae las especies más abundantes fueron: *Datura quercifolia* (Kunth, 1818), *Physalis chenopodifolia* (Lam., 1794), *Solanum elaeagnifolium* (Cav., 1795) y *Solanum rostratum* (Dunal, 1813). Sierra-Muñoz *et al.* (2015) indican que la familia Solanaceae se considera como una de las familias más importantes en el ámbito económico a nivel mundial, siendo México una zona de importancia, porque posee una tasa muy alta en diversificación. De esta familia, aproximadamente existen 96 géneros y 2,300 especies, resaltando que los géneros con un mayor número de especies son: *Solanum* (1,000 especies) *Lycianthes* (200 especies), *Cestrum* (175 especies), *Nicotiana* (95 especies), *Physalis* (80 especies) y *Lycium* (75 especies).

Por su parte, en la familia Convolvulaceae se determinaron las especies *Convolvulus arvensis* L. (1753) e *Ipomoea purpurea* L. (Roth, 1787).

Mientras que en la familia Amaranthaceae se tuvo la presencia de *Amaranthus hybridus* L. (1753) y *Amaranthus palmeri* (S. Watson, 1877). Este tipo de especies de maleza, se han convertido altamente resistentes a varios tipos de herbicidas mediante varios mecanismos de resistencia, como: alteración del sitio de acción, incremento en la degradación del herbicida y evasión del herbicida, lo que ha complicado su manejo y control en los cultivos (Romagnoli *et al.*, 2013).

Finalmente, otras familias que se presentaron en el terreno y que tuvieron una menor densidad en el área experimental fueron: Papaveraceae (*Argemone echinata* Ownbey, 1961), Fumariaceae (*Fumaria parviflora* Lam., 1788), Lamiaceae (*Salvia reflexa* Hornem, 1807) y Euphorbiaceae (*Euphorbia dentata* Michx., 1899).

Martínez-Gordillo *et al.* (2017) mencionan que la familia Lamiaceae cuenta con 236 géneros y 7,173 especies conocidas y posee una distribución cosmopolita. Esta familia de malezas se disemina de una manera muy rápida, ya que muchas malezas de Lamiaceae tienen mecanismos eficaces de dispersión de semillas, ya sea por el viento, el agua o los animales, además este tipo de malezas tiene una alta resistencia a diferentes condiciones climáticas (Navarro, 2018).

Estos resultados también fueron reportados por Magdaleno (2024), quién trabajo con los mismos tratamientos, en la investigación titulada: "Valorización de extractos vegetales como una alternativa al control químico y manejo de la maleza en el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. "Grey Zucchini")", en los terrenos adyacentes a los que se trabajaron en esta investigación, que debido a la distancia entre estos no hubo diferencia de las familias y especies determinadas.

La información obtenida de un terreno en un diagnóstico de la maleza, da un panorama de la riqueza contenida en los bancos de semillas del suelo; las especies de maleza terrestres persisten en el suelo, en virtud de sus estructuras latentes, sean semillas u órganos vegetativos de propagación como rizomas, tubérculos y estolones. Monitorear la dinámica de la complejidad florística de una comunidad vegetal a lo largo del tiempo es desafiante (Labrada & Parker, 1996).

Figuroa y Jaksic (2004) mencionan que la evaluación de biomasa de cada especie constituye solo una "fotografía" del tiempo total de desarrollo de la planta, en lugar de la evolución efectiva de la comunidad vegetal. La cantidad de semillas que se acumulan en el suelo, resume la amplia gama de interacciones que se han producido a lo largo del tiempo entre la comunidad vegetal y el banco de semillas del suelo, que almacena varias especies inactivas como consecuencia de la "lluvia de semillas" previa, por lo que la expresión de las plantas en tiempo y espacio será diferente.

4.2. Experimentos Establecidos en el Ciclo Primavera-Verano 2023

4.2.1. Preemergente P-V 2023

Las variables consideradas para el análisis de varianza en el experimento de preemergencia establecido en P-V 2023, fueron: número de individuos de maleza (NM3, 6, 9, 12, 15 y 18, ddsa), promedio del número de individuos de maleza (promNM), daño a la maleza, según la escala de EWRS (D3, 6, 9, 12, 15 y 18, ddsa), promedio del daño a la maleza (promD), peso fresco y seco de la maleza (g, PF, PS, respectivamente), contenido de humedad (mL, CH) y biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, BM), así como el número de maleza presente por familia y especie (Amarantaceae, Am1, el valor numérico en estas variables de familia representan el número de especies contabilizadas, en cada caso, ejemplo: Am sp1 y así sucesivamente, Am2, Am3 y TotalAm; Asteraceae, As1, As2, As3, TotalAs; Brassicaceae, Br1, Br2, TotalBr; Chenopodiaceae, Ch1; Convolvulaceae, Co1; Euphorbiaceae, Eu1, Eu2, TotalEu; Solanaceae, So1, So2, TotalSo; Lamiaceae, La1, Malvaceae, Ma1. Poaceae, Po1, Po2, TotalPo, Resedaseae Re1); en total se consideraron 43 variables. Al ser analizados los tratamientos, bajo un diseño de bloques al azar, solo el 23.25 % del total de las variables presentaron significancia, por lo que se reportaron diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99 % ($\alpha \leq 0.01$) en solo el 13.95 % del total de las variables evaluadas y solo significativas con una confiabilidad del 95 y 90 % ($\alpha \leq 0.05$ y $\alpha \leq 0.10$, respectivamente) en el 4.65 % en cada caso y no significativas en el 76.75 % del total de las variables (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de preemergencia establecido en P-V 2023, UAAAN.

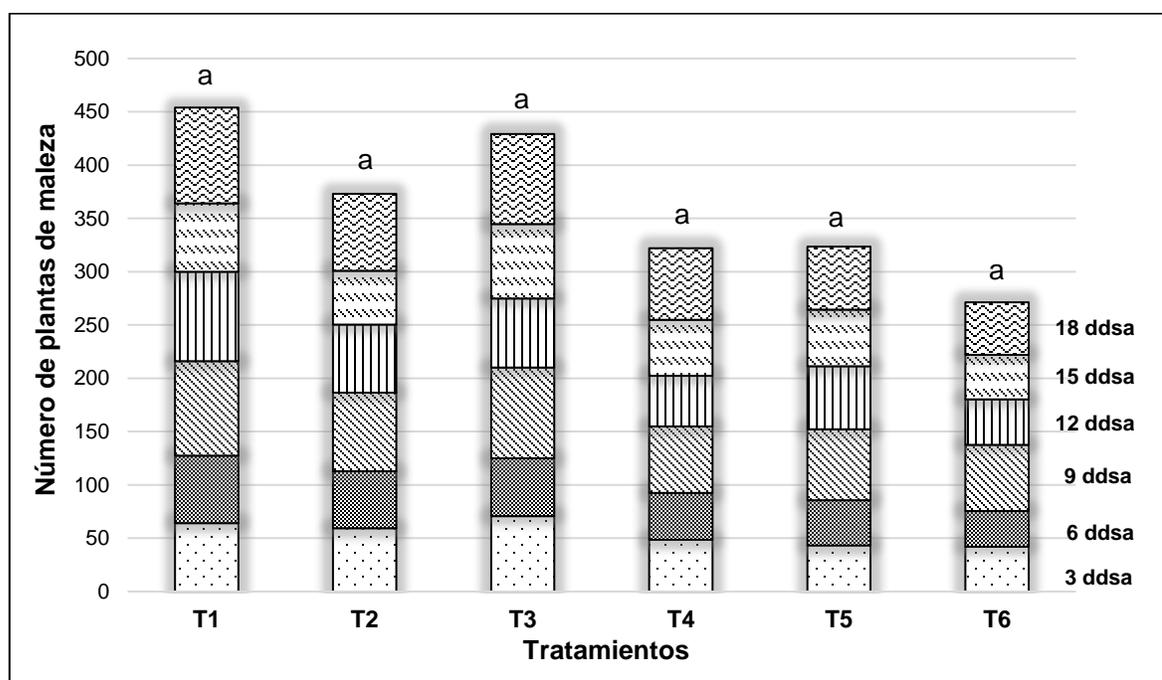
Confiabilidad del análisis de varianza			
99 % ($\alpha \leq 0.01$)	95 % ($\alpha \leq 0.05$)	90 % ($\alpha \leq 0.10$)	0 % No Significativas
			D18
			NM3, NM6, NM9, NM12, NM15, NM18
			promNM
			PF
			PS
			CH
			BM
			Am2-3
D6		D15	As1-3, TotalAs
D9		Am1	Br1-2, TotalBr
D12	D3		Ch1
promD	TotalAm		Co1
Po1			Eu1-2, TotalEu
TotalPo			La1
			Ma1
			Po2
			Re1
			So1-2, TotalSo

D: daño fitotóxico a la maleza; promD: promedio del daño fitotóxico a la maleza; NM: número de individuos de maleza; promNM: promedio número de individuos de maleza; PF: peso fresco; PS: peso seco; CH: contenido de humedad; BM: biomasa; Am: Amarantaceae; As: Asteraceae; Br: Brassicaceae; Ch: Chenopodiaceae; Co: Convolvulaceae; Eu: Euphorbiaceae; La: Lamiaceae; Ma: Malvaceae; Po: Poaceae; Re: Resedaceae; So: Solanaceae; 3, 6, 9, 12, 18: representan las evaluaciones realizadas en las variables de D y NM; 1-3: en las variables de familias representa el número de especies (sp) encontradas para cada familia.

Como se puede apreciar en el Cuadro 6, las variables relacionadas al número de plantas de maleza, así como las variables relacionadas a la acumulación de biomasa, no presentaron influencia por ninguno de los tratamientos aplicados, así como algunas variables relacionadas a las familias presentes en el experimento, mientras que, para el porcentaje de daño a la maleza, la presencia de plantas de la familia Poaceae y Amarantaceae, si tuvieron influencia.

La comparación de medias en la variable número de individuos de maleza (NM), no muestra diferencias significativas, pero los valores de las medias más altas, es decir mayor número de individuos por tratamiento lo encabeza el testigo sin aplicación (T1), mientras que el tratamiento químico (T6, i. a. metribuzina) marca una gran diferencia frente a este. En el caso de los bioherbicidas los tratamientos que presentaron un menor promedio del número de plantas de maleza fueron el T4 y

T5, donde se aplicaron 9.0 y 12.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida, respectivamente. Para todos los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis del bioherbicida, se ejerció presión sobre la maleza, en todos los muestreos, ya que siempre se mantuvieron por debajo de los valores promedio obtenidos para el T1, que fue el tratamiento sin aplicación. Es notorio observar que para el muestreo 3 o la evaluación a los 9 ddsa, la maleza empieza a incrementar, sin embargo, la dinámica poblacional de la maleza, expresada después esta evaluación disminuye y esto puede deberse a un efecto de residualidad de los bioherbicidas en el suelo; sin embargo, esto no se encontró en los análisis al suelo (Anexo 7.2; Figura 21) o por factores abióticos como la falta de humedad en el terreno y las altas temperaturas (Anexo 7.3 y Figura 22 del Anexo 7.4), así como por la competencia interespecífica (Figura 8).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina); ddsa: días después de la segunda aplicación. Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

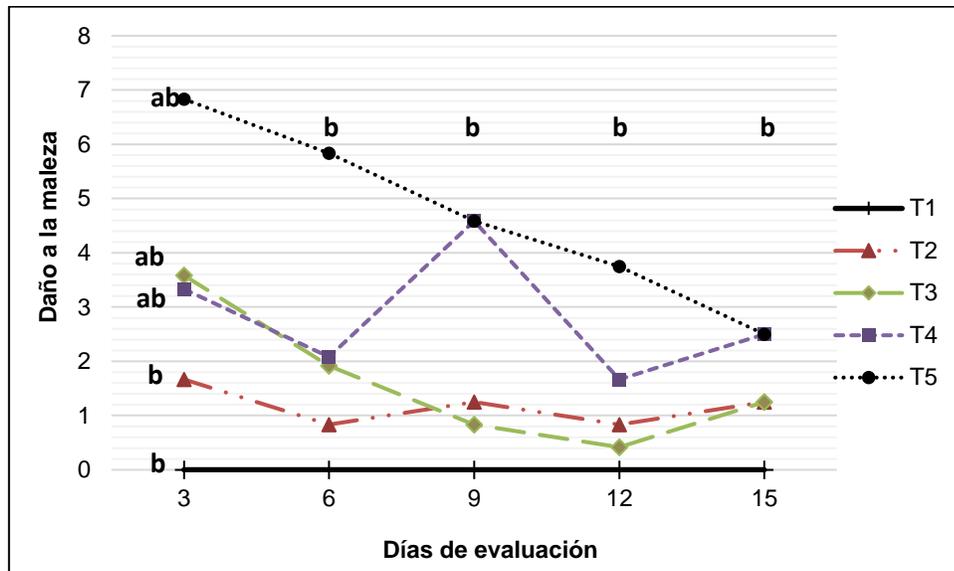
Figura 8. Dinámica poblacional del número de plantas de maleza, después de haber aplicado diferentes tratamientos en preemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Abu-Dieyeh y Watson (2009) demostraron que la eficacia de los bioherbicidas se puede ver afectada por la humedad del terreno, tipo de suelo, condiciones

ambientales como la luz, CO₂, temperatura, lluvia y viento, ya que debido a la presencia de estos factores se puede afectar directamente a las moléculas del bioherbicida, alterando su mecanismo de penetración y translocación en la planta, o indirectamente, puede afectar, cambiando el desarrollo de la planta y sus características fisiológicas; alguno de estos factores pudo haber incidido en el efecto del bioherbicida en ésta investigación (Anexo 7.3 y 7.4), debido a la falta de diferencias significativas entre tratamientos, para las variables en estudio, sin embargo, se aprecia el efecto del bioherbicida en las dosis más altas, sobre la maleza, en las variables en estudio de NM.

En la variable daño a la maleza (D) el comportamiento en cada uno de los tratamientos, considerado en un lapso de los 3 y hasta los 18 dds, los resultados se referenciaron con base en la EWRS para cada muestreo, por lo tanto nos da como resultado que el tratamiento que tuvo la mayor expresión de daño a la maleza fue el T6, es decir el herbicida químico sintético (i. a. metribuzina), sin embargo, éste se encontró entre un efecto a la maleza de “control muy pobre” a “control pobre”, según la EWRS, con valores en el porcentaje de daño de: D3 = 38.33 %, D6 = 69.17 %, D9 = 29.58 %, D12 = 21.67 %, D15 = 18.75 % y D18 = 11.25 %, por lo que las diferencias expresadas en estas variables se debe a los datos obtenidos en este tratamiento, con respecto al testigo sin aplicación donde hubo 0.0 % de daño a la maleza en todos los muestreos, la falta de eficacia del tratamiento químico fue por el manejo que se le dio a la metribuzina, ya que se debió haber incorporado al suelo, por medio de alguna labor cultural, pero para no afectar al resto de los tratamientos, se omitió esta actividad. Por otro lado, el efecto causado por las diferentes dosis aplicadas del bioherbicida expresaron según la EWRS, un “control muy pobre”, sin embargo, si se analiza la aplicación de estos tratamientos con respecto al testigo sin aplicación, excluyendo al tratamiento químico (Figura 9), se tiene que la dosis más alta del bioherbicida, el T5 (12.0 L·ha⁻¹), mostró el mayor daño provocado a la maleza con respecto a las dosis más bajas. Posterior a los 15 dds, el daño a la maleza disminuyó, comportándose todos los tratamientos igual al testigo sin

aplicación (T1), es por ello que a los 18 ddsa, no hay diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 6).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 9. Fluctuación de la variable daño a la maleza en los tratamientos con diferentes dosis del bioherbicida, comparados con el tratamiento testigo sin aplicación, evaluados en preemergencia en el ciclo P-V 2023.

