

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Comparación en el Control de la Maleza por efecto de Bioherbicidas y
Herbicidas Sintéticos Convencionales en el Cultivo de Maíz *Zea mays* L.

Por:

EDILBERTO GUADALUPE GUTIERREZ LOPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Comparación en el Control de la Maleza por efecto de Bioherbicidas y
Herbicidas Sintéticos Convencionales en el Cultivo de Maíz *Zea mays* L.

Por:

EDILBERTO GUADALUPE GUTIERREZ LOPEZ

TESIS

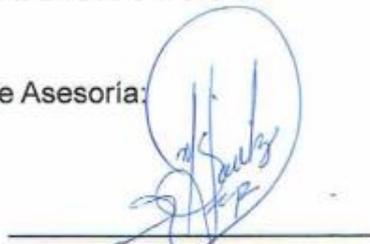
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



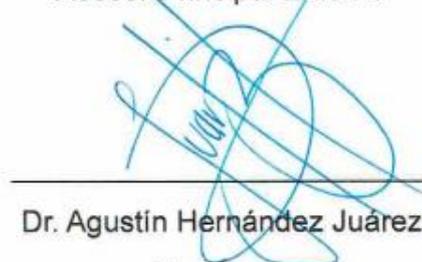
Dr. Epifanio Castro del Ángel
Asesor Principal Interno



Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Coasesor



Dr. Agustín Hernández Juárez
Coasesor



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

Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2023



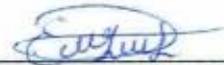
Declaración de no plagio

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

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

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



Edilberto Guadalupe Gutierrez Lopez

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por estar conmigo en cada momento, por ser el guía de mi vida, la luz en mi camino y haberme dado la fuerza necesaria para concluir con este proyecto que hoy es un sueño hecho realidad; doy gracias por todas las oportunidades que me ha regalado para seguir adelante en esta vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** mi **ALMA TERRA MATER**, por abrirme las puertas y ser mi segunda casa durante estos años de formación académica, por haberme dado la oportunidad de que me desarrollarme profesionalmente, dándome lo necesario para crecer dentro del campo laboral de la Agronomía.

A la **Dra. Miriam Sánchez Vega** por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y apoyarme en todo momento; dedicándome parte de su tiempo para resolver dudas.

Al **Dr. Epifanio Castro del Ángel** por tomarse el tiempo de hacer las revisiones y por sus comentarios al escrito, así como también apoyarme a resolver dudas.

Al **Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz** por tomarse el tiempo de hacer las revisiones y por sus comentarios al escrito, así como también apoyarme a resolver dudas.

Al **Dr. Agustín Hernández Juárez** por tomarse el tiempo de hacer las revisiones y por sus comentarios al escrito.

Al **Departamento de Parasitología** especialmente a todos los docentes que conforman este núcleo académico, por los conocimientos, apoyo, dedicación y tiempo de cada uno de ellos.

A **Los Maestros** que contribuyeron durante mi formación profesional, por su tiempo, comprensión, amistad y apoyo que me brindaron.

A mis amigos más que familia considero como hermanos: **Saúl Israel, Aldo Alexis, José Luis, Aldahir, Edgar de Jesús, Mario López, Dagoberto, Leyver Damián, Aide, Guadalupe**, por su amistad, confianza, apoyo, por esos grandes momentos de alegrías y tristezas compartidos, momentos que dejaron huellas y que llevare presente conmigo durante este trayecto llamado vida.

A mis tíos **Rosemberg, Tilano, Cristina**, por el apoyo que me brindaron, los consejos y ánimos que me ayudaron mucho para no darme por vencido.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a **Dios**, por haberme permitido llegar con salud, darme fortaleza y perseverancia necesaria para conseguir mis metas y aspiraciones en esta vida.

A mi madre:

María Elena López López que amo tanto y agradezco por ser la base fundamental durante mi formación, su apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos y por la motivación que me han permitido llegar al lugar donde ahora estoy y ser una persona de bien.

A mis tías:

Evidencia López López y Gabriela López López que amo tanto y agradezco por estar conmigo en cada momento de mi vida, por todo el amor que me han brindado y que siempre han creído en mí dándome la oportunidad de cumplir esta meta que no solo es mía sino también de ustedes.

A mis abuelos:

Guadalupe López y Marcos López quienes me regalaron amor, tiempo y dedicación, quienes siempre estuvieron apoyando en cada momento de mi vida, quienes desean lo mejor para mí, gracias por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.2. Objetivo general.....	2
1.1.3. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del Maíz.....	4
2.2. Taxonomía del Maíz	4
2.3. Descripción Botánica de la Planta	4
2.3.1. Raíz	4
2.3.2. Tallo.....	5
2.3.3. Hoja	5
2.3.4. Flores.....	5
2.3.5. Fruto	6
2.4. Etapas Fenológicas del Cultivo.....	6
2.4.1. Etapa vegetativa del cultivo de maíz	6
2.4.2. Etapa reproductiva del cultivo.....	7
2.4.3. Periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de maíz... 8	
2.5. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo	9
2.5.1. Clima	9
2.5.2. Suelo	9
2.5.3. Agua	9
2.6. Manejo del Cultivo	10
2.6.1. Preparación del suelo	10
2.6.2. Siembra	10
2.6.3. Fertilización	10
2.6.4. Control de maleza en el cultivo de maíz	11

2.6.5. Control de insectos-plagas	12
2.6.5.1. Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	12
2.6.5.2. Gallina ciega <i>Phyllophaga</i> spp (Harris)	13
2.6.5.3. Gusano elotero <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie).....	13
2.6.6. Control de fitopatógenos.....	14
2.6.6.1. Roya común <i>Puccinia sorghi</i> (Schwein)	14
2.6.6.2. Complejo mancha de asfalto <i>Phyllachora maydis</i> (Maubl.) y <i>Monographella maydis</i> (Müller)	14
2.6.6.3. Carbón común <i>Ustilago maydis</i> (D. C.) Cda.....	15
2.6.7. Cosecha	15
2.7. Definición de Maleza.....	16
2.7.1. Importancia de la maleza.....	16
2.7.2. Tipos de maleza	16
2.7.2.1. Hoja angosta	16
2.7.2.2. Hoja ancha	17
2.7.3. Daños causados por la maleza	17
2.7.4. Tipos de control	17
2.7.4.1. Medidas preventivas.....	17
2.7.4.2. Control cultural	18
2.7.4.3. Control mecánico.....	18
2.7.4.3.1. Control mecánico manual con implementos	18
2.7.4.3.2. Control mecánico mediante labranza de tracción animal y motriz.....	19
2.7.4.4. Control físico.....	19
2.7.4.4.1. Uso de acolchados plásticos.....	20
2.7.4.4.2. Uso de coberturas vegetales vivas y muertas.....	20
2.7.4.5. Control químico	20
2.7.4.5.1 Clasificación de los herbicidas	21
2.7.4.6. Control biológico.....	22
2.7.4.7. Control biorracional	22
2.7.4.7.1. Ventajas y desventajas de un bioherbicida	22
2.7.4.7.2. Antecedentes del uso de microorganismos y extractos vegetales como bioherbicidas para el control de la maleza	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25

3.1. Ubicación del Experimento	25
3.2. Manejo del Cultivo	25
3.2.1. Siembra	25
3.2.2. Fertilización	25
3.2.3. Riego	25
3.2.4. Control de plagas.....	26
3.3. Diseño Experimental.....	26
3.3.1. Descripción de los tratamientos.....	26
3.3.1.1. Tratamiento 1 (T1).....	27
3.3.1.2. Tratamiento 2 (T2).....	27
3.3.1.3. Tratamiento 3 (T3).....	28
3.3.1.4. Tratamiento 4 (T4).....	28
3.3.1.5. Tratamiento 5 (T5).....	28
3.3.1.6. Tratamiento 6 (T6).....	29
3.3.1.7. Tratamiento 7 (T7).....	29
3.3.1.8. Tratamiento 8 (T8).....	29
3.4. Variables.....	30
3.4.1. Número de maleza total (#)	30
3.4.1.1. Número de maleza por familia (#).....	30
3.4.1.2. Número de maleza por género (#).....	31
3.4.2. Porcentaje de cobertura de la maleza (%).....	31
3.4.3. Porcentaje de daño a la maleza (%).....	31
3.4.4. Porcentaje del daño al cultivo (%)	32
3.4.5. Peso fresco del cultivo (g)	32
3.4.6. Peso fresco de la maleza (g)	32
3.4.7. Peso seco del cultivo (g).....	32
3.4.8. Peso seco de la maleza (g)	33
3.5. Análisis estadístico	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Diversidad de maleza	34
4.2. Análisis de varianza	35
4.3. Comparaciones de medias	36
4.3.1. Número de maleza	36
4.3.2. Porcentaje de daño a la maleza	39

4.3.3. Porcentaje de daño al cultivo.....	42
4.3.4. Porcentaje de cobertura de la maleza	44
4.3.5. Peso fresco de la maleza	47
4.3.6. Peso fresco del cultivo.....	48
4.3.7. Peso seco de la maleza.....	49
4.3.8. Peso seco del cultivo (g).....	50
V. CONCLUSIÓN.....	52
VI. LITERATURA CITADA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Herbicidas utilizados para el control de maleza en el cultivo de maíz (Garay <i>et al.</i> , 2015; Blanco & Saavedra, 2014).....	11
Cuadro. 2. Principales familias y géneros de maleza en el cultivo de maíz. UAAAN, 2021.....	34
Cuadro. 3. Análisis de varianza en la evaluación de los bioherbicidas y herbicidas convencionales para el control de la maleza en el cultivo de maíz. UAAAN, 2023.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Periodo crítico de competencia de la maleza relacionado al cultivo de maíz. Fuente: Info Agrónomo (2022).	8
Figura 2. Cálculos de calibración.	27
Figura 3. Número de maleza antes y después de la aplicación de cada tratamiento.	37
Figura 4. Comparación de medias de los bioherbicidas, herbicidas convencionales y el testigo.	38
Figura 5. Representación del porcentaje de daño a la maleza después de la aplicación de cada tratamiento, con herbicidas químicos y bioherbicidas.	40
Figura 6. Comparación de medias del porcentaje de daño a la maleza de cada tratamiento.	41
Figura 7. Representación del porcentaje de daño al cultivo causado por los bioherbicidas y herbicidas convencionales.	43
Figura 8. Comparación de medias del porcentaje de daño al cultivo de los bioherbicidas y herbicidas convencionales.	44
Figura 9. Porcentaje de cobertura antes y después de la aplicación de herbicidas químicos y bioherbicidas.	45
Figura 10. Comparación de medias del porcentaje de cobertura entre los bioherbicidas y herbicidas convencionales.	46
Figura 11. Peso fresco de la maleza (g) después de 21 días de haber sido tratados con herbicidas químicos convencionales al cultivo de maíz y	

bioherbidas como propuesta biorracional en el manejo de las malas hierbas.
..... 47

Figura 12. Peso fresco de plantas del cultivo de maíz (g) después de 21 días de haber sido tratado con herbicidas químicos convencionales y bioherbidas. . 48

Figura 13. Materia seca acumulada de la maleza (g) después de haber sido sometida a tratamientos con herbicidas convencionales y bioherbidas para su control en el cultivo de maíz..... 50

Figura 14. Acumulación de peso seco en plantas del cultivo de maíz en gramos, después de haber sido sometidas a manejo de la maleza con herbicidas químicos convencionales y bioherbidas. 51

RESUMEN

El cultivo de maíz es uno de los principales granos básicos para la alimentación en todo el mundo; sin embargo, la maleza ha sido un factor limitante en el rendimiento, ya que compiten por espacio, agua, luz y nutrientes, y son hospederas de plagas y enfermedades, para el control de estas el método más empleado y de mayor eficacia hasta el momento son los herbicidas sintéticos de origen químico o convencionales, los cuales han causado una serie de problemas al medio ambiente y la salud del hombre. El objetivo de esta investigación es determinar el efecto sobre el control de la maleza mediante el uso de bioherbicidas en el cultivo de maíz *Zea mays* L. comparado con un manejo mediante herbicidas convencionales. Se estableció un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos (glifosato, atrazina, Sec Natural®, cuatro prototipos GreenCorp y el testigo) y cuatro repeticiones. Para detectar si hubo diferencias entre tratamientos se realizó un análisis de varianza y comparación múltiple de medias, por el método de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). El glifosato obtuvo un menor número de maleza y el menor porcentaje de cobertura a la maleza, seguido de Sec Natural® y atrazina, en el caso del porcentaje de daño a la maleza el glifosato tuvo el mayor porcentaje con 95.4%, seguido de Sec Natural® con 81.8% y atrazina con 79.4%, mientras que para el porcentaje de daño al cultivo el Prototipo 6 (ReP) fue el que menos daño causó con 1.9%, a diferencia del glifosato que causó el mayor daño con 71.3%. Por otra parte, en la variable peso fresco y seco a la maleza, el glifosato, Sec Natural® y atrazina fueron los que arrojaron el menor peso con diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$), debido al buen control que ejercieron sobre la maleza presente en el cultivo de maíz, comparadas con los prototipos en los cuales el peso fue mayor; sin embargo, en la variable peso fresco y seco al cultivo no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Por último, se encontró una diversidad de malas hierbas que interaccionan en el cultivo de maíz, compuesta por 13 familias en las que destacaron principalmente: Poaceae, Asteraceae, Malvaceae, Amaranthaceae y Brassicaceae.

Palabras clave: maíz, maleza, herbicidas convencionales, bioherbicidas, manejo biorracional.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz *Zea mays* L. es un cereal que pertenece a la familia Poaceae, el cual es descendiente del teocintle *Zea mays* L. ssp. *parviglumis*. Es un alimento básico a nivel mundial, para el ser humano y los animales; además de ser la materia prima en la industria agropecuaria para países como México, Estados Unidos, China, Argentina y Brasil (López-Morales *et al.*, 2020).

Cabe destacar que México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz. El 80% de la superficie sembrada es de temporal o seco y el 20% corresponde a maíces mejorados o híbridos, producidos bajo sistemas de riego, son los que cubren en gran medida las necesidades de la agroindustria mexicana (Fernández *et al.*, 2013).

La producción de maíz está enfocada a la obtención del grano y elote, sin embargo, este cultivo es afectado por muchos factores, principalmente por presencia de arvenses, enfermedades y plagas, que afectan tanto el crecimiento como el desarrollo vegetal y provocando un bajo rendimiento (Hernández-Trejo *et al.*, 2018).

La maleza, está conformada por plantas que crecen en cualquier área y momento dado, son perjudiciales para los cultivos puesto que compiten por agua, luz, suelo y nutrientes, y causan rendimientos bajos en los cultivos. Es importante el control, ya que con esto se puede frenar su crecimiento y evitar hospederos de plagas y enfermedades (Gómez, 2020). El control de maleza puede ser mecánico, biológico, cultural y químico, siendo este último el más común y eficaz (Batish *et al.*, 2004).

Existe un interés creciente a nivel nacional e internacional en la exploración de plantas alelopáticas como una estrategia de manejo de maleza en cultivos de importancia económica. Es una técnica natural y respetuosa con el medio ambiente la cual puede resultar eficaz para el control de malas hierbas, y por lo tanto reducir el uso de herbicidas químicos y aumentar la producción (Marwat *et al.*, 2008).

Los bioherbicidas son productos generados para control plantas dañinas que crecen en el cultivo, cuyos ingredientes activos están hechos a base de microorganismos o productos del metabolismo secundario de las plantas, los cuales pueden ser inocuos y disminuir el efecto al medio ambiente a comparación de lo que han provocado los herbicidas sintéticos, además tienen a degradarse de forma rápida y fácil (Santos, 2020).

Los herbicidas son productos químicos (líquidos o granulados), los cuales tienen diferente formulación y dosificación para el combate y erradicación de las malezas o plantas no deseadas en algún lugar (Mawyin, 2020); representan alrededor del 60% de todos los plaguicidas usados en la agricultura (Dayan, 2019). El abuso y mal uso de éstos productos ha provocado contaminación en el ambiente, problemas a la salud del ser humano, afectación de forma directa e indirecta a la fauna y flora de los ecosistemas y de los sistemas agrícolas, efectos de residualidad en suelo, agua, alimentos y tejidos, problemas de resistencia que ha generado biotipos de maleza resistentes a los herbicidas, todo ello hace más complicado y de mayor costo el control de estas dentro de los cultivos de gran importancia (López & Aldana, 2011).

Con base en el contexto anterior, se plantea en esta investigación el estudio de prototipos de bioherbicidas, con la finalidad de evaluar el efecto sobre la maleza y sobre uno de los cultivos de mayor importancia a nivel nacional y mundial, como es el maíz y con ello contribuir con una propuesta de manejo biorracional de la maleza en este cultivo.

1.1 Objetivos

1.1.2. Objetivo general

Determinar el efecto sobre el control de la maleza mediante el uso de bioherbicidas en el cultivo de maíz *Zea mays* L. comparado con un manejo mediante herbicidas convencionales.

1.1.3. Objetivos específicos

Comparar los efectos sobre la maleza que interfiere con el cultivo de maíz entre herbicidas convencionales y bioherbicidas.

Determinar los daños fitotóxicos de un bioherbicida y herbicida convencional sobre el cultivo de maíz.

Seleccionar el bioherbicida que presente características idóneas en el manejo de la maleza en el cultivo de maíz, como una alternativa de manejo biorracional en el cultivo.

1.2. Hipótesis

H₀. El uso de bioherbicidas como alternativa de manejo biorracional sustentable sobre el control de la maleza en el cultivo de maíz, es efectivo comparado con herbicidas químicos.

H_a. El uso de herbicidas químicos para el control de maleza presente en el cultivo de maíz es más efectivo, comparado con el uso de bioherbicidas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Maíz

El maíz es una planta anual de la familia Poaceae (gramíneas), originaria de México, la cual fue introducida después de la invasión española a Europa durante el siglo XVI. Actualmente es uno de los cereales de mayor producción en todo el mundo, sobrepasando al trigo y al arroz (Mora, 2020). Es uno de los cultivos más importantes para el consumo humano, sin embargo, el rendimiento ha sido afectado por factores abióticos como los climáticos siendo una amenaza para su producción (Ureta *et al.*, 2020).

2.2. Taxonomía del Maíz

Según Urango (2018) la taxonomía del maíz es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

2.3. Descripción Botánica de la Planta

2.3.1. Raíz

La planta de maíz tiene un sistema radicular fasciculado el cual está conformado por raíces primarias, secundarias y adventicias, también posee pelos absorbentes cuya función es aprovechar el agua y los nutrientes que la planta necesita para un buen desarrollo (Villarreal, 2018). La raíz tiene un sistema fasciculado, la cual tiene tres tipos de raíces: Seminales: estas nacen en las semillas después de la radícula, no son permanentes. Permanentes: en este

grupo se encuentran las raíces principales y secundarias, las cuales nacen por encima de las primeras raicillas en la zona llamada corona, este grupo constituye el sistema radicular principal de una planta de maíz. Adventicias: estas raíces nacen de los nudos inferiores del tallo y sirven de anclaje o sostén, además absorben agua y nutrimentos (Llumiquinga, 2020).

2.3.2. Tallo

La planta de maíz formado por un tallo principal, donde tiene origen la producción de la mazorca, el tallo es cilíndrico, leñoso y ahuecado, el cual está compuesto de nudos y entrenudos en los cuales hay una hoja en cada nudo y un brote en la base de cada entrenudo (Llumiquinga, 2020).

