

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Alternativa Biorracional para Control de Maleza en el Cultivo de Frijol *Phaseolus vulgaris* L.

Por:

BENIGNO CERVANTES MENDOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Alternativa Biorracional para Control de Maleza en el Cultivo de Frijol *Phaseolus vulgaris* L.

Por:

BENIGNO CERVANTES MENDOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal

M.C. José Guadalupe Ontiveros Guerra
Asesor Principal Externo

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
Coasesor

Dr. Fulgencio Martín Tucuch Cauich
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2025

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



Benigno Cervantes Mendoza

Asesor Principal



Dra. Miriam Sánchez Vega

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por prestarme la vida, las capacidades, el amor por ella, la determinación para poder hacer lo que me proponga, darme la dicha de ser agricultor y agrónomo, también y no menos importante por permitirme culminar mi carrera universitaria.

A MI ALMA MATER

Por darme todo lo que necesitaba, ser mi segundo hogar durante cuatro años, ser mi sostén, apreciar el hacerse llamar “*Buitre*”, conocer gente extraordinaria y ser parte de su historia.

COMITÉ DE TESIS

A la Dra. Miriam Sánchez por darme todo su apoyo y orientación en este proceso, al Dr. Fulgencio Martín Tucuch por su gran apoyo incondicional en el proceso de titulación, por sus enseñanzas, consejo y su valiosa amistad, al M.C. José Guadalupe Ontiveros por apoyarme arduamente en todo este proceso de titulación, consejos y su valiosa amistad y al Dr. Daniel Hernández por sus valiosos consejos y enseñanzas.

AMIGOS

A mis valiosos amigos que siempre estuvieron en las buenas y en las malas, por hacer de toda la etapa una de las mejores experiencias:

Miriam Marisela Gaytán, Michelangelo Bortolotti, Antonio Bortolotti, Isaac Jovan Hernández, Roberto Rendón, Samuel Sánchez, Francisco Ibarra, Javier Salinas, Dania Castañeda, Antonio Ferto, Rodrigo Gil, Juan Pablo Alcocer, Roberto Solís, Luis Enrique Martínez, Manuel López, Cristian Ríos, Emiliano Rocha, Miguel Becerra, Juan Vélez, Juan Carlos Ramírez, Bryan Ramírez, Marco Tucuch, Roberto Jiménez, Mariana Grimaldo y Diana Luz Hernández

Gracias por su valiosa amistad.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

JUAN LUIS CERVANTES OLVERA

VERONICA MENDOZA VEGA

Gracias a ustedes pude llegar a todo esto y cumplir el sueño; me apoyaron incondicionalmente; fue de gran ayuda sus regaños, consejos, motivaciones, confianza y fe, que Dios me permita poder regresarles lo mismo a ustedes.

A MIS HERMANOS:

JUAN Y EDUARDO

Gracias por creer en mí, apoyarme y estar siempre conmigo, sé que están orgullosos de mí y espero ser un ejemplo para que ustedes puedan lograr lo que deseen, los quiero mucho.

A MIS TÍOS:

LUGARDA, PABLO, TOMÁS, JESÚS, MARTHA

Gracias por todo su apoyo incondicional durante todo este tiempo, gracias a su fe y confianza brindada he podido culminar este peldaño, los quiero mucho, espero poder regresarles el mismo apoyo dado.

ELIZABETH SÁNCHEZ

Gracias por todo tu apoyo, confianza, amistad, fe incondicional y ser un pilar importante en mi vida; durante todo este proceso sin tu ayuda esto hubiera sido más complicado, espero poder regresarte todo este apoyo que me has dado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Objetivos	13
1.1.1. Objetivo general	13
1.1.2. Objetivos específicos.....	13
1.2. Hipótesis	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Origen y Domesticación del Fríjol	14
2.2. Clasificación Taxonómica del Fríjol.....	14
2.3. Importancia del Cultivo del Fríjol	15
2.3.1 A nivel mundial.....	15
2.3.2. Importancia en México	15
2.4. Características Morfológicas del Fríjol	17
2.5. Fenología del Cultivo de Fríjol	18
2.6. Manejo Agronómico del Cultivo de Fríjol.....	19
2.7. Impacto de la Maleza en el Cultivo de Fríjol.....	22
2.8. Definición de Maleza.....	22
2.9. Clasificación de la Maleza.....	23
2.9.1. Clasificación morfológica.....	23
2.9.2. Clasificación por su ciclo de vida.....	24
2.9.3. Clasificación botánica	24
2.10. Características Biológicas de la Maleza.....	24
2.11. Daños de la Maleza a la Agricultura.....	26
2.12. Métodos de Control de la Maleza.....	28
2.12.1. Control cultural	28
2.12.2. Control físico	29
2.12.3. Control químico	30
2.12.4. Control biológico.....	31

2.12.5.	Control biorracional	31
2.13.	Concepto de Agricultura Orgánica	32
2.13.1.	Concepto de herbicida orgánico o bioherbicida	32
2.13.2.	Concepto de extracto vegetal	33
2.13.3.	Ventajas de los herbicidas orgánicos.....	33
2.13.4.	Desventajas de los herbicidas orgánicos.....	34
2.13.5.	Desarrollo de herbicidas orgánicos.....	34
2.13.6.	Uso de extractos vegetales como bioherbicidas	36
2.14.	Metabolitos Secundarios Presentes en Maleza con Actividad Alelopática	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1	Localización del Sitio Experimental.....	39
3.2.	Manejo del Cultivo	39
3.2.1.	Descripción del material vegetal.....	39
3.2.2.	Siembra y establecimiento del cultivo.....	39
3.2.3.	Fertilización y bioestimulación.....	39
3.2.4.	Riegos.....	40
3.2.5.	Control de plagas y enfermedades.....	41
3.3.	Desarrollo del Experimento	42
3.3.1.	Consideraciones de la aplicación de los tratamientos	43
3.3.2.	Descripción de los tratamientos	44
3.4.	Variables Evaluadas	45
3.4.1.	Porcentaje de cobertura de la maleza (COB).....	45
3.4.2.	Porcentaje de daño a la maleza (DM)	46
3.4.3.	Porcentaje de daño a cultivo (DC).....	46
3.4.4.	Número de maleza de hoja ancha (HANC)	47
3.4.5.	Número de maleza de hoja angosta (HANG)	47
3.4.6.	Peso fresco de maleza (PF).....	47
3.4.7.	Peso seco de maleza (PS).....	48
3.4.8.	Fechas de toma de datos de las variables	48
3.5.	Análisis Estadísticos	48
IV.	RESULTADOS	50
4.1.	Análisis de Variables por Fecha de Evaluación.....	50
4.2.	Efecto de los prototipos de herbicidas biorracionales sobre la supresión de la maleza.....	¡Error! Marcador no definido.
V.	DISCUSIÓN	66

VI. CONCLUSIONES	71
VII. BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies de maleza de mayor importancia en el mundo por sus características de adaptación a diversos ambientes (Holm <i>et al.</i> , 1977).	27
Cuadro 2. Familias de herbicidas de síntesis química (Álvaro, 2007).	30
Cuadro 3. Herbicidas naturales comerciales que ya están en el mercado (Portuguez, 2019).	35
Cuadro 4. Otros productos herbicidas naturales para control de arvenses (Dayan <i>et al.</i> , 2009).	35
Cuadro 5. Fertilizantes y bioestimulantes empleados en el manejo del cultivo de frijol, tratado con herbicidas biorracionales para el control de la maleza.	40
Cuadro 6. Productos utilizados en el manejo de plagas en el cultivo de frijol durante el desarrollo del estudio con herbicidas biorracionales para el control de la maleza.	41
Cuadro 7. Descripción de tratamientos, empleados en el cultivo de frijol para el control biorracional de la maleza. UAAAN, 2022.	43
Cuadro 8. Escala logarítmica determinada y la transformación porcentual, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de la maleza y fitotoxicidad del cultivo causado por herbicidas (Burril <i>et al.</i> , 1977).	46
Cuadro 9. Fechas de toma de datos de cada variable evaluada en el estudio de eficacia de prototipos de herbicidas biorracionales en el cultivo de frijol.	48
Cuadro 10. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de los prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la primera evaluación (10/07/22).	50
Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la segunda evaluación (17/07/22).	53
Cuadro 12. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la tercera evaluación (24/07/22).	55
Cuadro 13. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la tercera evaluación.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de frijol en México, 2012–2022 (Millones de toneladas). Fuente: SIAP-SADER *Avances a diciembre de 2022.....	16
Figura 2. Estructura del porcentaje de la producción nacional de frijol (2000-2019). Fuente: CEDRSSA, con datos del SIAP / SADER datos preliminares.....	16
Figura 3. Fenológica del cultivo de frijol.....	19
Figura 4. Croquis y arreglo de la distribución de los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol para el control biorracional de la maleza.....	42

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue enfocado en evaluar los efectos fitotóxicos de prototipos de herbicidas biorracionales en maleza asociada al cultivo de frijol en postemergencia. Los prototipos de herbicidas biorracionales fueron proporcionados por la empresa GreenCorp Biorganiks de México, S.A. de C.V. La variedad de frijol fue de color rosa conocida como Marcela, que fue proporcionada por un productor del municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato, México. El estudio fue realizado en los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, Mexico. Fueron evaluadas las variables: cobertura vegetal, daño a la maleza y al cultivo, peso fresco y seco. Los tratamientos utilizados fueron los prototipos HBCD-06-01, HBCD-06-02, HBCD-A3, los prototipos fueron aplicados a dosis alta ($12.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y baja ($9.0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$); testigo químico FLEX Biw® i.a fomesafen, con la dosis comercial y el testigo absoluto (sin aplicación). Cuando las plántulas de la maleza comenzaron a emerger se programaron las aplicaciones de los tratamientos, por lo que se realizaron dos aplicaciones para los prototipos con intervalo de siete días entre estas y una aplicación para el testigo químico; la evaluación se realizó semanalmente. Los resultados alcanzados demuestran un efecto sobre la maleza para los tres prototipos, sin embargo, el prototipo HBCD-A3, consiguió ser el más efectivo para postemergencia para maleza de hoja angosta, tanto en dosis alta como baja, expresando diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas en dosis baja y alta, y siendo significativamente igual al testigo químico, esto comparado con el testigo absoluto y el resto de los tratamientos, concluyendo que este prototipo puede ser considerado como una alternativa biorracional promisoría para el cultivo de frijol, usado en postemergencia a la maleza.

Palabras clave: bioherbicidas, manejo biorracional, alternativas sustentables, control de maleza, cultivos básicos.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de herbicidas en la producción agrícola es de suma importancia al evitar con su uso pérdidas en producción derivadas de los efectos negativos de la maleza sobre los cultivos, sin embargo, su uso indiscriminado ha causado grandes efectos negativos; uno muy importante es sobre la salud de las personas que ingieren alimentos que contienen altas cantidades de residuos o los suficientes para causar daños directos como cáncer, mutaciones, neurotóxicos, reproductivos e inhibición total o parcial del sistema inmunológico, aunado a ello, los efectos en el ambiente y la generación de resistencia a dichos productos (OMS, 2022).

Los avances tecnológicos han dado pasos gigantescos en el descubrimiento y formulación de alternativas de herbicidas más amigables con el ambiente y sobre todo con la salud humana; estos han mostrado efectos positivos y contundentes sobre el control de la maleza; muchos de estos son obtenidos a partir del estudio de los efectos de los metabolitos secundarios de plantas como es el caso de aceites, ácidos grasos, vinagre, cloruro de potasio y nitrato de amonio; pueden ser extraídos de partes de la planta ya sea raíz, tallo, hojas, ramas o de la planta completa y fuentes minerales. Se desarrollan día con día nuevas opciones comerciales de herbicidas a base de extractos naturales y herbicidas de síntesis química con una baja toxicidad y con control adecuado de la maleza, así mismo se ha disminuido el uso de fórmulas tóxicas y consigo el uso de otras opciones de alta toxicidad, dañinas para la salud y el ambiente (CONAHCYT, 2022). Otros métodos que están en prueba como alternativa al control de la maleza, son el uso de maquinaria especializada con sensores que permiten detectar y diferenciar la maleza del cultivo arrancándole o aplicando calor extremo que exterminen la parte aérea de la planta (La Nación, 2021).

Las plantas son productoras de muchos tipos de metabolitos secundarios poseedores de potenciales efectos herbicidas. A lo largo del tiempo y gracias a las adaptaciones que han realizado las diferentes especies de plantas, han logrado

sintetizar innumerables compuestos. En las plantas actuales los metabolitos secundarios se encuentran ligados en la interacción planta-planta y planta-animal lo que permite al fabricante (puse productor porque me estoy refiriendo al agricultor no a las formuladoras) que pueda resistir y poblar nuevas áreas, por ejemplo, algunas plantas como la alfalfa generan exudados radiculares que tienen un efecto directo en el crecimiento de otras plantas o sobre el banco de semilla que interactúan con ella produciendo un efecto alelopático (Agroindustrial, 2017).

Existen herbicidas que han tenido un crecimiento exponencial durante los últimos 70 años lo cual les ha permitido convertirse en herbicidas selectos por excelencia a nivel mundial; las demandas se multiplican por 15 las toneladas entre 1996 y 2014 que se aplican globalmente (Benbrook, 2016). Para el año 2018 México era usuario de tan solo 17,395,975 Kg de herbicida formulado y 1,323,401 Kg de ingrediente activo de grado técnico aproximadamente. Si bien este crecimiento en cuanto al uso excesivo de ciertas moléculas no ha desplazado diferentes estrategias de manejo de arvenses, pero, se han vuelto arraigado, es debido a esto que, para sectores de productores, del gobierno, e instituciones de enseñanza agronómica convencional cuenta con una noción muy permeada de que ciertos ingredientes activos son la mejor y única opción para control de malezas y minorar gastos de producción (CONAHCYT, 2021).