Los resultados obtenidos en la variable daño a la maleza, aplicada en preemergencia en el ciclo P-V, indica que el bioherbicida a dosis altas puede llegar a afectar a la maleza, por lo que se puede ajustar la formulación del prototipo a concentraciones más altas en los componentes del producto; la sintomatología de daño que se presentó en la maleza emergida, fue una clorosis (amarillamiento) y pequeñas marcas necrosadas en las hojas cotiledonares de las plántulas de la maleza, pero sin llegar a la muerte de ésta.

Raveau *et al.* (2020) mencionan que los bioherbicidas a partir de extractos de plantas, contienen aceites esenciales derivados de distintas partes de las plantas, como lo son sus hojas, tallos, flores, frutos y semillas, pueden arrojar un efecto fitotóxico dando una sintomatología de clorosis, necrosis de hojas y reducción del

crecimiento de las plantas, además de la inhibición de la mitosis, daño a la membrana celular, reducción de clorofila, respiración celular y daño oxidativo.

Ramezani *et al.* (2018) reportan que los aceites esenciales de *Eucalyptus* spp. (L'Hér., 1789), *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl, 1854, *Rosmarinus officinalis* L. (1753) y *Thuja occidentalis* L. (1753), poseen como efecto fitotóxico en preemergencia afectar el proceso de emergencia de plántulas durante la germinación de semillas, teniendo como objetivo el control hacia las especies de maleza, como: *Amaranthus retroflexus* L. (1753), *Portulaca oleracea* L. (1753) y *Acroptilon repens* (L.) DC., 1838.

Una vez establecidos los experimentos y después de hacer las aplicaciones y evaluaciones correspondientes de los tratamientos en preemergencia en el ciclo de P-V 2023; a los 30 dds se determinó la abundancia total de la maleza, con el conteo de los individuos por especie y familia, en una superficie de 0.25 m², por tratamiento y repetición, se encontró una riqueza de 11 familias de maleza y 19 especies, con una abundancia total de 2,294 individuos, todos ellos interactuaron con los diferentes tratamientos. La familia Poaceae fue la que presentó el mayor número de individuos con el 39.71 % de representatividad, seguida de las familias Brassicaceae (17.82 %) y Amaranthaceae (14.33 %). Otras familias representativas en la diversidad de maleza, fueron: Malvaceae (12.99 %), Solanaceae (6.53 %), Asteraceae (4.7 %) y Convolvulaceae (2.1 %). Las familias que se encuentran por debajo del 1 % fueron: Lamiaceae (0.69 %), Euphorbiaceae (0.65 %), Resedaceae (0.26 %) y Chenopodiaceae (0.04 %) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diversidad y abundancia de familias de maleza presente en el campo, después de la aplicación preemergente en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Familia	Número de especies	Número total de individuos	Porcentaje (%)
Amaranthaceae	3	330	14.33
Asteraceae	3	108	4.70
Brassicaceae	2	409	17.82
Convolvulaceae	1	50	2.10
Chenopodiaceae	1	1	0.04
Euphorbiaceae	1	15	0.65
Solanaceae	3	150	6.53
Lamiaceae	1	16	0.69
Malvaceae	1	298	12.99
Poaceae	2	911	39.71
Resedaceae	1	6	0.26
Total:11	19	2,294	100.00

En el caso del número de especies, es decir, la riqueza específica vario de 1 a 3 especies, sin embargo, no fue posible realizar la determinación de los nombres científicos de éstas, debido a que las evaluaciones se realizaron en estado inmaduro de las plantas y solo se realizó la determinación por similitudes morfológicas y caracteres diagnóstico a nivel de familia. Las familias que presentaron mayor riqueza de especies fueron: Amaranthaceae, Asteraceae y Solanaceae con tres especies, seguidas de Poaceae y Brassicaceae con dos especies y el resto de las familias presentaron una sola especie (Cuadro 7).

Las diferencias significativas presentadas en estas variables (Cuadro 6), se vieron reflejadas solo en la presencia de la familia Amaranthaceae y Poaceae, siendo diferente el T2 con el valor más alto en el número de individuos de amarantáceas, con respecto al T1 y T6, que presentaron los valores más bajos, y en el caso de la segunda familia, los tratamientos con mayor número de individuos fue el T3 y T1, con respecto al T4 y T6, que presentaron los valores más bajos. Lo que representa que los bioherbicidas no tienen efecto sobre la familia Amaranthaceae (hoja ancha), sin embargo, en la familia Poaceae (hoja angosta), hubo una disminución en una de las concentraciones más altas (T4, 9.0 L·ha⁻¹) igualándose al testigo químico, por lo que se puede hacer alusión a que el bioherbicida puede llegar a afectar a las

especies de esta familia u hoja angosta, sobre todo en la emergencia de plántulas, aunque se requieren más pruebas relacionadas a estos resultados.

Una vez analizados los tratamientos, estos expresaron que en aquellos con la dosis más baja del bioherbicida se presentaron más individuos de maleza; tal es el caso del T3 (6.0 L·ha⁻¹) que posee un 23.14 % de la población de maleza, incluso presenta un mayor porcentaje que el T1 (testigo sin aplicación) con 21.7 %, por consiguiente el T2 (3.0 L·ha⁻¹) presentó un 15.86 %, seguido del T4 (9.0 L·ha⁻¹) con 14.08 %, mientras que la dosis más alta del bioherbicida, T5 (12.0 L·ha⁻¹) presentó un 12.85 % de población maleza, muy parecida al dato que se presentó en el T6 (testigo químico, i. a. metribuzina) que tuvo un valor de 12.33 % (Cuadro 8).

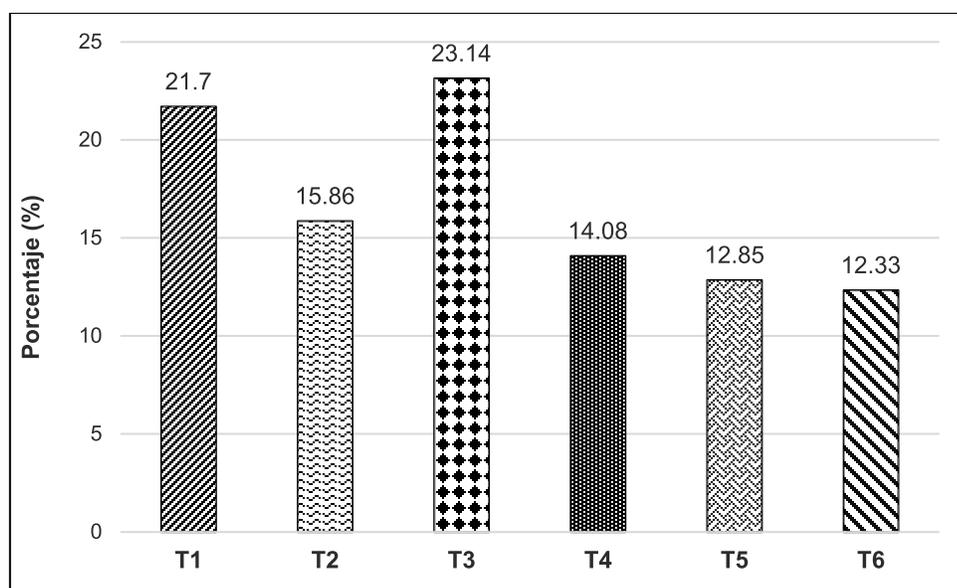
Cuadro 8. Individuos de familias de maleza presente en el campo, contabilizada por tratamiento, después de la aplicación preemergente en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Familias de maleza	Tratamientos						Total
	T1	Bioherbicida				T6	
		T2	T3	T4	T5		
Amaranthaceae	27	137	53	58	45	10	330
Asteraceae	26	10	23	9	24	16	108
Brassicaceae	38	47	84	152	26	62	409
Convolvulaceae	26	6	2	7	4	5	50
Chenopodiaceae	0	0	0	0	0	1	1
Euphobiaceae	4	2	4	0	0	5	15
Solanaceae	9	7	108	9	5	12	150
Lamiaceae	0	0	10	0	5	1	16
Malvaceae	130	2	2	8	30	126	298
Poaceae	238	153	245	74	156	45	911
Resedeaceae	0	0	0	6	0	0	6
Total:11	498	364	531	323	295	283	2,294
Porcentaje (%):	21.7	15.86	23.14	14.08	12.85	12.33	100

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina).

Vargas-Hernández *et al.* (2017) mencionan que existe un fenómeno que se puede presentar en las moléculas de herbicidas. La cual es conocida como hormesis, que es definido como un fenómeno de dosis-respuesta en donde las dosis bajas inducen estimulación y las dosis altas inducen inhibición. Dicho esto, se puede relacionar

que en el experimento con aplicaciones preemergentes (P-V 2023) para el control de la maleza con bioherbicidas, presentó este fenómeno al analizar los datos del porcentaje de la abundancia de maleza por tratamiento (Figura 10). Los factores abióticos como los componentes del clima juegan un papel importante en la evaluación de experimentos, ya que se relacionan con el fenómeno dosis-respuesta para un ensayo, tal es el comportamiento dosis-respuesta de la hormesis, que en algunos casos activa un mecanismo adaptativo para la resistencia de las plantas contra condiciones de estrés, como se aprecia en la Figura 10, a una dosis baja del prototipo en prueba (Jalal *et al.*, 2021).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina).

Figura 10. Porcentaje de abundancia de maleza por tratamiento después de la aplicación realizada en preemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Dentro de los resultados de algunas variables que ya se mencionaron, no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza, esto mismo se reflejó en las variables de peso fresco (PF), peso seco (PS), contenido de agua en los tejidos (CH) y la biomasa de la maleza (BM), esto pudo haber sido consecuencia de la fecha en la que se evaluaron estas variables, debido a que fue hasta los 30 dds, por lo que la maleza para esa fecha pudo haberse recuperado con facilidad,

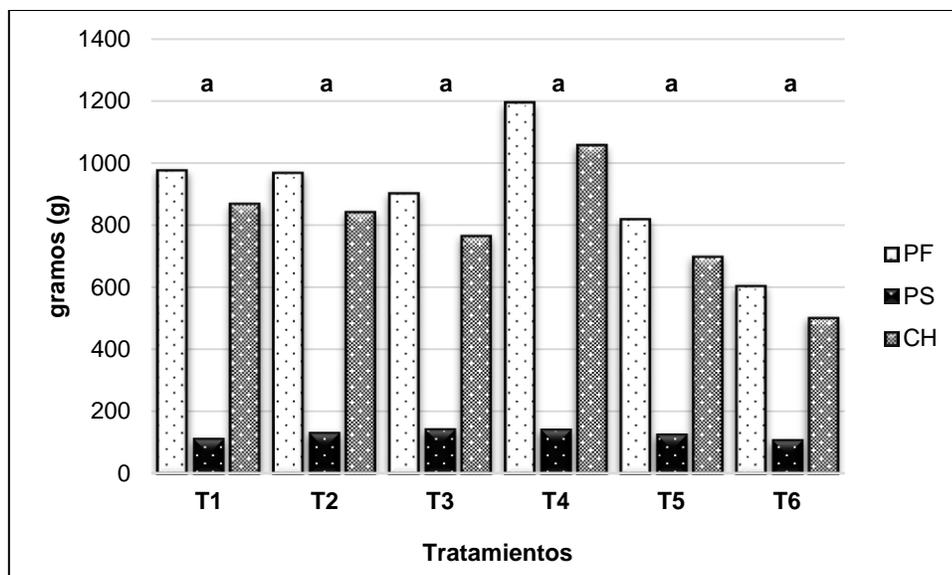
debido a la falta de otro método de control que afectará su desarrollo, se sugiere que en otras investigaciones estas variables se consideren entre los 3 a 15 días después de la aplicación (dda). Por tanto, para estas variables, solo se realizó un análisis descriptivo para explicar su comportamiento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal expresadas en el experimento de aplicación preemergente, en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Tratamientos	Variables			
	Peso (g)		Contenido de humedad (mL)	Biomasa (g·m ⁻²)
	Fresco	Seco		
T1	974.0 a	107.0 a	867.0 a	3,468.0 a
T2	965.5 a	125.8 a	839.8 a	3,359.0 a
T3	899.8 a	137.0 a	762.8 a	3,051.0 a
T4	1192.0 a	136.0 a	1,056.0 a	4,224.0 a
T5	816.8 a	120.8 a	696.0 a	2,784.0 a
T6	601.8 a	103.0 a	498.8 a	1,995.0 a
Media general	908.3	121.6	786.7	3,146.8

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina). Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

El T6, que se refiere al tratamiento considerado como testigo químico (i. a. metribuzina), con respecto a los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis del bioherbicida (T2 – T5) y al T1 que fue el testigo sin aplicación, se encontró que fue el tratamiento que tuvo menor acumulación de materia vegetal. En el caso del T5 que fue la dosis más alta aplicada del bioherbicida (12.0 L·ha⁻¹), también se expresó una reducción en la acumulación de materia vegetal (Cuadro 9; Figura 11).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina); PF: peso fresco de la maleza; PS: peso seco de la maleza; CH: contenido de humedad en los tejidos de la maleza. Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 11. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones en preemergencia del ciclo P-V 2023, UAAAN.

Gutiérrez (2023) reportaron que al utilizar un prototipo biorracional en comparación al glifosato, no se presentaron diferencias significativas al evaluar las variables de acumulación de materia vegetal. Mientras que Cruz-Ortiz y Flores-Méndez (2022) mencionan que un compuesto que influye en la reducción de la biomasa al disminuir la concentración de clorofila son los ácidos fenólicos, ferúlico, *p*-cúmarico y vanílico, debido a que este último interfiere en el metabolismo mitocondrial al reducir el Ca⁺².

4.2.2. Postemergente P-V 2023

Dentro de las variables consideradas para el análisis de varianza en el experimento de postemergencia establecido en P-V 2023, se tomaron en cuenta menos variables que las que se evaluaron en el experimento de preemergencia P-V 2023, las cuales fueron: daño a la maleza (D3, D6 y D12), promedio del daño a la maleza (promD), para estas dos, los datos se expresaron, según los parámetros indicados en la EWRS; peso fresco y seco de la maleza (g, PF y PS), contenido de humedad (mL, CH) y biomasa (g·m⁻², BM). En cuanto a las familias y especies de maleza se

consideraron, las siguientes variables: Amarantaceae: Am1, Am2 y TotalAm; Asteraceae: As1, As2, As3 y TotalAs; Brassicaceae: Br1, Br2, Br3 y TotalBr; Chenopodiaceae: Ch1; Convolvulaceae: Co1; Euphorbiaceae: Eu1; Lamiaceae: La1; Malvaceae: Ma1; Onagraceae: On1; Primulaceae: Pr1; Poaceae: Po1, Po2, Po3 y TotalPo; Resedaceae: Re1, y Solanaceae: So1. En total se consideraron 32 variables, las cuales fueron sometidas al análisis de varianza, bajo un diseño de bloques al azar, obteniendo diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99 % ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos en el 12.5 % del total de las variables, diferencias significativas con una confiabilidad del 95 % ($\alpha \leq 0.05$) en el 6.25 % acumulando el 18.75 %, y no significativas en el 81.25 %, en el resto de las variables (Cuadro 10).