2.3.3. Hoja

Presentan bordes lisos, suelen ser alargadas y anchas, a la cual se le conoce como lamina o limbo. Cilíndricamente en la parte inferior, pero con los extremos separados o abiertos, cuya función es cubrir a cada uno de los entrenudos del tallo y se le denomina vaina y la separación entre el limbo y la vaina es conocida como lígula. La nervadura central de las hojas es bastante desarrollada, por el envés se encuentra levantada y cóncavo por el haz. Las hojas generalmente son de color verde (Villacís-Seme, 2021).

2.3.4. Flores

El maíz es una planta monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas separadas dentro de la misma planta, la inflorescencia terminal (panoja) es la flor masculina y las flores femeninas se encuentran en las yemas laterales del fruto (mazorca). Gracias al tipo de inflorescencia se han desarrollado nuevas variedades de híbridos de amplia adaptación para obtener un alto rendimiento en la producción de grano (Delgado-Loor, 2019).

2.3.5. Fruto

Cada grano se denomina cariósido, dispuestos en hileras en la mazorca. Los granos pueden ser dentados o semidentados dependiendo la variedad, en cuanto al color destacan blancos, rojos, amarillos, morados, entre otros. Se considera que es un fruto independiente puesto que cada grano está insertado en el raquis, conocido comúnmente como olote (Valladares, 2010).

2.4. Etapas Fenológicas del Cultivo

La fenología de un cultivo consiste en describir cada una de las etapas de vida de la planta. Estas etapas deben ser conocidas y distinguidas, puesto que en cada etapa se presentan diferentes funciones metabólicas, requerimientos de agua y nutrientes, esto también a su vez depende de cada variedad de semilla (Tenesaca, 2015).

El cultivo de maíz durante su ciclo comprende dos etapas, desarrollo vegetativo y reproductivo (Guzmán, 2017).

2.4.1. Etapa vegetativa del cultivo de maíz

Caiza (2022) describe la etapa vegetativa de la siguiente manera:

VE: emergencia de las plantas por encima del suelo.

V1: aparición de la primera hoja luego de la emergencia.

V2: aparición visible de la segunda hoja inmediato a la aparición de la primera hoja, el cual forma el primer par de hojas verdaderas.

V3: aparición de la tercera hoja.

V(n): es visible la hoja número "n" ("n" representa el número definitivo de hojas que la planta tiene). Generalmente la planta de maíz tiene en promedio alrededor de 15-22 hojas dependiendo la variedad.

VT: panojamiento, es la etapa en la cual la planta de maíz ha alcanzado su máxima altura y comienza la liberación del polen para la fecundación del grano.

2.4.2. Etapa reproductiva del cultivo

Caiza (2022) menciona que la etapa reproductiva del cultivo comprende seis estadios (R1, R2, R3, R4, R5, y R6), la cual hace referencia al proceso de desarrollo del grano hasta alcanzar la madurez fisiológica.

R1: Barbas. Comienza cuando los estigmas son visibles fuera de las vainas. En esta etapa se lleva a cabo la polinización en la cual los granos de polen (flor masculina) se depositan sobre los estigmas (flor femenina). Este periodo es importante para la aplicación de riego, ya que de esto dependerá el desarrollo de los granos y finalmente el rendimiento (Cuñivo & Inga, 2021).

R2: Ampolla. Ocurre de 10 a 14 días después de la aparición de los estigmas. En esta etapa la mazorca alcanza su máxima longitud. Una vez llevada a cabo la polinización las espigas se oscurecen y empiezan a secarse (Dávalos, 2017).

R3: Grano lechoso. Es de 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas, y es cuando el grano empieza a mostrar el color final dependiendo la variedad. En este estadio el grano contiene alrededor del 80% de humedad, llenando los espacios entre hileras de la mazorca (Endicott *et al.*, 2015).

R4: Grano pastoso. Esta etapa se da entre los 24 a 28 días después de la aparición de los estigmas. Los granos continúan acumulando almidón en el endospermo formando una consistencia pastosa (Zendejas, 2016). Por otra parte, en este estadio los granos obtienen su color final (Endicott *et al.*, 2015).

R5: Grano dentado. Se da entre los 35 a 42 días después de la aparición los estigmas, los granos comienzan a perder humedad y se reducen, formando una hendidura en la parte superior del grano. Condiciones adversas provocaran un bajo peso en los granos (Lozano, 2017).

R6: Madurez fisiológica. De 60 a 65 días después de la aparición de los estigmas, en este estadio se observa una capa negra en la base del grano. Además, define que los granos han alcanzado su máximo peso seco o acumulación de materia

seca. La humedad de los granos oscila de 30-35 % por lo cual se consideran maduros fisiológicamente (Trujillo, 2020).

2.4.3. Periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de maíz

Se define como periodo crítico de competencia al tiempo durante el cual la maleza deben ser controladas en el ciclo de vida de un cultivo, para prevenir perdidas en el rendimiento y generar beneficios económicos, este periodo puede variar dependiendo del cultivo, región o localidad y clima, el banco de semillas acumulado en los suelos y el tipo de maleza que se presenta (Safdar *et al.*, 2016).

El periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de maíz se encuentra entre los 24 a 40 días después de haber emergido la plántula, en el cual el punto crítico se da a los 32 días (Blanco *et al.*, 2014). Por otra parte, Vaz & Leyva (2015) mencionan que el periodo crítico se da entre los 21 a 49 días después de germinación del maíz, siendo a los 35 días el punto crítico (Figura 1).

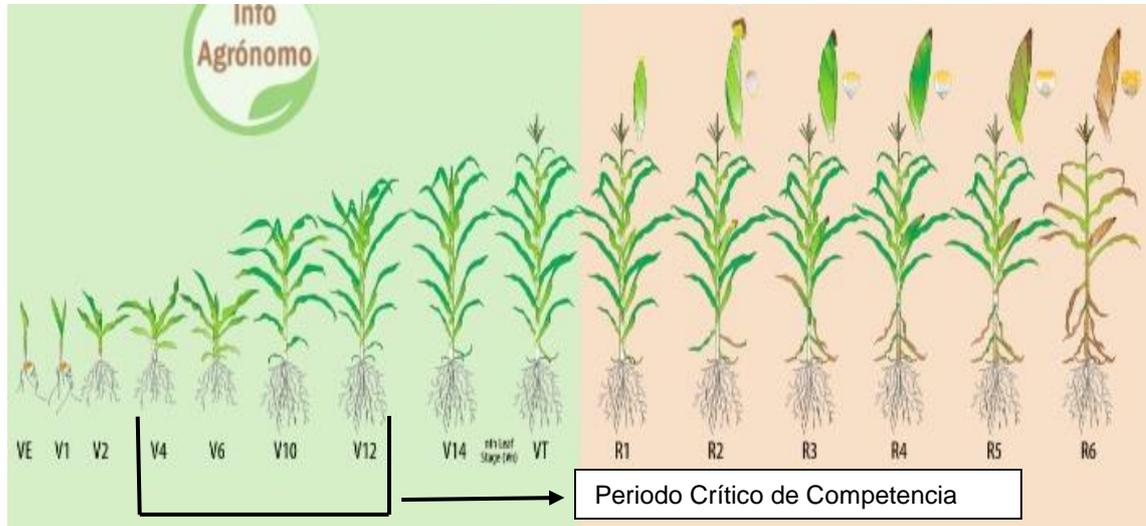


Figura 1. Periodo crítico de competencia de la maleza relacionado al cultivo de maíz. Fuente: Info Agrónomo (2022).

2.5. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo

2.5.1. Clima

El cultivo de maíz generalmente requiere temperaturas que oscilen entre los 25 y 30°C, así como una abundante incidencia de luz solar para un buen desarrollo fenológico (Sandal, 2014). Para que la emergencia de la semilla se lleve a cabo se requieren temperaturas de 18 a 20°C. Para que la fructificación del cultivo sea óptima se requieren que las temperaturas oscilen entre los 20 a 32°C. Los factores climáticos más influyentes para la producción de maíz son la precipitación y las horas calor, de acuerdo en la etapa de desarrollo del cultivo en que se presenten (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.5.2. Suelo

El maíz se adapta a diversos tipos de suelos, sin embargo, se requiere de suelos fértiles, siendo los más recomendables aquellos que tiene buen drenaje, textura media y un pH que oscile entre 5.5 y 7.0, para una mejor absorción de agua y nutrientes (Ortigoza *et al.*, 2019). En zonas donde la precipitación es alta son recomendables suelos franco arenoso, esto permite buen desarrollo de la raíz, con una mayor eficiencia de agua y nutrientes, por el contrario, en zonas secas de baja precipitación son recomendables suelos arcillosos por tener mayor ventaja en la retención de humedad (Velez, 2019).

2.5.3. Agua

El maíz es un cultivo que durante todo su ciclo requiere cierta cantidad de agua, siendo la etapa vegetativa donde se ocupa la mayor demanda de agua para el crecimiento de la planta. La fase de floración es el periodo más crítico, puesto que de esta fase depende el cuajado de granos y rendimiento total (Yáñez *et al.*, 2010). Para una variedad tropical de maíz de 120 días se requiere aproximadamente de 600 a 700 mm de agua durante la etapa vegetativa (Velez, 2019).

2.6. Manejo del Cultivo

2.6.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo es el principal procedimiento antes de la siembra y se recomienda realizarlo un mes antes para destruir terrones, nivelar, eliminar la maleza e incorporar al suelo estas plantas como abono, esto se consigue mediante un arado de rastra si se lleva a cabo mecánicamente. En labranza cero se debe rozar el suelo y luego de las primeras lluvias se deberá aplicar un herbicida para evitar el desarrollo de la maleza y mantener limpio el suelo cuando se lleve a cabo la siembra (Ayala, 2017).

2.6.2. Siembra

La siembra se efectúa a una profundidad de 5.0 cm, esta puede ser a golpes en llano o surcos. La separación entre surcos es de 0.80 a 1.0 m y la separación entre plantas o en su caso matas es de 20 a 25 cm, el calendario de siembra dependerá de la zona, tomando como referencia la época de lluvia, puesto que en algunas zonas la lluvia comienza antes que otras, cuando es de temporal; si hay riego la fecha puede depender de las temperaturas y el ciclo de la variedad a establecer (Bedón, 2011).

2.6.3. Fertilización

La fertilización en el cultivo de maíz (como en cualquier otro cultivo) es importante para un buen crecimiento durante su desarrollo y un rendimiento eficaz en la cosecha, además de proporcionar resistencia a plagas y enfermedades y tolerancia a la maleza (Ávila *et al.*, 2014). En el cultivo de maíz para obtener un buen rendimiento es indispensable proveer los principales elementos (N, P, K), para esto es necesario hacer un análisis del suelo y así aplicar la cantidad adecuada de cada elemento. Normalmente se considera que por cada hectárea de maíz se requiere 178 Kg de Nitrógeno (N), 67 Kg de fósforo (P) y 191 Kg de potasio (K) (Sánchez, 2017).

2.6.4. Control de maleza en el cultivo de maíz

El **control cultural** de maleza es una de las practicas más utilizadas durante el crecimiento del cultivo, dentro de estas incluyen la utilización coberturas vivas, así como residuos de cosechas, la rotación de cultivo y la fecha de siembra (Mehdizadeh & Mushtaq, 2020).

El **control físico-mecánico** para la maleza, está basado el primero en la utilización de herramientas básicas como azadón, machete u otra herramienta, así como el arranque manual de maleza, por lo contrario, el mecánico está basado en la utilización de implementos (rastra, arado, subsuelo, etc.) sujetos a un tractor (Basave, 2019).

El **control químico** se efectúa principalmente por la aplicación de herbicidas sintéticos de origen químico, que actúan de contacto o de forma sistémica, que matan a las plantas o suprimen su crecimiento, los cuales pueden ser aplicados en preemergencia (PRE) y/o postemergencia (POST), para la eliminación total o parcial de la maleza de hoja ancha o angosta en el cultivo (Cuadro 1; Basave, 2019).

Cuadro. 1. Herbicidas utilizados para el control de maleza en el cultivo de maíz (Garay *et al.*, 2015; Blanco & Saavedra, 2014).

Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	Época de aplicación	Maleza que controla
Atrazina	Atrazina® 500 SC	2.0–4.0 L./ha ⁻¹	PRE y POST emergente a la maleza	Hoja ancha y algunas Poaceae anuales
	Gesaprim® 90WG	1.6 Kg·ha ⁻¹		
Alaclor	Alanex® 48% EC	3.0–6.0 L./ha ⁻¹	PRE a la maleza	
Acetoclor	Guardian®	1.8–2.4 L·ha ⁻¹	PRE a la maleza	Poaceae anuales, perennes y algunas hojas ancha
	Surpass®	2.2–2.5 L·ha ⁻¹		
Bentazon	Basagran® 60	1.6 L·ha ⁻¹	POST a la maleza	Hoja ancha
Mesotrione	Callisto®	300 mL·ha ⁻¹	POST	Hoja ancha
Nicosulfuron	Accent® Furor® 75 WP	70 g·ha ⁻¹	POST a la maleza	Poaceae y algunas hojas ancha
Topramezone	Convey®	60 mL·ha ⁻¹	POST a la maleza	Gramíneas y maleza de hoja ancha

...continuación del **Cuadro 1.**

2-4-D	Hierbamina®	1.0–2.0 mL·ha ⁻¹	POST a la maleza	Maleza de hoja ancha
Prosulforon	Peak® 75WG	30 g·ha ⁻¹	POST a la maleza	Maleza de hoja ancha
Dicamba + Atrazina	Marvel®	2.0–3.0 L·ha ⁻¹	POST a la maleza	Maleza de hoja ancha
Dicamba + 2-4-D	Banvel® 12-24	1.0 L·ha ⁻¹	POST a la maleza	Maleza de hoja ancha
Diuron	Koorex 80 WDG	1.0–2.0 L/ ha ⁻¹	PRE a la maleza	Gramíneas y maleza de hoja ancha
Glufosinato de amonio	Basta® SL Liberty® SL	1.5–2.0 L/ ha ⁻¹	PRE y POST emergente a la maleza	Gramíneas y maleza de hoja ancha
Glifosato	Faena fuerte®	2.5 L/ ha ⁻¹	PRE y POST emergente a la maleza	Gramíneas y maleza de hoja ancha

2.6.5. Control de insectos-plagas

2.6.5.1. Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

El gusano cogollero es una plaga principal del cultivo de maíz, se caracteriza principalmente por comer el follaje en el cogollo de la planta, causando perforaciones a través de la lámina foliar. Durante la fase larvaria es visible observar los excrementos en forma de aserrín (Chango, 2012).

Para el control de esta plaga se puede utilizar diversos métodos como, por ejemplo, el control cultural basado principalmente en la rotación de cultivos no hospederos de esta plaga (Espinoza, 2020). Mientras que los controles biológicos usan microorganismos como *Bacillus thuringiensis* (Berliner) y *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.), parasitoides como *Telenomus remus* (Nixon), *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner), *Trichogramma exiguum* (Pinto y Platner) y depredadores como *Coleomegilla maculata* (De Geer) y crisopas los cuales son efectivos para el control de *S. frugiperda* (Espinoza, 2020; Moreira, 2020; Ramírez, 2022). Por último, los productos químicos más utilizados para esta plaga son paratión metílico (organofosforado), clorpirifós etil (organofosforado), la cipermetrina (piretroide), el malatión (organofosforado) y la permetrina (piretroide) (Rodríguez, 2022).

2.6.5.2. Gallina ciega *Phyllophaga* spp (Harris)

Se considera una plaga polífaga ya que ataca a diferentes cultivos como el maíz, papa, agave, frijol, arveja entre otros (Bermudez, 2022). El principal daño se efectúa en la raíz puesto que se alimenta de ellas, causando problemas de crecimiento vegetativo, marchitez, así como una mala asimilación de agua y nutrientes, provocando la muerte de la planta (Romero, 2022).

La preparación del terreno como método mecánico permite destruir huevos, larvas y pupas de gallina ciega exponiéndolas al sol o a la depredación (Isama, 2019). Mientras que los métodos biológicos para el control de esta plaga utilizan géneros del hongo *Metarhizium* (Sorokin), así como también nematodos como *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) y bioinsecticidas a base de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) los cuales han sido muy eficientes (Peña, 2015; Arteaga, 2015; Morocho *et al.*, 2020). Los productos químicos más utilizados son Lorsban® (clorpirifós etil), Marshall® (carbosulfan), Diazinon®, Villano 4.6® (acetamiprid + lambdacialotrina), Rimón 10® (novaluron) combinado con el coadyuvante Limonoil® (Cruz, 2017; Márquez *et al.*, 2021).

2.6.5.3. Gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie)

Es una especie polífaga ya que las larvas atacan muchos cultivos de importancia económica entre los más destacados el maíz. Las mariposas adultas colocan sus huevos en los estigmas (flor femenina), después de unos días salen las larvas desplazándose al interior de la mazorca, provocando como principal daño el consumo de los granos (Tulli *et al.*, 2016).

El control biológico como alternativa al uso de ingredientes químicos para el control de *H. zea* utiliza principalmente hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*, parasitoides como *T. remus* y depredadores principalmente catarinas (Hernández-Trejo *et al.*, 2019). Sin embargo, los ingredientes activos más utilizados y eficaces en el control de esta plaga son permetrina, lambdacialotrina, metomil, endosulfan, deltametrina, carbaryl, clorpirifos y clorantraliniprol (Isama, 2019; Sarmiento *et al.*, 2022).

2.6.6. Control de fitopatógenos

2.6.6.1. Roya común *Puccinia sorghi* (Schwein)

Esta enfermedad es una de las principales del cultivo de maíz y se encuentra distribuida por todo el mundo (Ren *et al.*, 2021); sin embargo, afecta al follaje provocando clorosis y senescencia, dando como resultado un bajo rendimiento y mala calidad del grano (Sserumaga *et al.*, 2020). Normalmente esta infección ocurre cuando las plantas se acercan a floración, se reconoce principalmente por las pústulas de color naranja en el haz y el envés distribuida por toda la hoja, a medida que las plantas van terminando su ciclo las pústulas se vuelven negras (Simón *et al.*, 2018).

La resistencia genética es una de las principales estrategias para reducir pérdidas en la producción, siendo los híbridos SYN7205, P2530, SW 3949 TL, 2B587, AG 9045, 2A550, P1630H, 2A106 y AG 8025 los cuales mostraron menores áreas de severidad sobre *P. sorghi* (Camera *et al.*, 2019), por otro lado, la combinación de fungicidas químicos como benzovindiflupir + azoxistrobin y ciproconazol + azoxistrobin aplicados de forma preventiva demuestran un control eficiente sobre ésta (Camera *et al.*, 2018).

2.6.6.2. Complejo mancha de asfalto *Phyllachora maydis* (Maubl.) y *Monographella maydis* (Müller)

Esta enfermedad se caracteriza principalmente por presentarse en zonas frescas y húmedas de México y Centroamérica, causando pérdidas en el rendimiento y calidad del forraje, convirtiéndose así en el factor limitante para la producción de maíz (Hernández & Sandoval, 2015).