Con el contexto anterior, el objetivo central de esta investigación fue mostrar que hay alternativas al uso de herbicidas convencionales, dirigidos al control de la maleza asociada a los cultivos, como el caso de frijol *Phaseolus vulgaris* L., dichas alternativas están relacionadas al uso de productos biorracionales, por lo que se probó un prototipo de herbicida a base de extractos vegetales, aceites y ácidos grasos, de bajo impacto ambiental, con la finalidad de proporcionar un producto innovador y como opción amigable con el ambiente

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar los efectos fitotóxicos de prototipos de herbicidas biorracionales en maleza asociada al cultivo de frijol en postemergencia.

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar los daños fitotóxicos ocasionados al cultivo de frijol, causados por la aplicación de herbicidas biorracionales aplicados en postsiembra y postemergencia.

Valorar el daño y efecto sobre el control de la maleza asociada al cultivo de frijol, causados por la aplicación de herbicidas biorracionales aplicados en postemergencia.

1.2. Hipótesis

Al menos un prototipo evaluado tendrá efectos sobre las variables evaluadas en la maleza asociadas al cultivo de frijol y sin efecto fitotóxico en el cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y Domesticación del Fríjol

A partir del siglo XX, los científicos empezaron a aceptar al Nuevo Mundo como centro de origen del fríjol común *Phaseolus vulgaris* L. Con base en las observaciones en restos arqueológicos, primero del Perú y más tarde del suroeste de los EE.UU., se concluyó que el fríjol común se había originado en las Américas. Esto contrario a la creencia de un origen asiático que se había sostenido por varios siglos; por ejemplo, Linneus sugirió su origen en la India. Posteriormente, se fueron acumulando evidencias adicionales en favor del origen americano de *P. vulgaris*, basadas en datos arqueológicos, botánicos, históricos y lingüísticos (Rosas, 2003).

México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, o al menos, como el centro primario de diversificación. El cultivo del fríjol se considera uno de los más antiguos. Algunos de los hallazgos arqueológicos en México y Sudamérica indican que se conocía hace algunos 5000 años antes de Cristo (Ulloa *et al.*, 2011).

2.2. Clasificación Taxonómica del Fríjol

De acuerdo con la secretaria del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2022) la taxonomía del fríjol es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Traqueofita

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus* L.

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

2.3. Importancia del Cultivo del Fríjol

2.3.1 A nivel mundial

En 2021, de acuerdo con cifras de la FAO, a nivel mundial se produjeron 27.7 millones de toneladas de fríjol, lo que significó un aumento anual de 1.1%. Lo anterior, como resultado de la cosecha de 35.9 millones de hectáreas, la cual también registró un alza anual de 4.2%. En ese año, los principales aumentos de la producción provinieron de India, México y Argentina, principalmente (Mendoza, 2023).

Los 10 países que mayor superficie destinaron a este cultivo en el ciclo 2021 fueron: India, Brasil, Myanmar, Tanzania, Kenia, México, Mozambique, Burundi, Angola y Argentina, ya que en forma conjunta sembraron un total de 26.15 millones de hectáreas de los 35.920 millones de hectáreas que se sembraron en el ciclo 2021, correspondiendo al 73% de la superficie total. Siendo a su vez los países que más contribuyeron en la producción de grano con un total de 16.004 millones de toneladas (58%) de los 27.715 millones de toneladas que se produjeron en total en el mismo ciclo. Sin embargo, dentro de los primeros seis países exportadores de fríjol en el ciclo 2020 podemos encontrar a: Myanmar, USA, Argentina, Canadá, China y Etiopía con 1,181,771; 444,692; 423,067; 382,373; 303,173 y 175,081 toneladas respectivamente (Ávila *et al.*, 2023).

2.3.2. Importancia en México

De acuerdo con la FAO, México fue el sexto productor mundial de fríjol con 1.29 millones de toneladas, es decir, contribuyó con 4.7% de la producción mundial, similar a China. En el país, el fríjol es uno de los productos alimenticios más importantes. En el año agrícola 2021, el valor de la producción del fríjol fue de 20,515 millones de pesos, con lo cual contribuyó el 2.7% del valor total de los cultivos cíclicos y perennes (Figura 1). En el mismo año, participó con 7.8% de la

superficie agrícola nacional sembrada (1.69 millones de hectáreas), ubicándose en tercer lugar después del maíz grano (33.7%) y los pastos y praderas (12.7%) (Mendoza, 2023).

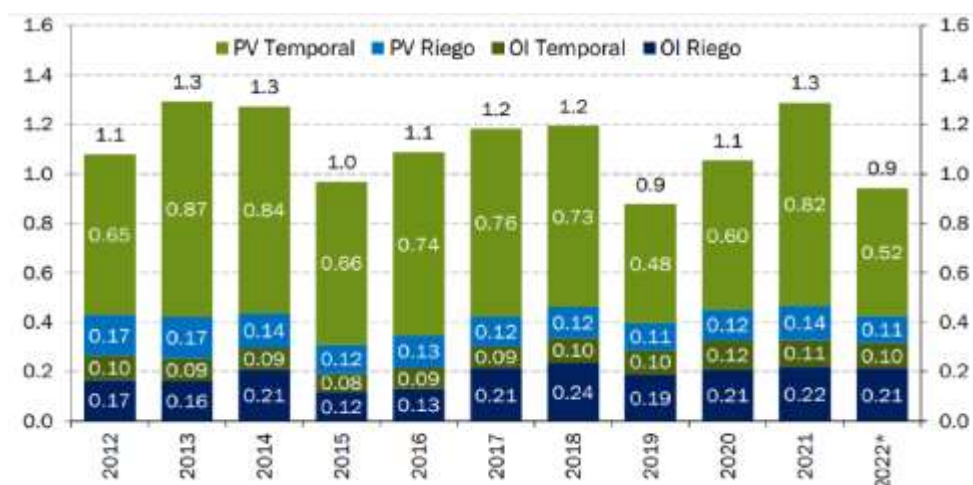


Figura 1. Producción de frijol en México, 2012–2022 (Millones de toneladas). Fuente: SIAP-SADER *Avances a diciembre de 2022.

El cultivo de frijol se puede realizar bajo casi todas las condiciones de suelo y clima. Por lo anterior, tiene presencia en las 32 entidades federativas del país (Figura 2), sin embargo, son ocho las entidades que producen tres cuartas partes de la producción nacional, siendo estas: Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chihuahua, Chiapas, Nayarit, Guanajuato y San Luis Potosí (CEDRSSA, 2020).

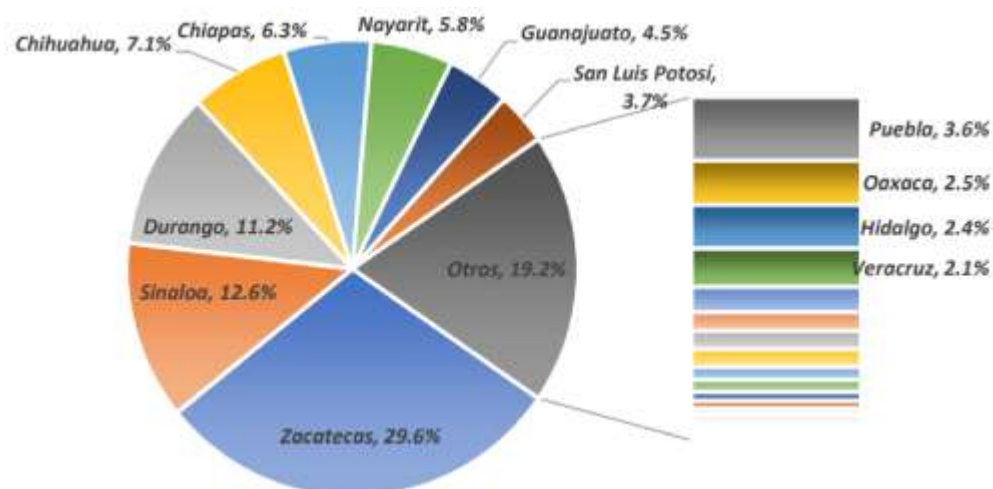


Figura 2. Estructura del porcentaje de la producción nacional de frijol (2000-2019). Fuente: CEDRSSA, con datos del SIAP / SADER datos preliminares.

El frijol es un cultivo básico para la población mexicana, junto con el maíz, representa toda una tradición productiva y de consumo; cumple diversas funciones alimentarias y socioeconómicas que le han permitido trascender hasta la actualidad. Es un cultivo estratégico, ya que ocupa el segundo lugar en superficie, sólo después del maíz. Durante el periodo de 2014 a 2017, la superficie agrícola de frijol en el país fue de 1.69 millones de hectáreas que representaron 11.1 % del total nacional. En este mismo periodo, la producción anual promedio fue de 1.13 millones de toneladas, con un valor monetario de 12 552 millones de pesos (Ayala-Garay *et al.*, 2021).

2.4. Características Morfológicas del Frijol

Forma de vida: planta anual de ciclo corto, con hábito de crecimiento de enredadera en forma de espiral sobre una base, erecta formando un arbusto, con pelillos o tricomas, tamaño de hasta 40 cm de alto y 3.0 m de largo sobre enredadera (Hanan *et al.*, 2024).

Hojas: par de estípulas en la base de las hojas que están sobre el tallo están son estriadas, alternas, pecioladas, compuestas por tres folíolos ovadas o en forma de rombo, agudas en el ápice agudo, los folíolos también cuentan con un par de estípulas (Hanan *et al.*, 2024).

Inflorescencia: sobre unos pedúnculos más cortos que las hojas con pocas flores, están localizadas en las axilas de las hojas y acompañadas las flores por brácteas estriadas (Hanan *et al.*, 2024).

Flores: cáliz campanulado dividido en cinco lóbulos hacia el ápice, donde dos están medianamente unidos, corola de color blanco casi rosa a púrpura de cinco pétalos desuniformes (tipo papilionada o forma de mariposa), siendo el más ancho y vistoso el más externo denominado estandarte, seguido de un par de pétalos laterales idénticos entre si unidos formando una quilla que tiene un ápice largo y enrollado en

espiral, el cual envuelve los estambres y ovario, tiene diez estambres, nueve de ellos tienen sus filamentos unidos quedando uno libre, el ovario es angosto, el estilo es alargado y fino, con vellosidad dirigida al ápice, con un estigma pequeño terminal (Hanan *et al.*, 2024).

Frutos y semillas: son legumbres rectilíneas de 20 cm de largo, usualmente cubiertos por pelillos o tricomas, semillas en forma globosa o arriñonada, aunque pueden variar (Hanan *et al.*, 2024).

2.5. Fenología del Cultivo de Fríjol

Las etapas fenológicas que presenta el cultivo de fríjol, están relacionadas con su crecimiento y madurez, las cuales inician desde la germinación conocida como V0 en la cual la semilla tiene las condiciones idóneas para comenzar con el proceso, seguida de la emergencia el 50% de los cotiledones aparecen en la superficie del suelo (V1), hojas primarias o cotiledonares el 50% están desplegadas (V2), primer hoja trifoliada o hoja verdadera el 50% de las plantas las han desplegado (V3), tercera hoja trifoliada se han desplegado en el 50% de las plantas (V4), la prefloración inicia con la aparición del 50% de los primeros racimos en las plantas (R5), el proceso de floración comprende la abertura del 50% de la flor de las plantas (R6), la formación de vainas aparece en el 50% de las plantas después del marchitamiento de la corola (R7), el 50% de las plantas tienen el llenado de grano de las primera vaina (R8) y la maduración da inicio con el cambio de color de al menos una vaina en el 50% de las plantas (R9) (Figura 3; Fernández *et al.*, 1986).

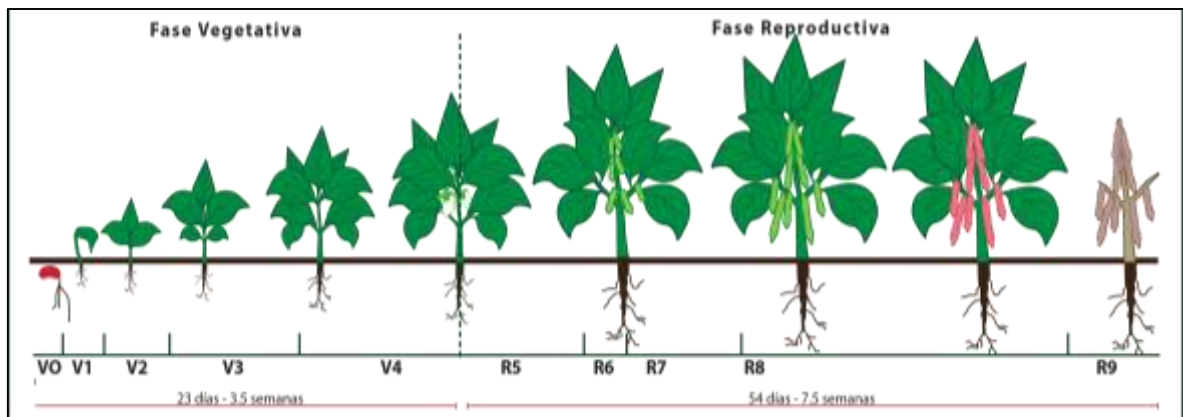


Figura 3. Fenológica del cultivo de frijol.

2.6. Manejo Agronómico del Cultivo de Fríjol

Preparación del terreno (riego y temporal). Esta actividad es similar tanto en producción por riego y/o temporal, en un manejo convencional del cultivo de frijol, por tanto, la preparación del terreno consiste en las siguientes actividades (Scherer, 2013; Ayala-Garay, 2021; Ávila *et al.*, 2023).