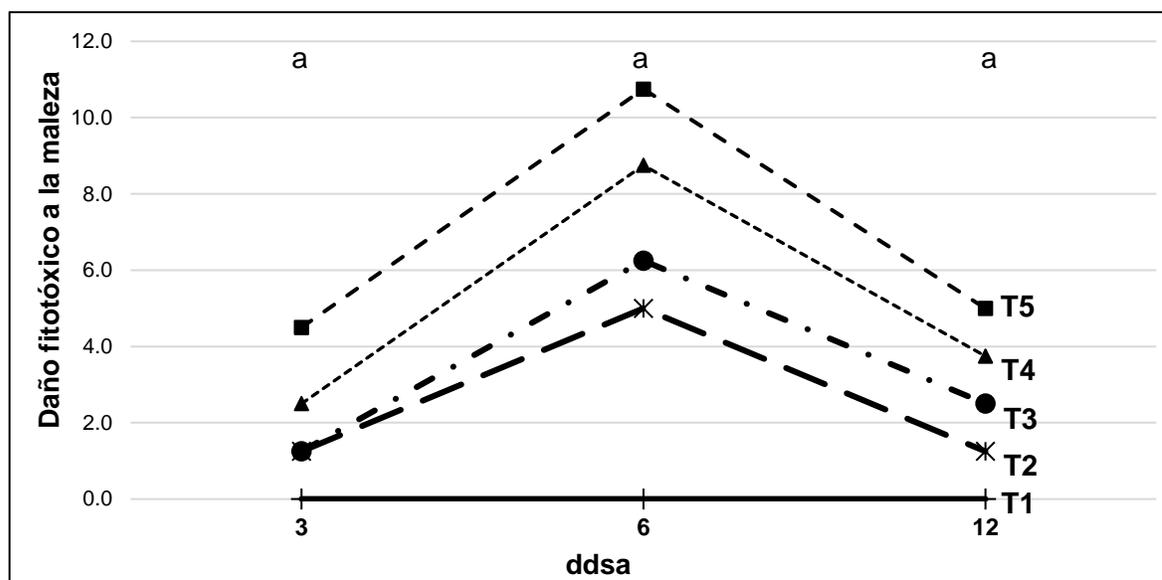
Cuadro 10. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de postemergencia establecido en P-V 2023, UAAAN.

Confiabilidad del análisis de varianza		
99 % ($\alpha \leq 0.01$)	95 % ($\alpha \leq 0.05$)	0 % No Significativas
		PF
		PS
		CH
		BM
		Am2, TotalAm
		As1, As2, As3, TotalAs
		Br1, Br2, Br3, TotalBr
		Ch1
		Eu1
D3		La1
D6	Am1	Ma1
D12	Co1	On1
promD		Po1, Po2, Po3, TotalPo
		Pr1
		Re1
		So1

D: daño fitotóxico a la maleza; promD: promedio del daño fitotóxico a la maleza; PF: peso fresco; PS: peso seco; CH: contenido de humedad; BM: biomasa; Am: Amarantaceae; As: Asteraceae; Br: Brassicaceae; Ch: Chenopodiaceae; Co: Convolvulaceae; Eu: Euphorbiaceae; La: Lamiaceae; Ma: Malvaceae; On: Onagraceae; Po: Poaceae; Pr: Primulaceae; Re: Resedaceae; So: Solanaceae; 3, 6, 12: representan las evaluaciones realizadas en la variable D; 1-3: en las variables de familias representa el número de especies (*sp*) encontradas para cada familia.

En este experimento, no se evaluó el número de individuos de maleza en los diferentes muestreos, como se consideró en el experimento de preemergencia P-V

2023, por lo que solo se consideró el efecto de fitotoxicidad de los tratamientos sobre la maleza, con el daño. Por tanto, el efecto de los tratamientos aplicados en postemergencia en el ciclo P-V 2023, para estas variables presentó diferencias altamente significativas (Cuadro 10), y estas diferencias se encontraron entre el T6 (testigo químico, i. a. glifosato), con respecto al resto de los tratamientos, en el cual se presentó el más alto control de la maleza (D3 = 55 b, D6 = 55 b y D12 = 25 b), según la EWRS, hubo un “control pobre” a “control regular”, mientras que para los bioherbicidas el resultado fue “sin efecto” a “control muy pobre”; sin embargo, con un análisis descriptivo (Figura 12), es posible apreciar que los tratamientos con las dosis más altas aplicadas del bioherbicida T4 y T5 (9.0 y 12.0 L·ha⁻¹) presentaron mayor efecto sobre la maleza; este mismo comportamiento fue observable en el experimento de preemergencia P-V 2023 en el T5 (Figura 9), el análisis descriptivo se realizó solo para los tratamientos con el bioherbicida, comparado con el testigo sin aplicación (T1) y se excluyó el T6 (Figura 12).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; ddsas: días después de la segunda aplicación. Letras iguales, significa que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 12. Fluctuación de la variable daño a la maleza entre los tratamientos evaluados con las diferentes dosis del bioherbicida, comparados con el tratamiento sin aplicación, aplicados en postemergencia para el ciclo P-V 2023 (UAAAN).

Morales *et al.* (2024) comentan que los herbicidas orgánicos poseen un efecto lento hacia la maleza cuando se aplican en postemergencia, que inicia desde los 7 dda, estos autores, también indican que esto se debe a que durante el proceso de analizar el porcentaje de daño a la maleza este aumento durante el lapso de 15 a 21 dda, señalando que por ello se requiere una dosis mínima de $2.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, para obtener un buen control de la maleza, como efecto retardado; sin embargo, en los resultados obtenidos en postemergencia P-V, a los 12 dda no fue posible detectar el efecto que mencionan Morales *et al.* (2024), ya que en la Figura 12, se aprecia una disminución en el daño a la maleza que fue nulo, por lo que en las posteriores evaluaciones ya no se detectó daño alguno en la maleza, por eso no se incluyeron estas variables en el experimento de postemergencia P-V 2023.

En el caso de los efectos del herbicida glifosato, los resultados obtenidos, se pueden atribuir, probablemente a las condiciones climatológicas que se presentaron en el experimento (Anexo 7.3 y Figura 22 del Anexo 7.4), el herbicida glifosato requiere de actividad fotosintética alta en las plantas, si hay falta de humedad, las plantas desarrollan tejidos suberizados y limitan su actividad fotosintética para evitar gasto de energía (Cañamero, 2023); es probable que con otras pruebas y con mayor humedad, tanto relativa como en el suelo (Anexo 7.3), los resultados sean diferentes a los expresados en este experimento, tanto para el testigo químico (T6), como para los tratamientos con las diferentes dosis del bioherbicida (T2 al T5).

Según Muñoz (2021), el glifosato se caracteriza por tener una fitotoxicidad causada al bloquear la enzima EPSPS en la vía metabólica del shikimato sintasa, que se encuentra localizada en los cloroplastos de la célula, cuyo papel es la síntesis de aminoácidos, en donde luego estos se van a utilizar para crear proteínas estructurales y enzimas, además en otras sustancias que son importantes para la planta como las auxinas, fitoalexinas, fenoles, antocianinas y lignina, productos directos de la fotosíntesis.

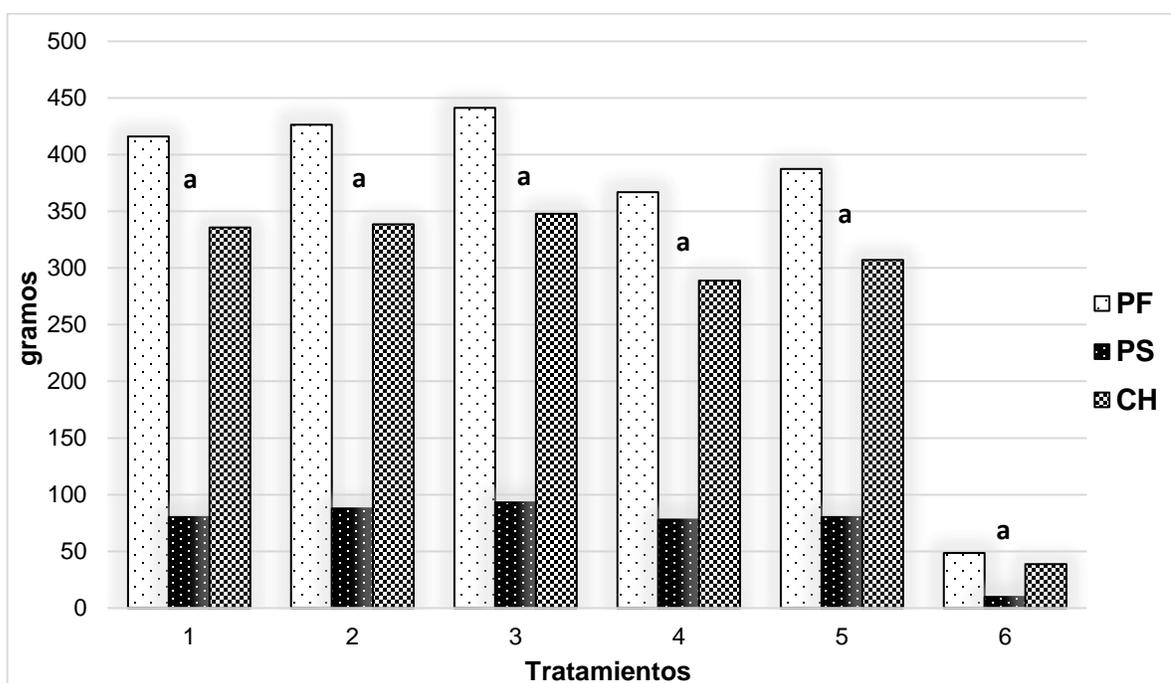
Rosales y de la Cruz (2006) mencionan que el glifosato es específico para el control de maleza de tipo perenne con reproducción vegetativa, debido a que este herbicida químico sintético es sistémico, su sintomatología va desde una clorosis que posteriormente se transforma en necrosis en un periodo de una a dos semanas después de su aplicación, esto se relaciona con los síntomas que obtuvimos al aplicar el glifosato en nuestro experimento, por lo que llego a causar la muerte de las malezas y mostrando diferencias altamente significativas frente a los tratamientos con las dosis del bioherbicida.

En las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal, como ya se mencionó, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, el T6 (testigo químico, i. a. glifosato) fue el que tuvo la menor acumulación de materia vegetal, tanto fresca (PF), seca (PS), contenido de humedad (CH) y biomasa (BM), estos resultados son similares a los que se encontraron en preemergencia P-V 2023, con el testigo químico. En el caso de los tratamientos con el bioherbicida, en estos resultados, fue posible observar que las dosis más altas de T4 y T5 (9.0 y 12.0 L·ha⁻¹, respectivamente) presentaron valores que antecieron al T6 (testigo químico), con reducción en la materia vegetal acumulada. Por otro lado, los valores en estas variables fueron menores a los que se presentaron en el experimento de preemergencia P-V 2023 (Cuadro 9); esto quiere decir que el bioherbicida, presentó mayor influencia en postemergencia que en preemergencia, en cuanto a la acumulación de materia vegetal. El hecho de no haber encontrado diferencias significativas y el comportamiento de estas variables, con respecto a los tratamientos aplicados con el bioherbicida, se puede asumir a los días en los que se realizó esta evaluación, que correspondió a 30 dds, considerando que la maleza ya estaba establecida por las aplicaciones en postemergencia, lo que implica que la interacción de los tratamientos con la maleza, estuvo afectada por la madurez de las plantas (Cuadro 11 y Figura 13). Algunos autores mencionan que los efectos de los bioherbicidas en la maleza se presentan en estado fenológico de plántula, aún con la presencia de cotiledones, no sobrepasando los 2.0 cm de altura, debido a los componentes del herbicida natural utilizado (Gutiérrez, 2023).

Cuadro 11. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal en el experimento de postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Tratamientos	Variables			
	Peso (g)		Contenido de humedad (mL)	Biomasa (g·m ⁻²)
	Fresco	Seco		
T1	416.0 a	80.3 a	335.8 a	1,343.0 a
T2	426.3 a	87.8 a	338.5 a	1,353.8 a
T3	441.3 a	93.3 a	347.9 a	1,391.9 a
T4	367.0 a	78.1 a	288.9 a	1,155.8 a
T5	387.5 a	80.4 a	307.1 a	1,228.4 a
T6	48.5 a	9.8 a	38.6 a	154.7 a
Media general	347.8	71.6	276.1	1,104.6

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. glifosato). Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).



PF: peso fresco de la maleza; PS: peso seco de la maleza; CH: contenido de humedad en los tejidos de la maleza. Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 13. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones postemergentes en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Farooq *et al.* (2013) mencionan que las plantas que pertenecen a la misma zona o al mismo grupo taxonómico no generan la misma cantidad ni el mismo tipo de metabolitos secundarios, y por consiguiente, es posible que no liberen la misma

cantidad o calidad de aleloquímicos, por lo que esto pudo haber marcado la diferencia en cuanto a las aplicaciones pree y post emergentes para el ciclo P-V 2023, debido a que las condiciones ambientales eran diferentes y es probable que la activación de los aleloquímicos presentes en el bioherbicida, cambiará según la temperatura y/o humedad.

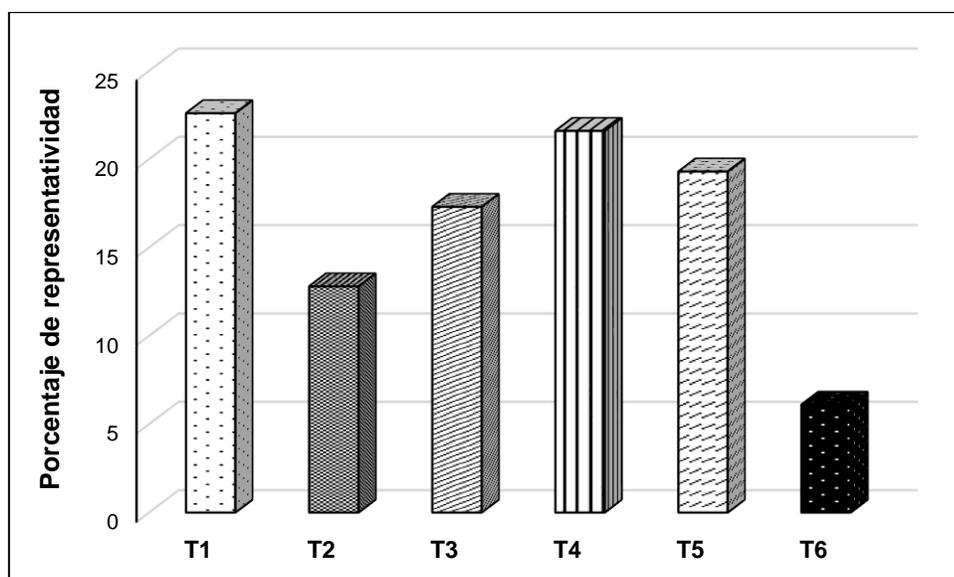
Las evaluaciones para realizar el análisis de la diversidad de maleza presente en este experimento (postemergente P-V 2023) se realizaron a los 30 ddsa, las variables del número de individuos por familia y especie, se sometieron a un análisis de varianza y de estas solo dos presentaron diferencias significativas al 95 % de confiabilidad ($\alpha \leq 0.05$), que fueron Am1 y Co1 (Cuadro 11).

Por otro lado, se registró un total de 13 familias de maleza, 20 especies y un número total de 1,485 individuos, siendo la familia Poaceae (50.50 %) la que posee un mayor porcentaje de representatividad, seguida de las familias Brassicaceae (24.37 %), Asteraceae (6.66 %), Amaranthaceae (6.12 %), Malvaceae (3.43 %), el resto de las familias no superan el 2.0 % (Cuadro 12). En este experimento se encontró mayor riqueza de familias y especies, pero menos abundancia en comparación con el experimento de preemergencia P-V 2023 (Cuadro 8).