El complejo mancha de asfalto es causado por los hongos *P. maydis* y *M. maydis* (Ríos *et al.*, 2017); el primer hongo se caracteriza por producir lesiones oscuras de aspecto liso y brillante con una forma oval a casi circular, el segundo hongo produce un halo elíptico color verde claro alrededor de las lesiones causadas por *P. maydis*, el cual posteriormente se vuelve necrótico, provocando así el síntoma

característico de esta enfermedad conocido como ojo de pescado (Pereyda-Hernández *et al.*, 2009).

Uno de los principios para retardar el inoculo inicial dentro del método cultural es la incorporación al suelo o la quema de los residuos de cosechas, así como también las fechas de siembra las cuales dificultan el desarrollo del inoculo ayudando a que las plantas no se infecten (Quiroga-Madrigal *et al.*, 2017). El híbrido H-563 es tolerante a esta enfermedad y se adapta muy bien a climas tropicales y subtropicales (Gómez *et al.*, 2013). En lugares donde los maíces son muy susceptibles a esta enfermedad se recomienda el uso de fungicidas a base de ingredientes activos como: benomil o azoxistrobin + ciproconazol, los cuales previenen el desarrollo de la enfermedad (Martínez-Sánchez & Espinosa-Paz, 2014).

2.6.6.3. Carbón común *Ustilago maydis* (D. C.) Cda.

Los daños causados por esta enfermedad son más severos en plantas jóvenes, en crecimiento activo y puede producir enanismo o incluso la muerte de las plantas. El hongo ataca principalmente las espigas, las hojas, los tallos y las mazorcas (Parejas, 2020); se caracteriza principalmente por el desarrollo de ampollas, agallas o tumores en las que se desarrollan las esporas del hongo (Lanver *et al.*, 2017).

Trichoderma harzianum (Rifai) es uno de los principales hongos antagonistas que muestran eficacia y control sobre *U. maydis*, reduciendo la incidencia (Pérez *et al.*, 2015).

2.6.7. Cosecha

La cosecha se realiza cuando el cultivo alcanza su madurez fisiológica, si se realiza en forma manual es necesario cortar las plantas aproximadamente entre 10 a 20 cm del suelo y formar montones. La pizca del maíz se realiza cuando el grano tiene aproximadamente el 14% de humedad (grano seco) (INIFAP, 2017). Por otra parte, si la cosecha se realiza de manera mecanizada, es necesario que

la mazorca se quede en la planta sin cortarla, y cuando el grano, también tenga menos del 14% de humedad (INIFAP, 2015).

2.7. Definición de Maleza

Según Castillo *et al.* (2016) se denominan maleza a las plantas que presenta alta incidencia, buena dispersión y tolerancia a diferentes condiciones ambientales, siendo así exitosas.

Por otra parte, en forma antropocéntrica este término es asignado a las plantas donde el ser humano no quiere que crezcan. La maleza o denominadas malas hierbas son organismos no deseados que se presentan en lugares destinados a la producción agrícola (Guzmán & Martínez, 2019); además de ser una gran amenaza para los sistemas de producción agrícola, tienen buena capacidad para competir por espacio y recursos, en comparación con el cultivo, reduciendo el rendimiento de la cosecha (Haq *et al.*, 2023).

2.7.1. Importancia de la maleza

La maleza juega un papel importante porque además de reducir el rendimiento de la producción agrícola, contienen propiedades nutricionales, ayudan a descompactar el suelo y la incorporación como cobertura reduce su incidencia (CIMMYT, 2021).

2.7.2. Tipos de maleza

2.7.2.1. Hoja angosta

Se caracterizan principalmente por tener hojas largas y angostas, lo cual significa que las plantas al emerger poseen una hoja cotiledonar, las familias que poseen este tipo de hojas pertenecen a las Poaceae y Cyperaceae (Mishra & Gautam, 2021). Por otro lado, la principal diferencia entre estas familias es que las ciperáceas tienen tallos triangulares (Medina & Rosales, 2020).

2.7.2.2. Hoja ancha

La maleza de hoja ancha es conocida como dicotiledóneas, puesto que cuando emergen del suelo poseen dos hojas cotiledónales (Mishra & Gautam, 2021). Sin embargo, las nervaduras de las hojas se caracterizan por estar en forma de red o dispersas en la lámina (Medina & Rosales, 2020).

2.7.3. Daños causados por la maleza

Al conjunto de daños ocasionados por la maleza dentro de los cultivos se denomina interferencia, la cual se caracteriza principalmente por el bajo rendimiento, mala calidad y mayores costos de producción, mayor incidencia de plagas y enfermedades, así como también alelopatía (Medina & Rosales, 2020).

2.7.4. Tipos de control

2.7.4.1. Medidas preventivas

Las principales medidas preventivas para el control de la maleza son¹:

- Limpieza de la semilla y de la maquinaria
- Manejo de productos de viveros o almácigos
- Limpieza de caminos y canales
- Uso de estiércol bien fermentado
- Medias legales, dentro de esta medida se encuentra principalmente las disposiciones de leyes nacionales para el establecimiento de cuarentenas y la producción de semillas, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-043 para prevenir la introducción de maleza cuarentenarias al país.

¹ Apuntes de la Materia de Manejo de Herbicidas PAR451, impartidos por la titular de la materia, Dra. Miriam Sánchez Vega (2023).

2.7.4.2. Control cultural

El control cultural son todas aquellas prácticas que se realizan dentro de los cultivos para que estos tengan mayor competitividad con la maleza (Hernández-Ríos *et al.*, 2022). Algunas de las prácticas culturales más importantes para el manejo de la maleza, son la rotación de cultivos, la solarización del suelo, la fecha de siembra, el espacio entre plantas, el uso de variedades vigorosas y manipulación de la fertilización (Jabran, 2016; Abouziena & Haggag, 2016).

2.7.4.3. Control mecánico

El control mecánico para la maleza se basa principalmente en la utilización de herramientas manuales como azadón, machete, así como equipos mecánicos como tractores equipados con rastras, arados, subsuelos entre otros (CONACYT, 2021a).

Por otra parte, este control juega un papel importante en el manejo integrado de maleza siendo una opción compatible para la erradicación. Sin embargo, las herramientas mecánicas es un desafío puesto que se requiere la combinación adecuada para lograr un nivel de control económico (Machleb *et al.*, 2020).

2.7.4.3.1. Control mecánico manual con implementos

Esta actividad es común para productores de baja escala, en la cual se utiliza principalmente herramientas como machete, azadón, guadaña, entre otros, para segar la maleza, este método se emplea principalmente cuando la maleza ha crecido lo suficiente y empieza a competir con el cultivo (Escobedo *et al.*, 2017).

Por otro lado, el azadón y el machete son una alternativa al uso de herbicidas para el control de maleza, el cual se puede usar dentro de los surcos del cultivo (Kunz *et al.*, 2015). Por ejemplo, el control de la maleza más empleado para maíz, girasol y soja, en varios países, sobre todo en aquellos que promueven la agricultura sustentable es con el uso del azadón (Pannacci & Tei, 2014).

2.7.4.3.2. Control mecánico mediante labranza de tracción animal y motriz

La labranza consiste en la roturación y remoción superficial mediante herramientas (arado de discos, de vertedera, de cincel, rastra, cultivadora o aporcadora) sujetadas a un tractor o animal, con la finalidad de acondicionar el suelo y aumentar las áreas de siembra (Gómez-Calderón *et al.*, 2018). Entre mayor sea la remoción del suelo, tendrá un mejor efecto sobre la maleza en relación planta-suelo.²

Por otro lado, la labranza tiende a afectar a la maleza mediante el corte, el entierro, el arranque, los cuales son causados por el uso de herramientas, así como también influyen en el cambio de temperatura del suelo, en la germinación y emergencia de la maleza (Bajwa, 2014).

Se han realizado ajustes de maquinaria para diferentes cultivos y etapas de la maleza, con la finalidad de hacer el uso adecuado de las herramientas para el control. Éstas labores, además de destruir la maleza, reduce la capacidad competitiva por medios físicos, proporcionando un control eficaz que con otros métodos no se pueden. Para la elección de este método es necesario considerar algunos factores como: tipo de cultivo, suelo, precio de los costos operativos y la mano de obra (Monteiro & Santos, 2022).

2.7.4.4. Control físico

El control físico afecta de distintas maneras a la maleza mediante el control térmico, el cual utiliza distintas tecnologías que se adaptan a los agricultores y se pueden aplicar a diferentes cultivos. El uso de agua caliente, vapor de agua, el flameo, el uso de acolchado plástico y coberturas vivas-muertas son algunos ejemplos de este control (CONACYT, 2021b).

² Apuntes de la Materia de Manejo de Herbicidas PAR451, impartidos por la titular de la materia, Dra. Miriam Sánchez Vega (2023).

2.7.4.4.1. Uso de acolchados plásticos

La solarización es una práctica basada en la utilización de energía solar mediante el cubrimiento total del suelo con plástico para elevar la temperatura y afectar a la maleza, reduciendo la densidad de estas (CONACYT, 2021b). El uso del plástico ayuda en gran medida al control de la maleza en ciertos cultivos, puesto que se puede utilizar de dos maneras en presiembra para eliminar cierta parte de las semillas que pueden germinar o durante todo el ciclo del cultivo como es el caso de cultivos, como: melón, chile, tomate y fresa (Ramírez, 2021).

2.7.4.4.2. Uso de coberturas vegetales vivas y muertas

El uso de coberturas tiene la función de impedir de forma física la germinación y el desarrollo de la maleza, siendo un factor importante en la reducción del uso de herbicidas en los cultivos. El uso de coberturas muertas es una técnica que consiste en colocar residuos vegetales de cosechas; como, por ejemplo: rastrojos de maíz, paja, aserrín, cáscaras de frutas, con la finalidad de cubrir el suelo y evitar la germinación de la maleza (Ramírez, 2021). Mientras que las coberturas vivas son aquellas plantas que se siembran intencionalmente para que se asocien con cultivos de gran importancia económica, con el fin de ayudar a aumentar la fertilidad y disminuir la erosión del suelo, proporcionando nutrientes y materia orgánica, para este tipo de cobertura se usa principalmente leguminosas, el sombreado que estas generan y algunos agentes alelopáticos que pueden producir inhiben la germinación, crecimiento y establecimiento de malas hierbas (Gómez-Gómez *et al.*, 2017).

2.7.4.5. Control químico

El control químico para la maleza es una de las opciones más recurrentes dentro de los sistemas de producción agrícola dando como resultado un eficaz control sobre estas (Mennan *et al.*, 2020). Por otra parte, el uso inadecuado de productos químicos conlleva a efectos negativos en la agricultura, esto puede evitarse realizando una correcta selección y aplicación de los productos con la finalidad de no dañar al cultivo (Tamayo, 2020).

Los herbicidas son productos a base de sustancias químicas más usados en la agricultura cuya función es inhibir o interrumpir el crecimiento y desarrollo de malas hierbas. Sin embargo, se sabe que son dañinos para la salud y el ambiente si se aplican de forma irracional o en exceso (Liao *et al.*, 2021).

2.7.4.5.1 Clasificación de los herbicidas

Época de aplicación. Los herbicidas se clasifican en preemergentes (PRE) y postemergentes (POST). Los herbicidas PRE se aplican antes de la emergencia de la maleza y por lo regular requieren que el suelo se encuentre con humedad, por el contrario, los herbicidas POST se aplican después de la emergencia de las plántulas de maleza. Por lo regular se recomienda que las aplicaciones POST sean en los primeros estados de desarrollo de la maleza (Vats, 2015).

Selectividad. Existen dos tipos de herbicidas los selectivos y no selectivos. Los selectivos son aquellos herbicidas que actúan sobre algunos tipos de maleza (hoja ancha y angosta) y no dañan el cultivo, aunque algunos no son selectivos a estos (Rosales & Esqueda, 2020). Por ejemplo, el 2-4-D es un herbicida selectivo para hojas anchas (Mascorro-de Loera *et al.*, 2019).

Por otro lado, los herbicidas no selectivos son aquellos que tienen efecto de manera parcial o total sobre todo tipo de vegetación, por lo que se recomienda evitar el contacto con el cultivo (Rosales & Esqueda, 2020). El paraquat, el glifosato y el glufosinato de amonio, son ejemplos de herbicidas no selectivos (Fipke *et al.*, 2018).

Tipo de acción. De acuerdo al tipo de acción los herbicidas pueden ser sistémicos, los cuales son aplicados directamente al suelo o al follaje, para ser absorbidos y transportados por toda la planta, por otra parte, los herbicidas de contacto solo afectan la parte aérea de las plantas, cuya función es destruir el follaje, por lo que se recomienda evitar el contacto con las plantas cultivadas (Murillo, 2018). Algunos ejemplos de estos herbicidas son: el paraquat con acción de contacto y el glifosato con acción sistémica (Fipke *et al.*, 2018).

2.7.4.6. Control biológico

El control biológico de maleza se basa principalmente en el uso de organismos vivos (depredadores, insectos parasitoides, nematodos, hongos, bacterias, virus y plantas alelopáticas) endémicos o introducidos con el objetivo de regular las poblaciones de maleza en cultivos de importancia económica para el hombre (Scavo, & Mauromicale, 2020).

2.7.4.7. Control biorracional

El control biorracional de la maleza representa una alternativa al uso de herbicidas sintéticos, el cual cada vez más ha tomado importancia para el desarrollo de productos derivados de organismos como insectos, nematodos, bacterias hongos y extractos de plantas con propiedades alelopáticas, los cuales pueden causar la muerte en la germinación o desarrollo de la maleza (Martínez-Álvarez *et al.*, 2020; Klaic *et al.*, 2015; Mehdizadeh & Mushtaq, 2020).

Mientras que el uso de herbicidas químicos ha sido una alternativa convencional para el control de la maleza, reduciendo el tiempo de trabajo para los agricultores, pero los efectos negativos que han ocasionado al ambiente y el creciente interés por la agricultura orgánica, los bioherbicidas se han convertido en una alternativa sustentable biorracional en el control de la maleza (Scavo *et al.*, 2020).

Un bioherbicida es un producto de origen natural cuyos ingredientes es a base de metabolitos secundarios de hongos, bacterias, insectos o extractos de plantas los cuales tiene el potencial para destruir o controlar de manera parcial o total a la maleza (Hasan *et al.*, 2021).

2.7.4.7.1. Ventajas y desventajas de un bioherbicida

Las principales ventajas de un bioherbicida en comparación con herbicidas químicos, es que estos son menos agresivos con el ambiente, son menos tóxicos

y evitan la resistencia a maleza, tienden a degradarse rápidamente por lo cual disminuye los riesgos de residuos en los alimentos (Mathur & Gehlot, 2018).

Por otra parte, existen algunas desventajas de los bioherbicidas como, por ejemplo, para ser más efectivos se necesita hacer aplicaciones constantemente, normalmente tienden a tener una efectividad menor comparada con los químicos y a veces los resultados de control no son tan rápidos (Hipo, 2017). Así como también la vida media de los bioherbicidas es más corta comparada a los productos químicos, los cuales duran más tiempo en el mercado desde su fecha de elaboración (Cordeau *et al.*, 2016)

2.7.4.7.2. Antecedentes del uso de microorganismos y extractos vegetales como bioherbicidas para el control de la maleza

La utilización de patógenos para el control de maleza se anunció a principios de siglo XX, en los primeros experimentos realizados en Hawái se utilizó el hongo *Fusarium oxysporum* (Schlecht) para el control del nopal (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill). Más tarde los rusos utilizaron *Alternaria cuscutacide* (Rudakov) y lo aplicaron sobre *Cuscuta* spp (Linneo) (Pacanoski, 2015).

Uno de los primeros bioherbicidas registrados fue DeVine® a base de *Phytophthora palmivora* (E. J. Butler), desarrollado para el control de liana estranguladora (*Morrenia odorata* Hook & Arn.) en cultivos de cítricos en el estado de Florida. Por otra parte, el hongo *Microsphaeropsis amaranthi* (Ell. & Barth.) tiene control sobre algunas especies del género *Amaranthus* (L.), mientras que *Phoma proboscis* (Heiny) controla la correhuela de campo (*Convolvulus arvensis* L.) y *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler & Bisby controla la campanilla (*Ipomea* spp L.) (Cai & Gu, 2016).

Sin embargo, bacterias como *Xanthomonas campestris* (Pammel) pv. *poae* (cepa JT-P482) y *X. campestris* (cepa LVA-987) han demostrado tener control sobre el crecimiento de maleza en césped. Por ejemplo: *X. campestris* pv. *poae* (cepa JT-P482) tiene efecto sobre *Poa annua* (L.) o conocida comúnmente como la hierba azul anual y *Poa attenuata* (Czetz) o hierba de pradera, mientras que

X. campestris (cepa LVA-987) actúa sobre la ambrosía común *Ambrosia artemisifolia* (L.), ambrosía gigante *Ambrosia trifida* (L.) y cola de caballo *Conyza canadensis* (L.), ambas bacterias suprimen el crecimiento causando la enfermedad de podredumbre negra (Roberts *et al.*, 2022).

Por otra parte, el nematodo de anillo *Criconemoides omoensis* (Micoletzky) podría emplearse para el control de la maleza *Cyperus esculentus* (L.) y *Cyperus rotundus* (L.). Tomando en cuenta que los biofungicidas, biobactericidas, bioinsecticidas y bionematicidas son menos agresivos con el medio ambiente, deben promoverse para un mejor manejo integrado de maleza dentro de la agricultura (Sharma & Rayamajhi, 2022).

Se encontró que el extracto acuoso metanólico de las hojas de *Trevis nudiflora* (L.) y las sustancias loliolida y 6,7,8 trimetoxicumarina identificadas en esta, tienen efecto inhibitorio sobre el crecimiento de brotes y raíces en lechuga *Lactuca sativa* (L.) y el pasto cola de rata *Vulpia myuros* (L.) C.C. Gmelin (Khatun *et al.*, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo en los terrenos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área conocida como “El Bajío”, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (25 ° 22 'N y 101 ° 00' O, 1760 metros sobre el nivel del mar).

3.2. Manejo del Cultivo

3.2.1. Siembra

La fecha de siembra del cultivo fue el 19 de abril de 2021. El cual consistió en sembrar dos semillas por golpe a una profundidad de 5-7 cm en tierra húmeda, en el lomo del surco, a una distancia de 30 cm entre plantas y de 80 cm entre surcos. Se utilizó semilla del híbrido AN-447 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.2.2. Fertilización

Se utilizó un fertilizante a base de nitrógeno (urea 46-00-00) para promover el desarrollo vegetativo de la planta, la primera aplicación del fertilizante se realizó a chorrillo sobre el lomo del surco al momento de la siembra y se llevó a cabo una segunda aplicación cuando el cultivo tenía cinco hojas verdaderas.

3.2.3. Riego

Para la aplicación del riego se utilizó un sistema de riego por goteo, mediante cintillas, las cuales fueron colocadas a lo largo del surco, a una distancia de 80 cm entre surco y surco. De esta manera el primer riego se realizó un día previo a la siembra y posteriormente a éste, se hicieron riegos cada tercer día o una vez por semana según las condiciones de humedad en el suelo y en el ambiente.

3.2.4. Control de plagas

Para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y larvas de gusano elotero *Heliiothis virescens* (= *Chloridea virescens*) (Fabricius) se aplicó el producto comercial Pirifos Del® (clorpirifos) a una dosis de 1.5 L·ha⁻¹, la aplicación fue dirigida al cogollo de la planta.