Cinzelado. Con esta práctica se rompen las posibles capas endurecidas del subsuelo originado del paso de maquinaria (piso de arado) en el ciclo del cultivo pasado, siendo más evidente esto en suelos con altos contenidos de arcillas, de no realizarse la raíz del frijol es propensa a deformarse generando la famosa pata de gallo.

Barbecho. Esta actividad, se realiza a 30 cm de profundidad, con ello se rompe y rota la capa arable del suelo, aunado a la incorporación al suelo de residuos de cosecha anteriores, menor incidencia de plagas, enfermedades y maleza, además que hay mayor aprovechamiento del agua de lluvia y del riego. Para ello se usan arados de vertedera o disco.

Rastra. Este procedimiento, ayuda a disminuir los terrones grandes que dejó la labor anterior, facilita la germinación y emergencia del frijol, elimina la maleza y conserva

niveles adecuados de humedad. Dependiendo de la textura del suelo serán el número de veces en las que se realiza esta actividad, cuando se realiza por más de una vez, la pasada del implemento por el terreno debe ser cruzado e intercalando la dirección de esta cada vez.

Nivelación. Con la ayuda de un riel o algún otro material similar de peso adecuado, con el tractor se recorre el terreno, para eliminar los lomos en el terreno y zonas bajas, esto ayuda para prevenir inundaciones y uniformizar la humedad, también, una mayor uniformidad en plantas. Los implementos utilizados en estas labores suelen ser Land Plane, escrapas o tablonas dependiendo de la topografía del terreno.

Traza de riego. El terreno es preparado para un riego presiembra, siembra en seco y riego de germinación. Se hace un trazo para el riego en melgas, curvas de nivel o bien surcos esto en siembra en plano, para la siembra en seco se surca donde será el riego de transporo; es adecuado que la siembra de frijol se realice en húmedo por su tipo de germinación. Es recomendable realizar una escarificación del suelo con una Lillistone o azadón rotatorio y evitar un endurecimiento de la capa superficial del suelo el cual nos puede impedir una adecuada germinación y emergencia del cultivo.

Fechas y densidades de siembra. De acuerdo con las agendas técnicas agrícolas de INIFAP correspondientes a cada estado, las fechas de siembra son en diferentes meses, pero de manera general estas van de primavera a verano en algunos estados como Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Guanajuato; mientras que en otros van de otoño a invierno como es el caso de Sinaloa, Nayarit, Veracruz y Chiapas. De igual forma la profundidad de siembra y separación de grano dependerá del tipo de suelo de cada región.

Riegos. Este se desarrolla de manera adecuada requiriendo de esto una lámina de 30 a 45.5 cm de riego. En promedio utiliza un 0.1 mm de agua por día en sus

primeras etapas de desarrollo. En floración y desarrollo de vainas debe disponer de 7.0 mm por día. La planta de frijol se desarrolla bien con humedades del 60 a 100% disponible en el suelo. Cuando se tenga una humedad aprovechable menor al 60% para los primeros 10 cm de suelo, podría ser indispensable un riego ligero antes de la siembra para un buen desarrollo durante las primeras etapas. Se debe contar con una buena humedad aprovechable que no caiga más del 60% a una profundidad de 30 cm para poder contar con un buen desarrollo vegetativo y evitar prolongar el cierre del cultivo y favorecer el acortamiento del ciclo.

Escardas. Realizar esta actividad ayuda a la planta para un mejor desarrollo, es necesario hacer dos escardas, la primera a los veinte días después de haber emergido y la segunda veinte días después de la primera.

Nutrición. El promedio de valores de extracción de nutrientes del suelo por el cultivo de frijol indica que se necesitan: 53.5, 7.8, 55.5, 39.8 y 8.4 Kg·t⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, y 271.0, 90.5, 192.8, 174.8 g·t⁻¹ de Fe, Cu, Zn y Mn, respectivamente, por tonelada de grano. De acuerdo al volumen proyectado para cosecha se debe multiplicar los nutrientes extraídos por toneladas por el número de toneladas que se desea extraer. Es de suma importancia inocular el cultivo de frijol con bacterias fijadoras de nitrógeno las cuales ayudaran en este proceso al cultivo que por su simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* y por pertenecer a la familia de las fabáceas, que cuenta con esta condición de fijar nitrógeno de la atmosfera; Vázquez (1996) menciona valores que van del 35% al 58% y de 25 a 71 Kg de N·ha⁻¹ en lapsos de 100 a 120 días bajo condiciones de riego y 19% al 46% que representa de 8 a 25 Kg de N·ha⁻¹ en condiciones de temporal.

Cosecha. La planta de frijol debe ser arrancada una vez que el grano este bien formado, con vainas maduras y antes que el frijol este completamente seco, con ello se evitara el desgrane; se debe de tener una humedad en la semilla de un 25% y que el 90% de las vainas estén tornadas amarillentas. Una vez cortado se formarán hileras con las plantas cosechadas tomadas de cuatro surcos. Después

del corte una vez seco se realizará la trilla a los 12 a 15 días, cuidando que el grano tenga un total del 14 al 16%. Se debe evitar dejar por tiempos prolongados en el campo debido a pérdidas de calidad y desgrane.

2.7. Impacto de la Maleza en el Cultivo de Fríjol

El desarrollo y productividad del frijol se puede ver afectado considerablemente por la presencia de maleza, al competir en un mismo espacio por nutrientes, humedad y luz. Las pérdidas varían dependiendo de la especie, variedad, época de siembra, composición y densidad de la maleza con la que esté interactuando el frijol, pero, de manera general se pueden presentar pérdidas que van del 15-97% incluso llegar al 100% (Lunkes, 1997).

2.8. Definición de Maleza

De acuerdo a los hábitos y comportamientos de las malas hierbas, éstas integran riesgos naturales dentro de los bienes y labores del hombre (Mortimer, 1990). Estas plantas son constantemente identificadas como antagonistas de los sistemas de producción en cultivos y también a los procesos industriales y comerciales. Por lo tanto, estas pueden considerarse como todas aquellas plantas que causan efectos desfavorables de la vegetación y áreas en las que son consideradas por diferentes aspectos como el estético o áreas de interés (Labrada *et al.*, 1996). No obstante, la palabra maleza no tiene una definición dentro de la biología; es una palabra de origen antropomórfico por lo tanto el hombre llama maleza a todas las plantas que crecen dentro de lugares no deseados para sus intereses. Obstaculiza el adecuado desarrollo de cultivos, emula con éstos por la luz, nutrientes y humedad del suelo. Entorpece la cosecha, poda, aspersiones y fertilizaciones, y a su vez estos pueden albergar plagas y enfermedades que pueden afectar al cultivo (Anderson, 1996).

2.9. Clasificación de la Maleza

Si bien la maleza puede clasificarse de manera diferente, como: botánica, fisiológica y morfológicamente entre otras; en el área productiva, es decir, en el campo es mucho más importante catalogar a una especie por su ciclo de vida, debido a que se desarrollan en un mismo ambiente y espacio donde competirán por factores bióticos y abióticos para su pleno desarrollo, como es el caso de la maleza espontánea, o sea aquellas que carecen de tallos leñosos se mantienen tiernos, flexibles o suculentos (Pedreros, 2021).

2.9.1. Clasificación morfológica

Una maleza puede clasificarse según la forma que esta tiene fenotípicamente (CIMMYT, 2020), como:

Hoja ancha: que cuenta con nervaduras de las hojas en forma de red, reticuladas o palmeadas, con sus hojas seminales cotiledonares o también llamadas hojas primordiales en las plántulas, las raíces primarias con crecimiento vertical.

Hoja angosta: disposición alterna y nervaduras paralelas en el sentido de lo largo de la hoja, tiene una sola hoja seminal o primordial en sus plántulas, compuesta a su vez de un sistema radical fibroso.

Ciperáceas: tallos triangulares, se conforma de hojas en rosetas que surgen de la base del tallo, en disposición de tres en tres, dispone de una inflorescencia que básicamente es una espiguilla.

2.9.2. Clasificación por su ciclo de vida

Maleza anual: cumplen su ciclo biológico en un año o menos. Se reproducen principalmente por semillas. Dentro de ello estas pueden ser de invierno o verano dependiendo cuando crezcan (CIMMYT, 2020).

Maleza bienal: periodo de dos años, pueden emerger en primavera a verano, en invierno sobreviven de forma vegetativa, a ras del suelo como rosetas basales, siguiendo el crecimiento en la primavera del año entrante. En su segundo año producen semillas en primavera, verano o invierno. Cumpliendo así su ciclo bienal (CIMMYT, 2020).

Maleza perenne: periodo de vida de tres años o más. Se pueden reproducir por semillas, propágulos vegetativos (estolones, tubérculos, rizomas, u otro órgano vegetativo, en el que almacenan sus reservas) estando estas en reposo para pasar el invierno con ello esperan florecer y producir semillas durante el verano (CIMMYT, 2020).

2.9.3. Clasificación botánica

Esta viene dada por las características morfológicas de cada especie de planta, las cuales serán agrupadas en tres muy importantes clasificaciones familia, género y especie, esta es una forma usada de forma internacional para evitar confusiones con los nombres comunes que suelen variar entre regiones y países (CIMMYT, 2020).

2.10. Características Biológicas de la Maleza

Las características biológicas y de ecología funcional que debemos tener en mente para manejar a la maleza, está completamente influenciado por procesos que

ocurren durante su etapa de desarrollo y por su forma de adaptación al entorno en el que se encuentran (Radosevich *et al.*, 1997).

Algunas de estas características se dan en la reproducción de las plantas y en la transmisión de genes, que es sumamente importante, en ello le confiere a las futuras generaciones las técnicas de adaptación y supervivencia, ya sea de manera autógena con autopolinización, alógama polinización cruzada o apomíctica que generan sus propios embriones sin reproducción sexual. Una maleza que se reproduce por semillas tiene mayor éxito de supervivencia de la especie, ya que con ello enriquece el banco de semillas en el suelo. Existen más técnicas de reproducción, además de las semillas, tal es el caso de la reproducción vegetativa por medio de tallos modificados como los estolones, rizomas o bulbos; esto afecta el control con herbicidas de contacto y deshierbes mecánicos o manuales.

La dispersión, es otra característica que permite a una especie a que tenga mayor éxito de supervivencia y perpetuación de su especie recorriendo mayores distancias, este suceso puede abarcar mucho a poco tiempo y áreas más grandes buscando nuevas y buenas condiciones, los métodos de dispersión son bien marcados por el tipo de disgregación; algunos métodos de dispersión son (Núñez, 2006):

- Autocoria; por sí misma deja caer semillas sobre el lugar donde se encuentra; de acuerdo a su adaptación esta puede lanzarlas o bien explotar el fruto a lo que se le conoce como dehiscencia, un ejemplo característico es el caso de *Ecballium elaterium* L. (Cucurbitaceae).
- Anemocoria; dispersada por viento, la semilla posee estructuras tipo paracaídas o cubiertas esponjosas que le permiten ser llevadas en las corrientes de aire, como muestra esta *Taraxacum officinale* L. (Asteraceae).

- Hidrocoria; flotan sobre el agua para dispersarse con ayuda de la corriente, esperando llegar a una orilla u otro cause, en representación se tiene a *Nuphar lutea* L. (Nymphaeaceae).
- Zoocoria; transportadas por cualquier animal, adheridas en su pelaje, por ingesta o bien en maquinaria en el caso del hombre, como claro ejemplo *Xanthium strumarium* L. (Asteraceae).

La persistencia de la maleza, puede darse a través del tiempo y el espacio; algunas especies cuentan con estructuras que cuando sus partes aéreas son eliminadas les confiere una segura supervivencia a través de rizomas, tubérculos y bulbos; poseen una latencia para permanecer viables durante largos periodos de tiempo hasta que haya buenas condiciones para emerger, esto es más común en maleza bianual y perenne en este caso nos podemos referir a *Cucurbita foetidissima* Kunth. (Cucurbitaceae). La adaptación de una maleza, integra todas las técnicas y mecanismos que ha adquirido a través del tiempo en su proceso de evolución y que ha usado para sobrevivir, como puede ser: biótico (hongos, bacterias, virus, insectos), abióticos (minerales tóxicos, temperaturas extremas, radiación elevada), esto permite que se establezca si ninguna dificultad en ambientes extremos. La competencia, es uno de los mecanismos de adaptación más notorios en un sistema agrícola, las especies con los mejores recursos disponibles en la naturaleza para prevalecer en ello implica lucha por agua, luz, nutrientes, humedad, espacio, entre otros y la maleza mejor adaptada, lo ha logrado hasta la actualidad esto viene dado por su morfología, tasa de crecimiento, densidad y la alelopatía (Núñez, 2006).

2.11. Daños de la Maleza a la Agricultura

Las pérdidas de rendimiento en algunos cultivos pueden variar entre un 46 y 64% si la maleza no se controla, como el caso en el cultivo del trigo; pero en otros cultivos como cebada y papa, las pérdidas producidas por la maleza varían entre un 30 y un 90%, dependiendo de variables y factores como tipo de cultivo, densidad y tipo de

maleza que interacciona en el campo con el cultivo. En hortalizas estas pérdidas llegan a alcanzar el 100%, su desarrollo inicial puede ser más lento en comparación con la maleza, por lo que estas pueden ganar en tiempo y provocan una competencia demasiado fuerte (Espinoza, 1982).

Señala Leguizamón (2000) que la maleza se ha adaptado muy bien al ambiente agrícola, gracias a las técnicas y estrategias que las caracterizan, como el rápido crecimiento y reproducción en ambientes altamente perturbados o modificados. La maleza como método de competencia agota los recursos que el cultivo necesitará, es decir, los agota antes de tiempo y el cultivo establecido se verá limitado en estos recursos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de maleza de mayor importancia en el mundo por sus características de adaptación a diversos ambientes (Holm *et al.*, 1977).