Cuadro 12. Principales familias y especies de maleza, que estuvieron presentes en el experimento con aplicaciones en postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Familia	Número de especies	Número total de individuos	Porcentaje (%)
Amaranthaceae	2	91	6.12
Asteraceae	3	99	6.66
Brassicaceae	3	362	24.37
Convolvulaceae	1	7	0.47
Chenopodiaceae	1	26	1.75
Euphorbiaceae	1	9	0.60
Lamiaceae	1	24	1.61
Malvaceae	1	51	3.43
Onagraceae	1	20	1.34
Primulaceae	1	18	1.21
Poaceae	3	750	50.50
Resedaceae	1	13	0.87
Solanaceae	1	13	0.87
Total:13	20	1,485	100.00

La diversidad de maleza en el experimento de postemergencia P-V 2023 en cada tratamiento estuvo representada de la siguiente forma: el T1 (testigo sin aplicación) predominó la familia Poaceae, con un valor de 154 individuos, superado este por los T4 y T5 (9.0 y 12.0 L·ha⁻¹, respectivamente) con 165 y 178 individuos de maleza, correspondientemente; mientras que en el T4 predominó la familia Brassicaceae, con 90 individuos y finalmente en el T6 (testigo químico, i. a. glifosato) fue el tratamiento que presentó el menor número de individuos de maleza con 92. En el T2 con la dosis más baja aplicada del bioherbicida (3.0 L·ha⁻¹), se apreció un mayor efecto en la incidencia de maleza, ya que fue el segundo más bajo después del T6, expresándose hormesis en el T3, T4 y T5 (Figura 14 y Cuadro 13). Este comportamiento en esta variable de diversidad, puede ser un indicativo de la dinámica que se encuentra en el banco de semillas y el mismo establecimiento de la maleza, que estaba presente en la aplicación postemergente realizada en este experimento, que por la misma influencia del bioherbicida, ya que no se expresaron diferencias significativas con respecto al T1 (testigo sin aplicación).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. glifosato).

Figura 14. Porcentaje de abundancia de maleza por tratamiento después de la aplicación realizada en postemergencia en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Cuadro 13. Individuos de familias de maleza presente en el campo, contabilizada por tratamiento, después de la aplicación postemergente en el ciclo P-V 2023, UAAAN.

Familias de maleza	Tratamientos						Total
	T1	Bioherbicida				T6	
		T2	T3	T4	T5		
Amaranthaceae	34	13	9	10	20	5	91
Asteraceae	38	4	24	20	10	3	99
Brassicaceae	69	65	60	90	49	29	362
Convolvulaceae	0	2	4	1	0	0	7
Chenopodiaceae	11	1	3	12	1	0	26
Eupobiaceae	0	0	3	1	2	3	9
Solanaceae	1	4	6	0	1	1	13
Lamiaceae	3	1	5	2	1	12	24
Malvaceae	26	3	3	4	8	7	51
Onagraceae	0	0	0	0	4	16	20
Primulaceae	0	0	0	4	13	1	18
Poaceae	154	98	140	165	178	15	750
Resedeaceae	0	0	0	13	0	0	13
Total:13	336	191	257	322	287	92	1485
Porcentaje (%)	22.6	12.8	17.3	21.6	19.3	6.1	100

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. glifosato).

Villaseñor (2016) reporta que la familia Poaceae se caracteriza por ser una de las cinco principales familias que más predominan a nivel mundial, debido a que esta se acopla a la mayoría de los ecosistemas, también muchas especies de maleza de esta familia han desarrollado resistencia a herbicidas químicos sintéticos comunes, lo que dificulta su control, aumentando el uso de productos químicos y los costos de producción.

Las especies de maleza de las familias Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae y Malvaceae pueden disminuir de manera drástica el rendimiento de los cultivos, afectando directamente la productividad, rendimiento agrícola y la economía de los agricultores, muchas de las especies que conforman a esta familia se caracterizan por tener raíces profundas y sistemas de propagación eficientes, lo que hace que el control sea más difícil de ejercer y eso favorece a su rápida extensión en los cultivos, así como varios reportes de resistencia a herbicidas químicos sintéticos (Hoyos *et al.*, 2015).

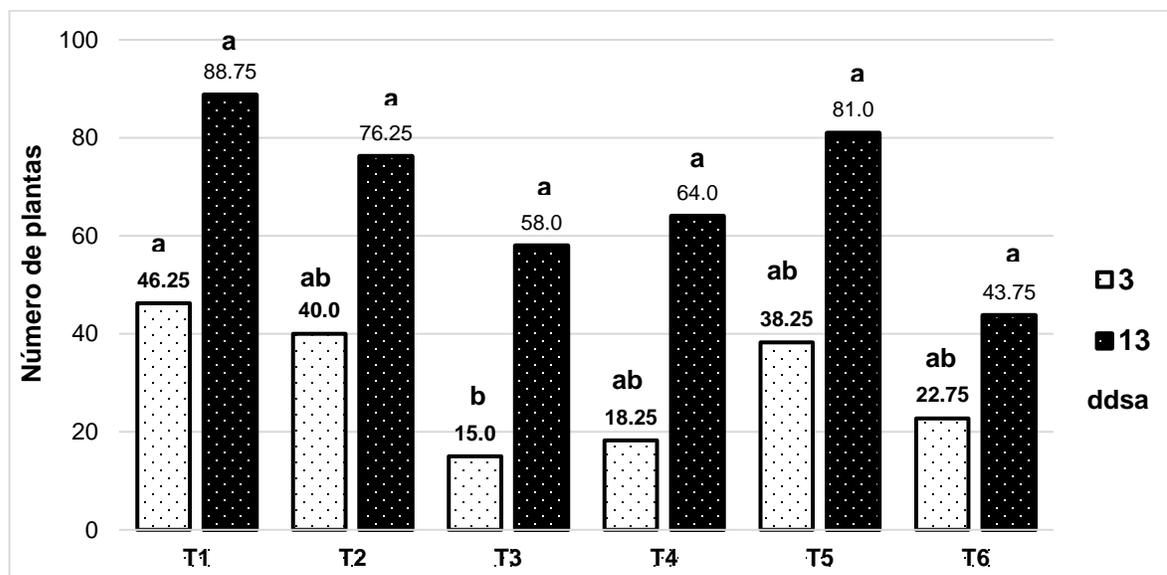
4.3. Experimentos establecidos en el ciclo Otoño-Invierno 2023

4.3.1 Preemergente O-I 2023

Las variables consideradas para este experimento fueron: número de plantas de maleza, que emergieron en el terreno, a los 3 y 13 ddsa (NM3 y NM13), las evaluaciones para estas variables fueron menos, por lo esto fue una variación con respecto a los experimentos de P-V 2023; también se consideró el daño fitotóxico a las plantas de maleza en las mismas fechas que la variable anterior (D3 y D13), como variables de acumulación de materia vegetal se consideraron peso fresco (g, PF), peso seco (g, PS), contenido de humedad del tejido fresco (mL, CH) y biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, BM). De los parámetros de diversidad de maleza y especie, se sometieron al análisis de varianza las variables por especie encontrada en campo (Amarantaceae: Am1 y Am2; Asteraceae: As1; Brassicaceae: Br1; Convolvulaceae: Co1, Chenopodiaceae: Ch1; Lamiaceae: La1; Malvaceae: Ma1, y Poaceae: Po1 y Po2), lo que conjunto 18 variables en total. Al analizar los datos del experimento preemergente en el ciclo de O-I 2023, los resultados solo arrojaron diferencias significativas, con un 90 % de confiabilidad ($\alpha \leq 0.10$) en la variable NM3 lo que representa el 5.55 % de todas las variables analizadas. Las variables evaluadas restantes son no significativas, aun con los datos transformados (Cuadro 5).

En este experimento de preemergencia O-I 2023, no se observaron resultado similares al de preemergencia P-V 2023, por lo que si hay influencia de las condiciones ambientales para la respuesta de los tratamientos, en la variable número de individuos de maleza se encontró que los valores de las medias más altas, es decir mayor número de individuos por tratamiento lo encabeza el testigo sin aplicación (T1), mientras que el testigo químico (T6, i. a. metribuzina), no expresó una respuesta favorable en el número de maleza, pero si fue de los tratamientos que presentó de los valores más bajo. Por otro lado, en el caso de los bioherbicidas el que posee un menor promedio del número de maleza es el tratamiento donde se aplicaron $6.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (T3), tanto a los 3 y 13 ddsa. Se ejerció

presión sobre la maleza en los primeros 3 ddsa, posteriormente a éstos, la maleza empieza a incrementar de forma considerable (Figura 15).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina); ddsa: días después de la segunda aplicación. Letras iguales, significa que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 15. Número de plantas de maleza presentes en los tratamientos evaluados con las diferentes dosis del bioherbicida, aplicados en preemergencia para el ciclo O-I 2023, UAAAN.

Es importante mencionar que después de seis meses de haberse aplicado los tratamientos, el terreno no se utilizó, ni se empleó ningún manejo de preparación al suelo, y fue posible notar que en las secciones donde se aplicaron los tratamientos con las diferentes dosis del bioherbicida, principalmente en las dosis altas de 9.0 y 12.0 L·ha⁻¹, se apreció poco desarrollo y número de plantas de maleza, con respecto a otros lados circundantes al área experimental y en incluso menor densidad de plantas que en donde se ubicó el T6 y T1 (datos no evaluados ni mostrados en estos resultados), por lo que se puede considerar que en condiciones de O-I y con aplicaciones preemergentes, puede presentarse un efecto prolongado y tardío o residual, expresado por el bioherbicida, con el transcurso del tiempo, sin embargo en los estudios realizados para determinar la residualidad esto no fue probado (Anexo 7.2; Figura 21).

Irshad y Cheema (2004) señalan que la germinación de las semillas es un factor crucial para el crecimiento y la productividad de las plantas debido a que, durante este proceso, los cambios fisiológicos, bioquímicos y morfológicos están estrechamente relacionados con la tasa de supervivencia de las plántulas, es por eso que los bioherbicidas de origen vegetal pueden impedir la emergencia de las plántulas en el proceso de germinación de las semillas, al interferir con la hidrólisis de los nutrientes almacenados y la división celular, sumado a ello, las temperaturas bajas que se presentaron en este experimento, debido a que fue en O-I, que también pudieron haber limitado la germinación de varias semillas y especies de maleza, latentes y resguardadas en el suelo.

Aslani *et al.* (2014), informaron que un extracto de hojas de *Tinospora tuberculata* (Lam.) Beumee, 1927 inhibió la germinación y el crecimiento de *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., 1812. Sin embargo, también presentó fitotoxicidad en varios cultivos como *Oryza sativa* L. (1753), *Daucus carota* L. (1753), *Lactuca sativa* L. (1753), *Cucumis sativus* L. (1753) y *Solanum lycopersicum* L. (1753).

En cuanto a las variables de daño fitotóxico a la maleza en el experimento de preemergencia O-I 2023 no fue posible observar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos como ya se mencionó, sin embargo, en el T3 con 6.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida, a los 13 dds se presentó un daño mínimo expresado por la EWRS, como un “control muy pobre”, comparado con el resto de los tratamientos donde “no hubo efecto”, incluso en el T6 (testigo químico, i. a. metribuzina). Los efectos visuales que se apreciaron en el T3 en la maleza, fueron: una clorosis o amarillamiento leve y pequeñas marcas necrosadas en los cotiledones de las plántulas de maleza, pero sin llegar a la muerte de éstas.

García *et al.* (2015) indicaron que la ineficacia de la metribuzina, puede deberse a que este ingrediente activo, se degrada rápidamente en el suelo debido a factores como temperatura (superior a 20 °C o muy bajas menores a 10-8 °C), humedad baja o condiciones de sequía que reducen la actividad del herbicida, e incluso el exceso

de riego puede lavar el producto, la adsorción por el suelo depende del pH, siendo mayor a menor pH del suelo, así mismo el proceso de adsorción de las partículas del suelo, pueden retener este herbicida, reduciendo su disponibilidad a la maleza, la actividad microbiana, por el contenido de materia orgánica también puede favorecer en la descomposición de la molécula del herbicida y ser menos efectiva en suelos con alto contenido de arcilla. Estos pueden ser algunos factores que pudieron haber interferido con este experimento, ya que son características que presenta el suelo del terreno donde se estableció el experimento (Anexo 7.1), incluso la forma en la que se estableció este experimento que fue en surcos y no en camas como en los experimentos de pre e post emergencia del ciclo P-V 2023.

Según estudios de Lee *et al.* (2015), los bioherbicidas de origen vegetal pueden alterar el intercambio de gases y nutrientes en la maleza, al disminuir la producción de proteína potenciadora de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés). Mientras que Shaul (2002) menciona que el magnesio (Mg), componente fundamental de la clorofila, participa en la fijación de carbono y en diversos procesos bioquímicos. Los bioherbicidas derivados de extractos vegetales pueden disminuir la concentración de Mg en la maleza, lo que impacta significativamente en la síntesis de clorofila.

En el caso de las variables de acumulación de materia vegetal, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en el caso de las aplicaciones del bioherbicida (T2, T3, T4 y T5) frente al testigo químico (T6), se encontró incluso que el T5 ($12.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) presentó valores mayores que éste (Cuadro 14), además el resto de los tratamientos presentaron un comportamiento en estas variables, similar al T1 (testigo sin aplicación). A pesar de que no hubieron diferencias estadísticas significativas en estas variables, en ninguno de los experimentos analizados hasta el momento, es notorio observar que la cantidad de maleza, fue mucho menor en esta estación del año, por lo que para las condiciones de Saltillo, Coahuila, no se recomienda hacer este tipo de experimentos en esta época del año, por que la incidencia de la maleza es más baja y las condiciones

ambientales (Anexo 7.3 y 7.4), no son factibles para el desarrollo de las plantas, lo que puede crear confusiones con respecto al efecto de los tratamientos, sobre todo en los que se aplicó el bioherbicida (Cuadro 15).

Cuadro 14. Medias de las variables de acumulación de materia vegetal en el experimento de preemergencia en el ciclo O-I 2023, UAAAN.

Tratamientos	Variables			
	Peso (g)		Contenido de humedad (mL)	Biomasa (g·m ⁻²)
	Fresco	Seco		
T1	9.0 a	1.6 a	7.3 a	29.6 a
T2	9.0 a	1.6 a	7.4 a	29.7 a
T3	10.8 a	1.6 a	9.1 a	36.5 a
T4	4.5 a	0.7 a	4.7 a	15.0 a
T5	11.0 a	1.4 a	9.6 a	38.4 a
T6	6.0 a	1.0 a	5.0 a	20.1 a
Media general	8.4	1.3	7.2	28.2

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. metribuzina). Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Schilder (2008) menciona que la efectividad del bioherbicida puede verse afectada por la calidad del agua empleada en su mezcla. El agua de baja calidad puede disminuir la actividad de los productos químicos agrícolas, acelerar su descomposición química en el agua de pulverización (hidrólisis), obstruir las líneas o boquillas de pulverización y reducir la uniformidad en la aplicación de los productos químicos.

En lo que se refiere a la diversidad de la maleza presente en el experimento de preemergencia O-I 2023 se registró un total de 8 familias de malezas, 10 especies y un número total de 1,950 individuos, siendo la familia Brassicaceae (77.33%) la que posee un mayor porcentaje, seguida de las familias Amaranthaceae (14.66%), Asteraceae (2.76%), Convolvulaceae (2.25 %), Asteraceae (2.76%) y Malvaceae (1.17%), mientras que las familias Poaceae (0.76%) y Chenopodiaceae (0.30%) se encuentran por debajo del 1% (Cuadro 15).

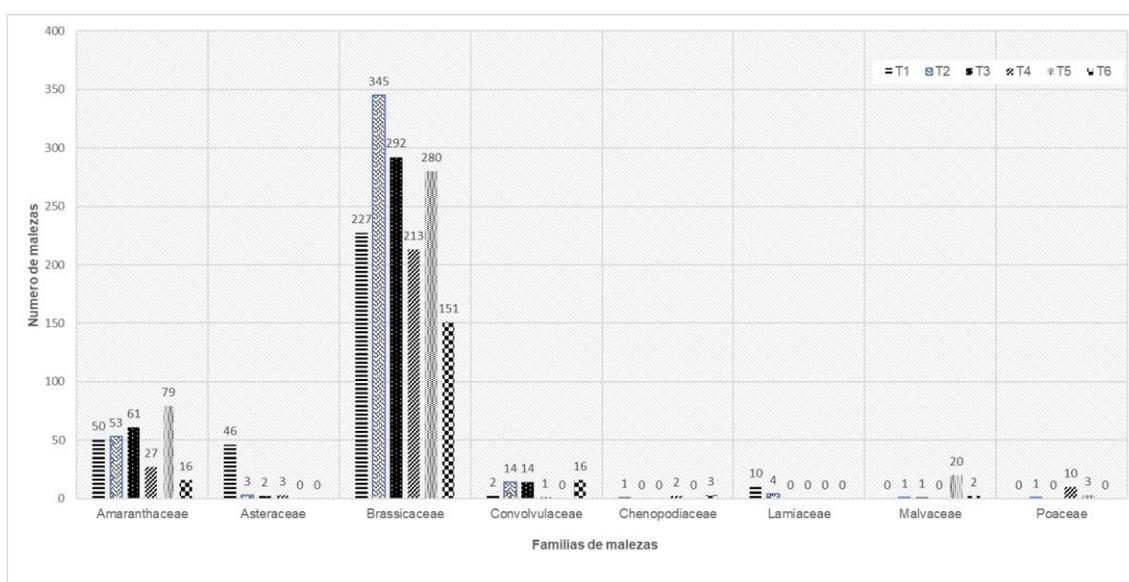
Cuadro 15. Principales familias y especies de malezas presentes en el experimento con aplicaciones preemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.