3.3. Diseño Experimental

Se estableció un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y ocho tratamientos, las parcelas experimentales estuvieron constituidas de tres surcos de 5.0 m de largo a una distancia de 0.80 m entre surco y surco, y calles de 1.0 m entre bloques. La unidad experimental para la toma de datos de las variables fue constituida del surco central, el cual consistió de tres muestreos a lo largo del surco, realizados con un cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m.

3.3.1. Descripción de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó a los nueve días después de la siembra cuando el cultivo ya había germinado y emergido (28 de abril), con una mochila manual con boquilla de abanico plano (color rojo) acoplado con una campana o pantalla, para evitar el contacto durante la aplicación de los tratamientos con las plantas de maíz o para evitar los efectos de deriva o traslape de éstos.

Para la calibración se realizaron los siguientes cálculos con la finalidad de obtener el gasto de agua, considerando la medida de la unidad experimental de 2.4 m ancho*5.0 m de largo= 12 m², (Figura 2).

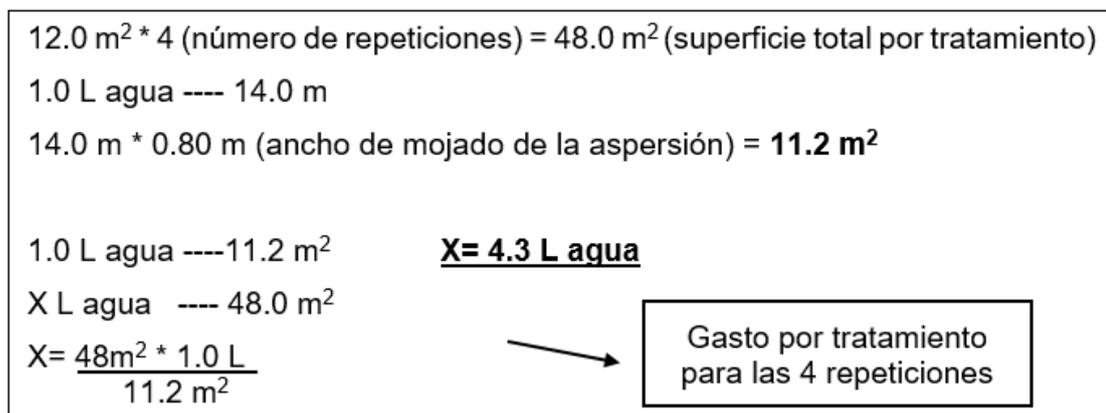


Figura 2. Cálculos de calibración.

Los tratamientos fueron definidos por herbicidas y bioherbicidas, los cuales se aplicaron según las recomendaciones del fabricante para el cultivo de maíz. Los bioherbicidas fueron proporcionados por la empresa Greencorp Biorganilks de Mexico S.A. de C.V.

3.3.1.1. Tratamiento 1 (T1)

Bioherbicida prototipo 3 (GC21-HBCD) es un producto biorracional para el control de maleza en POST a base de ácidos, aceites y dos extractos acuoso-vegetales, por lo que controla a nivel de plántula, se realizó dos aplicaciones, la primera aplicación a los dos días después de la germinación (ddg) del maíz y la segunda cinco después de la primera aplicación (ddpa), cuando la maleza tenía una altura máxima de 10.0 cm o con la presencia de dos hojas verdaderas. La dosis recomendada por el fabricante fue de 10.0 L·ha⁻¹.

3.3.1.2. Tratamiento 2 (T2)

Bioherbicida prototipo 5 (AcP2), es un producto biorracional para el control de maleza en POST a base de ácidos, aceites y cuatro extractos acuosos vegetales, por lo que controla a nivel de plántula, se realizó dos aplicaciones, la primera aplicación a los dos ddg del maíz y la segunda cinco ddpa, cuando la maleza tenía una altura máxima de 10.0 cm o con la presencia de dos hojas verdaderas. La dosis recomendada por el fabricante es de 10.0 L·ha⁻¹.

3.3.1.3. Tratamiento 3 (T3)

Bioherbicida prototipo 6 (ReP), es un producto biorracional para el control de maleza en POST a base de resinas de coníferas, aceites y tres extractos acuosos vegetales, por lo que controla a nivel de plántula, se realizó dos aplicaciones, la primera aplicación a los dos ddg del maíz y la segunda cinco ddpa, cuando la maleza tenía una altura máxima de 10.0 cm o con la presencia de dos hojas verdaderas. La dosis recomendada por el fabricante es de 10.0 L·ha⁻¹.

3.3.1.4. Tratamiento 4 (T4)

Bioherbicida prototipo 7 (16A), es un producto biorracional para el control de maleza en post-emergencia a base de aceites y dos extractos acuosos vegetales, por lo que controla a nivel de plántula, se realizó dos aplicaciones, la primera aplicación a los dos ddg del maíz y la segunda cinco ddpa, cuando la maleza tenía una altura máxima de 10.0 cm o con la presencia de dos hojas verdaderas. La dosis recomendada por el fabricante es de 10.0 L·ha⁻¹.

3.3.1.5. Tratamiento 5 (T5)

Sec Natural®, compuesto de aceite de conífera 40.0%, extracto de *Datura stramonium* (L.) 10.0%, extracto de plantas alelopáticas 42.0%, metabolitos de *Puccinia* spp (Persoon) 2.0%, aceite de coco no hidrogenado 6.0%, es un producto biorracional de contacto y amplio espectro. Los efectos son graduales, sobre todo en las especies anuales y perennes, controla maleza de hoja angosta, hoja ancha, arbustos (huizache) y musgos. Dosis recomendada del fabricante 10 y/o 15 mL·L⁻¹ de agua; para el experimento se utilizó la dosis baja de 10 mL·L⁻¹ (2.5 L de producto comercial por ha). La primera aplicación se realizó en POST a los dos ddg del cultivo.

3.3.1.6. Tratamiento 6 (T6)

Glifosato Faena Fuerte®, es un herbicida no selectivo, POST con acción sistémica, alta capacidad de control. Puede ser utilizado en pre-siembra, pre-trasplante o post-siembra antes de nacer el cultivo. El producto es absorbido por las hojas y llega hasta las raíces y otras partes de la planta ya brotada cuando tienen menos de 15 centímetros de altura. Dosis recomendada por el fabricante 2.0 a 4.0 L·ha⁻¹; para el experimento y la aplicación del T6, se utilizó una dosis intermedia de 3.0 L·ha⁻¹ en 250 L de agua (12 mL de producto comercial por 1.0 L de agua). La primera aplicación se realizó en POST a los dos ddg del cultivo.

3.3.1.7. Tratamiento 7 (T7)

Atrazina AT-MAX® cal 90, es un herbicida selectivo, sistémico y de contacto de pre-siembra y POST selectivo en el cultivo de maíz y sorgo principalmente, se utiliza en el control de maleza anual de hoja ancha. Se recomienda realizar una aplicación en forma pre-emergente a la maleza y al cultivo (estado fenológico 03, inicio del proceso de germinación de la semilla), procurando que el suelo mantenga buenas condiciones de humedad, el suelo deberá estar húmedo dentro de los siete días posteriores a su aplicación, ya sea por riego o por lluvia. Dosis recomendada por el fabricante 2.0–2.5 Kg·ha⁻¹. En el experimento se utilizó una dosis baja de 2.0 Kg·ha⁻¹ en 250 L de agua (8.0 g de producto comercial por 1.0 L de agua). La primera aplicación se realizó PRE al cultivo catorce días antes de la siembra y la segunda aplicación se realizó en POST a los dos ddg del cultivo.

3.3.1.8. Tratamiento 8 (T8)

Testigo sin aplicación, se estableció un tratamiento como testigo absoluto, donde no se realizó aplicación ni de herbicidas sintéticos convencionales, como bioherbicidas, por lo que se sembró y no se realizó un control de la maleza posteriormente.

GREEN Oil®. Es un producto coadyuvante-encapsulador, el cual contiene una mezcla de 2 aceites de origen vegetal, los cuales actúan como protectores químicos de moléculas inorgánicas u orgánicas contenidas como activos en los productos y contiene agentes surfactantes que actúan como agentes tensoactivos, mejorando la dispersión y adherencia de los productos. Este producto fue aplicado para los bioherbicidas y herbicidas convencionales a una dosis de 1 mL·L⁻¹.

3.4. Variables

La primera toma de datos se consideró a los 21 (dds), que fue a los siete días previos a la primera aplicación de los tratamientos y posteriormente se realizaron visitas para evaluar cada tres días, es decir, el día de la aplicación y a los siete, catorce y 21 (ddpa), con la finalidad de continuar con la evaluación del efecto de los tratamientos en el cultivo y la maleza. Las variables que se consideraron fueron:

3.4.1. Número de maleza total (#)

Es la abundancia total de la maleza, por lo que se registró el número de plantas presentes en cada unidad experimental, de todos los tratamientos y repeticiones. En el largo del surco central, se colocó el cuadro de 0.50 x 0.50 m tres veces, para obtener tres submuestras (en el inicio del surco, en el centro y al final), posteriormente se hizo el conteo total de los individuos y se obtuvo el promedio de los datos, el cual se registró en el libro de campo y en una base de datos.

3.4.1.1. Número de maleza por familia (#)

Al finalizar el experimento, se identificaron las familias de la maleza presente en el cultivo en cada uno de los tratamientos por unidad experimental, y se realizaron tres submuestreos con el cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m y se llevó a cabo un listado de las familias taxonómicas de la maleza que interacción en el cultivo de maíz y su abundancia.

3.4.1.2. Número de maleza por género (#)

Esta variable estuvo en función del total de plantas de maleza que se registraron por familia, por lo que se obtuvo al finalizar el experimento, se llevó a cabo la identificación a nivel género y al final se hizo un listado con la abundancia de los géneros. La identificación a nivel familia y género se realizó con la ayuda de la aplicación PlantNet³, el libro Malezas de Buenavista, Coahuila, así como con el apoyo de la página de malezas de México de CONABIO⁴, para hacer la corroboración de los géneros muestreados.

3.4.2. Porcentaje de cobertura de la maleza (%)

Para la toma de datos del porcentaje de cobertura se consideró la escala visual conforme al criterio del investigador; donde el 0% indicaba que no había ninguna maleza presente en el tratamiento en la unidad experimental, por efecto de la aplicación de los tratamientos y 100% correspondió a cobertura total por la maleza, es decir sin ningún efecto de control por los productos a la maleza. Los valores intermedios en este rango de 0 a 100%, representaron el crecimiento de la maleza y expansión en el terreno, lo que significa competencia por espacio.

3.4.3. Porcentaje de daño a la maleza (%)

Esta variable estuvo en función a los efectos fitotóxicos que se apreciaron en la maleza presente en cada unidad experimental, debido a las aplicaciones de los herbicidas químicos y a los bioherbicidas. Algunos de los efectos fitotóxicos que fueron observados son: amarillamiento, quemazones, necrosamiento, distorsión de tejidos e incluso la muerte total o parcial de la planta. En un rango de 0 a 100%; donde: 0% es nada de daño y 100% daño total o muerte de las plantas; los valores intermedios en este rango representaron efecto variable de la maleza sin llegar a la muerte total de ésta.

³ <https://identify.plantnet.org/es>

⁴ <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>

3.4.4. Porcentaje del daño al cultivo (%)

Esta variable estuvo en función al total de plantas del cultivo que había en cada unidad experimental, con daño fitotóxico provocado por los productos aplicados; la evaluación se realizó de forma visual, con forme al criterio del evaluador, considerado un rango de 0 a 100%; donde: el 100 % indicara muerte de la planta y 0% ningún efecto de daño fitotóxico en la planta de maíz. Los valores intermedios en este rango representaron efecto fitotóxico variable en las plantas del cultivo, sin llegar a la muerte total de éste.

3.4.5. Peso fresco del cultivo (g)

Se consideró el peso fresco de la planta completa de maíz (parte aérea y raíz) del cultivo a los 21 ddpa, se realizaron tres submuestreos con el cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m; se realizó un promedio y el dato se registró por unidad experimental en gramos (g); además, el valor se dividió entre el promedio del número de plantas muestreadas de maíz, para obtener también el peso por planta muestreada. Las plantas se pesaron en una báscula digital (COBACORP BCG).

3.4.6. Peso fresco de la maleza (g)

Para el peso fresco de la maleza se consideraron las plantas completas (partes aéreas y raíces) que se desarrollaron en el cultivo a los 21 (ddpa), se realizaron tres submuestreos con un cuadro de madera de 0.50 x 0.50 m; las plantas se pesaron en una báscula digital (COBACORP BCG) y el dato se registró por unidad experimental en gramos y también, se obtuvo el valor por planta, por lo que se dividió entre el número total de las plantas colectadas.

3.4.7. Peso seco del cultivo (g)

Las plantas del cultivo en las que se calculó el peso fresco fueron utilizadas para determinar el peso seco, por lo que las muestras se colocaron en una estufa de secado (Felisa 143) a 100°C, por dos días. Las muestras, también se pesaron en

una báscula digital (COBACORP BCG) y el valor obtenido se registró en gramos. Se obtuvo el valor por planta de maíz, por lo que se dividió entre el número de plantas muestreadas, para obtener el dato por planta.

3.4.8. Peso seco de la maleza (g)

Las plantas de maleza en las que se calculó el peso fresco fueron utilizadas para determinar el peso seco, por lo que las muestras se colocaron en la estufa de secado misma que se empleó para la variable anterior a una temperatura de 100°C. La materia seca se pesó en una báscula digital (COBACORP BCG), el valor se registró en gramos y se dividió entre el número de plantas totales de la maleza muestreada en cada unidad experimental, para obtener el dato por planta de maleza que se encontró en cada tratamiento.

3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron bajo el diseño de bloques al azar por lo que se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), los cuales se llevaron a cabo con el apoyo del programa SAS para Windows 9.0 (SAS, 2002).

Para la variable número de maleza los datos obtenidos fueron transformados con la fórmula logaritmo ($\log x$), mientras que, para porcentaje de cobertura a la maleza, porcentaje de daño a la maleza y porcentaje de daño al cultivo se utilizó la fórmula raíz cuadrada (\sqrt{x}) respectivamente, con la finalidad de utilizar datos con normalidad y llevar a cabo el análisis de varianza y comparación de medias correspondiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diversidad de maleza

En esta investigación se encontraron 13 familias y 27 géneros, con un total de individuos de maleza en el cultivo de maíz de 2 474, todos ellos interaccionaron con el cultivo en los campos del “bajío” de la UAAAN, en Saltillo, Coahuila, México; las cuales están representadas con mayor número de individuos por: Poaceae (40.1%) y Asteraceae (25.5%), lo que significa mayor abundancia y riqueza en cuanto a género. Otras familias que también tienen un valor representativo con dos géneros, pero con alto porcentaje de individuos fueron: Malvaceae, Amaranthaceae y Brassicaceae (18.3, 5.6 y 3.8%, respectivamente). Con un género pero con alto número de individuos fueron: Convolvulaceae (3.2%) y Portulacaceae (2.3%); el resto de las familias no alcanzan el 1% de representación en este estudio (Cuadro 2).

Cuadro. 2. Principales familias y géneros de maleza en el cultivo de maíz. UAAAN, 2021.

Familia	Género	Número de individuos por genero	Porcentaje (%)
Amaranthaceae	<i>Chenopodium</i>	123	4.97
	<i>Amaranthus</i>	15	0.61
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	286	11.56
	<i>Tagetes</i>	193	7.80
	<i>Helianthus</i>	138	5.58
	<i>Dittrichia</i>	5	0.20
	<i>Erigerum</i>	4	0.16
	<i>Xanthium</i>	3	0.12
	<i>Senecio</i>	1	0.04
Brassicaceae	<i>Sisymbrium</i>	80	3.23
	<i>Lepidium</i>	14	0.57
Convolvulaceae	<i>Ipomea</i>	79	3.19
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	5	0.20
Fabaceae	<i>Medicago</i>	3	0.12
Fumariaceae	<i>Fumaria</i>	9	0.36
Malvaceae	<i>Malva</i>	453	18.31
	<i>Anoda</i>	1	0.04
Poaceae	<i>Setaria</i>	508	20.53
	<i>Dactillis</i>	347	14.03
	<i>Cynodon</i>	92	3.72

...continuación del Cuadro 2.

	<i>Digitaria</i>	35	1.41
	<i>Zea</i>	10	0.40
	<i>Poa</i>	1	0.04
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	6	0.24
Portulacaceae	<i>Portulaca</i>	58	2.34
Primulaceae	<i>Lysimachia</i>	2	0.08
Solanaceae	<i>Solanum</i>	3	0.12
Total: 13	27	2 474	100

Guzmán-Mendoza *et al.* (2022) en muestreos realizados en el mismo cultivo en la comunidad El copal, Irapuato, Guanajuato, México, encontraron 15 familias de maleza las cuales pertenecen principalmente a Aizoaceae, Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Onagraceae, Orobanchaceae, Papaveraceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Primulaceae, Solanaceae, estos resultados concuerdan con lo que se reporta en esta investigación, debido a que hay coincidencia de familias, excepto para la familia Poaceae; sin embargo, en la mayoría de los estudios de diversidad, Poaceae y Asteraceae son de las familias más abundantes y representativas.

4.2. Análisis de varianza

En los resultados obtenidos del análisis de varianza, se reportan diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) en el 72.7% del total de las variables evaluadas, sólo significativas ($\alpha \leq 0.05$) en 4.5% y no significativas con 22.7%, esto fue encontrado entre los tratamientos. Para el caso del total del número de maleza (#NM), el 83.3% fue altamente significativa mientras que el resto no presento diferencia significativa, para el porcentaje de cobertura (%C); el 50% fue altamente significativo y el otro 50% no presento diferencia significativa; en las variables porcentaje de daño a la maleza (%DM), porcentaje de daño al cultivo (%DC), peso fresco a la maleza (PFM) y peso seco a la maleza (PSM) el 100% fueron altamente significativas; mientras que para el peso fresco del cultivo (PFC) nada más hubo diferencia significativas y el peso seco del cultivo (PSC) no presento diferencia significativa (Cuadro 3).

Cuadro. 3. Análisis de varianza en la evaluación de los bioherbicidas y herbicidas convencionales para el control de la maleza en el cultivo de maíz. UAAAN, 2023.