Rango	Especies	Formas de Crecimiento*	
1	<i>Cyperus rotundus</i> L.	P	M
2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	P	M
3	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	A	M
4	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	A	M
5	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	A	M
6	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	P	M
7	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeuschel	P	M
8	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	P	M Ac.
9	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	A	D
10	<i>Chenopodium album</i> L.	A	D
11	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	A	M
12	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	P	D
13	<i>Avena fatua</i> L. y especies afines	A	M
14	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	A	D
15	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	A	D
16	<i>Cyperus esculentus</i> L.	P	M
17	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg	P	M
18	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W.D. Clayton	A	M

* A = anual; Ac = acuática; D = dicotiledónea; M = monocotiledónea; P = perenne.

Otros problemas causados por la maleza, están relacionados a la disminución de la calidad y cantidad de cosecha esperada, empobrecimiento y pérdida de productividad de los suelos al tomar más rápido y eficientemente los nutrientes, humedad entre otras necesidades que los cultivos requieren, al tener poblaciones elevadas que reducen la capacidad y eficiencia del uso del suelo, de sobrepasar el umbral de control que resulta en costosas y numerosas estrategias para su supresión, dependiendo de la población y tipo de maleza entorpece la cosecha, también se puede llegar a presentar toxicidad para alimentación del ganado, ya que dan sabores desagradables a la carne y la leche y resultan ser hospederos de insectos y enfermedades que después de cumplir su ciclo en la maleza pasan a infectar al cultivo (López, 2003).

2.12. Métodos de Control de la Maleza

Es muy importante saber y conocer las variables para un buen manejo de la maleza, es decir, un buen MIM (Manejo Integrado de Malezas). En primera instancia se debe evitar diseminar semillas de maleza con la maquinaria que siempre es usada para las labores culturales, ya que de manera no intencional contaminamos otros terrenos. Con ello se suman el monitoreo, prevención y manejo; los pasos para un adecuado manejo integrado de maleza, consisten en: 1) la identificación de familias, géneros y especies; niveles de población, 2) conocer la biología y ecología de la maleza, 3) entender los efectos de la competencia y umbrales de manejo y 4) emplear métodos de control efectivos, amigables con el medio ambiente y que los costos que estos generen no rebasen o excedan del bolsillo de los productores (INTAGRI, 2017).

2.12.1. Control cultural

En este caso se debe usar semilla certificada esto es importante mencionar ya que de ser así esta puede venir muy contaminada inclusive con especies que aún no están en la zona y limpiar implementos antes de entrar de un terreno a otro. Entre

algunas de las estrategias de control cultural se tiene las citadas por INTAGRI (2017):

Preparación del terreno, si se trata de maleza perenne, debe realizarse una labranza que permita dejar expuestas las partes vegetativas de dispersión a factores determinantes como sol, viento y humedad. Pasar solo la rastra en caso de presentarse maleza con rizomas pequeños y en suelos de textura ligera. Para suelos pesados se recomienda una labranza profunda.

Solarización del suelo, el uso de cobertura plásticas ya sea transparentes o de color negro, en su mayoría de polietileno, son muy eficientes gracias a que someten a las semillas a temperaturas mortales para ellas, esto se verá reflejado en una mayor cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos a establecer.

2.12.2. Control físico

Estos métodos incluyen las escardas a mano o con herramientas de corte, también maquinaria como desmenuzadoras, aporcadoras, entre otras que menciona INTAGRI (2017).

Rotación de cultivos; con el uso constante del monocultivo se selecciona la maleza que se adapta mejor a los manejos repetitivos que se les dan a ciertos cultivos. La rotación de cultivos nos permite el cambio constante de manejo del suelo, por lo que no permitimos a la maleza adaptarse a estas prácticas.

Densidad de siembra/número de plantas; mediante el uso de altas poblaciones en siembras, se aprovecha de mejor manera el espacio y esto dificultará el crecimiento de la maleza.

Acolchado; mediante el uso de cubiertas plásticas se puede evitar el crecimiento de la maleza, también, existen cubiertas de restos del cultivo anterior que pueden

cumplir la misma función, ya que estos segregan sustancias alelopáticas que inhiben el desarrollo de nuevas plantas de maleza.

2.12.3. Control químico

En el control químico de la maleza se hace uso de herbicidas, en este sentido un herbicida es un químico que ejerce una disrupción en el funcionamiento o metabolismo de una planta por tiempo indefinido como para eliminarla o alterar su crecimiento y desarrollo (Anzalone, 2007).

Las familias químicas (Cuadro 2) de los herbicidas poseen características fisicoquímicas comunes, aunque, es importante destacar que en cada familia los ingredientes activos suelen ser muy distintos y es por eso que es muy necesario conocer cada uno en particular (Álvaro, 2007).

Cuadro 2. Familias de herbicidas de síntesis química (Álvaro, 2007).

FAMILIA	FAMILIA
Acetamidas	Isoxazolidinonas
Acidos arilaminopropiónicos	N-fenilphthalimidias
Acidos bencenodicarboxílicos	Nitrilos
Acidos clorocarbónicos	Organoarseniacaes
Acidos fenoxicarboxílicos	Oxadiazoles
Acidos fosfínicos	Oxazolidinedionas
Acidos piridincarboxílicos	Oxyacetamidas
Acidos quinolincarboxílicos	Phthalamatos
Amidas	Piridinas
Ariloxifenoxipropianatos	Pyrazoles
Benzamidas	Pyridazinonas
Benzothiadiazinonas	Pyridinecarboxamidas
Bipiridilios	Pyrimidindionas
Carbamatos	Pyrimidinyl(thio) benzoatos
Ciclohexanodionas	Sulfonilureas
Cloroacetamidas	Tetrazolinonas
Difeniléteres	Thiocarbamatos
Dinitroanilinas	Tiadiazoles
Dinitrofenoles	Triazinas
Fenilpyrazoles	Triazinonas
Fenil-pyridazinas	Triazoles
Fenyl-carbamatos	Triazolinonas
Fosforoamidas	Triazolocarboxamidas
Fosforodithioatos	Triazolopyrimidinas
Glicinas	Triketonas
Imidazolinonas	Ureas

2.12.4. Control biológico

En el método de control biológico de la maleza, se involucran organismos como insectos o microorganismos como hongos, bacterias, virus, protozoarios, nematodos, fitoplasmas, etc. Estos son algunos ejemplos de ensayos y estudios hechos para este control (SARH, 1992):

- Control de *Cyperus esculentus* L. (Cyperaceae) con el insecto *Bactra verutana* Zeller (Tortricidae) y con la especie de hongo *Puccinia canaliculata* Schweintz (Pucciniaceae). Esto en el estado de Mississippi, EE. UU.
- Control de *Echinochloa crus-galli* L. (Poaceae) con el hongo *Cochliobolus lunatus* R. (Pleosporaceae) con una eficacia del 75%.
- Control de *Xanthium strumarium* L. (Asteraceae) con el insecto *Euaresta aequalis* Loew (Tephritidae).

2.12.5. Control biorracional

El control biorracional, se refiere al uso de materiales de origen biológico o de productos sintéticos que tienen efectos parecidos a otros que están en la naturaleza; los cuales están catalogados, como: botánicos, microbianos, minerales, sintéticos, entre otros (Bayer, 2019).

Este tipo de control en el caso del manejo de la maleza, consiste en el uso de bioherbicidas los cuales contienen en su formulación bacterias, hongos, derivados de insectos, ácidos orgánicos, aceites esenciales y extractos vegetales; cabe mencionar que estos no permanecen activos en el ambiente por tiempos prolongados derivado de esto no provocan contaminación de suelo, agua y no causan efectos negativos sobre organismos no objetivo (Hasan *et al.*, 2021).

2.13. Concepto de Agricultura Orgánica

Se define la agricultura orgánica como un conjunto de procesos de producción agrícola en la primicia, de que la fertilidad es una función que viene dada por la materia orgánica que contiene el suelo. Esto gracias a los microorganismos presentes en la descomposición de materia biodegradable que existe o está depositada en el suelo; con ello permite aportar nutrientes minerales y productos químicos que serán fundamentales en el desarrollo de las plantas cultivadas. Los abundantes microorganismos mitigan y reducen los desequilibrios ligados a la intervención humana en el medio ambiente. Al estar en un nivel adecuado de nutrición y ambiente sano que da como resultado plantas más vigorosas y más resistentes a plagas y enfermedades (Ormond *et al.*, 2002).

2.13.1. Concepto de herbicida orgánico o bioherbicida

Los herbicidas orgánicos son hechos de materiales de origen natural no sintético, es decir, libres de moléculas químicas obtenidas de forma artificial, de estos se conocen como los de mayor uso a los ácidos, ácidos grasos, inhibidores de crecimiento y sal; Cabrera (2016) explica las características de estos:

Ácidos: usualmente están elaborados a partir de limón, lima, cítricos en general o vinagre; este cae sobre la superficie de la planta causando la muerte por destrucción de la pared celular, es decir, por contacto.

Ácidos grasos: se trata de sustancias que disuelven las membranas de las hojas de las plantas provocando quemaduras y con ellos secan y mueren. Por ejemplo, la grasa ácida del jabón de coco.

Inhibidores de crecimiento: como bien dice su nombre este evita que la maleza en su caso desarrolle alguna parte de sí mismas, por ejemplo, las raíces, dañándolas severamente y provocando desfase en su fenología y provocando su

muerte por inadecuado desarrollo, entre otros factores. En plántulas ya emergidas, de escasos 2.0 a 7.0 cm de altura, son más notorios los efectos. Como claro ejemplo de este tipo de herbicidas más usado está la harina de gluten de maíz.

Sales: derivadas de rocas salinas, estas deshidratan a la maleza vía aérea o vía suelo por la raíz, aunque, se debe de tener cuidado, ya que al ser usadas de manera recurrente se puede acumular sal en los suelos y dejarlos inservibles, se debe usar solo donde no sea de interés o donde no haya áreas verdes; por ejemplo, en el asfalto o aceras.

2.13.2. Concepto de extracto vegetal

Un extracto vegetal es una mezcla con una gran cantidad de diferentes compuestos químicos de origen orgánico, los cuales pueden ser obtenidos por diferentes métodos de extracción tales como: metanólicos, etanólicos, acuosos, acetónicos, aceites, etc. Es conocido ya el efecto de los ingredientes activos como repelencia en control de plagas gracias a sus compuestos químicos (Mesa *et al.*, 2019).

2.13.3. Ventajas de los herbicidas orgánicos

- Son materiales de rápida degradación, pueden afectar ciertas especies de maleza y son menos tóxicos para enemigos naturales (Díaz, 2015).
- Al ser de origen natural cuentan con multisitio de acción en la maleza por lo que es muy complicado que estas generen resistencia a los componentes (Díaz, 2015).
- Su persistencia en el suelo es muy baja por lo que es de rápida degradación con ello se reduce el LMR (Límite Máximo de Residuos) en alimentos, son más amigables con el ambiente y la salud del consumidor (Díaz, 2015).

- El tiempo para ver el efecto sobre la maleza será variable de acuerdo a la especie, morfología, factores climáticos, factores bióticos (microorganismos) y época de aplicación, por lo que este puede ser rápido o lento (Díaz, 2015).

2.13.4. Desventajas de los herbicidas orgánicos

- Menor efectividad en control de la maleza.
- Efectos más lentos sobre las plantas a controlar.
- Producción a escala comercial se ve limitada.
- Sensibilidad a factores medio ambientales (radiación, humedad, tipo de suelo, etc.; Fernández *et al.*, 2002).

2.13.5. Desarrollo de herbicidas orgánicos

Existen pocos los bioherbicidas o herbicidas orgánicos en el mercado, en los siguientes Cuadros (3 y 4) se realiza una breve descripción de una revisión exhaustiva sobre los productos comerciales que se encuentran agrupados en esta categoría y que está disponibles en el mercado, dentro del análisis es posible detectar la falta de disponibilidad de estos productos por su escasez.

Cuadro 3. Herbicidas naturales comerciales que ya están en el mercado (Portuguez, 2019).

Producto	Componente	Costo-L⁻¹ (\$)
Scythe	Ácido pelargónico (57%), Ácidos grasos de cadena corta relacionados (3%), Aceite de petróleo parafínico (30%)	26.00
Burnout	Clavo de olor (12-18%), Ácido cítrico (30%) Aceite mineral (80%)	17.00
Eco-Exempt Eco-Smart	Propionato de 2-fenetilo (21,4%), Aceite de clavo de olor (21,4%)	12.43
Weed Zap	Aceite de clavo, aceite de canela (30%), Ácido acético (70%)	30.00
Avenger	D-limoneno (70%), Aceite de castor (1-4%), emulsificantes (18-23%)	49.25
Axxe	Solución de nonanoato de amonio (40%)	29.19
Suppress	Ácido caprílico (47%) Ácido cáprico (32%)	26.45

Cuadro 4. Otros productos herbicidas naturales para control de arvenses (Dayan *et al.*, 2009).

Producto	Componente
Weed BanTM	
Corn Weed	Gluten de maíz.
BlockerTM	
Bioscape	Harina de gluten de maíz, aceite de soya.
BioweedTM	
BurnoutTm	
BiorganicTm	Aceite de clavo (12-18%), lauril sulfato de sodio (8-10%), ácido acético, lecitina, ácido cítrico (30%), aceite mineral (80%).
Poison Ivy DefoliantTM	
BioorganicTM	Aceite de clavo (5%), propionato de 2-fenetilo (5%), aceite de sésamo (4%) y lauril sulfato de sodio (0.5%).
Matran ITM	
Eco-ExemptTM	Aceite de clavo (46%), aceite de gaulteria, lactato de butilo, lecitina de 2-fenil propionato (21.4%), aceite de clavo (21.4%).
Eco-SmartTM	

2.13.6. Uso de extractos vegetales como bioherbicidas

El uso de extractos botánicos para control de arvenses o maleza, plagas y enfermedades dentro de una agricultura sostenible y sustentable es pilar al ser una opción prometedora, gracias a su efectividad, costes bajos, y tener menor impacto dentro de la contaminación del medio ambiente, por su poca residualidad y persistencia, lo cual se debe a su origen de rápida degradación por los distintos componentes del extracto (Celis *et al.*, 2009). Sin embargo, tiene algunas desventajas, como las aplicaciones deben realizarse con intervalos un poco más cortos y continuos. Se necesita conocer la composición y comportamiento del mismo y con ello saber que tan duradero es por causa de los factores abióticos y bióticos como humedad, radiación UV, temperatura, microorganismos encargados de la degradación de sus compuestos, entre otros y su efectividad puede ser un poco más lenta en comparación con un químico (Díaz, 2015).