Familia	Número de especies	Número total de individuos	Porcentaje (%)
Amaranthaceae	1	286	14.66
Asteraceae	2	54	2.76
Brassicaceae	1	1,508	77.33
Convolvulaceae	1	44	2.25
Chenopodiaceae	1	6	0.30
Lamiaceae	1	14	0.71
Malvaceae	1	23	1.17
Poaceae	2	15	0.76
Total :8	10	1,950	100

Según estudios de Vargas *et al.* (2014), la familia Brassicaceae posee compuestos fenólicos los cuales tiene una actividad antioxidante en el sistema de defensa de la planta y que también sirven de apoyo al sistema de desintoxicación dependiente de ascorbato; así mismo Soria *et al.* (2002), mencionan que esta familia tiene una gran diversidad de especies, las cuales están adaptadas a diferentes condiciones climáticas y en diferentes regiones geográficas, debido a que se han encontraron en sitios secos, húmedos y áreas perturbadas.

Es notorio observar en los resultados para este experimento la predominancia de la familia Brassicaceae, a diferencia de los experimentos de P-V, donde predominaron las familias Poaceae y Amaranthaceae, esto se debe al banco de semillas, el cual es dinámico y se expresa de forma diferente a través del tiempo, por lo que las poblaciones de maleza que predominana en P-V, son diferentes a las de O-I, en las regiones donde están bien definidas las estaciones del año (Webster *et al.*, 2003), como es el caso de Saltillo, Coahuila (Anexo 7.3). Por otro lado, de Andrés y Hernando (2018), indican que las plantas de esta familia se desarrollan mejor en climas templados y tienen alta resistencia a las heladas, su temperatura óptima ambiental para su desarrollo se encuentra alrededor de los 17 °C, además se desarrollan bien en suelos preferentemente franco-arenosos con un buen contenido de materia orgánica. En este sentido, los tratamientos no fueron efectivos para controlar o afectar a la maleza de la familia Brassicaceae presente en este experimento (preemergencia O-I 2023).

Al realizar el análisis descriptivo, por medio de la realización de gráficas, se corroboró que en los tratamientos hubo predominancia de la familia Brassicaceae, en el T1 (testigo sin aplicación) hubo 227 individuos de maleza, mientras que en el T2 que correspondió a 3.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida se presentaron 345 individuos, en el T3 (6.0 L·ha⁻¹) hubo 292 individuos, por su parte el T4 (9.0 L·ha⁻¹) tuvo 213 individuos, en el T5 (12.0 L·ha⁻¹) se contabilizaron 280 individuos, y finalmente en el T6 (testigo químico i. a. metribuzina) fueron 151 individuos de maleza de esta familia (Figura 16).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i.a. metribuzina).

Figura 16. Número de individuos de familias de malezas por tratamientos en el experimento con aplicaciones preemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.

4.3.2 Postemergente O-I 2023

Dentro de las variables consideradas para el análisis de varianza en el experimento de postemergencia establecido en O-I 2023, se consideró el daño fitotóxico a la maleza, a los 3 y 13 ddsa (D3 y D13) y evaluadas bajo los parámetros de la EWRS, también variables de la acumulación de la materia vegetal como peso fresco (g, PF) y seco de la maleza (g, PS), contenido de humedad (mL, CH) y biomasa (g·m⁻², BM), y en este experimento se realizó el conteo del número total de plántulas de

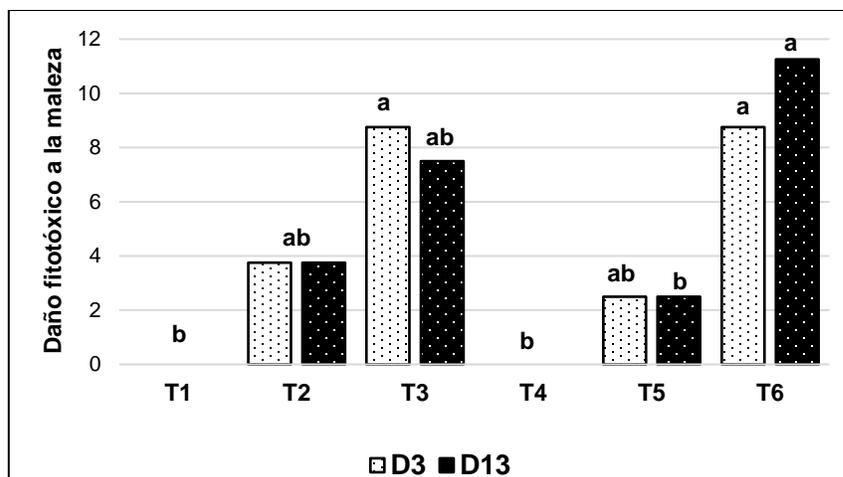
maleza a los 30 ddsa (NM30), no fue posible hacer la separación a nivel familia y especie por que fue mucha la abundancia y predominó solo una familia y especie, en total se analizaron siete variables. Otra de las diferencias que hubo con los experimentos anteriores es que en este experimento de postemergencia O-I 2023, al estudiar los tratamientos, bajo un diseño de bloques al azar, se presentaron diferencias significativas al 95 y 90 % de confiabilidad en el 100 % de las variables (Cuadro 16).

Cuadro 16. Variables que fueron significativas en el análisis de varianza, en el experimento de postemergencia establecido en O-I 2023, UAAAN.

Confiabilidad del análisis de varianza	
95 % ($\alpha \leq 0.05$)	90 % ($\alpha \leq 0.10$)
PF	D3
PS	D13
CH	NM30
BM	

D: daño fitotóxico a la maleza; 3, 13 y 30: representan los días después de la segunda aplicación en el que se realizaron las evaluaciones de las variables correspondientes; PF: peso fresco; PS: peso seco; CH: contenido de humedad; BM: Biomasa de la maleza.

En cuanto a la variable de daño fitotóxico a la maleza, en las dos variables evaluadas, se encontraron diferencias estadísticas significativas, por otro lado, el comportamiento de los resultados, expresaron el mayor daño en el T6 (testigo químico, i. a. glifosato), seguido del T3 donde se aplicaron 6.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida, en el resto de los tratamientos, el daño no fue alto, categorizado por la EWRS, como “sin efecto” y “control muy pobre” de la maleza, esto también se expresó en el T6, debido probablemente al periodo de evaluación, que no fue suficiente, para que se evidenciará de forma adecuada el efecto del glifosato en las plántulas de maleza, ya que se requieren hasta 15 a 18 días para que se exprese la mortalidad total de las plantas, sin embargo al finalizar el experimento en el resto de las variables fue notorio el control de la maleza, con este herbicida (Figura 17).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: testigo químico (i. a. glifosato); D3 y D13: daño fitotóxico a la maleza evaluado a los 3 y 13 días después de la siembra. Letras iguales, significa que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

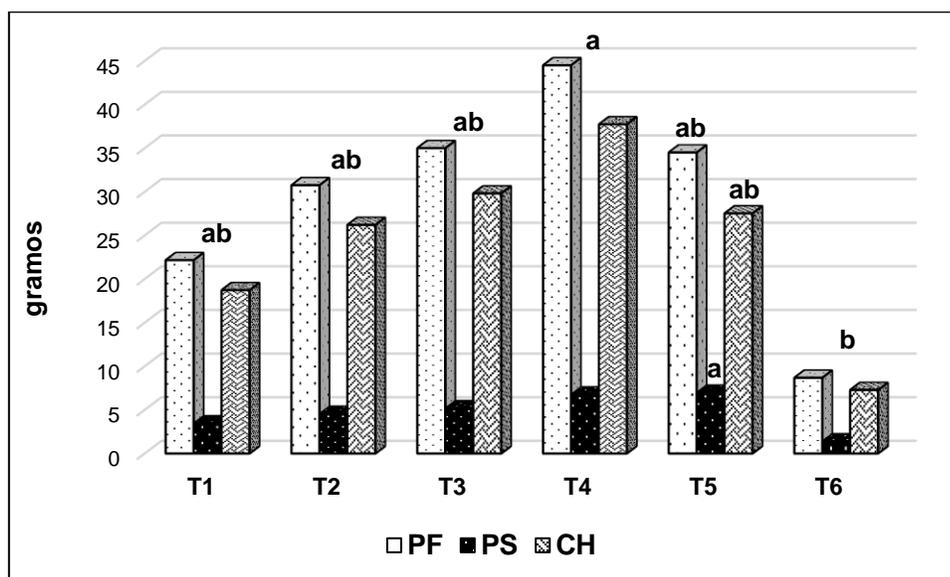
Figura 17. Daño fitotóxico a la maleza entre los tratamientos, aplicados en postemergencia para el ciclo O-I 2023, UAAAN.

Para las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para las variables: PF, PS, CH y BM. El tratamiento que mostró la menor acumulación en estas variables fue en el T6, mientras que el T4 aplicado con 9.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida, fue el que obtuvo el valor más alto en todas las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal, incluso sobrepasando al testigo. En este experimento, no fue posible ver la tendencia que se mostró en los otros experimentos (pree y post emergencia P-V 2023 y preemergencia O-I 2023), donde los tratamientos del bioherbicida aplicados con las dosis más altas T4 y T5 (9.0 y 12.0 L·ha⁻¹) secundaban al T6, en cuanto a la eficiencia en la supresión de la maleza o algún efecto sobre la maleza para las variables evaluadas en cada experimento (Cuadro 17 y Figura 18).

Cuadro 17. Variables de acumulación de materia vegetal en el experimento postemergente del ciclo O-I 2023, UAAAN.

Tratamientos	Variables			
	Peso (g)		Contenido de humedad (mL)	Biomasa (g·m ⁻²)
	Fresco	Seco		
T1	22.2 ab	3.5 ab	18.7 ab	74.8 ab
T2	30.8 ab	4.5 ab	26.2 ab	104.8 ab
T3	35.0 ab	7.1 ab	27.9 ab	111.6 ab
T4	44.5 a	6.8 a	37.7 a	150.9 a
T5	34.5 ab	5.1 a	29.4 ab	117.8 ab
T6	8.7 b	1.4 ab	7.2 b	29.2 b
Media General	29.3	4.7	24.5	98.2

T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. glifosato). Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

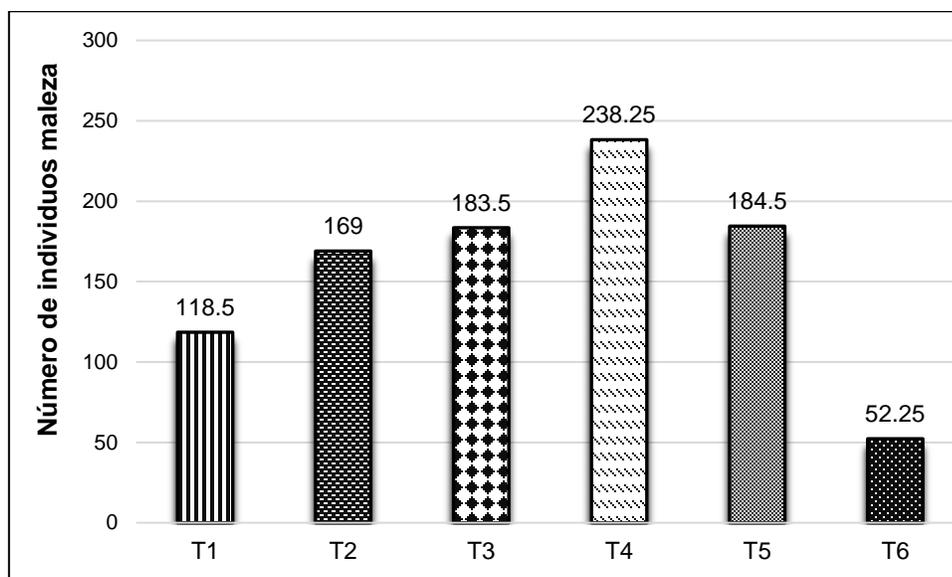


PF: peso fresco de la maleza; PS: peso seco de la maleza; CH: contenido de humedad en los tejidos de la maleza. Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 18. Comportamiento de las variables de acumulación de materia vegetal, en el experimento realizado con aplicaciones postemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.

En el experimento de postemergencia O-I 2023 no fue posible identificar las familias y especies de maleza, debido al tamaño de las plántulas, sin embargo, se pudo determinar que el 99 % de los individuos pertenecían a la familia Brassicaceae. Los conteos realizados fueron en la totalidad de las plántulas, por tratamiento y repetición. Se encontró que el T4 (6.0 L·ha⁻¹ del bioherbicida) encabezó al resto de los tratamientos, ya que presentó el mayor número de individuos con un promedio

de 238.25, seguido del T5 (12.0 L·ha⁻¹) con 184.5, posteriormente el T3 (6.0 L·ha⁻¹) con 183.5, continúa el T2 (3.0 L·ha⁻¹) que tuvo 169, y por último el T1 (testigo sin aplicación) en el que se reportó un promedio de 118.5 individuos de maleza y finalmente en el T6 (testigo químico, i. a. glifosato) reportó el promedio más bajo con 52.25 plántulas de maleza (Figura 19).



T1: tratamiento testigo sin aplicación; T2-5: tratamientos con bioherbicidas a las dosis de 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha⁻¹; T6: tratamiento testigo químico (i. a. glifosato). Letras iguales, significa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Figura 19. Número de individuos de maleza por tratamiento, presentes en el experimento con aplicaciones postemergentes en el ciclo O-I 2023, UAAAN.

Belz-Duke (2014) informa que la hormesis por causa de aplicaciones de herbicida es un mecanismo en el cual ocurre un efecto estimulante a un nivel subtóxico de un herbicida o una fitotoxina, la cual depende de la etapa de crecimiento de la planta, el estado fisiológico y las condiciones climáticas. Además, Hadacek (2011) reportó el fenómeno de hormesis con la fitotoxina juglona en un experimento donde se evaluaba la germinación de *Sinapsis alba* (Linnaeus, 1753) en donde dicha sustancia natural tiene un efecto bioherbicida. En los resultados de este experimento de postemergencia O-I 2023, fue muy fácil apreciar el fenómeno de hormesis, principalmente en el T4.

V. CONCLUSIONES

La formulación del bioherbicida a base de extractos vegetales al aplicarlo en el ciclo P-V de manera preemergente reduce en el número de individuos y daño hacia la maleza en la dosis de $12.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, ejerciendo fitotoxicidad especialmente a plantas de maleza de hoja angosta de la familia Poaceae. Mientras que al aplicarlo en postemergencia ninguna de las dosis del bioherbicida presentó efecto en la maleza.

En el ciclo O-I el prototipo de bioherbicida aplicado en preemergencia a una dosis de $9.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, afectó a la maleza en los primeros 3 días después de su aplicación, inhibiendo la emergencia de plántulas; mientras que en este ciclo en postemergencia no provocó ningún efecto

Las dosis de 12.0 y $9.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ del prototipo de bioherbicida, pueden ser prometedoras a largo plazo, para ser considerado dentro de una propuesta de manejo biorracional aplicado en preemergencia, en donde se disponga de los recursos necesarios para su aplicación.