Variables	F.V	Trat	Rep	Error	T. C.	C. V. (%)	R ²	Media
	gl	7	3	24	31			
#NM1		0.07 ^{NS}	0.05 ^{NS}	0.07 ^{NS}		57.45	0.29	3.67
% C1		0.18 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.17 ^{NS}		29.63	0.31	2.2
#NM2		0.44 ^{***}	0.20 ^{NS}	0.11 ^{***}		41.45	0.59	10.29
% C2		2.92 ^{NS}	6.37 ^{NS}	2.65 ^{NS}		67.92	0.41	8.71
#NM3		0.22 ^{***}	0.08 ^{NS}	0.06 ^{**}		19.34	0.57	26.71
% C3		6.57 ^{NS}	11.61 ^{***}	2.82 ^{**}		39.09	0.57	22.72
#NM4		0.36 ^{***}	0.08 ^{NS}	0.08 ^{***}		23.79	0.59	24.43
%DM1		47.17 ^{***}	0.89 ^{NS}	0.52 ^{***}		18.29	0.96	26.37
%DC1		6.45 ^{***}	4.02 ^{NS}	1.47 ^{***}		77.32	0.64	4.93
% C4		7.40 ^{***}	9.07 ^{**}	2.34 ^{***}		40.19	0.61	18.48
#NM5		0.47 ^{***}	0.07 ^{NS}	0.05 ^{***}		17.52	0.76	25.56
%DM2		72.10 ^{***}	0.55 ^{NS}	0.41 ^{***}		15.65	0.98	32.82
%DC2		22.38 ^{***}	1.22 ^{NS}	2.60 ^{***}		56.78	0.74	14.64
% C5		30.98 ^{***}	5.68 ^{**}	1.85 ^{***}		26.74	0.85	34.48
#NM6		0.64 ^{***}	0.06 ^{NS}	0.08 ^{***}		23.24	0.73	25.78
%DM3		72.86 ^{***}	0.27 ^{NS}	0.36 ^{***}		14.79	0.98	32.88
%DC3		23.40 ^{***}	1.91 ^{NS}	2.83 ^{***}		57.41	0.74	15.52
% C6		36.01 ^{***}	6.00 ^{***}	1.37 ^{***}		21.63	0.9	38.54
PFM		527589.28 ^{***}	60431.08 ^{NS}	44662.06 ^{***}		43.38	0.8	487.12
PFC		1736.55 ^{**}	3279.70 ^{***}	656.70 ^{***}		52.76	0.61	48.56
PSM		16596.12 ^{***}	788.20 ^{NS}	1724.20 ^{***}		41.96	0.76	98.93
PSC		82.83 ^{NS}	221.79 ^{***}	35.60 ^{**}		48.95	0.62	12.18

F.V: fuente de variación; gl: grados de libertad; #NM: número de maleza; %C: porcentaje de cobertura; %DM: porcentaje de daño a la maleza; %DC: porcentaje de daño al cultivo; PFM: peso fresco de la maleza; PFC: peso fresco del cultivo; PSM: peso seco de la maleza; PSC: peso seco del cultivo; Trat: tratamientos; Rep: repeticiones; T.C.: total corregido; C.V. %: porcentaje de coeficiente de variación; R²: coeficiente de determinación; 1-6 muestreos realizados para obtención de las variables; *** diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; ^{NS}: diferencias no significativas.

4.3. Comparaciones de medias

4.3.1. Número de maleza

El número de maleza que se presentó en el cultivo de maíz al inicio fue bajo debido a la preparación del terreno, conforme se dio el primer riego previo a la siembra del cultivo y posteriores riegos, la germinación de maleza fue incrementado por las condiciones favorables para esta. Los muestreos 1, 2 y 3 son previos a la aplicación de cada tratamiento, excepto para atrazina (T7). En general, la maleza se mantuvo en un promedio del 20 al 35% con respecto al

total de maleza emergida con respecto al tercer muestreo, donde se hizo la aplicación de los tratamientos, mientras que los muestreos 4, 5 y 6 son posteriores a la aplicación de estos, por lo tanto, el número de maleza se comportó de diferente manera debido al efecto de cada tratamiento, tomando en cuenta que entre cada muestreo hay un lapso de siete días para haber sido evaluados (Figura 3).

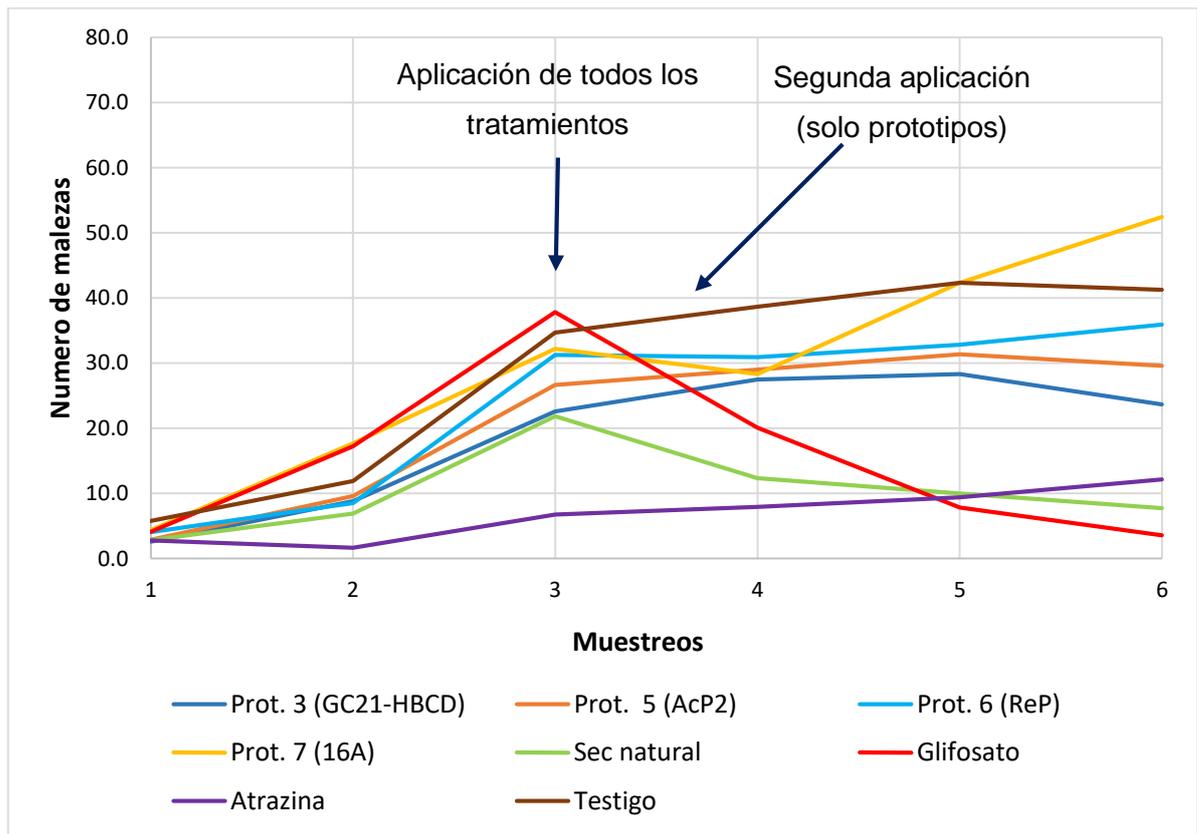


Figura 3. Número de maleza antes y después de la aplicación de cada tratamiento.

En el tratamiento 7 (atrazina) en el cual se realizaron dos aplicaciones una PRE y una POST emergente, siendo 1, 2 y 3 los muestreos ddpa se puede observar que el número de maleza se mantiene bajo y 14 (ddsa) aún se mantenía bajo, posterior a este muestreo el número de maleza comenzó a incrementar; mientras que en los tratamientos Sec Natural® (biorracional) y glifosato después de la aplicación redujeron el número de maleza hasta 21 (dda). Por otra parte, los prototipos 3, 5 y 6 durante 14 ddsa mantuvieron el número de maleza sin incremento, sin embargo, el efecto del prototipo 3 se evidenció hasta los 21 ddsa, ya que se observó una reducción en el número de maleza, y el prototipo 7 después de una semana presentó poco efecto de control sobre la maleza, ya

que se observó un incremento en el número de plantas que incluso superó al testigo, teniendo un efecto como promotor de crecimiento sobre estas, tomando en cuenta que para el caso de los cuatro prototipos se realizó una segunda aplicación cinco días después de la aplicación de todos los tratamientos (Figura 3).

La comparación de medias en la variable número de maleza, muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores de las medias más altas, es decir mayor número de individuos por tratamiento, se comportaron de la siguiente manera: Prot. 7 16A con una media de 52.4 individuos, testigo con 41.3, Prot.6 ReP tuvo 35.9, Prot.5 AcP2 presentó 29.6, Prot.3 GC21-HBCD con 23.7; de los valores más bajos menores a 20 individuos fueron: atrazina (12.2), Sec Natural® (7.8) y glifosato (3.6) (Figura 4).

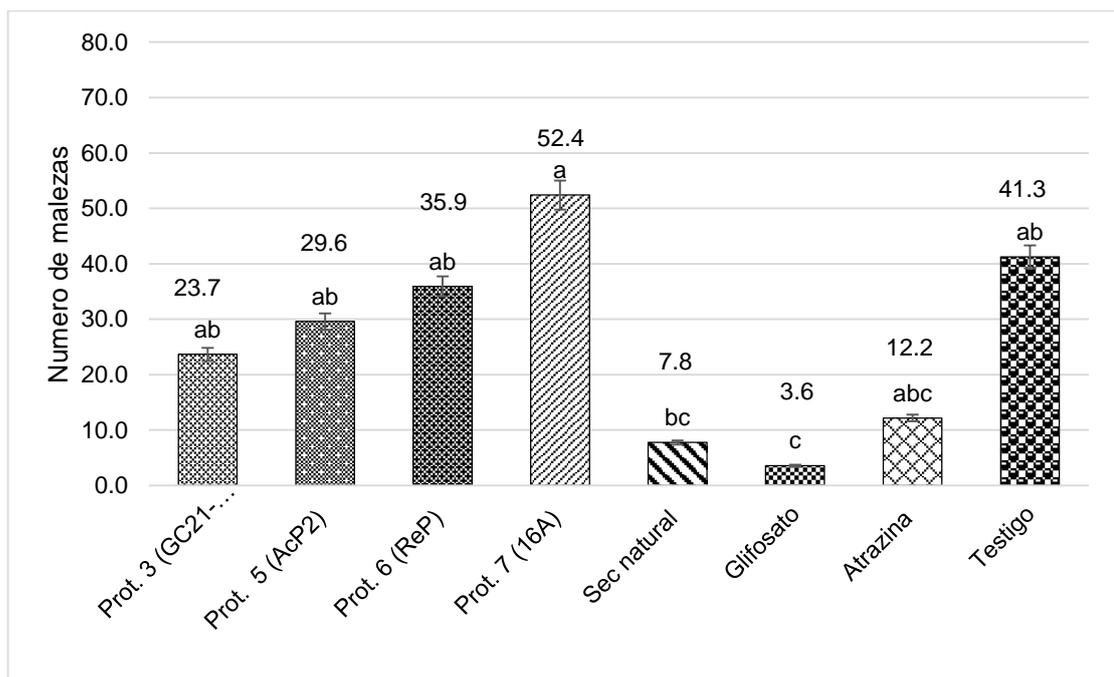


Figura 4. Comparación de medias de los bioherbicidas, herbicidas convencionales y el testigo.

De las propuestas como productos herbicidas biorracionales de la empresa GreenCorp, el Prot.3 GC21-HBCD, es el que menor número de maleza presentó, sin embargo, el Sec Natural® parece ser una propuesta aceptable como una alternativa biorracional, para el control de la maleza en cultivo de maíz, incluso resultó ser más eficiente, que el tratamiento en el que se aplicó con atrazina,

siendo este un herbicida selectivo a maíz y aplicado en los dos momentos recomendados para su uso, en PRE y POST, los dos en condición a la maleza y cultivo; en PRE se requirió de riego a capacidad de campo para su mejor efectividad, y en el caso de POST, fue con maleza menor a 5.0 cm de longitud y de igual forma con riego.

Brookes (2019) menciona que el glifosato se aplica en preemergencia al cultivo y postemergencia a la maleza para cultivos de siembra directa o trasplante, con la finalidad de reducir el número individuos de maleza y tener un buen control sobre estas, sin afectar al cultivo y manteniendo limpio hasta la cosecha. Por otra parte, Abdullahi *et al.* (2016) demostraron que la aplicación preemergente de atrazina a $1.0 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + un deshierbe manual 45 días después de la siembra, se reduce el número de malezas y aumenta el rendimiento para la producción de grano aproximadamente $8.79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el cultivo de maíz, bajo condiciones de temporal. El efecto ocasionado en el número de maleza por los cinco bioherbicidas aplicados, pudo deberse a su composición, ya que se incluyen algún tipo de aceite vegetal en todos los productos; al respecto, El Sawi *et al.* (2019) observaron que el aceite esencial de naranjo *Citrus x sinensis* (L.) Osbeck, naranjo agrio *Citrus x aurantium* (L.) y mandarina *Citrus reticulada* (Blanco) tienen efecto inhibitorio en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de maleza de hoja ancha como *Helianthus annuus* (L.), *Portulaca oleracea* (L.), *Lupinus albus* (L.) y *Malva parviflora* (L.).

4.3.2. Porcentaje de daño a la maleza

El comportamiento de daño a la maleza de cada uno de los tratamientos considerado a un lapso de siete días después de la primera aplicación y entre cada muestreo, explica que el tratamiento que tuvo el mayor porcentaje de daño a la maleza fue el glifosato, seguido de Sec Natural® y atrazina, mientras que los prototipos 3, 5, 6 y 7 mostraron un menor porcentaje de daño sobre estas (Figura 5).

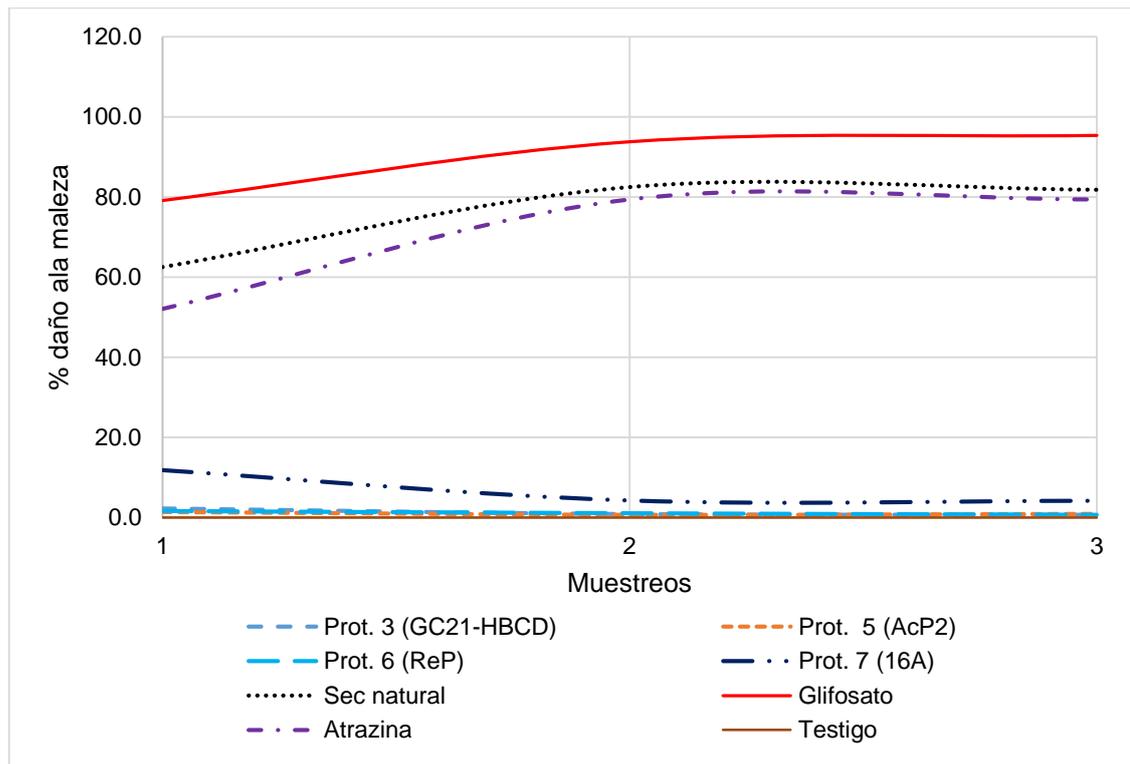


Figura 5. Representación del porcentaje de daño a la maleza después de la aplicación de cada tratamiento, con herbicidas químicos y bioherbicidas.

La comparación de medias muestra que los tratamientos Sec Natural® (biorracional), atrazina y glifosato son altamente diferentes considerados significativamente con $\alpha \leq 0.01$, en comparación con los prototipos no comerciales de la empresa GreenCorp, los cuales no presentaron daños a la maleza superiores al 10%. Las medias para esta variable fluctuaron entre un 0.7% a un 95.4% de daño, por tanto, el tratamiento donde se aplicó glifosato representó la media más alta, con 95.4%, seguido de Sec Natural® (81.8%), atrazina (79.4%), Prot.7 16A (4.2%), Prot.5 AcP2 (0.9%), Prot.3 GC21-HBCD (0.7%), Prot.6 ReP (0.7%). Los efectos provocados por los prototipos 3 y 6 representaron el menor valor para esta variable, sin embargo, en número de maleza al menos el prototipo 3 fue de los que tuvieron menor valor, esto puede dar una referencia a que estos herbicidas pueden tener mejor acción aplicados de forma PRE, que POST y que su efecto de contacto no es tan eficaz (Figura 6).

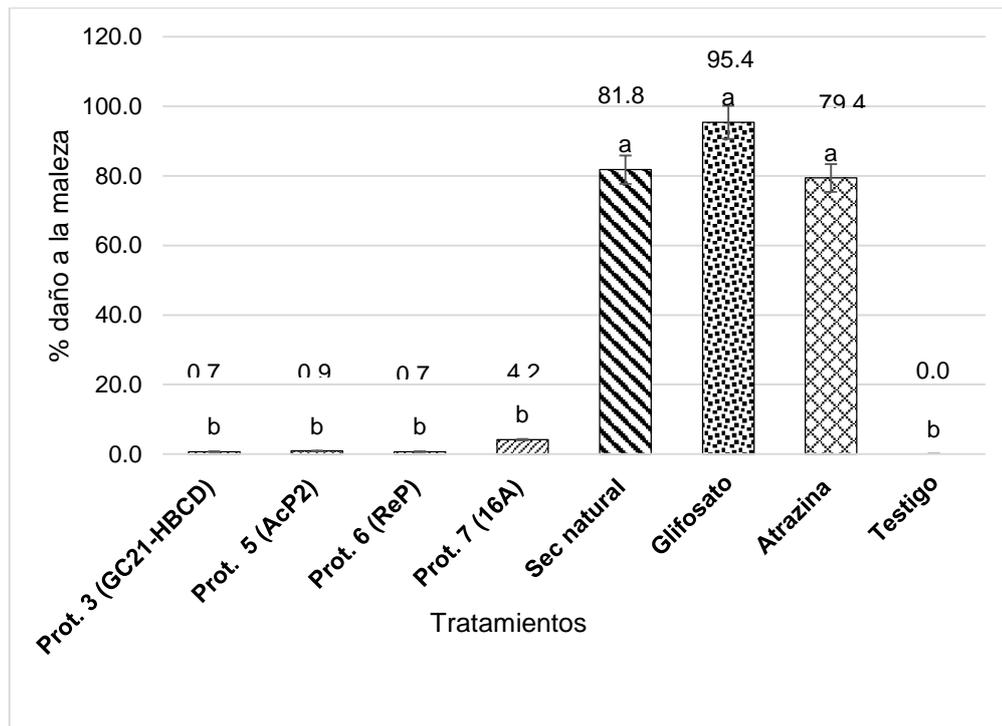


Figura 6. Comparación de medias del porcentaje de daño a la maleza de cada tratamiento.