Cabe mencionar que esta área de estudio está en constante estudio para mejorar desde técnicas de obtención hasta efectividad en control. La cual será la mejor forma de manejo de arvenses en el futuro para una agricultura orgánica y libre de plaguicidas.

2.14. Metabolitos Secundarios Presentes en Maleza con Actividad Alelopática

De acuerdo a su composición estructural, Sampietro (2001) menciona que puede encontrarse en forma variable y muy diversa, hasta el momento los que se tienen identificados y presentan las siguientes formas:

- Compuestos alifáticos: inhibición de germinación de semillas y desarrollo de plantas; están formados por diversos ácidos tal es el caso del acético, butírico, oxálico, crotónico, fórmico, láctico y succínico, al igual que algunos alcoholes como el metanol, etanol, n-propanol y butanol solubles en agua, en plantas y suelo son componentes comunes.

- Lactonas insaturadas: inhibidores de la germinación y desarrollo de plantas, compuestos como la psilotina y la psilotinina, se encuentran en *Psilotum nudum* (Psilotaceae) y *Twesiperis tannensis* (Brassicaceae).
- Lípidos y ácidos grasos: la inhibición del crecimiento vegetal gracias a los ácidos grasos que están presentes tanto en plantas terrestres como acuáticas; se mencionan los siguientes: ácido linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxiesteárico.
- Terpenoides: son alelopáticos; principalmente los monoterpenos, son componentes de aceites esenciales. Son los terpenoides los inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en plantas. Los más frecuentes con actividad alelopática son alcanfor, a y b pineno, 1,8-cineol, y dipenteno; encontrados en plantas como *Salvia* spp., *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*. Dentro de los más importantes está el ácido abscísico hormona vegetal con evidente y documentado efecto alelopático.
- Glucósidos cianogénicos: compuestos como durriana y amgdalina (o su variante reducida prunasina) con fuerte actividad alelopática, da origen a cianhídrico, hidroxibenzaldehído que cuando se oxida forma p-hidroxibenzoico con iguales efectos alelopáticos. La familia Brassicaceae en su mayoría de especies contienen grandes cantidades de glucósidos los cuales por hidrólisis forman isotiocianato, con evidente alelopatía.
- Compuestos aromáticos: aquí se encuentran la mayor cantidad de agentes alelopáticos por lo que es de las más extensas fuentes de estos metabolitos tales como fenoles, derivados del ácido benzoico, del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos.
- Alcaloides: los más comunes y conocidos como la estricnina, cafeína, cinconidina, cinconia, cocaína, fisostigmina y quinona tiene un fuerte control en

la inhibición de la germinación. Se tiene registro de exudados radicales provenientes de la raíz del cultivo de cebada, como inhibidor de *Stellaria media* (Caryophyllaceae).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en el campo experimental “El Bajío” en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) unidad Saltillo y el Laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología (25 ° 22 'N y 101 ° 00' O, 1760 msnm). En el campo experimental se estableció el cultivo de frijol variedad Marcela y se llevó a cabo la evaluación de los prototipos de herbicidas biorracionales.

3.2. Manejo del Cultivo

3.2.1. Descripción del material vegetal

El material fue un frijol color rosa de la variedad Marcela, el frijol procedía de lotes comerciales de Dolores Hidalgo, Guanajuato, México, proporcionado por el productor: Juan Luis Cervantes Olvera

3.2.2. Siembra y establecimiento del cultivo

El cultivo de frijol se estableció de manera estratégica, para que los riegos se vieran apoyados por la temporada de lluvias en la región. La siembra se realizó el 29 de junio del 2022, en hilera sencilla y en el lomo del surco (80.0 cm entre surcos), a una distancia de 6.0 cm entre cada semilla, colocando dos semillas por orificio, teniendo una densidad de 210,000 plantas por hectárea.

3.2.3. Fertilización y bioestimulación

La fertilización edáfica fue realizada dos veces en el ciclo, a los 15 y 30 días después de la emergencia con FertiDrip Delta® 20-20-20 hidrosoluble. Derivado del estrés abiótico (lumínico) presentado por el cultivo, debido a la falta de adaptabilidad de la

variedad a la región (Cuadro 5), se aplicó: GreenCover AS+® (Caolín 35.00%, emulsión de Cera orgánica 20.00%, geles vegetales antioxidantes 5.00%, dispersantes y colorantes naturales 12.50%, acondicionadores y diluyentes 27.50%) y GreenZnBMo® (Nitrógeno 1.17%, zinc 12.00%, boro 2.00%, aminoácidos 900 ppm, acondicionadores y agentes quelatantes 8.00%, materia orgánica y diluyentes 76.74%), Aminomax 15® (Potasio 10.00%, calcio 5.00%, zinc 4.00%, boro 1.00%, agentes quelatantes y aminoácidos 15.50%, acondicionadores y polisacáridos 2.00%, diluyentes 62.50%) para mejorar el desarrollo de la planta.

Cuadro 5. Fertilizantes y bioestimulantes empleados en el manejo del cultivo de frijol, tratado con herbicidas biorracionales para el control de la maleza.

Necesidad	Producto comercial	Dosis por hectárea	Época de aplicación
Exceso de radiación y altas temperaturas	GreenCover AS++ Kactuz Ad	GreenCover As+ 1 cc/L de agua Kactuz Ad 1 cc·L ⁻¹ de agua	Después de 15 días de haber emergido ya con hojas verdaderas, se aplicó una vez a la semana.
Fertilizante	Delta 20-20-20	0.5 g·L ⁻¹	A los 15 días de la emergencia y 30 días después de la emergencia

3.2.4. Riegos

El tipo de riego utilizado fue riego por goteo, abastecido por medio de una cintilla de la marca Toro® de 1.0 pie (30.48 cm) de distancia entre emisores con un gasto de 1.0 galón por minuto. El primer riego se realizó una vez terminada la siembra y se dejó por 12 horas para ofrecer un riego pesado y promover la germinación de la semilla del cultivo y emergencia de maleza.

Una vez emergido y establecido el cultivo (15 días después de la siembra) se regó por periodos de 2 a 3 horas cada dos días. Asimismo, se ajustaba el riego según las necesidades de evapotranspiración del cultivo y según la humedad presente en el suelo.

3.2.5. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas se utilizaron productos biorracionales como insecticidas y acaricidas botánicos-repelentes (Cuadro 6). Frecuentemente se realizaron monitoreos para determinar la presencia de plagas asociadas al cultivo, esto con el fin de tener plantas libres o poblaciones reducidas de dichas plagas, dentro de las densidades que no limitarán el desarrollo del cultivo en el experimento. Los dos productos utilizados fueron Pestil Out® (terpenoides de origen vegetal, terpenos cítricos, oleorresinas de *Capsicum* spp 12.00%, alcaloides de origen vegetal de *Capsicum* spp 1.00%, ácidos grasos y aminoácidos totales 14.00%, sulfonatos y compuestos azufrados extractos y aceites de *Allium* spp 1.00%, acondicionadores y diluyentes) y eBioluzion Plus Vo® (Aceites de origen vegetal y animal, aceite de *Allium* spp, aceite de *Cinnamomum zeylanicum*, aceite de *Piper nigrum*, aceite de *Syzygium aromaticum*, aceite de *Glycine max*, soluble de pescado, extracto de *Allium* spp 28.00%, terpenoides de origen vegetal 5.00%, alcaloides de origen vegetal 2.00%, esteroides 1.00%, saponinas 5.00%, aminoácidos totales 3.00%, silicato de calcio 1.00%, ácido acético 0.40%, agentes emulsificantes de origen orgánico 1.86%, acondicionadores y diluyentes orgánicos 52.74%).

Cuadro 6. Productos utilizados en el manejo de plagas en el cultivo de frijol durante el desarrollo del estudio con herbicidas biorracionales para el control de la maleza.

Plaga	Producto comercial	Dosis por hectárea	Época de aplicación
Trips (<i>Frankliniella occidentalis/Thrips tabaci</i>)	Pestil Out® +eBioluzión Plus vO ®+Green Oil	Pestil Out® 1 cc·L ⁻¹ de agua + 1 L eBioluzión Plus vO® + Green Oil 1 cc·L ⁻¹ de agua	Aparición de las primeras poblaciones
Chicharrita (<i>Empoasca kraemeri</i>)			
Ácaros (<i>Tetranychus urticae</i>)			
Pulga saltona (<i>Epitrix cucumeris</i>)			
Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)			
Conchuela del frijol (<i>Ephilachna varivestis</i>)			
Hormigas (<i>Atta cephalotes</i>)			
Minador (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)			

3.3. Desarrollo del Experimento

Después de la emergencia del cultivo y la maleza asociada con 2.0 a 5.0 cm de altura aproximadamente, se comenzó la aplicación de los tratamientos de cada prototipo de herbicida biorracional. El arreglo del diseño experimental fue de bloques completos al azar (BCA) con cinco tratamientos, cuatro repeticiones (Figura 4). Los tratamientos evaluados fueron tres de herbicidas biorracionales, un testigo químico y un testigo absoluto (sin aplicación) (Cuadro 7).

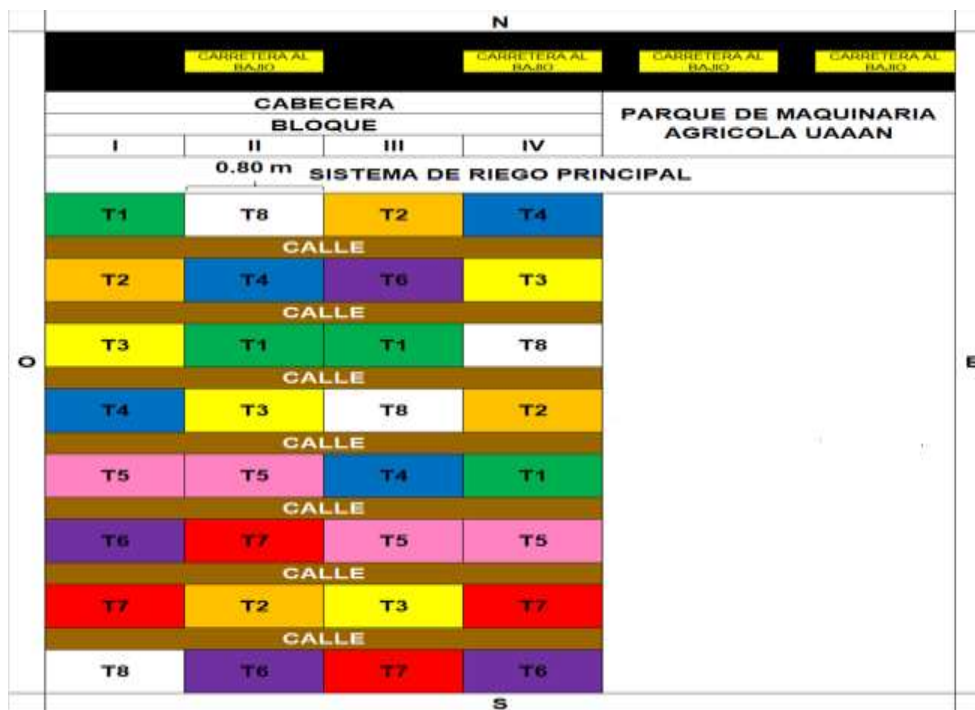


Figura 4. Croquis y arreglo de la distribución de los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol para el control biorracional de la maleza.

Cuadro 7. Descripción de tratamientos, empleados en el cultivo de frijol para el control biorracional de la maleza. UAAAN, 2022.

Tratamiento	Dosis de ingrediente activo g·ha ⁻¹	Dosis de producto formulado L o Kg·ha ⁻¹	Número de aplicaciones	Intervalo
1. HBCD-06-01b	Desconocido	9.0	2	7
2. HBCD-06-01a	Desconocido	12.0	2	7
3. HBCD-06-02b	Desconocido	9.0	2	7
4. HBCD-06-02a	Desconocido	12.0	2	7
5. HBCD-A3b	Desconocido	9.0	2	7
6. HBCD-A3a	Desconocido	12.0	2	7
7. Testigo químico (Flex Biw®)	22.5	1.0	1	0
8. Testigo absoluto (siempre enmalezado)	-----	-----	-----	-----

HBCD: clave de identificación para los tratamientos con los prototipos de herbicidas biorracionales.

La conformación de las parcelas fue de tres surcos de 3.0 m de largo y 0.80 m entre cada surco, dejando calles de 1.0 m entre bloques. La unidad experimental fue el surco que se localizaba en la parte central de cada bloque, en el cual se realizó la toma de datos con ayuda de un cuadrante plástico de dimensiones 40 cm x 40 cm (0.16 m²), el cual era colocado en el centro de la unidad experimental, para tomar los datos correspondientes de las variables de interés.

3.3.1. Consideraciones de la aplicación de los tratamientos

Antes de realizar las aplicaciones de los tratamientos se calibró en campo una aspersora de mochila manual Jacto PJH® de 20.0 L de capacidad y con una boquilla de abanico plano XR TEEJET® (XR8002).