Los factores climáticos influyeron en la eficacia del bioherbicida, así como también el fenómeno de hormesis.

VI. REFERENCIAS

- Andrés, J. P., & Hernando, M. R. (2018). Flora arvense de Navarra. Universidad Pública de Navarra/Nafarroako Unibertsitate Publikoa.
- Abu-Dieyeh, M. H. & Watson, A. K. (2009). Aumento de la eficacia y prolongación del período de aplicación efectivo de un bioherbicida granular para césped cubriéndolo con tela de yute. *Weed Technology*, 23: 524–530
- Agostinetto D. (2014). Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. *Planta Daninha*, 32: 31-38.
- Amaguaña R., F. J. & Churuchumbi R., E. F. (2018). Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. (Tesis de licenciatura). Pag. 84. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPSQT13324.pdf>
- Aslani, F., Juraimi, A. S., Ahmad-Hamdani, M. S., Omar, D., Alam, M. A., Hashemi, F. S. G., ... & Uddin, M. K. (2014). Efecto alelopático de extractos de metanol de *Tinospora tuberculata* en cultivos seleccionados y malezas de arroz. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sección B–Ciencia del suelo y las plantas*, 64 (2): 165-177.
- Bedmar, F., Eyherabide, J. & Satorre, E. H. (2002). Bases para el manejo de malezas. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja, 273-311.
- Belz, R. G., & Duke, S. O. (2014). Herbicides and plant hormones. *Pest management science*, 70(5), 698–707. <https://doi.org/10.1002/ps.3726>
- Cañamero P., E. (2023). Estructuras vegetales en climas extremos. El Desierto de Atacama. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España (Tesis doctorado).
- CEDRSSA. (2020). Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Uso de Herbicidas en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad De México. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Herbicidas.pdf>

- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. *Una revisión. Agronomía colombiana*, 26(1): 97-106.
- Collavo, A. (2008). Resistance to graminicides in monocotyledons weeds. Case studies of *Lolium spp.* And *Phalaris paradoxa* in Italy. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the Doctorate School of Crop Science. University of Padova. Italia. pag 176.
- Cruz-Ortiz, L. & Flores-Méndez, M. (2022). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados *in vitro*. *Informador técnico*, 86(1): 34-45.
- Dayan, F. A. & Stephen, O. D. (2020). Descubrimiento de nuevos sitios de acción de herbicidas mediante cuantificación de reservas de enzimas y metabolitos primarios de plantas. *Revista Elsevier*, 6: 509-514.
- Dayan, F. E. & Duke, S. O. (2014). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiology*, 166(3): 1090–1105. <https://doi.org/10.1104/pp.114.239061>
- De la Vega, M. (2013). Resistencia de malezas a herbicidas. *Revista Especial Malezas AAPRESID*: 29-34. https://www.aapresid.org.ar/wpcontent/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_0051.pdf
- Esperbent, C. (2015). Malezas: el desafío para el agro que viene. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(3): 235-240. ISSN: 0325-8718.
- Espinosa G., F. J. & Villaseñor J., L. (2017). Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88: 76-96. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.010>
- Esqueda E., V. A., Zita P., G. & Rosales R., E. (2016). Resistencia a Herbicidas. *Senasica*. 15 p. Recuperado de: <http://publico.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=19766&IdUrl=31603&objeto=Documento&IdObjetoBase=19766&down=true#:~:text=La%20resistencia%20a%20herbicidas%20se,ser%20susceptible%20a%20ser%20resistente.>

- Esqueda-Esquivel, V. A., Rosas-González, X. & Becerra-Leor, E. N. (2010). Evaluación de herbicidas residuales para el control de malezas en guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(1): 5-12
- Estrada J., A. B. & Díez C., A. D. (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (2° ed). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. 469-483.
- Farooq, M., Khaliq, A., Cheema, Z. & Cheema, S. (2013). Application of Allelopathy in Crop Production: Success Story from Pakistan. *Allelopathy: Current Trends and Future Applications*, 113-143.
- Figueroa, J. A. & Jaksic, F. M. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 201-215.
- Foles W., C. S., Oliveira K., C. L., Possamai A., C. S., Franz G., M. & Diple F., L. (2023). Tecnologías de resistência a herbicidas na soja (*Glicine max* L. Merrill): Revisão Bibliográfica. *Scientific Electronic Archives*, 16(6). <http://dx.doi.org/10.36560/16620231744>
- Gámez L., A., Hernández, M., Díaz, R. & Vargas, J. (2011). Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para producción de jojotos. *Agronomía tropical*, 61(2), 133-140.
- García M., A. M., Espinosa V., G., Acosta R., M., García M. A., Gastelum F., W. K. & García M., C. A. (2015). Estudio de efectividad biológica de Metribuzin en malezas en el cultivo de soja y el efecto de fitotoxicidad a diferentes dosis. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4(6), 1319-1324.
- Gaines, T. A., Duke, S. O., Morran, S., Rigon, C. A. G., Tranel, P. J., Küpper, A. & Dayan, F. E. (2020). Mechanisms of evolved herbicide resistance. *The Journal of biological chemistry*, 295(30): 10307–10330. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572>
- Gianessi L. P. (2013). The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest management science*, 69(10): 1099–1105. <https://doi.org/10.1002/ps.3598>

- Gómez J., J. C. (2013). Evaluación agroeconómica para el control de malezas de hoja ancha en el pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) en Finca Bet-El, Malacatán, San Marcos. Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 79 p. <https://www.cytconoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Gomez-Juarez-Julio-Cesar-2013.pdf>
- Guevara G., J., Narváez F., C., Marín N., A., Gutiérrez L., J. & Troncoso T., C. (2019). Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras. *Scientia Agropecuaria*, 10(4): 497-503.
- Guglielmini, A. C., Ghera, C. M. & Satorre, E. H. (2007). Co-evolution of domesticated crops and associated weeds. *Ecología austral*, 17(1): 167-178
- Guzmán, M. & Martínez O., M. J. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1): 68–76. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v6i1.485>
- Gutiérrez L., E. G. (2023). Comparación en el control de la maleza por efecto de bioherbicidas y herbicidas sintéticos convencionales en el cultivo de maíz *Zea Mays* L. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología (Tesis Licenciatura).
- Hadacek, F., Bachmann, G., Engelmeier, D. & Chobot, V. (2011). Hormesis and a chemical raison d'être for secondary plant metabolites. *Dose-response*, 9(1), dose-response.
- Heap, I. M. (2021). Global increase in unique resistant cases. [sin lugar]: [sin editorial]; actualizado el 30 de jun. de 2021. <http://www.weedscience.org/Pages/FAQ.aspx>
- Hoyos, V., Martínez, M. J. & Plaza, G. (2015). Malezas asociadas a los cultivos de cítricos, guayaba, maracuyá y piña en el Departamento del Meta, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2): 247-258.
- Intagri. 2017. Período Crítico de Competencia en los Cultivos. *In*: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/periodo-critico-de-competencia-en-los-cultivos> (Fecha de consulta: 06 de junio del 2023).

- Irshad, A. & Cheema, Z. A. (2004). Influence of some plant water extracts on the germination and seedling growth of barnyard grass (*Echinochola crus-galli* (L.) Beauv). *Biological Sciences-PJSIR*, 47(3): 222-226.
- Jangre, N., Omesh, T., Gupta, C. & Pandey, P. (2018). Revisión sobre herbicidas de pre y post emergencia contra malezas, Atributos del rendimiento y rendimiento de cebolla. *Revista internacional de microbiología actual y ciencias aplicadas*, 04(7): 1222-1230. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.136>
- Jalal, A., de Oliveira-Junior, J. C., Ribeiro, J. S., Fernandes, G. C., Mariano, G. G., Trindade, V. D. R. & Dos Reis, A. R. (2021). Hormesis in plants: physiological and biochemical responses. *Ecotoxicology and environmental safety*, 207: 111225.
- Labrada, R., Caseley, J. C. & Parker, C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo (Vol. 120). Food & Agriculture Organization (FAO).
- Labrada, R. & Parker, C. (1996). Capítulo 1. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. En: *Manejo de malezas para países en desarrollo (Vol. 120)*. Food & Agriculture Organization (FAO).
- Ladio, A. H. (2005). Malezas exóticas comestibles y medicinales utilizadas en poblaciones del Noroeste patagónico: aspectos etnobotánicos y ecológicos. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 4: 11-17.
- Lee, S. M, Radhakrishnan, R., Kang, S. M., Kim, J. H., Lee, I. Y., Moon, B. K., ... & Lee, I. J. (2015). Mecanismos fitotóxicos de extractos de semillas de pepino en lechuga con especial referencia al análisis de proteínas de cloroplastos, fitohormonas y elementos nutricionales. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122: 230-237.
- Liebman, M., Moler, C. I. & Staver, C. P. (2001). Ecological Management of Agricultural Weeds. Cambridge. United Kingdom.
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M. D. R., González-Gallegos, J. G., ... & Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. *Botanical Sciences*, 95(4): 780-806.

- Magdaleno M., C. (2024). Valorización de Extractos Vegetales como una Alternativa al Control Químico y Manejo de la Maleza en el Cultivo de la Calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. "Grey Zucchini"). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología (Tesis Licenciatura), 67 p.
- Menalled, F. D. (2010). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5: 73-78.
- Morales, J., Ángel, M., Esquer L., M. T., Ayala J., A. C., Cota F., I. P. & Gracia A., B. (2024). Evaluación de acolchados y herbicidas orgánicos para el manejo de enfermedades en el Valle del Yaqui, Sonora, México. *Revista Brasileña de Investigaciones Animales y Ambientales*, 7(3): e71886. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n3-047>
- Mortimer, A. M. (1990). The biology of weeds. En: R. J. Hance & K. Holly (Eds.), *Weed control handbook: Principles*, 8: 1-42. ISBN 0-632-02459-3
- Mortimer, A. M. (2003). Clasificación y biología de las malezas. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*. Manejo de malezas para países en desarrollo, Capítulo 2.
- Murguía, M. & Villaseñor, J. L. (1996). *GENCOMEX. Versión 1.0. Policlave para la identificación de los géneros de Compositae presentes en México*. D. F., México: Asociación de Biólogos Amigos de la Computación, A. C./Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Fecha de consulta: 5 de septiembre del 2024).
- Muñoz, F. R. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie de informes técnicos IRET, (44). Universidad Nacional de Costa Rica (Fecha de consulta: 10 de octubre del 2024).
- Navarro, M. A. (2018). Complejo de malezas predominante en áreas de arroz de riego y secano en panamá. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en panamá, 87.
- Opender, K. (2023). Development and Commercialization of Biopesticides: Costs and Benefits. *Elsevier Science*.

- Papa, J. C. & Tuesca, D. (2013). Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo Argentina: origen y alternativas de manejo. *Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables*, 59-74.
- Pardo del Campo., F. (2013). Un cambio a la resistencia: La rotación de herbicidas como herramienta frente a la resistencia de las malezas en arroz es la única forma de asegurar costos de control de las malezas bajos y efectivos. *Agricultura*. Pág. 1-2. (Fecha de consulta: 24 de julio del 2023). <https://www.anasac.cl/agropecuario/wp-content/uploads/Rotacion-de-herbicidas-en-arroz.pdf>
- Portuguez-García, M. P., Agüero-Alvarado, R. & González-Lutz, M. I. (2021). Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses. *Agronomy Mesoamerican*, 991-999. <https://doi:10.15517/am.v32i3.41394>
- Powles, S. B. & Preston, C. (2020). Herbicide Cross Resistance and Multiple Resistance in Plants. HRAC, 1–19. <https://hracglobal.com/files/Herbicide-Cross-Resistance-and-Multiple-Resistance-in-Plants.pdf>
- Rivero, L. E., García, J., Páez, Y., García, Y., Rodríguez, E. & Llanes, P. (2002). Mezclas de herbicidas preemergentes y postemergentes para el control de malezas en arroz. *Revista de Protección Vegetal*, 17(3).
- Ramezani, S., Saharkhiz, M. J., Ramezani, F. & Fotokian, M. H. (2008). Use of essential oils as bioherbicides. *Journal of Essential oil bearing Plants*, 11(3): 319-327.
- Raveau, R., Fontaine, J. & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2020). Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A review. *Foods*, 9(3): 365.
- Rodríguez, J. I., Paz, O. & Verdecia, J. (1983). Estudio de posibles agentes de diseminación de semillas de malas hierbas. *Centro Agrícola*, 10(1).
- Romagnoli, M. V., Tuesca, D. & Permingeat, H. R. (2013). Caracterización de la resistencia de *Amaranthus quitensis* a tres familias de herbicidas. *Ecología austral*, 23(2): 119-125.

- Rosales R., E. (2022). Clasificación de herbicidas por su modo y mecanismo de acción. "Manejo de resistencia de plaguicidas para el control de plagas agrícolas". <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Herbicidas.pdf>
- Rosales R., E. & de la Cruz R., S. (2006). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. SAGARPA. (Fecha de consulta: 1 de octubre del 2024). https://www.academia.edu/download/38373103/Clasificacion_uso_herbicidas_enrique_robles_valentin_esqueda.pdf
- SAGARPA (2013). Manual operativo de la campaña contra malezas reglamentadas. SENASICA. (Fecha de consulta: 08 de junio del 2023). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108116/Manual_Operativo.pdf
- Schilder, A. (2008). Efecto del pH del agua en la estabilidad de los pesticidas. Extensión de la Universidad Estatal de Michigan: East Lansing, MI, EE. UU.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (2020): Glifosato, el pesticida más peligroso del mundo. <https://www.gob.mx/semarnat/videos/glifosato-el-pesticida-mas-peligroso-del-mundo>
- Sepeda, J. L. & Sutovsky, S. (2020). *Usos y costumbres del fuego para desmalezar* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo. Instituto Universitario de Seguridad Pública).
- Shaul, O. (2002). Transporte y función del magnesio en las plantas: la punta del iceberg. *Biometals*, 15: 307-321.
- Sierra-Muñoz, J. C., Siqueiros-Delgado, M. E., Flores-Ancira, E., Moreno-Rico, O. & Arredondo-Figueroa, J. L. (2015). Riqueza y distribución de la familia Solanaceae en el estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 93(1): 97-117.
- Silverstein, R., Webster, F. X., Kiemle, D. J., Bryce, D. & Wiley, L. (2007). Spectrometric identification of organic compounds.
- Sogamoso-González, D. S., Aponte-Rodríguez, J. A. & Solaque-Guzmán, L. E. (2015). Integración de la mecatrónica al desarrollo de la agricultura de precisión aplicada al control mecánico de maleza. Facultad de Ingeniería

- Mecatrónica. Universidad Militar Nueva Granada *Memorias*. Recuperado a partir de: <https://revistas.eia.edu.co/index.php/mem/article/view/842>
- Soria, M., Taylor, U., Tye, A. & Wilkinson, S. R. (2002). Manual de identificación y manejo de malezas en Galápagos. Charles Darwin Research Station, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. 66 pp.
- Soto, G. O. (2008). Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. *CIENCIA-UANL*, 11(1): 12.
- Statista. (2022). ¿Qué países europeos utilizan más pesticidas? <https://es.statista.com/grafico/28391/nivel-de-uso-de-plaguicidas-en-los-paises-europeos-en-kilogramos-por-hectarea-de-tierra-agricola/> (Fecha de consulta: 07 de junio del 2023).
- Sunshine F., D. R. (2013). Estudio de la biología de las malezas. *Revista Vinculando*. <https://vinculando.org/ecologia/estudio-de-la-biologia-de-las-malezas.html>
- Torra, J., Recasens, J., Gonzalez, I. & Montull, J. M. (2022). Nuevos mecanismos de acción herbicida y actualización de su sistema de clasificación. *Phytoma España*, 336: 45-50.
- Vargas R., C., Sánchez L., G. & Jiménez M., P. (2014). La producción de metabolitos secundarios en la familia Brassicaceae. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 9(2): 282–305. <https://doi.org/10.18359/rfcb.388>
- Vargas-Hernández, M., Macias-Bobadilla, I., Guevara-González, R. G., Romero-Gómez, S. de J., Rico-García, E., Ocampo-Velázquez, R. V., Álvarez-Arquieta, L. de L. & Torres-Pacheco, I. (2017). Manejo de la hormesis de plantas con bioestimulantes de origen biótico en la agricultura. *Frontiers in Plant Science*, 8:1762. doi: 10.3389/fpls.2017.01762
- Villarreal Q., J. A. (1983) Malezas de Buenavista Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ISBN 968-844-000-0
- Villaseñor J., L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3): 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

- Villaseñor J., L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2): 332-358.
- Webster, T., S. Culpepper y C. Johnson. 2003. Response of squash and cucumber cultivars to halosulfuron. *Weed Technology* 17(1): 173-176.
- Wiley, S. B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*.
- WSSA, Weed Science Society of America. (2020): Summary of Herbicide Mechanism of Action According to the Weed Science Society of America. <file:///F:/Downloads/WSSA-Mechanism-of-Action.pdf>
- Zamilpa, J., Schwentesius R., R. & Ayala O., D. A. (2016). Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica. *Acta Universitaria*, 26(2): 20-29. doi: 10.15174/ au.2016.854
- Zita P. G. (s/f). *Biología y ecología de la maleza*. Universidad Nacional Autónoma de México. (Fecha de consulta: 05 de junio del 2023).