Patishtan *et al.* (2022) mencionan que Sec Natural® mostró un buen control sobre la maleza de hoja ancha *Amaranthus palmeri* (S. Wats) y hoja angosta *Bothriochloa. laguroides* (D. C.) Herter, siete y 14 días después de la aplicación, respectivamente, obteniendo un resultado similar al del glifosato, mientras que para la maleza *Croton hirtus* (L'Hér) obtuvieron la mayor efectividad a los siete días después de la aplicación. Muñoz *et al.* (2020) evaluaron bajo invernadero en postemergencia a la maleza ácido pelargónico, carvacrol y aldehído cinámico como productos naturales sobre *Amaranthus retroflexus* (L.), *Avena fatua* (L.), *P. oleracea* y *Erigeron bonariensis* (L.), reportando alta eficacia (muerte de la planta) y alto porcentaje de daño sobre todas las especies, siendo el ácido pelargónico el de mayor efectividad, seguido del aldehído cinámico y carvacrol. Por otro lado, Sabrine y Tarek (2023) encontraron que los aceites esenciales de *Artemisia herba-alba* (Asso) y *Juniperus phoenicea* (L.) tienen efecto inhibitorio sobre la germinación de semillas como: *Daucus carota* (L.), *Ampelodesmos mauritanica* (Poir), *Cynodon dactylon* (L.), *P. annua*, y *A. fatua*, sugiriéndose como una alternativa al manejo de la maleza. Sin embargo, Kannan y Chinnagounder (2014) informaron que la aplicación temprana en forma postemergente de glifosato a 1,800 g de i.a-ha⁻¹ mostró mayor eficacia sobre el control de malezas

de hoja ancha y angostas en híbridos de maíz transgénicos y no transgénicos. Barla *et al.* (2016) demostraron que la aplicación en preemergencia de atrazina a $0.50 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + Pendimetalina a $0.50 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ es similar al deshierbe manual a los 20 y 40 días después de la siembra, registrando una densidad baja de maleza en el peso seco de estas, en comparación con el control químico de la maleza a los 30 y 60 días después de la siembra.

4.3.3. Porcentaje de daño al cultivo

El porcentaje de daño al cultivo de cada tratamiento considerado siete días después de la aplicación y entre cada muestreo, se puede observar que los tratamientos con los prototipos de bioherbicidas 3, 5, 6 y 7 a base de ácidos, aceites, extractos y resinas tuvieron un porcentaje de daño al cultivo menor al 10 %; sin embargo, el tratamiento con el bioherbicida comercial Sec Natural® a base de extractos alelopáticos, aceites de plantas y metabolitos de hongos, mostró más daño al cultivo comparado con los prototipos experimentales. El glifosato fue el tratamiento con mayor porcentaje de daño al cultivo, esto debido a sus características y modo de acción en el que trabaja este ingrediente activo, que para resaltar es un producto sistémico no selectivo o de acción total, utilizado para el control de hojas anchas y angostas. Por otro lado, la atrazina tiene bajo daño sobre el cultivo, debido a que es un producto selectivo para maíz y solo tiene efecto sobre malezas de hoja ancha (Figura 7).

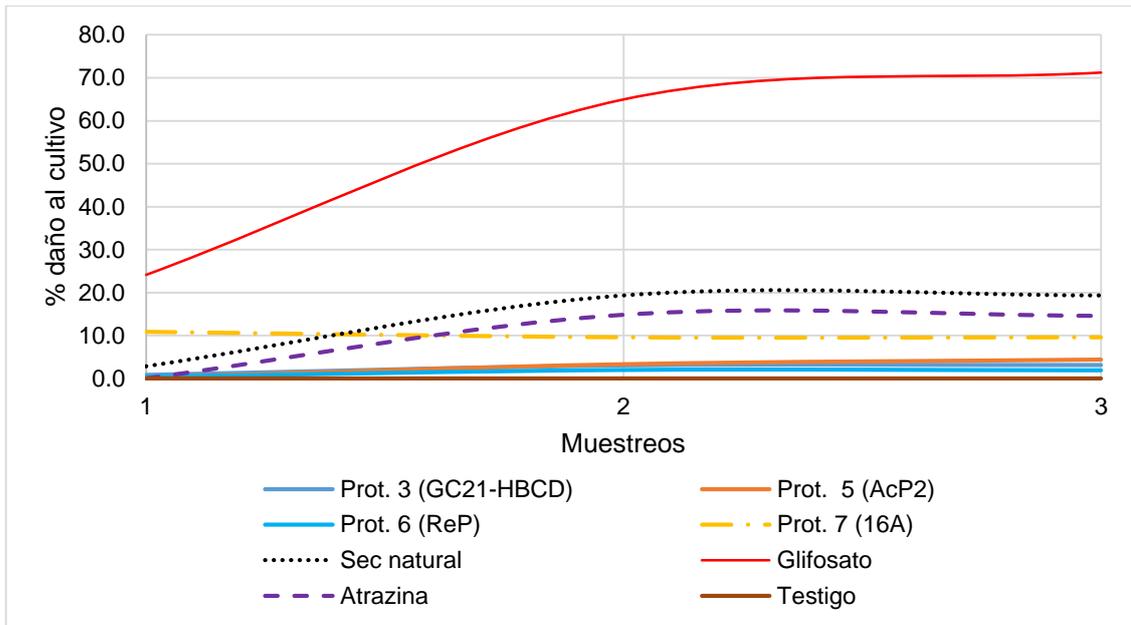


Figura 7. Representación del porcentaje de daño al cultivo causado por los bioherbicidas y herbicidas convencionales.

La comparación de medias muestra que hay diferencia significativa entre los tratamientos, comparando todos los tratamientos, entre los bioherbicidas con el glifosato se puede observar que estos productos tienen un porcentaje de daño al cultivo menor al 20% mientras que el glifosato presentó un valor promedio de daño al cultivo de 71.3%, debido a que es un herbicida no selectivo para este cultivo. El tratamiento realizado con atrazina no presenta diferencia significativa ante los tratamientos biorracionales y sí con el glifosato. Con estos resultados se corrobora que Sec Natural®, es una propuesta idónea para el manejo de maleza, como en el cultivo de maíz como lo indica su etiqueta, “para uso en y alrededor de todos los cultivos de alimentos y no alimentos, incluidos, pero no limitado (Figura 8).

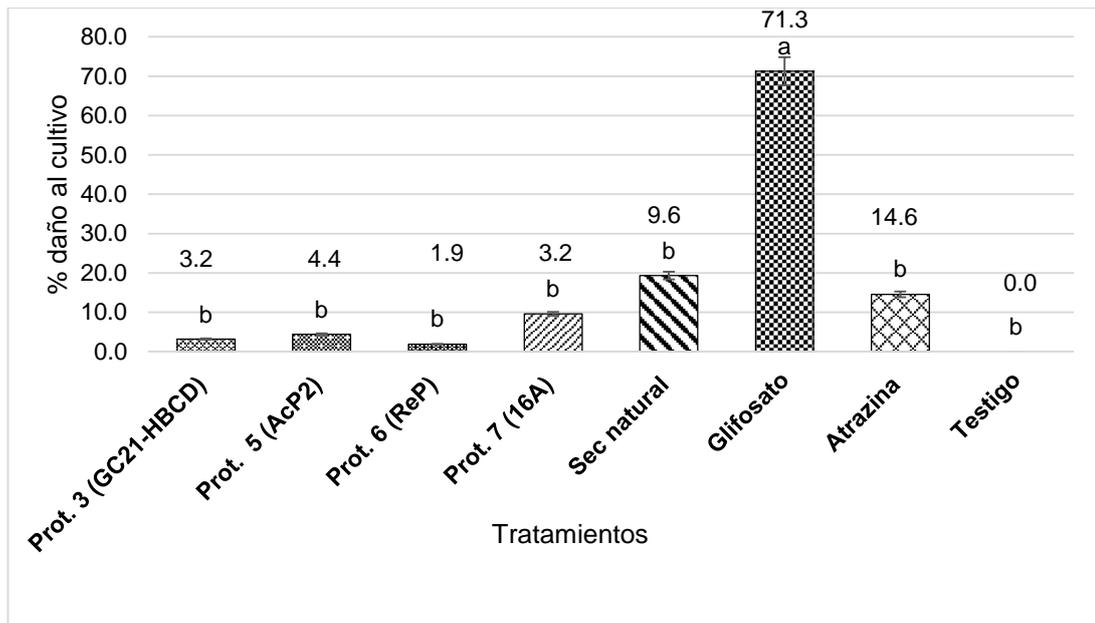


Figura 8. Comparación de medias del porcentaje de daño al cultivo de los bioherbicidas y herbicidas convencionales.

Ibáñez y Blázquez (2019) probaron aceites esenciales de jengibre *Zingiber officinale* (Roscoe) y cúrcuma *Curcuma longa* (L.), de manera *in vitro* contra las especies de malezas, *P. oleracea*, *Lolium multiflorum* (Lam), *Echinochloa crus-galli* (L.), *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult.f) y *Nicotiana glauca* (Graham) y cultivos como (tomate, pepino y arroz), en cual encontraron que el aceite esencial de jengibre inhibe la germinación de *P. oleracea* y *L. multiflorum* así como también de los cultivos, mientras que el aceite esencial de cúrcuma inhibe la germinación de toda la maleza mencionada, pero no afecta la germinación ni el crecimiento de los cultivos (sin efecto fitotóxicos), siendo un alternativa como aplicación postemergente.

4.3.4. Porcentaje de cobertura de la maleza

La evaluación para el porcentaje de cobertura de la maleza se realizó de forma visual y conforme a los criterios del investigador, dentro de los resultados obtenidos para esta variable, se encontró que la cobertura de la maleza que se estableció al inicio del establecimiento del experimento en el cultivo de maíz, fue del 1% esto se debió a que previamente se realizó la preparación del terreno para la siembra que es una práctica preventiva y mecánica para el control de la maleza y conforme se fueron dando los riegos preliminares a la siembra del maíz,

la germinación y desarrollo de la maleza fue incrementando. Se puede observar el comportamiento de los tratamientos antes y después de las aplicaciones, tomando en cuenta que los primeros tres muestreos correspondieron a una condición sin interacción con los prototipos, ya que fue sin aplicación y los tres muestreos posteriores a este corresponde a la aplicación de los tratamientos, cabe resaltar que para el tratamiento 7 (atrazina) se realizó una aplicación PRE y POST, debido a que son las recomendaciones por el fabricante, este ingrediente activo, ejerce buen control sobre malezas de hoja ancha el porcentaje de cobertura siempre se mantuvo bajo, alrededor del 10% (Figura 9).

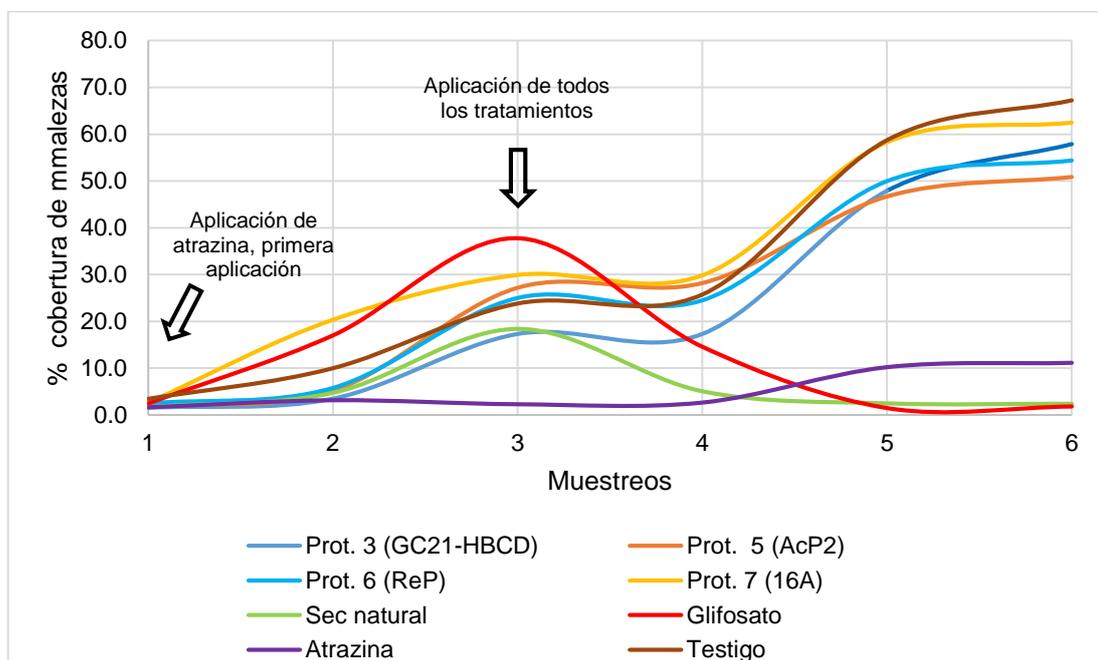


Figura 9. Porcentaje de cobertura antes y después de la aplicación de herbicidas químicos y bioherbicidas.

El glifosato y Sec Natural® (biorracional) al inicio el porcentaje de cobertura fue incrementado como en todos los tratamientos, pero posterior a las aplicaciones, en estos dos tratamientos el porcentaje de cobertura de la maleza fue disminuyendo, debido al buen control que ejercieron sobre las malas hierbas. Por otro lado, los prototipos experimentales 3, 5, 6 y 7, mostraron bajo efecto de control sobre la maleza, por lo cual el porcentaje de cobertura de la maleza aumento después del efecto de la aplicación, comparado con el testigo el cual no se realizó ningún tipo de control sobre la maleza (Figura 9).

En la Figura 10, se puede apreciar que en la comparación de medias hay diferencia significativa entre los tratamientos. Comparando los tratamientos biorracionales con el testigo, se puede observar que los Prototipos 3, 5, 6, 7 no mostraron diferencia significativa con respecto al Sec Natural®; sin embargo, los herbicidas convencionales, es decir, el glifosato y la atrazina frente al testigo, muestran diferencias significativas, siendo el testigo el tratamiento con mayor porcentaje de cobertura debido a que no se le aplicó ningún tipo de control y en contraparte el glifosato con menor porcentaje.

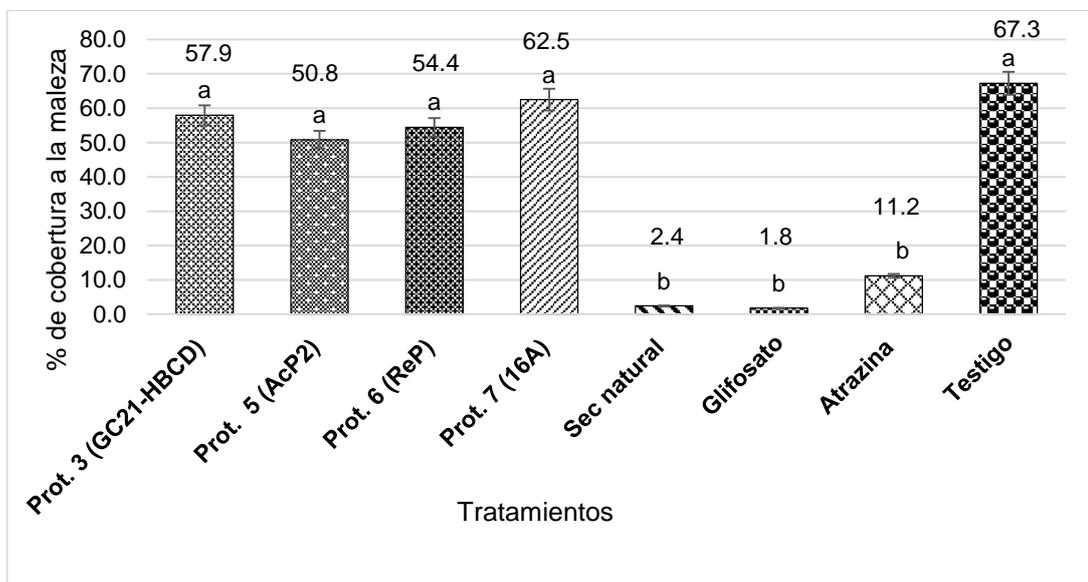


Figura 10. Comparación de medias del porcentaje de cobertura entre los bioherbicidas y herbicidas convencionales.

Esqueda *et al.* (2022) encontraron que el bioherbicida Sec Natural® es efectivo sobre algunas especies de malezas de la familia Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae y Poaceae, después de 13-15 días de la aplicación, con un porcentaje de daño del 78.8 % sobre estas en cultivos de limón persa, lo que redujo significativamente la cobertura de la maleza en el terreno dentro del campo de cultivo. Sharma y Rayamajhi (2022) mencionan que la aplicación preemergente de una mezcla de atrazina al $0.5 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y pendimetalina a $0.25 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ dio como resultado la erradicación del 98% de la población total de la maleza, mientras que la mezcla de alacloro a $1.92 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y atrazina a $1.5 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ mostró como máxima eficacia el 85% aplicado en preemergencia al cultivo de maíz.

4.3.5. Peso fresco de la maleza

La obtención de los datos para la variable de peso fresco de la maleza se realizó a los 21 días después de la aplicación y se obtuvo en gramos (g), por tanto, los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Comparando los tratamientos biorracionales con el testigo se puede apreciar que en el producto comercial Sec Natural® presentó el menor valor del peso fresco en la maleza a diferencia de los prototipos 3, 5, 6 y 7 de la empresa GreenCorp, entre los cuáles no tuvieron diferencias significativas con el testigo. Los productos químicos convencionales (glifosato, atrazina) mostraron un menor peso fresco comparado con el testigo. En general glifosato, Sec Natural® (biorracional) y atrazina, fueron los tratamientos que menor peso fresco a la maleza obtuvieron, debido al gran porcentaje de daño que causaron posterior a la aplicación, para el control de éstas (Figura 11).

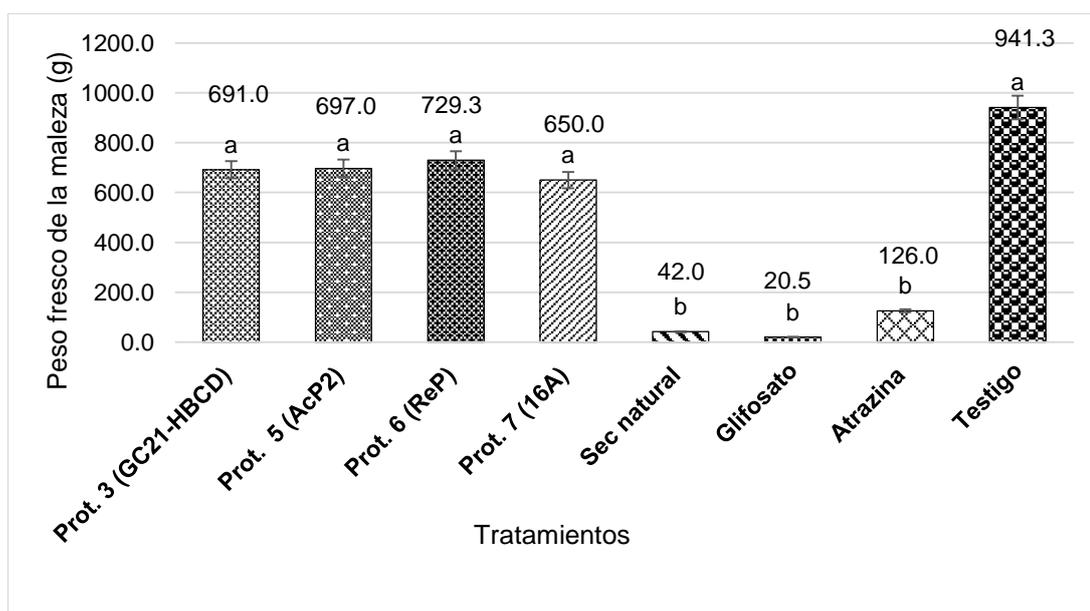


Figura 11. Peso fresco de la maleza (g) después de 21 días de haber sido tratados con herbicidas químicos convencionales al cultivo de maíz y bioherbicidas como propuesta biorracional en el manejo de las malas hierbas.