La dosis aplicada de los prototipos fue de 9.0 L en dosis baja y 12.0 L en dosis alta del herbicida biorracional por 400.0 L de agua (Cuadro 7). El volumen final obtenido de las calibraciones fue de 3.0 L por surco, asimismo se utilizó una campana protectora (Swissmex Raosamx®) para evitar rociar el cultivo.

Para la aplicación de los tratamientos se adicionó el acidificante, adherente y dispersante Azidol Orgánico® que dentro de su formulación contiene acidificantes

orgánicos, geles solubles de *Opuntia spp*, saponinas naturales de agaváceas y acondicionadores y diluyentes orgánicos. con el objetivo de proteger acidificar a pH 5.5. Asimismo, se usó Green Oil® (coadyuvante-encapsulador vegetal elaborado a base de encapsuladores de origen vegetal, agentes tensoactivos y acondicionadores) para dar una mayor estabilidad, efecto anti deriva y dispersión a los tratamientos.

3.3.2. Descripción de los tratamientos

Los prototipos de herbicidas biorracionales que fueron usados en este experimento (HBCD-06-01, HBCD-06-02 y HBCD-A3) contenían en su fórmula compuestos de acción multisitios que van desde una inhibición o alteración de procesos fisiológicos múltiples, hasta control por efecto físicos de algunos compuestos y metabolitos secundarios. Dichos materiales fueron proporcionados por la empresa GreenCorp, Biorganiks de México, S.A. de C.V. A continuación, se describe la composición de cada prototipo y testigos evaluados.

HBCD-06-01: es una formulación para manejo de arvenses en postemergencia a base de aceites vegetales, ácidos grasos, resinas, extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios.

HBCD-06-02: es una formulación para manejo de arvenses en postemergencia a base de aceites vegetales, ácidos grasos, resinas, extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios.

HBCD-A3: es una formulación para manejo de arvenses en postemergencia a base de aceites vegetales, ácidos grasos, resinas, extractos etanólicos, vegetales ricos en metabolitos secundarios y hormonas de senescencia vegetal.

Testigo químico: testigo químico Flex Biw® i.a fomesafen en un 22.50% en producto perteneciente a la empresa trasnacional Syngenta. Es un herbicida

selectivo y de contacto para el cultivo de frijol y soja. El momento óptimo de aplicación se debe realizar cuando la maleza tiene máximo cuatro hojas verdaderas es por esto que es un herbicida para postemergencia (Syngenta, 2020). El modo de acción que tiene sobre la maleza es destruir las membranas celulares a su vez forman radicales libres que destruyen las paredes celulares, para esto requiere que la planta esté realizando sus funciones fotosintéticas durante el día inhibiendo la PPO o la enzima protoporfirinógeno oxidasa (Protox) (Rosales, 2020). Este herbicida va dirigido para las siguientes especies de maleza: *Portulaca oleracea*, *Physalis spp*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea spp*, *Anoda cristata*, *Cucurbita spp*, *Xanthium spp*, *Datura spp*, *Amaranthus hybridus*, *Parthenium hysterophorus* y *Bidens pilosa* (Syngenta, 2020).

Testigo absoluto: siempre enmalezado, sin ninguna aplicación, por lo que se dejó crecer la maleza, durante toda la duración del experimento.

3.4. Variables Evaluadas

Enseguida, se muestran las diferentes variables evaluadas en el estudio de eficacia de los prototipos biorracionales de herbicidas, las variables fueron tomadas, para todos los tratamientos y sus respectivas repeticiones, un día posterior a la segunda aplicación realizada en los prototipos de bioherbicidas, durante cuatro semanas con un intervalo de siete días entre cada toma de datos, excepto para las variables de peso.

3.4.1. Porcentaje de cobertura de la maleza (COB)

Se estimó el área cubierta por la maleza dentro del área experimental, para la evaluación de la cobertura se tomó un rango que va del 0% al 100%, donde, 0% es nada de cobertura vegetal y 100% es totalmente cubierta el área, una cobertura intermedia fue determinada por el nivel de porción de cubierta verde.

3.4.2. Porcentaje de daño a la maleza (DM)

La evaluación para esta variable se realizó con el apoyo de una unidad de muestreo que consistió de un cuadrante de 0.16 m². El daño a la maleza fue evaluado con base en la escala de daño propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS, por sus siglas en inglés) que evalúa el control de maleza (Cuadro 8). Para ello se empleó una escala logarítmica en la que los niveles de actividad disminuyen a medida que la efectividad aumenta. Esto facilitó una evaluación minuciosa dentro del rango de actividad aceptable de los tratamientos. La distinción entre clases en este rango aceptable implicó que el observador no pudiera discernir diferencias inferiores a dos puntos porcentuales (Burril *et al.*, 1977; Tasistro, 2000).

Cuadro 8. Escala logarítmica determinada y la transformación porcentual, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de la maleza y fitotoxicidad del cultivo causado por herbicidas (Burril *et al.*, 1977).

Valor	Control de maleza (%)	Efecto de maleza	Toxicidad al cultivo (%)	Efecto en el cultivo
1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto en rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

3.4.3. Porcentaje de daño a cultivo (DC)

La evaluación para esta variable se realizó observando el cultivo, debido al posible daño fitotóxico que pudo haberse presentado al momento de la aplicación por efecto de salpicadura accidental o por cuestiones de residualidad o volatilidad de los productos aplicados. Al igual que en la variable DM, se realizó con el cuadrante de 0.16 m² y también fue evaluado con base en la escala de daño propuesta por la EWRS, que expresa la fitotoxicidad al cultivo por herbicidas (Cuadro 8).

3.4.4. Número de maleza de hoja ancha (HANC)

Dentro del área experimental con ayuda del cuadrante (unidad de muestreo) se realizó el conteo de número de plantas de maleza de hoja ancha, con la finalidad de determinar el efecto sobre este tipo de plantas por alguno de los prototipos de herbicidas biorracionales.

3.4.5. Número de maleza de hoja angosta (HANG)

Dentro del área experimental con el cuadrante se realizó el conteo de número de individuos de maleza de hoja angosta, con la finalidad de determinar el efecto sobre este tipo de plantas por alguno de los prototipos de herbicidas biorracionales.

3.4.6. Peso fresco de maleza (PF)

Este dato fue tomado dos veces al inicio del experimento previo a las aplicaciones y el último al final de la evaluación. Las tomas de muestra se realizaron, colocando el cuadrante en el centro para delimitar qué esa área sería la zona para la toma de datos durante todo el experimento y una vez delimitada ésta área, se recorrió el cuadrante y se procedió a cortar toda la maleza dentro de éste, considerado el dato como la primera toma, posteriormente se pesó para obtener los gramos de la maleza cortada. Las muestras fueron cortadas y almacenadas en bolsas de papel para evitar su deshidratación, marcadas de acuerdo al bloque y tratamiento. La última toma de peso fresco se realizó al término del ensayo, en esta ocasión la hierba fue obtenida del área de muestreo, donde se estuvieron evaluando las otras variables.

3.4.7. Peso seco de maleza (PS)

Una vez procesadas las muestras de la variable peso fresco, las plantas fueron sometidas de 2 a 5 días a 80°C en una estufa de secado Felisa® (modelo 145). Una vez seca la maleza fue llevada a la báscula analítica y se pesó en gramos.

3.4.8. Fechas de toma de datos de las variables

A continuación, se describen las fechas de toma de datos para cada variable evaluada en el estudio de efectividad biológica en el control de la maleza de frijol mediante el uso de prototipos de herbicidas biorracionales (Cuadro 9).

Cuadro 9. Fechas de toma de datos de cada variable evaluada en el estudio de eficacia de prototipos de herbicidas biorracionales en el cultivo de frijol.

Variab les	Fechas			
Primera aplicación	09/07/2022			
Segunda aplicación	16/07/22			
Porcentaje de cobertura vegetal de la maleza (%CM)	10/07/22	17/07/22	24/07/22	31/07/22
Porcentaje de daño a la maleza (%DHm)	10/07/22	17/07/22	24/07/22	31/07/22
Porcentaje de daño fitotóxico al cultivo (%DHc)	10/07/22	17/07/22	24/07/22	31/07/22
Número de plantas de maleza de hoja ancha (HANC)	10/07/22	17/07/22	24/07/22	31/07/22
Número de plantas de maleza de hoja angosta (HANG)	10/07/22	17/07/22	24/07/22	31/07/22
Peso fresco de maleza (PF)	08/07/22		01/08/22	
Peso seco de maleza (PS)	12/07/22		03/08/22	

3.5. Análisis Estadísticos

Las diferentes variables evaluadas fueron analizadas por el método BOX COX (1964) para determinar el tipo de transformación, posteriormente se realizaron las

pruebas de homogeneidad y homocedasticidad (Shapiro Wilks y Bartlett, respectivamente) y finalmente un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tukey al 95% de confianza ($\alpha \leq 0.05$) (Coder, 2021). Lo anterior se realizó en cada fecha de aplicación y evaluación de los tratamientos.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de Variables por Fecha de Evaluación

Mediante las pruebas realizadas de homogeneidad y homocedasticidad por medio de Shapiro Wilks y Bartlett, se encontró normalidad en los datos y las variables se distribuyeron con la misma varianza (datos no mostrados), por tal motivo, se procedió a realizar en análisis de varianza que arrojó diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$; $\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, con una confiabilidad del 95 y 99%. Las variables fueron analizadas por fecha, según la toma de datos representadas por una comparación de medias de Tukey con una confiabilidad del 95% ($p \leq 0.05$). A continuación, se observan los efectos de los tratamientos evaluados sobre las diferentes variables analizadas, como el porcentaje de cobertura (COB1), daño en maleza (DM1), daño al cultivo (DC1), cantidad de hoja ancha (HANC1), cantidad hoja angosta (HANG1), peso fresco (PF1) y peso seco (PS1), en la 1er toma de datos correspondiente a la fecha 10/07/22 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de los prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijól, para la primera evaluación (10/07/22).

Tratamiento	COB1 (%)	DM1 (%)	DC1 (%)	HANC1 (No.)	HANG1 (No.)	PF1 (g)	PS1 (g)
1. HBCD-06-01b	23.1 ab	20.3 ab	0.0 b	123.8 ab	245.0 a	12.9 ab	3.0 a
2. HBCD-06-01a	33.0 a	20.0 ab	0.0 b	175.8 a	225.8 a	11.9 ab	3.0 a
3. HBCD-06-02b	16.3 ab	7.5 ab	0.3 b	202.8 a	154.3 a	14.4 ab	3.0 a
4. HBCD-06-02a	23.9 a	2.0 c	0.0 b	140.3 ab	162.5 a	13.3 ab	2.9 a
5. HBCD-A3b	15.0 ab	29.5 ab	0.5 b	125.8 ab	46.5 a	16.6 ab	2.7 ab
6. HBCD-A3a	1.8 ab	88.8 a	0.8 b	62.8 ab	19.8 a	6.0 ab	1.2 ab
7. Flex Biw®	1.0 b	93.8 a	0.0 b	9.5 b	64.3 a	2.3 a	0.5 b
8. Testigo absoluto	39.5 a	0.0 c	0.0 b	230.3 a	171.3 a	14.7 ab	3.3 a

Comparación de medias de Tukey, para las variables en el experimento: COB1 (cobertura vegetal 1er muestreo), DM1 (daño a la maleza 1er muestreo), DC1 (fitotóxicidad al cultivo 1er muestreo), HANC1 (plantas de hoja anchas 1er muestreo), HANG1 (plantas de hoja angosta 1er muestreo), PF1 (peso fresco 1er muestreo) y PS1 (peso seco 1er muestreo). Los tratamientos sin diferencias se indican con la misma letra ($p \leq 0.05$).

Como se observa en la información la variable porcentaje cobertura (COB1), para los primeros días después de las aplicaciones de los tratamientos, ésta fluctuó entre un rango del 1% de cobertura en el testigo químico hasta casi un 40% (39.5%) en

el testigo absoluto o enmalezado y solo expresándose diferencias contundentes entre estos dos, junto con los tratamiento 2 y 4, comportándose igual al testigo absoluto; por otro lado los tratamientos 1, 3, 5 y 6, que están relacionados con los prototipos de herbicidas biorracionales no presentaron diferencias significativas entre ellos, compartiendo las mismas letras en la prueba de Tukey. Por tanto, fue notorio el efecto de la aplicación química reduciendo la cobertura vegetal. Sin embargo, y a pesar de que no presentó diferencias con respecto al resto de los tratamientos (excepto con el testigo químico), el prototipo HBCD-A3a a dosis alta (tratamiento 6), expresó un porcentaje de cobertura bajo de 1.8%, comparada con el 1.0% del testigo químico (Cuadro 10).

Para daño en maleza (DM1) la información muestra que el mejor resultado fue el tratamiento 7 (testigo químico) con un 93.8% de afectación a la maleza y el tratamiento 6 con 88.9%, misma tendencia reportada en la variable anterior, en tanto que, entre los tratamientos 1 (20.3%), 2 (20%), 3 (7.5%) y 5 (15%), comparten la misma agrupación en la comparación de medias de Tukey, por lo que son iguales, estadísticamente hablando, expresando un “control pobre” de acuerdo a la escala de la EWRS. Asimismo, se observan comportamientos similares entre los tratamientos 8 (testigo absoluto) y 4 (HBCD-06-02a), que presentaron porcentajes de daño a la maleza de 0.0 a 2.0%, según la escala de daño “no hubo efecto” y un “control muy pobre”, respectivamente, además estos dos tratamientos fueron diferentes con respecto al comportamiento del resto de los tratamientos expresándose diferencias significativas entre éstos (Cuadro 10).