VII. ANEXOS

7.1. Resultados del análisis de suelo



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
 Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
 www.fertilab.com.mx

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición

FOR-PO-01
 Emisión: 2023-05-29
 Revisión: 03



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO FOLIO: SU-214063

Producto:	CENTRO INTERNACIONAL DE SERVICIOS FITOSANITARIOS	Tipo de agricultura:	NA
Correo Productor:		Cultivo a Establecer:	NA
Localización muestra:	Na, N/a, No Proporciono	Prof. Muestra:	NA cm
Coordenadas:	ND, ND	Peso Muestra:	1524
Predio / ID:	Nd / Uaaan 0 Dias 1kg Mezclado M5	Fecha de recepción:	2023/10/05
Cliente:	CICEF	Fecha de ejecución:	2023/10/05
Correo Cliente:	gerencia@ciseflab.com.mx	Fecha de emisión:	2023/10/09

Clase Textural	Franco		
¹ Punto de Saturación	46.0 %	Mod.	Alto
¹ Capacidad de Campo	24.5 %	Mod.	Alto
¹ Punto March. Perm.	14.6 %	Mod.	Alto
¹ Cond. Hidráulica	3.40 cm/h	Mediano	
¹ Dens. Aparente	0.89 g/cm ³		

¹ pH (1:2 agua)	8.39	Alcalino
¹ pH Buffer	NA	
¹ Carbonatos Totales (%)	77.3 %	Muy Alto
¹ Salinidad (CE Extracto)	1.25 dS/m	Mod. Bajo
Requerimiento de Yeso	No Requiere	
Requerimiento de Cal	No Requiere	

Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ MO	3.78	%	[Bar chart showing high value]						
¹ P-Olsen	72.4	ppm	[Bar chart showing high value]						
² K	690	ppm	[Bar chart showing high value]						
² Ca	3631	ppm	[Bar chart showing high value]						
² Mg	371	ppm	[Bar chart showing high value]						
² Na*	63.8	ppm	[Bar chart showing low value]						
² Fe	2.08	ppm	[Bar chart showing low value]						
² Zn	8.72	ppm	[Bar chart showing high value]						
² Mn	5.17	ppm	[Bar chart showing high value]						
² Cu	0.63	ppm	[Bar chart showing high value]						
¹ B	2.53	ppm	[Bar chart showing high value]						
¹ S	16.0	ppm	[Bar chart showing high value]						
¹ N-NO ₃	60.1	ppm	[Bar chart showing high value]						

	Muy Alto	Alto	Mod. Alto	Medio	Mod. Bajo	Bajo	Muy Bajo
% Sat	78.0	13.1	7.63	1.21	NA	NA	
me/100g	18.1	3.05	1.77	0.28	NA	NA	23.2
Catiòn	Ca	Mg	K	Na*	Al*	H*	CIC

Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	10.3	1.73	12.0	5.93
Interpretación	Mediano	Bajo	Bajo	Mediano

* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

PND = Pendiente por verificar NA = No analizado ND = Sin datos

Realizó

Jessica Yolanda Cadena

Signatario

Aprobó

David Maldonado Romero

Jefe de laboratorio

Realizó

Brenda Selene Ramirez

Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentra en sus instalaciones.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
 Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
 www.fertilab.com.mx

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición

FOR-PO-01
 Emisión: Oct-2019



No. de Certificación: ER-0223/2020,
 ISO 9001:2015

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS FOLIO: SU-214063

- 1 Parametro no acreditado.
- 2 Resultado reportado de acuerdo al método determinación de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) en suelo por extracción con acetato de amonio por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-45
- 3 Resultado reportado de acuerdo al método determinación de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) en suelo por extracción con DTPA y Sorbitol por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-46
- 4 Escala de interpretacion de acuerdo al manual de interpretacion de analisis de suelos y aguas con ISBN:03-2015-042709572100-01.

Interpretación Resumida del Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo
<p>Suelo con pH alcalino. Suelo de textura media. Extremadamente calcareo. Alto nivel de materia organica. Muy alto suministro de fosforo disponible. Alto suministro de potasio. Suministro considerable de nitrogeno inorganico.</p> <p>En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes: Muy bajo en hierro disponible. Elevado suministro de zinc. Moderadamente bajo en manganeso. Moderadamente bajo en cobre. Alto suministro de boro.</p>

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial; queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

7.2. Reporte de degradación del bioherbicida en los suelos

Detección de residuos del Bioarvex Control en el suelo

Espectroscopia de Infrarrojo FTIR-(ATR)

El análisis de identificación cualitativa de los grupos funcionales del bioherbicida presentes en el suelo después de su aplicación, se realizó mediante espectroscopia de FTIR-(ATR), para esta prueba se uso un espectrofotómetro IR Spectrum, GX-Perkin-Elmer, empleando la técnica de Reflexión Total Atenuada (ATR) con un aditamento de punta de diamante, con 32 scans en un rango de 4,000 a 600·cm⁻¹. Se trabajó con diferentes suelos de los diferentes sitios experimentales, donde se probó el bioherbicida en condiciones de campo en la república mexicana, este estudio cualitativo fue llevado a cabo con la finalidad de identificar la presencia de los enlaces más representativos y característicos de los diferentes grupos funcionales orgánicos del bioherbicida en la formulación, es importante destacar que el estudio se realizó de forma cualitativa, donde se analizaron diferentes suelos, así como diferentes dosis del producto, tiempos y periodos.

Se llevó a cabo el análisis con suelo recolectado al día 0 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, donde se encontraron bandas de absorbancia en 3,362·cm⁻¹, indicativo de los enlaces O-H, así mismo, se presentaron bandas en 1,412·cm⁻¹ correspondiente a los enlaces C-H, en 1,007·cm⁻¹ se presentan los C-O, y en 872·cm⁻¹ se presente las sustituciones en anillo aromático (Silverstein *et al.*, 2007; Wiley, 2004) (Figura 20).

UAAAN 0 días

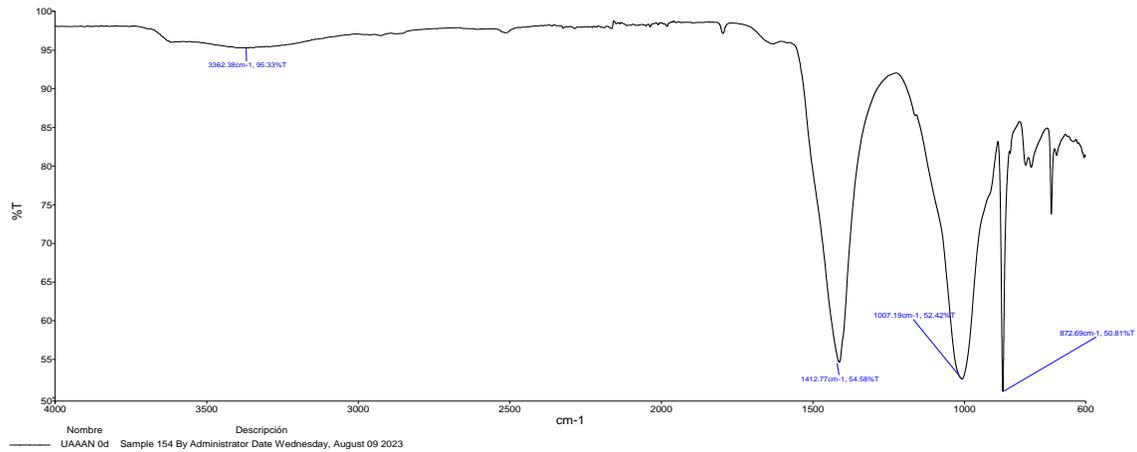


Figura 20. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo al 0 día en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Después de 30 días de aplicado el bioherbicida, se destaca que se presentan las mismas bandas de absorción, lo que indica que no se presentan residuos del herbicida (Figura 21).

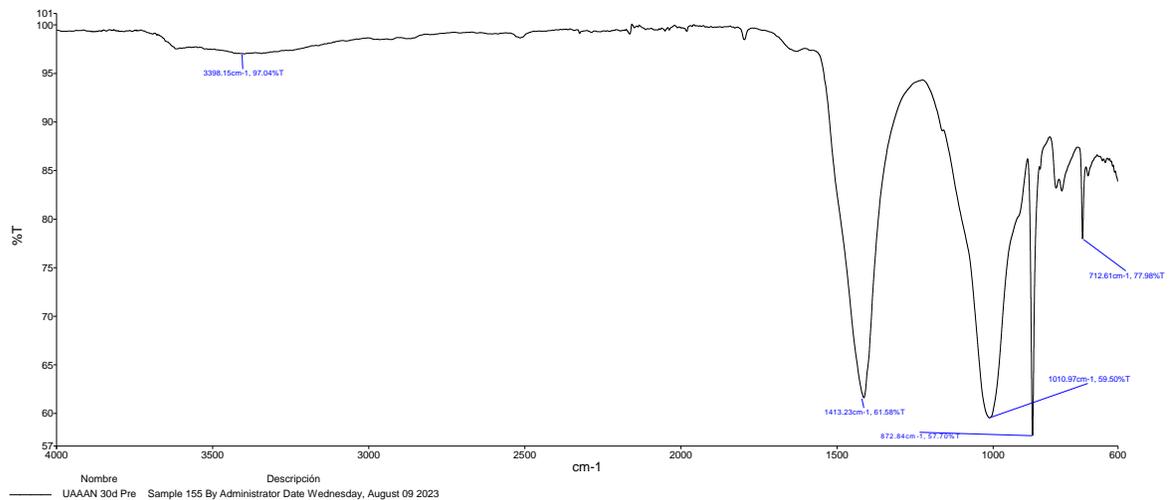


Figura 21. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo recolectada al día 30 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

7.3. Variables climatológicas por día

- Mes de junio, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	28.9	17.4	23.2	11.5	0.0	63	30	47	36.7	11.2	ESE
2	27.8	17.1	22.5	10.7	0.0	72	34	53	35.6	10.8	E
3	29.0	18.3	23.7	10.7	0.0	67	32	50	40.3	11.5	SE
4	30.9	19.6	25.3	11.3	0.0	61	25	43	41.0	13.0	SE
5	32.0	19.2	25.6	12.8	0.0	62	21	42	40.7	12.2	SE
6	31.8	19.7	25.8	12.1	0.0	65	25	45	42.8	13.7	SE
7	32.1	21.0	26.6	11.1	0.0	51	24	38	41.8	14.0	SSE
8	31.2	20.7	26.0	10.5	0.0	49	13	31	35.3	12.2	E
9	31.7	21.6	26.7	10.1	0.6	48	24	36	47.2	13.7	SSE
10	33.2	21.5	27.4	11.7	0.0	51	19	35	41.8	10.8	SSE
11	32.1	21.6	26.9	10.5	0.0	51	24	38	49.3	12.2	SE
12	30.3	20.8	25.6	9.5	0.0	65	30	48	41.8	12.2	SE
13	29.9	19.6	24.7	10.4	0.1	75	26	51	35.3	11.5	SSE
14	28.1	19.1	23.6	9.0	1.3	77	36	57	37.1	10.8	SSE
15	26.7	16.6	21.7	10.1	2.4	93	44	69	35.3	9.0	SSE
16	26.7	15.6	21.2	11.1	11.3	86	40	63	70.9	9.7	SSE
17	29.2	16.6	22.9	12.6	1.5	72	30	51	41.0	10.1	SE
18	28.3	18.8	23.6	9.5	0.0	61	32	47	35.3	10.1	SSE
19	27.4	20.1	23.8	7.3	0.0	56	30	43	32.8	10.8	ESE
20	26.8	16.3	21.6	10.5	9.2	94	32	63	34.6	9.7	SE
21	25.5	13.2	19.4	12.3	0.0	87	38	63	43.9	10.8	SSE
22	21.5	15.9	18.7	5.6	0.0	100	58	79	43.9	9.0	E
23	23.7	14.2	19.0	9.5	0.0	100	53	77	32.8	7.9	E
24	26.2	14.8	20.5	11.4	0.0	100	43	72	34.9	8.3	E
25	26.7	14.8	20.8	11.9	0.0	73	40	57	46.1	11.2	E
26	25.8	14.4	20.1	11.4	0.0	99	41	70	41.4	10.4	E
27	25.2	17.3	21.3	7.9	0.0	79	44	62	39.2	7.6	ESE
28	28.1	14.8	21.5	13.3	0.0	68	26	47	45.7	10.1	ESE
29	27.2	17.4	22.3	9.8	2.0	97	33	65	41.76	10.4	ESE
30											
31											
TOTAL	824.0	518.0	671.0	306.0	28.4	2122	947	1535	1186.2	315.0	SSE
MEDIA	28.4	17.9	23.1	10.6	11.3	100	58	79	70.9	14.0	0.0

- Mes de julio, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	28.4	18.4	23.4	10.0	0.0	100	44	72	41.8	8.6	SSE
2	26.4	17.0	21.7	9.4	7.4	100	52	76	47.2	7.6	SE
3	26.1	16.6	21.4	9.5	1.7	100	45	73	37.1	8.6	SE
4	28.7	16.0	22.4	12.7	0.0	100	38	69	44.6	8.6	SSE
5	28.1	16.9	22.5	11.2	0.0	82	34	58	37.4	11.2	SE
6	28.4	16.4	22.4	12.0	0.0	100	41	71	47.5	9.4	SSE
7	27.2	15.9	21.6	11.3	0.6	95	43	69	34.2	10.1	SE
8	28.7	16.5	22.6	12.2	13.2	100	37	69	42.1	8.6	SSE
9	30.2	19.0	24.6	11.2	0.0	87	35	61	33.5	11.2	SSE
10	30.5	18.9	24.7	11.6	0.0	77	33	55	34.6	11.2	SSE
11	31.5	19.5	25.5	12.0	0.2	72	27	50	60.8	11.5	S
12	33.1	18.6	25.9	14.5	0.0	71	20	46	38.9	13.0	S
13	32.9	20.7	26.8	12.2	0.0	57	20	39	40.0	12.2	SE
14	33.3	20.4	26.9	12.9	0.0	57	17	37	36.7	11.9	S
15	32.3	19.5	25.9	12.8	0.0	60	22	41	36.0	14.8	SE
16	31.3	20.4	25.9	10.9	0.0	46	17	32	32.8	10.4	SSE
17	30.7	18.7	24.7	12.0	0.0	47	17	32	42.8	13.0	SSE
18	31.6	19.5	25.6	12.1	0.0	49	23	36	43.2	13.0	SSE
19	32.3	19.9	26.1	12.4	1.1	61	18	40	40.0	11.5	SE
20	31.8	20.1	26.0	11.7	0.0	56	19	38	70.2	12.6	ESE
21	31.2	18.4	24.8	12.8	0.0	59	21	40	38.9	13.0	SSE
22	28.0	17.7	22.9	10.3	0.0	64	32	48	42.1	9.4	SE
23	29.0	16.9	23.0	12.1	1.1	72	36	54	39.6	10.4	SE
24	27.2	14.7	21.0	12.5	0.9	97	43	70	38.5	9.7	SE
25	28.5	15.4	22.0	13.1	2.2	100	37	69	43.6	10.1	SE
26	29.8	16.3	23.1	13.5	6.9	100	24	62	37.4	8.6	SSE
27	28.1	17.6	22.9	10.5	4.1	66	30	48	54.4	12.2	ESE
28	29.0	15.7	22.4	13.3	4.2	77	20	49	34.2	11.2	SSE
29	27.0	15.9	21.5	11.1	0.0	77	34	56	32.8	10.4	SE
30	28.2	16.4	22.3	11.8	0.0	70	35	53	33.8	9.0	SSE
31	29.1	18.5	23.8	10.6	0.0	69	33	51	34.9	9.7	SE
TOTAL	918.6	552.4	735.5	366.2	43.6	2368	947	1658	1271.6	332.7	SSE
MEDIA	29.6	17.8	23.7	11.8	13.2	100	52	76	70.2	14.8	