Rosa (2015) encontró que el uso de herbicidas químicos para el control de la maleza reduce efectivamente tanto el número como el peso de éstas, que al realizar deshierbes manuales. Tejada y Helfgott (2018) mencionan que una dosis de atrazina a 1,000 g de i.a. \cdot ha⁻¹ se obtiene menor peso fresco en las malezas, esto debido al buen control que ejerce sobre las dicotiledóneas.

4.3.6. Peso fresco del cultivo

La variable peso fresco del cultivo se obtuvo a los 21 días después de la aplicación, en cada uno de los tratamientos; estadísticamente no presenta diferencia significativa, sin embargo comprando los tratamientos biorracionales con el testigo se puede observar que los prototipos experimentales 3, 5, 6 y Sec Natural® presentan mayor peso que el testigo indicando que el porcentaje de daño hacia el cultivo fue menor. Mientras que el prototipo 7 presentó menor peso semejante al testigo, esto no es exclusivamente por el efecto del propio bioherbicida, ya que el testigo fue absoluto, sin ninguna aplicación, esto pudo deberse por tanto a la misma competencia interespecífica que se generó durante el desarrollo de la maleza y el crecimiento del cultivo, ya que el prototipo 7 fue de los que menos efecto presentaron en el control de la maleza. Por otro lado, la comparación de los herbicidas químicos, entre atrazina y glifosato, la primera mostró un mayor peso fresco del cultivo a diferencia del segundo, esto indica que la afectación del glifosato incluso redujo el número de plantas y su capacidad de acumulación de biomasa (Figura 12).

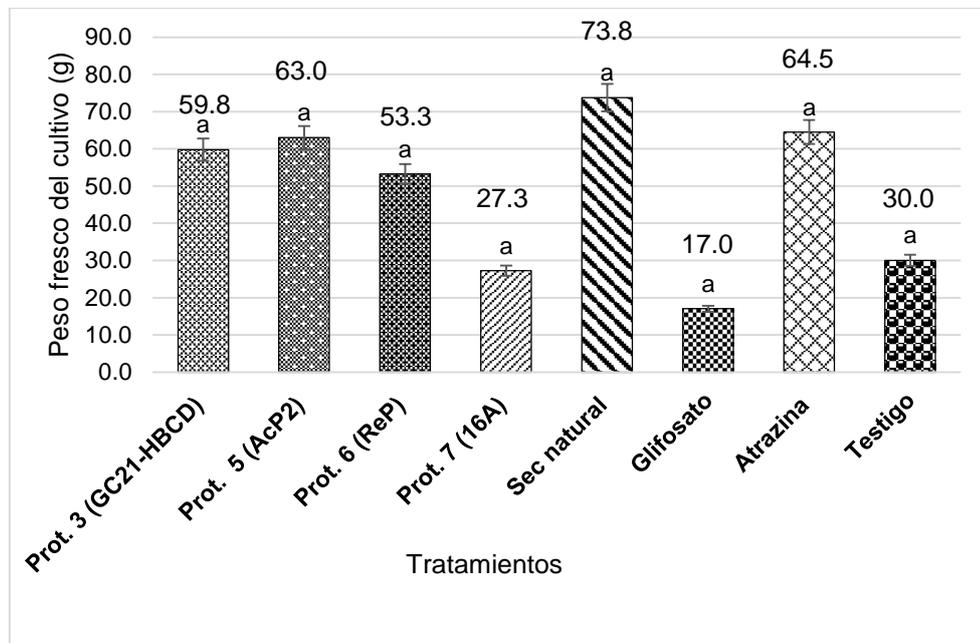


Figura 12. Peso fresco de plantas del cultivo de maíz (g) después de 21 días de haber sido tratado con herbicidas químicos convencionales y bioherbicidas.

Pannacci *et al.* (2020) realizaron pruebas en cajas Petri con extractos acuosos de *Artemisia vulgaris* (L.) sobre semillas de maíz, los autores reportaron que el extracto de esta planta no afecta la germinación ni mucho menos la emergencia de las plántulas y la radícula, por lo que se consideró que puede actuar como un promotor de crecimiento en las plantas o éstas verse favorecidas por los componentes que contiene este extracto. Estos resultados nos acercan a la explicación de que los prototipos experimentales de la empresa GreenCorp, por sus componentes, puedan favorecer el desarrollo y crecimiento de las plantas.

4.3.7. Peso seco de la maleza

Las variables de peso seco se derivaron de las muestras obtenidas para las variables de peso fresco, ya que se obtuvieron después de extraer el agua de los tejidos de las plantas por secado en estufa. Los análisis estadísticos arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos. Comparando los tratamientos biorracionales con el glifosato podemos apreciar que con los prototipos 3, 5, 6 y 7 y el testigo tuvieron altas diferencias ($\alpha \leq 0.01$), por lo contrario con el tratamiento biorracional comercial que fue el Sec Natural®, no se presentaron diferencias significativa; mientras que atrazina mostró ser intermedio, ya que su respuesta para esta variable, no se diferenció en su totalidad con los prototipos de la empresa GreenCorp como de la respuesta que tuvo el glifosato y el Sec Natural®, pero si con el testigo. Los tratamientos Sec Natural® (biorracional), atrazina y glifosato fueron los que menor acumulación de materia seca tuvieron y con ello se entiende que menor acumulación de biomasa por superficie, esto se traduce a un mayor control sobre la maleza presente en el cultivo de maíz (Figura 13).

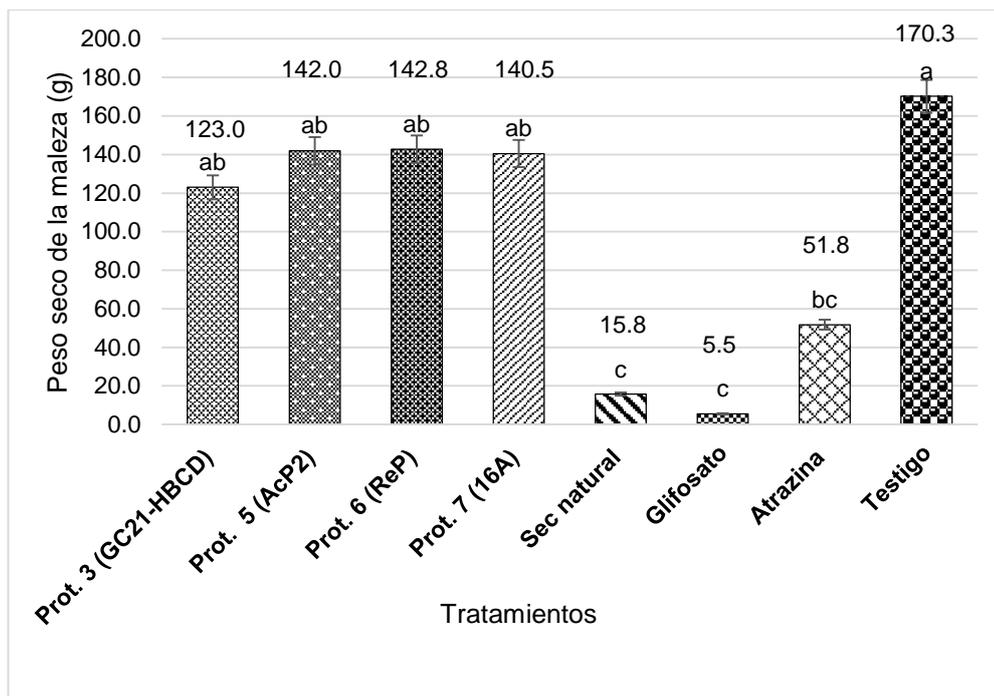


Figura 13. Materia seca acumulada de la maleza (g) después de haber sido sometida a tratamientos con herbicidas convencionales y bioherbicidas para su control en el cultivo de maíz.

Kakade *et al.* (2020) mencionan que la aplicación postemergente de atrazina a $0.50 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + tembotriona a $0.120 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 20 días después de la siembra tuvo efecto sobre el control de la maleza de hoja ancha y angosta, reduciendo el número y la cantidad de materia seca de éstas.

4.3.8. Peso seco del cultivo (g)

La Figura 14, muestra el peso seco del cultivo después de eliminar el agua del tejido fresco mediante secado en estufa, el cual estadísticamente no presenta diferencia significativa entre los tratamientos. Comparando los tratamientos biorracionales se puede observar que el prototipo 7 fue el tratamiento que menor peso seco obtuvo semejante al testigo, esto debido principalmente a la competencia interespecífica que se da de forma natural entre el cultivo y la maleza cuando no se realiza control o este no es el oportuno en el periodo crítico de competencia del cultivo, por lo tanto esta falta de manejo, puede perjudicar al cultivo en la acumulación de biomasa y con ello perjudicar el rendimiento; mientras que en los demás tratamientos se obtuvo mayor peso seco que en el testigo, debido a la reducción de la maleza por los tratamientos efectuados y con

ello darle oportunidad al cultivo de desarrollarse adecuadamente. Por otra parte, la comparación de los herbicidas convencionales, como el glifosato mostró menor peso seco al cultivo que atrazina, debido al daño que causo sobre este.

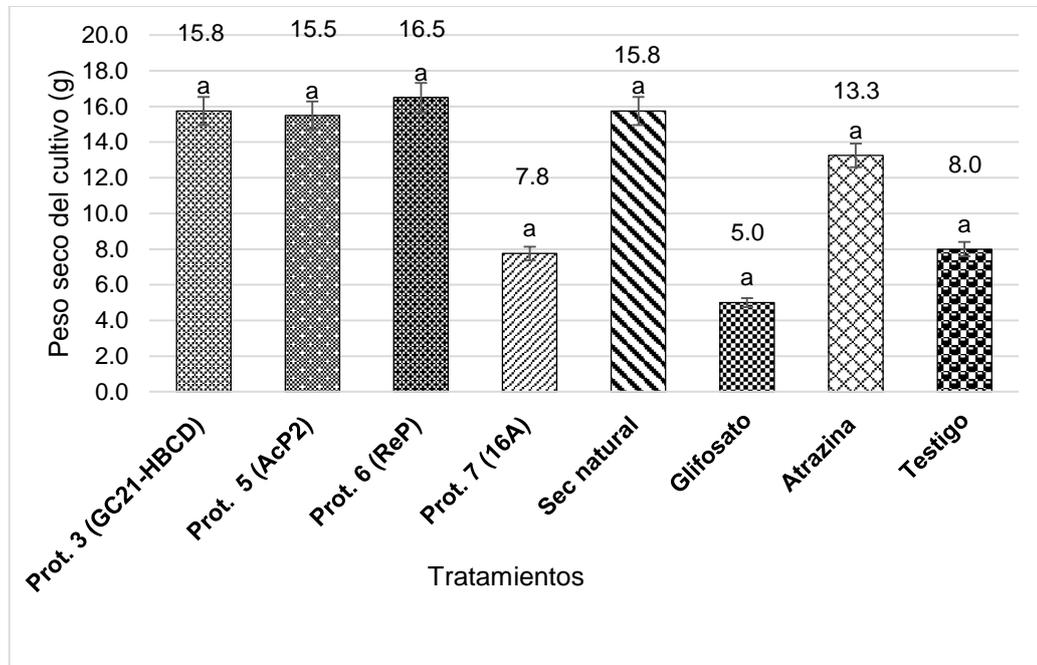


Figura 14. Acumulación de peso seco en plantas del cultivo de maíz en gramos, después de haber sido sometidas a manejo de la maleza con herbicidas químicos convencionales y bioherbicidas.

V. CONCLUSIÓN

De los herbicidas convencionales el glifosato mostró mayor porcentaje de daño a la maleza, así como también del cultivo.

De los bioherbicidas el producto comercial Sec Natural® tuvo mayor porcentaje de daño a la maleza similar al glifosato, así como también al cultivo.

El prototipo 3 (GC21-HBCD) de la empresa GreenCorp puede ser un producto prometedor, a largo plazo para ser utilizado como propuesta en un manejo preemergente a la maleza; sin embargo, Sec Natural®, es un producto comercial factible para el manejo de la maleza como alternativa biorracional en el cultivo del maíz, pero se requiere proteger al cultivo ya que tienen efectos de acción total.

VI. LITERATURA CITADA

- Abdullahi, S., Ghosh, G., & Dawson, J. (2016). Effect of different weed control methods on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under rainfed condition in Allahabad. *Journal of Agriculture and Veterinary Science.*, 9 (4): 44-47.
- Abouziena, H. F., & Haggag, W. M. (2016). Weed control in clean agriculture: a review. *Planta daninha*, 34 (2), 377-392.
- Apuntes de Manejo de Herbicidas PAR-451. (2023). Métodos de control de malezas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Arteaga, N. M. A. (2015). Evaluación de la reproducción masiva de nematodos entomopatógenos (*Steinernema spp* y *Heterorhabditis spp*) en larvas de gallina ciega (*Phyllophaga spp*) bajo condiciones controladas.
- Ávila, J. A. M., Ávila, J. M. S., Martínez, D. H., & Rivas, F. J. S. (2014). El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el Noroeste. Recuperado el 21 de abril del 2023, de <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf>
- Ayala, J. P. T. (2017). Evaluación de valor neto, eficiencia, biodiversidad y características físicas químicas del suelo, de tres sistemas de siembra utilizados en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la parroquia Turi, cantón Cuenca, Ecuador. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27414>
- Bajwa, A. A. (2014). Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop protection*, 65, 105-113.
- Barla, S., Upasani, R. R., Puran, A. N., & Thakur, R. (2016). Weed management in maize. *Indian Journal of Weed Science.*, 48 (1): 67–69.
- Basave, B. L. (2019). Niveles ambientales de herbicidas en pozos y cuerpos de agua superficial ubicados en una comunidad mexicana dedicada al cultivo de maíz.
- Batish, D. R., Setia, N., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2004). Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection*, 23 (12), 1209-1214.
- Bedón, W. A. J. (2011). Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (*Zea mays*) amarillo duro DK 1040 e INIAP H-553 en época lluviosa en Ventanas.
- Bermudez, V. A. C. (2022). Evaluación de *Beauveria bassiana* aislado del estiércol de conejo para el control de gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), en condiciones de

- Laboratorio Campus Salache 2021–2022. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9318>
- Blanco, C. M., & Saavedra, G. (2014). Manejo de malezas y su control. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 303. Recuperado el 12 de mayo del 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7810>
- Blanco, Y. V., Leyva, Á. G., & Castro, I. L. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 62-69.
- Brookes, G. (2019). Glyphosate use in Asia and implications of possible restrictions on its use. *AgBioForum*, 22(1), 1-26.
- Cai, X., & Gu, M. (2016). Bioherbicidas in organic horticulture. *Horticulturae*, 2(2), 3. Disponible en <https://doi.org/10.3390/horticulturae2020003>
- Caiza, A. M. J. (2022). Evaluación de dos cepas de *Beauveria bassiana* para el control de *Euxesta stigmatias* en mazorcas de maíz (*Zea mays*), bajo condiciones controladas, Campus Salache–Latacunga–Cotopaxi 2022. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9449>
- Caiza, C. F. C. (2022). Evaluación de dos tipos de *Beauveria bassiana* para el control de la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*) del cultivo de maíz (*Zea mays*), bajo condiciones controladas, salache – latacunga - cotopaxi – 2022. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9436>
- Camera, J. N., Forcelini, C. A., Koefender, J., Golle, D. P., Schoffel, A., & Deuner, C. C. (2019). Reaction of maize hybrids to Northern corn leaf blight and common rust, and chemical control of Northern corn leaf blight. *Arquivos do Instituto Biológico*, 86.
- Camera, J. N., Koefender, J., Golle, D. P., Cattaneo, R. H., Pirez, I. V., Flores, E. F., & Cardoso, C.D. (2018). Efficiency of fungicide chemical group in the preventive and curative control of *Puccinia sorghi* in corn and *Cercospora zea-maydis* sporulation in different culture media. *International journal for innovation education and research*, 6(9), 42-54.
- Castillo, S. A., Martínez, Y. O., & Romero, M. A. R. (2016). Las malezas de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Capítulo II: Malezas e invasiones biológicas: definición, importancia y su papel en los ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Chango, L. I. A. (2012). Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- CIMMYT. (2021). La importancia de conocer las malezas. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Recuperado el 25 de marzo del 2023, de <https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-conocer-las-malezas/>
- CONACYT (2021a). Manejo ecológico integral de arvenses en México, (si hay alternativas al glifosato). Gaceta informativa núm. 5. Recuperado el 13 de mayo del 2023, disponible en https://conahcyt.mx/wpcontent/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_05_Manejo_mecanico_03122021.pdf
- CONACYT (2021b). Manejo ecológico integral de arvenses en México, (si hay alternativas al glifosato). Gaceta informativa núm. 4. Recuperado el 13 de mayo del 2023, disponible en https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_04_Manejo_fisico.pdf
- Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C., & Guillemin, J. P. (2016). Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop protection*, 87, 44-49.
- Cruz, O. (2017). El cultivo del maíz. Manual para el cultivo del maíz en Honduras.
- Cuñivo, D. M. M., & Inga, K. N. G. (2021). Evaluación del maíz (*Zea mays* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la generación de energía eléctrica en el distrito de San Ramón, 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10792>
- Dávalos, A. D. A. (2017). Diversidad de maíz (*zea mays* L.) en la selva peruana.
- Dayan, F. E. (2019). Current Status and Future Prospects in Herbicide Discovery. *Plants*, 8 (9), 341.
- Delgado-Loor. E. V. (2019). Manejo y control de *Agrotis ipsilon* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el barrio El Tejar, ciudad de Ibarra (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2019).
- El Sawi, S. A., Ibrahim, M. E., El-Rokiek, K. G., & El-Din, S. A. S. (2019). Allelopathic potential of essential oils isolated from peels of three citrus species. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(1), 89-94.
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, Ray., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., & Carter, P. (2015). Maíz crecimiento y desarrollo. Pioneer. Recuperado el 4 de marzo del 2023, de

https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

- Escobedo, H.C., Alvarado, A. A., & Castolo, E. C. (2017). Manejo integrado de malezas: en Manejo integrado de malezas una herramienta y una solución. Enlace, la revista de la agricultura de conservación. Recuperado el 12 de mayo del 2023. Disponible en https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2017_VIII%2838%29.pdf?sequence=134&isAllowed=y
- Espinoza, G. M. Z. (2020). Evaluación de tres bioinsecticidas para el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en condiciones de laboratorio. (Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador).
- Esqueda, V. A. E., Enríquez, J. F. Q., & Hernández, C. M. (2022). Alternativas al glifosato para el control de malezas en cítricos en el estado de Veracruz: resultados en 2021: Memoria del XLIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. pp 97-106: 252
- Fernández, R. S., Morales, L. A. C., & Gálvez, A. G. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36, 275-283.
- Fipke, G. M., Martin, T. N., Nunes, U. R., Deak, V. A., Leivas, J. D. S., Minussi, J. E. W., Teleken, L. F. G., & da Costa, A. R. (2018). Application of non-selective herbicides in the pre-harvest of wheat damages seed quality. *American Journal of Plant Sciences*, 9(1), 107-123.
- Garay, J., Scapinni, E., Cruz, J. C., & Jaeggi, E. (2015). Control de malezas en el cultivo de maíz: en El cultivo de maíz en San Luis. pp 102-112: 161.
- Gómez, K. O. V. (2020). Efecto de diferentes distanciamientos de siembra y su incidencia en la presencia de malezas en maíz (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Gómez, N. O. M., González, M. C., Cantú, M. A. A., Sierra, M.M., Coutiño, B. E., & Manjarrez, M.S. (2013). 'H-563', híbrido de maíz tropical tolerante a la enfermedad "Mancha de asfalto". *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1), 81-83.
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177.