Respecto a la variable daño al cultivo (DC1), no se observó diferencia significativa entre los tratamientos aplicados con los prototipos de herbicidas biorracionales y el testigo absoluto, lo que sugiere según la escala de EWRS (Cuadro 8), que “no se presentó efecto” sobre el cultivo (Cuadro 8 y 10).

Para la variable de número de plantas de maleza de hoja ancha (HANC), todos los tratamientos expresaron una reducción, con respecto al testigo absoluto, dicha

reducción es ocasionada por las aplicaciones, tanto de los prototipos de los herbicidas biorracionales, como por el producto químico del tratamiento 7; sin embargo, este último fue el que ejerció mejor control sobre la maleza de hoja ancha en postemergencia. La dinámica del banco de semillas expresa mayor presencia de maleza de hoja ancha (HANC) que de hoja angosta (HANG) y los tratamientos aplicados tuvieron mejor respuesta sobre la supresión de HANC, con respecto al testigo absoluto. Por otro lado, en la variable HANG, no se reflejaron diferencias significativas entre los tratamientos; a pesar de ello el prototipo de los tratamientos 5 y 6, tanto a dosis baja como alta, respectivamente, ejercieron afinidad sobre la reducción en esta variable, con respecto al resto de los tratamientos, incluso al testigo químico (Cuadro 10).

En las variables de peso, tanto fresco como seco (PF1 y PS1, respectivamente), el testigo químico (tratamiento 7), presentó los valores más bajos en acumulación de materia vegetal, mientras que el resto de los tratamientos para estas dos variables, fueron iguales, sin diferencias significativas, comportándose de forma similar al testigo absoluto. Puede ser notoria una tendencia en la reducción de estas variables para el tratamiento 6, representado por el prototipo HBCD-A3a a dosis de 12.0 L·ha⁻¹ (Cuadro 10).

En el caso de la segunda toma de datos (fecha: 17/07/22), que fue dos semanas después de la aplicación de los prototipos de herbicidas biorracionales y tres semanas de haberse aplicado el testigo químico, fue posible apreciar diferencias o efecto de los tratamientos evaluados sobre las variables analizadas, como: el porcentaje cobertura vegetal (COB2), daño en la maleza (DM2), número de plantas de maleza de hoja ancha (HANC2) y número de plantas de maleza de hoja angosta (HANG2), excepto para la variable daño fitotóxico al cultivo (DC2), además en esta evaluación no se consideraron las variables de peso fresco y seco (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la segunda evaluación (17/07/22).

Tratamiento	COB2 (%)	DM2 (%)	DC2 (%)	HANC2 (No.)	HANG2 (No.)
1. HBCD-06-01b	35.0 ab	29.0 ab	0.8 a	81.0 a	175.3 ab
2. HBCD-06-01a	36.3 ab	26.0 ab	1.0 a	101.5 a	107.0 ab
3. HBCD-06-02b	47.5 ab	24.0 ab	0.8 a	146.3 a	113.0 ab
4. HBCD-06-02a	38.8 ab	20.0 ab	0.5 a	100.0 a	94.0 ab
5. HBCD-A3b	11.3 ab	59.0 ab	2.3 a	85.3 a	17.8 a
6. HBCD-A3a	2.5 b	97.0 b	1.8 a	51.5 ab	6.8 a
7. Flex Biw®	3.0 b	100.0 b	0.3 a	78.8 b	46.0 ab
8. Testigo absoluto	57.5 a	0.0 a	0.0 a	145.8 a	110.5 ab

Comparación de medias de Tukey, para las variables en el experimento: COB2 (cobertura vegetal 2do muestreo), DM2 (daño a la maleza 2do muestreo), DC2 (fitotoxicidad al cultivo 2do muestreo), HANC2 (plantas de hoja ancha 2do muestreo) y HANG2 (plantas de hoja angosta 2do muestreo). Los tratamientos sin diferencias se indican con la misma letra ($p \leq 0.05$).

El porcentaje cobertura (COB2) se comportó de la siguiente manera en el muestreo dos; los tratamientos con menor cobertura fueron el 6 con 2.5% y el 7 con 3%, los cuales no tuvieron diferencia significativa entre ellos, lo que indica que el prototipo HBCD-A3a del tratamiento 6, puede tener efecto tardío sobre la supresión de la maleza en el cultivo de frijol, esto con respecto al testigo químico del tratamiento 7. Los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 no tuvieron diferencia significativa con respecto al testigo absoluto, sin embargo, se aprecia una reducción en esta variable, entre los tratamientos aplicados con los prototipos de herbicidas biorracionales y el testigo absoluto (tratamiento 8), siendo este último el que presentó el mayor porcentaje de cobertura vegetal (Cuadro 11).

Respecto a la variable daño a la maleza (DM2) los valores más altos se expresaron por parte de los tratamientos 6 y 7, con 97.0 y 100.0%, respectivamente, en los cuales no se observa diferencia significativa entre ellos y según la escala de la EWRS (Cuadro 8 y 11) tuvieron un “muy buen control” y provocaron la “muerte” de la maleza, según la correspondencia de cada tratamiento. Por otro lado, también es de destacar que el tratamiento 5 también reflejó alto porcentaje, superando al 50%, a pesar de que no presentó diferencias significativas con respecto al testigo siempre enmalezado, y que tuvo con la escala de la EWRS (Cuadro 8 y 11) un “control pobre”

de la maleza, estos tres tratamientos mantuvieron una tendencia con valores altos en esta variable, con respecto a la primera evaluación. Los tratamientos 1 con 29.0%, 2 con 26.0%, 3 con 24.0%, 4 con 20.0% y 8 con 0.0% (Cuadro 11), el daño a la maleza presentó un “control muy pobre” o “sin efecto”, por lo que no hubo fitotoxicidad alguna en la maleza que hubiese sido provocada por la aplicación de los prototipos de herbicidas biorracionales, correspondientes a cada uno de estos tratamientos, comparados con el testigo absoluto o siempre enmalezado.

El daño al cultivo (DC2) no mostró diferencia significativa entre los tratamientos, considerándose como “sin efecto” de acuerdo con la escala de EWRS (Cuadro 8); sin embargo, es notorio observar que los tratamientos 5 y 6 a base del prototipo del herbicida biorracional HBCD-A3 a dosis baja y alta, expresa un mayor porcentaje de daño fitotóxico al cultivo con respecto al resto (Cuadro 11), este daño representa “síntomas muy ligeros” según la escala de EWRS (Cuadro 8).

En el conteo de maleza de hoja ancha (HANC2) se observaron diferencias significativas. El tratamiento 6 presentó la menor densidad con 51.5 plantas/cuadrante, seguido del tratamiento 7 con 78.8 plantas/cuadrante, sin diferencias significativas entre sí. Estos resultados expresan la misma tendencia que la mostrada en las otras variables y al igual que como se vio en la primera evaluación. La abundancia entre el número de plantas de maleza de hoja angosta y ancha es muy similar, esto debido al banco de semillas establecido, sin embargo, para este muestreo Por otro lado, es notorio observar que los tratamientos 1, 2, 3 y 4 que representan al resto de los prototipos del número de individuos de HANG, con respecto al primer muestreo, y siguen siendo los tratamientos 5, 6 y 7, los que tuvieron una reducción significativa de individuos en la variable HANG, con respecto al testigo absoluto y a los demás tratamientos (Cuadro 11).

En la tercera evaluación, se apreciaron diferencias significativas, sobre las variables evaluadas, como el porcentaje de cobertura vegetal (COB3), daño en maleza (DM3), número de plantas de maleza de hoja ancha (HANC3) y número de plantas

de maleza de hoja angosta (HANG3), mientras que la variable fitotoxicidad al cultivo (DC3), no presento diferencias entre tratamientos, estos resultados tienen la misma tendencia que los que se reportaron para los muestreos anteriores, con las mismas variables (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la tercera evaluación (24/07/22).

Tratamiento	COB3 (%)	DM3 (%)	DC3 (%)	HANC3 (No.)	HANG3 (No.)
1. HBCD-06-01b	57.5 abc	1.3 b	0.8 a	52.0 ab	55.3 ab
2. HBCD-06-01a	61.3 abc	2.0 b	1.0 a	65.8 ab	62.8 ab
3. HBCD-06-02b	77.5 a	1.3 b	0.8 a	87.5 ab	78.0 ab
4. HBCD-06-02a	71.3 ab	1.0 b	0.5 a	71.0 ab	73.8 ab
5. HBCD-A3b	27.5 abc	37.5 ab	2.3 a	36.0 ab	4.5 a
6. HBCD-A3a	12.5 bc	20.0 ab	3.0 a	25.8 ab	0.5 a
7. Flex Biw®	5.3 c	67.5 a	0.3 a	4.0 b	31.8 ab
8. Testigo absoluto	72.5 ab	0.0 b	0.0 a	147 a	118.0 a

Comparación de medias de Tukey, para las variables en el experimento: COB3 (cobertura vegetal 3er muestreo), DM3 (daño a la maleza 3er muestreo), DC3 (fitotoxicidad al cultivo 3er muestreo), HANC3 (plantas de hoja ancha 3er muestreo) y HANG3 (plantas de hoja angosta 3er muestreo). Los tratamientos sin diferencias se indican con la misma letra ($p \leq 0.05$).

Posteriores a tres semanas de evaluación de los prototipos de herbicidas biorracionales, después de la segunda aplicación y cuatro semanas después de la aplicación del testigo químico (tratamiento 7), se tuvieron diferencias altamente significativas en la variable porcentaje de cobertura vegetal (COB3), esto debido a la capacidad que tuvo la maleza y el cultivo de establecerse en campo después de la presión ejercida por los tratamientos, además se tiene la misma tendencia entre los tratamientos, teniendo los menores valores los tratamientos 7, 6 y 5, con porcentajes de 5.3, 12.5 y 27.5%, respectivamente, esto con respecto al resto de los tratamientos incluyendo el testigo absoluto, incluso el tratamiento 3 supera al testigo absoluto con 77.5% de cobertura vegetal (Cuadro 12).

En la variable de daño a la maleza, las diferencias están expresadas con alto porcentaje entre los mismos tratamientos 7, 6 y 5, con valores de 67.5, 20.0 y 37.5%, respectivamente, esto comparado con los otros tratamientos (Cuadro 12); según la

escala de EWRS el control fue de “muy pobre” en el valor más bajo a un “control pobre” (Cuadro 8), sin embargo, comparado con el resto de los tratamientos donde no se expresó efecto por los prototipos de los tratamientos 1, 2, 3 y 4, estos resultados son entendibles, principalmente por el periodo que ha transcurrido desde las aplicaciones de los tratamientos a esta fecha de evaluación, en el que los daños se van minimizando y la materia vegetal de la maleza se va recuperando.

El daño fitotóxico al cultivo (DC3) mostró que no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos, “sin un efecto considerable” o “sin efecto” de acuerdo con la escala de EWRS (Cuadro 8), para la mayoría de los tratamientos incluyendo el tratamiento relacionado al testigo químico (tratamiento 7), donde se ratifica la selectividad del herbicida fomesafen por el cultivo de fríjol; sin embargo, es fácil apreciar en los valores (Cuadro 12), que los tratamientos 5 y 6 causaron “síntomas muy ligeros” al cultivo, según la escala de EWRS (Cuadro 8), lo que indica que su actividad como herbicida biorracional, no presenta selectividad al cultivo de fríjol.

En los conteos de plantas de maleza de hoja ancha (HANC3) y hoja angosta (HANG3), se observa que el tratamiento 7, referente al testigo químico, evidentemente tiene efecto sobre maleza de hoja ancha por lo cual la supresión de este tipo de plantas es notoria, presentando el valor más bajo con 4.0 plantas/cuadrante, con respecto al resto de los tratamientos. Por otro lado, el prototipo de herbicida biorracional probado en los tratamientos 5 y 6 a dosis alta y baja (HBCD-A3), ejerció un efecto sobre la maleza de hoja angosta, ya que presentaron el menor número de plantas/cuadrante en esta categoría (4.5 y 0.5) para el caso de los prototipos en estudio y la esto fue tardío según los datos registrados en los anteriores muestreos. De forma generalizada, los valores más bajos obtenidos en estas dos variables (HANC y HANG), se presentaron en los tratamientos 5, 6 y 7, con respecto al testigo absoluto y al resto de los tratamientos donde se aplicaron prototipos de herbicidas biorracionales (Cuadro 12).

En seguida, se observan los efectos de los tratamientos evaluados sobre las diferentes variables analizadas porcentaje de cobertura (COB4), daño en maleza (DM4), daño al cultivo (DC4), cantidad de hoja ancha (HANC4), cantidad hoja angosta (HANG4), peso fresco (PF4) y peso seco (PS4), en la cuarta toma de datos o evaluación, correspondiente a la fecha 31/07/22 y 03/08/22 para las últimas dos variables (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol, para la tercera evaluación.

Tratamiento	COB4 (%)	DM4 (%)	DC4 (%)	HANC4 (No.)	HANG4 (No.)	PF4 (g)	PS4 (g)
1. HBCD-06-01b	63.8 ab	0.0 a	0.0 a	156.8 a	243.0 a	851.0 a	127.0 a
2. HBCD-06-01a	60.0 ab	0.0 a	0.0 a	142.5 ab	173.3 ab	1126.0 a	104.9 a
3. HBCD-06-02b	53.8 abc	0.0 a	0.0 a	176.3 a	173.0 ab	673.6 a	138.0 a
4. HBCD-06-02a	56.3 abc	0.0 a	0.0 a	138.5 ab	169.0 ab	1062.0 a	150.0 a
5. HBCD-A3b	33.8 abc	0.5 a	0.3 a	109.8 ab	35.3 b	441.4 a	85.5 a
6. HBCD-A3a	13.0 bc	0.0 a	0.3 a	71.0 ab	21.0 b	542.0 a	87.5 a
7. Flex Biw®	7.5 c	0.5 a	0.0 a	10.8 b	58.3 b	310.3 a	71.6 a
8. Testigo absoluto	68.7 a	0.0 a	0.0 a	236.2 a	177.8 ab	826.1 a	180.0 a

Comparación de medias de Tukey, para las variables en el experimento: COB4 (cobertura vegetal 4to muestreo), DM4 (daño a la maleza 4to muestreo), DC4 (fitotoxicidad al cultivo 4to muestro), HANC4 (plantas de hoja ancha 4to muestreo), HANG4 (plantas de hoja angosta 4to muestreo), PF4 (peso fresco 4to muestreo) y PS4 (peso seco 4to muestreo). Los tratamientos sin diferencias se indican con la misma letra ($p \leq 0.05$).