- Mes de agosto, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	28.9	17.4	23.2	11.5	0.0	63	30	47	36.7	11.2	ESE
2	27.8	17.1	22.5	10.7	0.0	72	34	53	35.6	10.8	E
3	29.0	18.3	23.7	10.7	0.0	67	32	50	40.3	11.5	SE
4	30.9	19.6	25.3	11.3	0.0	61	25	43	41.0	13.0	SE
5	32.0	19.2	25.6	12.8	0.0	62	21	42	40.7	12.2	SE
6	31.8	19.7	25.8	12.1	0.0	65	25	45	42.8	13.7	SE
7	32.1	21.0	26.6	11.1	0.0	51	24	38	41.8	14.0	SSE
8	31.2	20.7	26.0	10.5	0.0	49	13	31	35.3	12.2	E
9	31.7	21.6	26.7	10.1	0.6	48	24	36	47.2	13.7	SSE
10	33.2	21.5	27.4	11.7	0.0	51	19	35	41.8	10.8	SSE
11	32.1	21.6	26.9	10.5	0.0	51	24	38	49.3	12.2	SE
12	30.3	20.8	25.6	9.5	0.0	65	30	48	41.8	12.2	SE
13	29.9	19.6	24.7	10.4	0.1	75	26	51	35.3	11.5	SSE
14	28.1	19.1	23.6	9.0	1.3	77	36	57	37.1	10.8	SSE
15	26.7	16.6	21.7	10.1	2.4	93	44	69	35.3	9.0	SSE
16	26.7	15.6	21.2	11.1	11.3	86	40	63	70.9	9.7	SSE
17	29.2	16.6	22.9	12.6	1.5	72	30	51	41.0	10.1	SE
18	28.3	18.8	23.6	9.5	0.0	61	32	47	35.3	10.1	SSE
19	27.4	20.1	23.8	7.3	0.0	56	30	43	32.8	10.8	ESE
20	26.8	16.3	21.6	10.5	9.2	94	32	63	34.6	9.7	SE
21	25.5	13.2	19.4	12.3	0.0	87	38	63	43.9	10.8	SSE
22	21.5	15.9	18.7	5.6	0.0	100	58	79	43.9	9.0	E
23	23.7	14.2	19.0	9.5	0.0	100	53	77	32.8	7.9	E
24	26.2	14.8	20.5	11.4	0.0	100	43	72	34.9	8.3	E
25	26.7	14.8	20.8	11.9	0.0	73	40	57	46.1	11.2	E
26	25.8	14.4	20.1	11.4	0.0	99	41	70	41.4	10.4	E
27	25.2	17.3	21.3	7.9	0.0	79	44	62	39.2	7.6	ESE
28	28.1	14.8	21.5	13.3	0.0	68	26	47	45.7	10.1	ESE
29	27.2	17.4	22.3	9.8	2.0	97	33	65	41.76	10.4	ESE
30											
31											
TOTAL	824.0	518.0	671.0	306.0	28.4	2122	947	1535	1186.2	315.0	SSE
MEDIA	28.4	17.9	23.1	10.6	11.3	100	58	79	70.9	14.0	0.0

- Mes de septiembre, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	28.5	16.4	22.5	12.1	0.0	58	26	42	42.1	9.7	SE
2	27.1	14.8	21.0	12.3	0.0	72	27	50	38.2	9.0	ESE
3	30.1	14.8	22.5	15.3	0.0	69	25	47	32.8	8.6	SSE
4	31.0	18.0	24.5	13.0	0.0	68	30	49	36.4	10.1	SSE
5	32.5	19.1	25.8	13.4	0.0	64	13	39	43.9	121.0	SE
6	28.5	18.8	23.7	9.7	0.0	53	23	38	38.5	11.9	SE
7	28.1	18.0	23.1	10.1	0.4	82	42	62	42.5	9.0	SE
8	29.9	17.6	23.8	12.3	0.0	82	34	58	39.2	14.0	SE
9	30.4	16.3	23.4	14.1	0.0	84	23	54	44.6	11.5	SE
10	30.7	18.2	24.5	12.5	0.0	51	23	37	45.7	10.4	SSE
11	30.1	16.7	23.4	13.4	0.0	53	13	33	37.8	11.9	SE
12	28.2	18.0	23.1	10.2	0.0	54	30	42	32.0	10.8	ESE
13	29.6	16.2	22.9	13.4	0.0	65	31	48	38.5	10.1	SSE
14	28.8	16.9	22.9	11.9	0.0	68	29	49	36.7	7.2	SE
15	28.1	18.6	23.4	9.5	5.2	76	34	55	47.9	10.4	SSE
16	27.1	16.8	22.0	10.3	15.6	100	39	70	63.7	7.9	SE
17	22.4	16.0	19.2	6.4	6.5	100	52	76	31.3	6.8	SE
18	23.7	14.9	19.3	8.8	0.0	100	49	75	28.4	2.9	ESE
19	26.5	15.1	20.8	11.4	0.0	81	31	56	38.9	6.1	ESE
20	29.0	17.1	23.1	11.9	0.0	65	21	43	43.9	10.1	E
21	28.1	17.4	22.8	10.7	0.0	61	18	40	34.2	6.1	ESE
22	29.3	16.6	23.0	12.7	0.0	65	25	45	32.0	5.0	ESE
23	30.3	17.0	23.7	13.3	0.0	69	21	45	42.8	7.2	ESE
24	30.7	19.3	25.0	11.4	0.0	55	20	38	41.4	11.9	ESE
25	29.2	19.3	24.3	9.9	0.0	63	29	46	37.4	11.5	E
26	26.6	16.3	21.5	10.3	0.0	82	39	61	32.8	9.0	E
27	26.1	14.8	20.5	11.3	0.0	73	35	54	37.4	9.4	ESE
28	25.7	14.7	20.2	11.0	0.0	73	27	50	34.9	9.4	ESE
29											
30											
31											
TOTAL	796.3	473.7	635.0	322.6	27.7	1986	809	1398	1095.9	368.9	ESE
MEDIA	28.4	16.9	22.7	11.5	15.6	100	52	76	63.7	121.0	

- Mes de octubre, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	25.1	15.2	20.2	9.9	0.0	89	48	69	9.7	19.8	ESE
2	26.0	15.4	20.7	10.6	0.0	98	45	72	8.6	17.6	ESE
3	28.1	17.5	22.8	10.6	0.0	62	39	51	9.7	4.0	E
4	27.5	18.0	22.8	9.5	0.0	99	41	70	9.7	31.0	SSE
5	26.2	18.6	22.4	7.6	17.3	81	44	63	10.8	39.6	ESE
6	13.0	12.9	13.0	0.1	9.9	100	0	50	9.7	30.6	NE
7	9.7	9.3	9.5	0.4	12.9	74	72	73	9.7	30.2	NNE
8	12.2	12.2	12.2	0.0	11.6	62	62	62	3.2	11.5	SE
9	19.8	13.4	16.6	6.4	0.5	100	64	82	6.5	20.9	SSE
10	15.4	12.1	13.8	3.3	20.1	100	50	75	5.0	22.3	S
11	20.8	12.6	16.7	8.2	2.6	100	56	78	7.2	23.0	SE
12	26.2	15.3	20.8	10.9	0.0	80	34	57	11.5	26.3	SW
13	27.2	18.2	22.7	9.0	0.0	100	33	67	10.1	35.3	E
14	20.8	15.1	18.0	5.7	0.2	100	72	86	7.2	28.8	ENE
15	14.3	12.0	13.2	2.3	0.0	100	56	78	6.1	21.6	ENE
16	16.5	9.0	12.8	7.5	0.0	100	57	79	8.3	27.4	NE
17	20.1	6.7	13.4	13.4	0.0	85	25	55	7.6	22.3	SE
18	24.5	11.2	17.9	13.3	0.0	58	18	38	9.4	30.2	SE
19	23.8	12.4	18.1	11.4	0.0	53	21	37	10.8	36.0	SE
20	24.6	11.6	18.1	13.0	0.0	65	23	44	7.6	27.7	ESE
21	26.4	12.8	19.6	13.6	0.0	65	19	42	9.4	28.1	SE
22	26.9	14.3	20.6	12.6	0.0	100	24	62	9.4	32.4	SE
23	27.2	14.7	21.0	12.5	0.0	100	24	62	11.9	45.4	SSE
24	27.0	14.5	20.8	12.5	0.0	100	29	65	12.6	46.1	S
25	25.2	17.0	21.1	8.2	0.0	100	44	72	17.3	6.1	WSW
26	23.2	16.2	19.7	7.0	1.2	100	53	77	6.5	24.1	SE
27	23.1	16.9	20.0	6.2	5.1	100	66	83	5.8	29.5	SE
28	26.8	15.4	21.1	11.4	0.0	97	31	64	9.4	33.5	SE
29	27.1	15.4	21.3	11.7	0.0	100	39	70	11.2	36.4	SE
30	17.2	16.9	17.1	0.3	0.3	100	100	100	9.4	25.9	NNE
31											
TOTAL	671.9	422.8	547.4	249.1	81.7	2668	1289	1979	271.3	813.6	SE
MEDIA	22.4	14.1	18.2	8.3	20.1	100	100	100	17.3	46.1	

- Mes de noviembre, 2023

DIA	TEMPERATURA				AGUA	HUMEDAD			VIENTO		
	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUVIA mm.	MAX.	MIN.	MED. %	MAX. KPH	MIN. KPH	DIRECC.
1	11.4	1.4	6.4	10.0	0.0	92	39	66	23.4	7.2	E
2	20.3	3.8	12.1	16.5	0.0	83	33	58	39.2	11.2	SE
3	21.6	9.6	15.6	12.0	0.0	62	28	45	27.7	9.7	SE
4	22.6	11.5	17.1	11.1	0.0	64	19	42	27.4	10.1	ESE
5	21.3	10.7	16.0	10.6	0.0	71	25	48	29.5	10.1	ESE
6	23.7	10.6	17.2	13.1	0.0	64	25	45	28.4	9.0	ESE
7	24.4	13.6	19.0	10.8	0.0	58	19	39	22.0	9.0	SE
8	28.2	15.2	21.7	13.0	0.0	39	15	27	25.9	9.4	SE
9	21.5	15.5	18.5	6.0	0.0	78	35	57	25.2	8.3	SE
10	15.3	15.3	15.3	0.0	7.7	90	4	47	21.6	5.8	NE
11					28.8				25.2	5.4	E
12											
13	13.8	12.0	12.9	1.8	8.5	100	0	50	20.5	6.1	E
14	12.9	11.7	12.3	1.2	0.6	100	0	50	16.6	4.3	E
15	18.9	10.1	14.5	8.8	0.0	100	0	50	22.3	6.8	SE
16	22.2	8.5	15.4	13.7	0.0	96	0	48	20.2	7.2	SE
17	23.5	10.7	17.1	12.8	0.0	55	15	35	25.2	7.9	SSE
18	24.2	11.1	17.7	13.1	0.0	85	30	58	24.8	6.8	SSE
19	27.3	17.2	22.3	10.1	0.0	59	27	43	34.2	14.5	SSW
20	25.3	12.6	19.0	12.7	0.0	96	12	54	39.2	12.2	SSW
21	11.8	-0.8	5.5	12.6	0.3	100	60	80	33.5	13.0	NNE
22	5.4	2.8	4.1	2.6	0.2	96	72	84	27.4	9.0	ENE
23	15.8	3.7	9.8	12.1	1.5	99	41	70	39.2	11.4	S
24	20.6	9.2	14.9	11.4	0.0	72	26	49	29.1	11.2	SSE
25	23.2	5.0	14.1	18.2	0.0	98	16	57	41.4	15.1	SW
26	18.9	9.0	14.0	9.9	0.0	99	24	62	37.4	11.2	ESE
27											
28											
29											
30											
31											
TOTAL	474.1	230.0	352.1	244.1	47.6	1956	565	1261	706.5	231.9	SE
MEDIA	19.8	9.6	14.7	10.2	28.8	100	72	84	41.4	15.1	

7.4. Grafica ombrotérmica

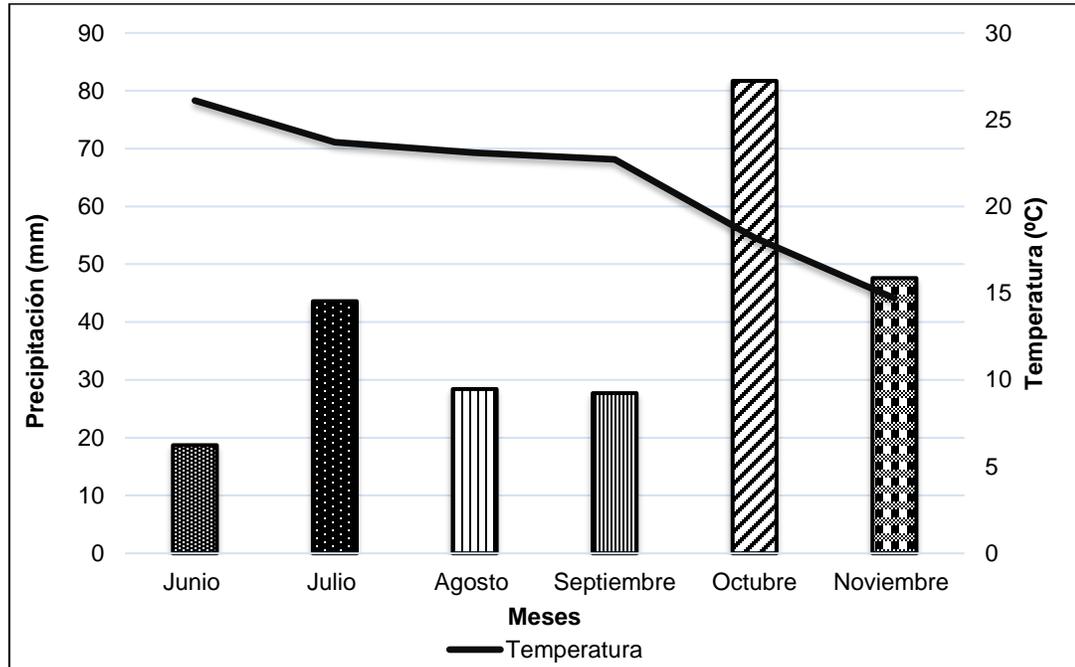


Figura 22. Grafica ombrotérmica de las variables climatológicas durante el desarrollo de los experimentos de pre e post emergencia en los ciclos P-V y O-I 2023, establecidos en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.