- Gómez-Gómez, R., González-Lutz, M. I., Agüero-Alvarado, R., Mexzón-Vargas, R., Herrera-Murillo, F., & Rodríguez-Ruiz A. M. (2017). Conocimiento sobre coberturas vivas y disposición a utilizarlas por productores de varios cultivos. *Agron. Mesoam.* 28(2):489-497.
- Guzmán, D. A. B. (2017). Etapas fenológicas del maíz (*zea mays* L.) var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25123>
- Guzmán, M., & Martínez, M. J. O. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1), 68-76.
- Guzmán-Mendoza, R., Hernández-Hernández, V., Salas-Araiza, M. D., & Núñez-Paleniús, H. G. (2022). Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México. *Polibotánica*, (53), 69-85.
- Haq, S. M., Lone, F.A., Kumar, M., Calixto, E.S., Waheed, M., Casini, R., Mahmoud, E. A., & Elansary, H.O. (2023). Phenology and Diversity of Weeds in the Agriculture and Horticulture Cropping Systems of Indian Western Himalayas: Understanding Implications for Agro-Ecosystems. *Plants*, 12 (6), 1222.
- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M. S., Rosli, A. M., & Hamdan, H. (2021). Bioherbicides: An eco-friendly tool for sustainable weed management. *Plants*, 10(6), 1212.
- Hernández, L. R., & Sandoval, J. S. I. (2015). Escala diagramática de severidad para el complejo mancha de asfalto del maíz. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33(1), 95-103.
- Hernández-Ríos, I., Osuna-Ceja, E. S., Pimentel-López J., & García-Saucedo, P. (2022). Control de malezas en maíz, frijol, girasol y sorgo: Efecto de métodos de control bajo dos sistemas de siembra. *Agro-Divulgación*, 2(6). Disponible en <https://doi.org/10.54767/ad.v2i6.137>
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803-813. Epub 22 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- Hernández-Trejo, A., Osorio-Hernández, E., López-Santillán, J. A., Ríos-Velasco, C., Varela-Fuentes, S. E., & Rodríguez-Herrera, Y. R. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*, 11(1), 9-14.

- Hipo, M. R.H. (2017). Aplicación de mucilago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25048>
- Ibáñez, M. D., & Blázquez, M. A. (2019). Ginger and turmeric essential oils for weed control and food crop protection. *Plants*, 8(3), 59.
- Info Agrónomo. (2022). Fases y etapas fenológicas del maíz. Recuperado el 12 de mayo del 2023, de <https://infoagronomo.net/etapas-fenologicas-del-maiz/>.
- INIFAP (2015). Agenda Técnica Agrícola, Jalisco. Recuperado el 21 de abril del 2023 de https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/3093_4798_Agenda_Tecnol%3%b3gica_Jalisco_2015.pdf
- INIFAP (2017). Agenda Técnica Agrícola, Puebla. Recuperado el 21 de abril del 2023 de https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/4138_4835_Agenda_T%3%a9cnica_Puebla_2017.pdf
- Inlago, Y. L. (2014). Evaluación de la resistencia y manejo de la variabilidad de maíz (*Zea mays* L.) de Cotacachi. Cotacachi, Imbabura.
- Isama, A. A. (2019). Identificación de las principales plagas del cultivo del maíz suave (*Zea mays* L.) en la parroquia de Eugenio Espejo, Otavalo, Imbabura. (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2019).
- Jabran, K. (2016). Weed flora, yield losses and weed control in cotton crop. *Julius-Kühn-Archiv*, p 177-182
- Kakade, S. U., Deshmukh, J. P., Thakare, S. S., & Solanke, M. S. (2020). Efficacy of pre-and post-emergence herbicides in maize. *Indian Journal of Weed Science*, 52(2), 143-146.
- Kannan, S., & Chinnagounder, C. (2014). Effect of glyphosate on weed management and grain yield in Kharif maize of transgenic stacked and conventional maize hybrids for higher productivity. *Academic Journals*, 9 (2), 269-275.
- Khatun, M. R., Tojo, S., Teruya, T., & Kato-Noguchi, H. (2023). The Allelopathic Effects of *Trewia nudiflora* Leaf Extracts and Its Identified Substances. *Plants*, 12(6), 1375.
- Klaic, R., Kuhn, R. C., Foletto, E. L., Dal Prá, V., Jacques, R. J., Guedes, J. V., Treichel, H., Mossi, A. J., Oliveira, D., Oliveira, J. V., Jhan, S. L., & Mazutti, M. A. (2015). An overview regarding bioherbicide and their production methods by

- fermentation. *Fungal Biomolecules: Sources, Applications and Recent Developments*, 183-199.
- Kunz, C., Weber, J. F., & Gerhards, R. (2015). Benefits of Precision Farming Technologies for Mechanical Weed Control in Soybean and Sugar Beet—Comparison of Precision Hoeing with Conventional Mechanical Weed Control. *Agronomy*, 5 (2), 130-142.
- Lanver, D., Tollot, M., Schweizer, G., Lo Presti, L., Reissmann, S., Ma, L.S., Schuster, M., Tanaka, S., Liang, L., Ludwig, N., & Kahmann, R. (2017). *Ustilago maydis* effectors and their impact on virulence. *Nature Reviews Microbiology*, 15 (7), 409-421.
- Liao, H., Li, X., Yang, Q., Bai, Y., Cui, P., Wen, C., Liu, C., Chen, Z., Tang, J., Che, J., Yu, Z., Geisen, S., Zhou, S., Friman, V. P., & Zhu, Y. G. (2021). Herbicide selection promotes antibiotic resistance in soil microbiomes. *Molecular Biology and Evolution*, 38(6), 2337-2350.
- Llumiquinga, B. M. I. (2020). Estudio fenológico de la línea promisorio de maíz chulpi (*Zea mays* L.) UTC 003 en dos localidades, Tigualo y Laigua de Maldonado, provincia de Cotopaxi, 2020 Fase I (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.).
- López, N. J. S., & Aldana, M. L. M. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23-28.
- López-Morales, F., García-Zavala, J. J., Corona-Torres, T., Cruz-Izquierdo, S., López-Romero, G., Reyes-López, D., Vásquez-Carrillo, M. G., & Molina-Galán, J. D. (2020). Comparación de rendimiento y cambios morfológicos en maíz Tuxpeño V-520C adaptado a valles altos en México. *Revista fitotécnica mexicana*, 43 (2), 133-141.
- Lozano, L. R. S. (2017). Evaluación del comportamiento del maíz blanco urubamba (*Zea mays*) bajo tres densidades y tres niveles de abonamiento en el Cipa Allpa Rumi - Marcara - Carhuaz – Ancash.
- Machleb, J., Peteinatos, G. G., Kollenda, B. L., Andújar, D., & Gerhards, R. (2020). Sensor-based mechanical weed control: present state and prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105638.
- Márquez, J. M., Vásquez, R., Velásquez, A., Aquino, N., & González, E. A. (2021). La estrategia de dos aplicaciones es una opción más eficiente en el control larval de la gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), en las áreas de alta infestación.

- Martínez-Álvarez, J. C., Sotelo-Cerón, N. D., Maldonado-Mendoza, I. E., & Fierro-Coronado, R. A. (2020). Evaluación de rizobacterias y extractos vegetales para el control biológico de *Amaranthus palmeri*. En *Memoria del XLI congreso nacional de la ciencia de la maleza*. Pp 32-39
- Martínez-Sánchez J. & Espinosa-Paz N. (2014). Sugerencias para el control del “complejo mancha de asfalto” del maíz en la frailesca, Chiapas. Folleto para Productores No. 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chiapas, México. 15 p.
- Marwat, K.B., Khan, M. A., Nawaz, A., & Amin, A. (2008). *Parthenium hysterophorus* L. a potential source of bioherbicide. *Pakistan Journal of Botany*, 40 (5), 1933-1942.
- Mascorro-de Loera, R. D., Ferguson, B. G., Perales-Rivera, H. R., & Charbonnier, F. (2019). Herbicidas en la milpa: Estrategias de aplicación y su impacto sobre el consumo de arvenses. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 477-486.
- Mathur, M., & Gehlot, P. (2018). Recruit the Plant Pathogen for Weed Management: Bioherbicide—A Sustainable Strategy. *Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives*, 159-181.
- Mawyin-Alonso J. R. (2020). “Evaluación de dos herbicidas biológicos en el control de malezas en corona en el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.)”.
- Medina, T. C., & Rosales, E. R. (2020). Manejo integrado de la maleza: en Memoria curso pre-congreso XLI congreso nacional de la ciencia de la maleza. Pp 24-36: 136
- Mehdizadeh, M., & Mushtaq, W. (2020). Biological control of weeds by allelopathic compounds from different plants: a bioherbicide approach. In *Natural remedies for pest, disease and weed control* (pp. 107-117). Academic Press.
- Mennan, H., Jabran, K., Zandstra, B. H., & Pala, F. (2020). Non-chemical weed management in vegetables by using cover crops: A review. *Agronomy*, 10(2), 257.
- Mishra, A. M., & Gautam, V. (2021). Weed species identification in different crops using precision weed management: a review. *International Semantic Intelligence Conference* (pp. 180-194).
- Monteiro, A., & Santos, S. (2022). Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*, 12 (1), 118.

- Mora, J. A. A. (2020). Manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Ventanas-Los Ríos. (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Moreira, L. E. C. (2020). Determinación del ciclo de vida del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), de maíz en condiciones controladas.
- Morocho, N., Mazón, M., & Ruiz, J. (2020). Presencia de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) y hongos entomopatógenos potenciales para su control biológico en sistemas agrícolas de Saraguro (Loja, Ecuador). *CEDAMAZ*, 10(2), 51-56.
- Muñoz, M., Torres, N. P., Peiro, R., Guijarro, R., Sánchez-Moreiras, A. M., & Verdeguer, M. (2020). Phytotoxic effects of three natural compounds: Pelargonic acid, carvacrol, and cinnamic aldehyde, against problematic weeds in Mediterranean crops. *Agronomy*, 10(6), 791.
- Murillo, A. N. I. (2018). Determinación de la eficacia de herbicidas pre y post emergentes en el control de la caminadora (*Rottboellia* sp.) en condiciones de secano en la zona de Quevedo.
- Ortigoza, J. G., López, C. A. T., & González, J. D. V. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. San Lorenzo, Paraguay. Recuperado el 21 de abril del 2023, de https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Pacanoski, Z. (2015). Bioherbicidas. In *Herbicidas, Physiology of Action, and Safety*. IntechOpen.
- Pannacci, E., & Tei, F. (2014). Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection*, 64, 51-59.
- Pannacci, E., Masi, M., Farneselli, M., & Tei, F. (2020). Evaluation of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) aqueous extract as a potential bioherbicide to control *Amaranthus retroflexus* L. in maize. *Agriculture*, 10(12), 642.
- Parejas, L. O. (2020). Caracterización morfo-fenológica de poblaciones nativas de maíz y su comportamiento frente al Carbón Común (*Ustilago maydis*).
- Patishtan, J., Cisneros, M. E., Espinosa, M., Felipe, M., & Pérez, V. H (2022). Control de maleza con herbicidas orgánicos alternativos al glifosato en la huasteca de San Luis Potosí: Memoria del XLIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Pp 51-58: 252

- Peña, A. J. P. (2015). Evaluación de hongos entomopatógenos contra larvas de *Phyllophaga* y *Anomala* en condiciones de laboratorio (Master's thesis).
- Pereyda-Hernández, J., Hernández-Morales, J., Sandoval-Islas, J. S., Aranda-Ocampo, S., de León, C., & Gómez-Montiel, N. (2009). Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43(5), 511-519.
- Pérez, E. J. T., Milanés, P. V., Sierra, Y. R., Saldaña, M. F. R., & Arias, R. S. (2015). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai en el control de *Ustilago maydis* (DC.) Cda en maíz (*Zea mays* L.). *Agrisost*, 20 (2), 17-26.
- Quiroga-Madrigal, R. R., Garrido-Ramírez, E. R., Rosales-Esquinca, M. R., & Salazar-Pinacho, W. M. (2017). Manual técnico. Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México.
- Ramírez, F. M. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie Informes Técnicos IRET N° 44. Recuperado el 13 de mayo del 2023, disponible en https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/Documentos-recopilatorios-relevantes/El_herbicida_glifosato_y_sus_alternativas_UNA.pdf
- Ramírez, N. T. (2022). Aplicación de insecticidas para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.), Cajaruro, Amazonas. (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica).
- Ren, J., Li, Z., Wu, P., Zhang, A., Liu, Y., Hu, G., Cao, S., Qu, J., Dhliwayo, T., Zheng, H., Olsen, M., Prasanna, B, M., San Vicente, F., & Zhang, X. (2021). Genetic dissection of quantitative resistance to common rust (*Puccinia sorghi*) in tropical maize (*Zea mays* L.) by combined genome-wide association study, linkage mapping, and genomic prediction. *Frontiers in plant science*, 12, 692205.
- Ríos, E. N. H., Ochoa, Y. M. F., Cerna, E. C., Landeros, J. F., Cepeda, M. S., & Rodríguez, R. G. (2017). Hongos asociados a la mancha de asfalto en el cultivo de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 457-462.
- Roberts, J., Florentine, S., Dilantha, W. D. F., & Tennakoon, K. U. (2022). Achievements, developments and future challenges in the field of bioherbicides for weed control: A global review. *Plants*, 11(17), 2242. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants11172242>
- Rodríguez, B. S. (2022). evaluación de la actividad insecticida del extracto acetónico de *Heterotheca inuloides* contra *Spodoptera frugiperda*.

- Romero, M. F. C. (2022). Manejo fitosanitario en plagas de (*Zea mays*), acorde al programa de apoyo a la producción para el bienestar y prevención, control y erradicación de plagas fitosanitarias de Maíz en la Ciudad de México, CESAVE del Distrito Federal.
- Rosa, R. (2015). The effect of winter catch crops on weed infestation in sweet corn depending on the weed control methods. *Journal of Ecological Engineering*, 16(2), 125-135.
- Rosales, E. R., & Esqueda, V. A. E. (2020). Clasificación de los herbicidas por su modo y mecanismo de acción: en Memoria curso pre-congreso XLI congreso nacional de la ciencia de la maleza. Pp 37-58: 136
- Sabrine, S., & Tarek, B. (2023). Allelopathy effects of essential oils from *Juniperus phoenicea* L and *Artemisia herba-alba* on several weedy species. *European Journal of Science and Technology*, (49), 106-114.
- Safdar, M. E., Tanveer, A., Khaliq., & Maqbool, R. (2016). Critical competition period of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in maize. *Crop Protection*, 80, 101-107.
- Sánchez, J. L. P. (2017). Comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), con sistema de siembra a doble hilera en la zona de Vinces-Ecuador. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20056>
- Sandal, M. S. P. (2014). Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.). en el cantón pueblo viejo provincia de los ríos. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/478>
- Santos, A. G. I. (2020). Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao (Bachelor's thesis, Quito). Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9275>
- Sarmiento, L., Viteri, D. M., Linares, A. M. R., & Cabrera, I. A. (2022). Bioensayos de insecticidas biológicos y orgánicos sintéticos en larvas del gusano de la mazorca del maíz [*Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)]. *J. Agric. Universidad PR*, 105 (2).
- SAS. (2002) Instituto de Sistema de Análisis Estadístico. Guía del usuario de SAS / STAT. Versión 8, 6ta edición, SAS Institute, Cary, 112.
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2020). Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy*, 10(4), 466.

- Scavo, A., Pandino, G., Restuccia, A., & Mauromicale, G. (2020). Leaf extracts of cultivated cardoon as potential bioherbicide. *Scientia Horticulturae*, 261, 109024.
- Sharma, N., & Rayamajhi, M. (2022). Different aspects of weed management in maize (*Zea mays* L.): A brief review. *Advances in Agriculture*, 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2022/7960175>
- Simón, M. R., Larran, S., & Fleitas, M. C. (2018). Maíz: Manejo de enfermedades. Cereales de verano.
- Sserumaga, J.P., Makumbi, D., Assanga, S. O., Mageto, E.K., Njeri, S.G., Jumbo, B.M., & Bruce, A. Y. (2020). Identification and diversity of tropical maize inbred lines with resistance to common rust (*Puccinia sorghi* Schwein). *Crop Science*, 60 (6), 2971-2989.
- Tamayo, L. M. E. (2020). Manejo integrado de maleza en maíz, trigo y sorgo: en Memoria curso pre-congreso XLI congreso nacional de la ciencia de la maleza. Pp 52-102: 136
- Tejada, J. L. S., & Helfgott, S. L. (2018). Evaluación técnica y económica de atrazina, pendimetalina y metribuzina en maíz amarillo duro. *Ideas (Arica)*, 36 (4), 121-126.
- Tenesaca, C. M. Q. (2015). Fenología y profundidad radical del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) var. *sunbright* en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ec. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10401>
- Trujillo, A. S. Z. (2020). Incidencia de insectos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo condiciones de la molina.
- Tulli, M. C., Vincini, A. M., Pascucci, J. I., Carmona, D. M., & Baquero, V. G. (2016). Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. *Entomotropica*, 31(3), 23-35.
- Urango, L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Fondo Editorial Biogénesis*, 185-209.
- Ureta, C., González, U. J., Espinosa, A., Trueba, A., Piñeyro-Nelson, A., & Álvarez-Buylla, E. R. (2020). Maize yield in Mexico under climate change. *Agricultural Systems* 177, 102697
- Valladares, C. A. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Serie Lecturas Obligatorias. Unidad II, 001: Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano. Disponible en

<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

- Vats, S. (2015). Herbicides: history, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. *Sustainable Agriculture Reviews: Volume, 15*, 153-192.
- Vaz, D. P., & Leyva, Á. G. (2015). Período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 14-20.
- Velez, M. A. B. (2019). Efecto de tres distancias de siembra en tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38350>
- Villacís-Seme. J. Y. (2021). Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos.
- Villarreal, M. G. M. (2018). Comportamiento del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón San Vicente, Manabí (Doctoral dissertation).
- Yáñez, C. G., Velasquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano, J. L., Caicedo, M., Heredia, J., Sangoquiza, C., & Quimbita, A. (2010). Guía de producción de maíz de altura. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Guía no. 96). Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2440>
- Zendejas, E. A. (2016). Evaluación de rendimiento, calidad y potencial productivo lechero de diferentes híbridos de maíz para forraje en altos norte de Jalisco.