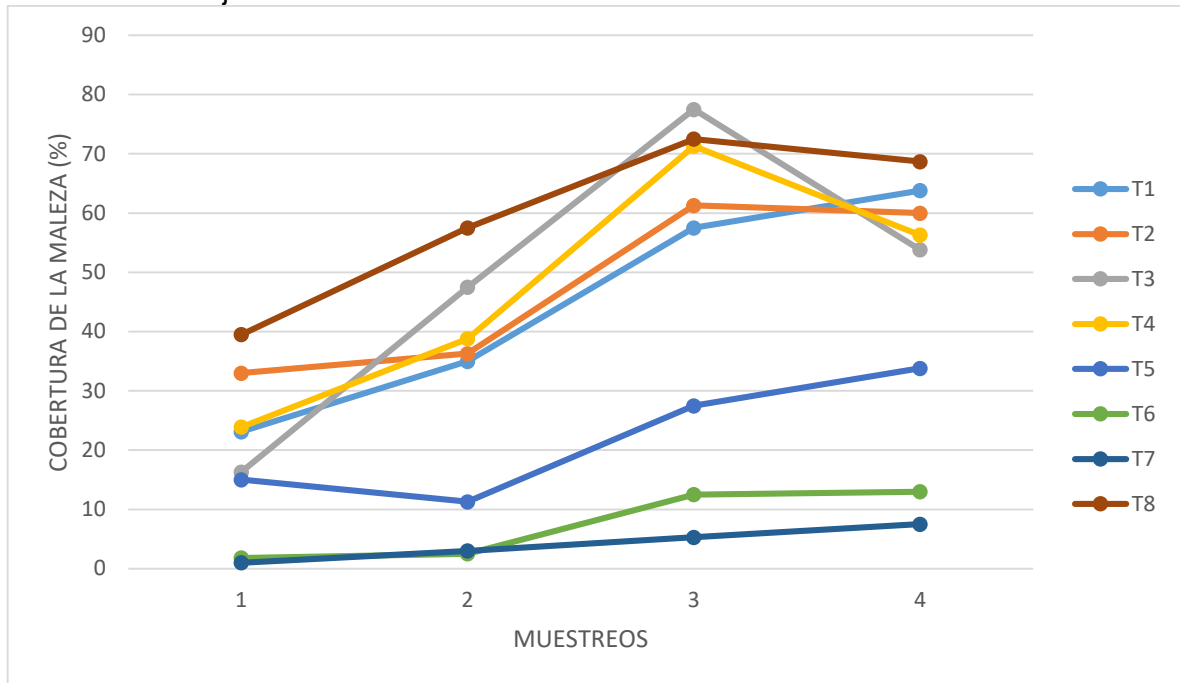
Para el cuarto muestro solo se expresaron diferencias significativas entre tratamientos en las variables de porcentaje de cobertura vegetal (COB4) y número de plantas de maleza de hoja ancha (HANC) y hoja angosta (HANG). Para estas tres variables, se mantuvo la misma tendencia de los resultados que las obtenidas en las anteriores evaluaciones, donde los tratamientos 7, 6 y 5, reportan los valores más bajos, con respecto al resto de los tratamientos (Cuadro 13).

El hecho de que no se hayan presentado diferencias significativas en las demás variables, indica que la maleza tuvo la capacidad de recuperarse o que el efecto de los tratamientos disminuyo por el tiempo transcurrido, en el daño a la maleza (DM4) y daño fitotóxico al cultivo (DC4), las categorías de acuerdo con la escala de EWRS, indicaron “sin un efecto considerable” o “sin efecto” (Cuadro 8 y 13).

Por otro lado, las variables relacionadas con la acumulación de materia vegetal que fueron las de peso fresco (PF4) y peso seco (PS4), igualmente no mostraron diferencias significativas; sin embargo, es apreciable que en los tratamientos 7, 6 y 5 hay menores valores en estas variables con respecto al resto de los tratamientos evaluados y así mismo con respecto también al testigo siempre enmalezado. En el Cuadro 13, se puede apreciar la capacidad que tuvo la maleza, para acumular biomasa y retener agua en sus tejidos, y en algunos tratamientos el comportamiento de la maleza supero al testigo absoluto, tal es el caso de los tratamientos 2 y 4, a pesar de que en éstos se aplicó la dosis alta de dos prototipos de herbicidas (HBCD-06-01a y HBCD-06-02a) (Cuadro 13). Al analizar la acumulación de peso seco, se logra apreciar que la tasa de acumulación en esta variable se encontró entre un rango de 9.3 a 23.0%, con respecto a la acumulación del peso fresco y a pesar de que el tratamiento 7, en todo el experimento y evaluaciones tuvo el mejor control de la maleza, en la variable de PS4, tuvo el mayor porcentaje, con una tasa de acumulación del 23.0%, rebasando al promedio obtenido en todos los tratamientos (17.4%), esto indica que el estrés ocasionado por el herbicida químico puede tener una influencia sobre la respuesta de la maleza.

Con respecto a las tendencias y comportamiento de las variables en las diferentes fechas de evaluación de los tratamientos, para el caso de la variable de Cobertura vegetal (COB), se puede apreciar que el prototipo HBCD-A3 en dosis alta y baja, tiene potencial como herbicida biorracional para el control de la maleza en el cultivo de frijol, comparando con el testigo químico, ya que su tendencia fue baja o muy cercana a los resultados que tuvieron con el herbicida químico. Sin embargo, la efectividad de otros prototipos fue limitada, sugiriendo que es necesario seguir investigando para optimizar las formulaciones y las dosis en estos prototipos (Figura 5).

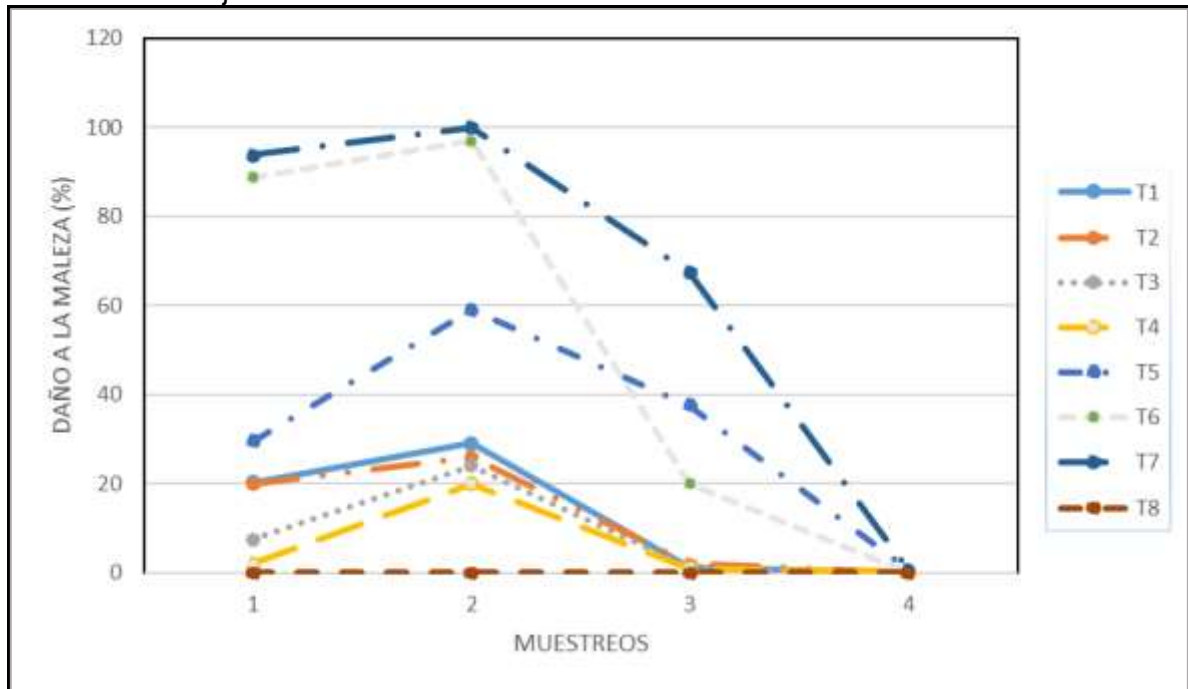
Figura 5. Comportamiento de la variable cobertura vegetal (COB), por el efecto de los tratamientos durante cuatro evaluaciones realizadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol.



T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

Durante el experimento el comportamiento de cada tratamiento fue diferente; en este caso para la variable de daño a la maleza (DM); la tendencia mostrada de los tratamientos indicó que para las primeras evaluaciones se aprecia efecto por los tratamientos aplicados, sin embargo, para la tercera evaluación esta tendencia tuvo una reducción, lo que refleja que los efectos de toxicidad en las plantas son menores. En este sentido el tratamiento que mantuvo por mayor tiempo suprimida la maleza, expresada en esta variable fue el testigo químico; cabe resaltar que el prototipo HBCD-A3a que representa al tratamiento 6, también reflejo tendencias altas en el daño a la maleza. Por otro lado, para la cuarta evaluación, en ninguno de los tratamientos es posible apreciar efectos de daño a la maleza (Figura 6).

Figura 6. Comportamiento de la variable daño a la maleza (DM) por el efecto de los tratamientos, durante cuatro evaluaciones realizadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol.



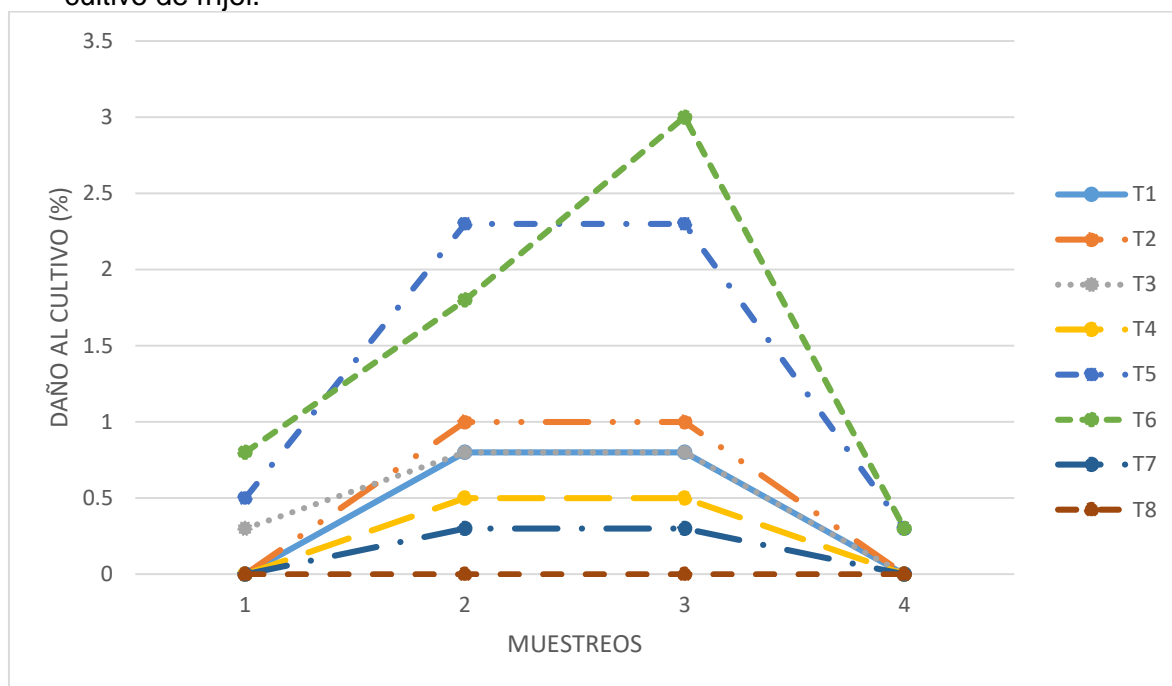
T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

Por otro lado, es notorio observar que los tratamientos 1, 2, 3 y 4 que representan al resto de los prototipos biorracionales en estudio, tienen un efecto retardado en el daño a la maleza, debido a que se puede apreciar un incremento en los valores de esta variable el cual es no significativo en la segunda evaluación, sin embargo, este efecto no es permanente o constante, ya que para la 3ra y 4ta evaluación esta tendencia disminuye notoriamente (Figura 6).

La tendencia mostrada en la variable porcentaje de daño al cultivo (DC), por los tratamientos fue diferente; sin embargo, se corrobora con la información obtenida, que el testigo químico es selectivo al cultivo de frijol sin ocasionar daños por fitotoxicidad y que los prototipos de herbicidas biorracionales, si tuvieron estos efectos en las plantas del frijol, por lo que estos productos no expresan selectividad a este cultivo, lo que indica que en aplicaciones postemergentes de estos prototipos, se deben realizar dirigida a la maleza y no al cultivo. El prototipo que causó mayor

fitotóxicidad al cultivo y que además mantuvo su efecto de forma constante y tardía fue el HBCD-A3, tanto en dosis alta como baja (Figura 7).

Figura 7. Comportamiento de la variable daño al cultivo (DC) por el efecto de los tratamientos durante cuatro evaluaciones realizadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales para el control de la maleza en el cultivo de frijol.

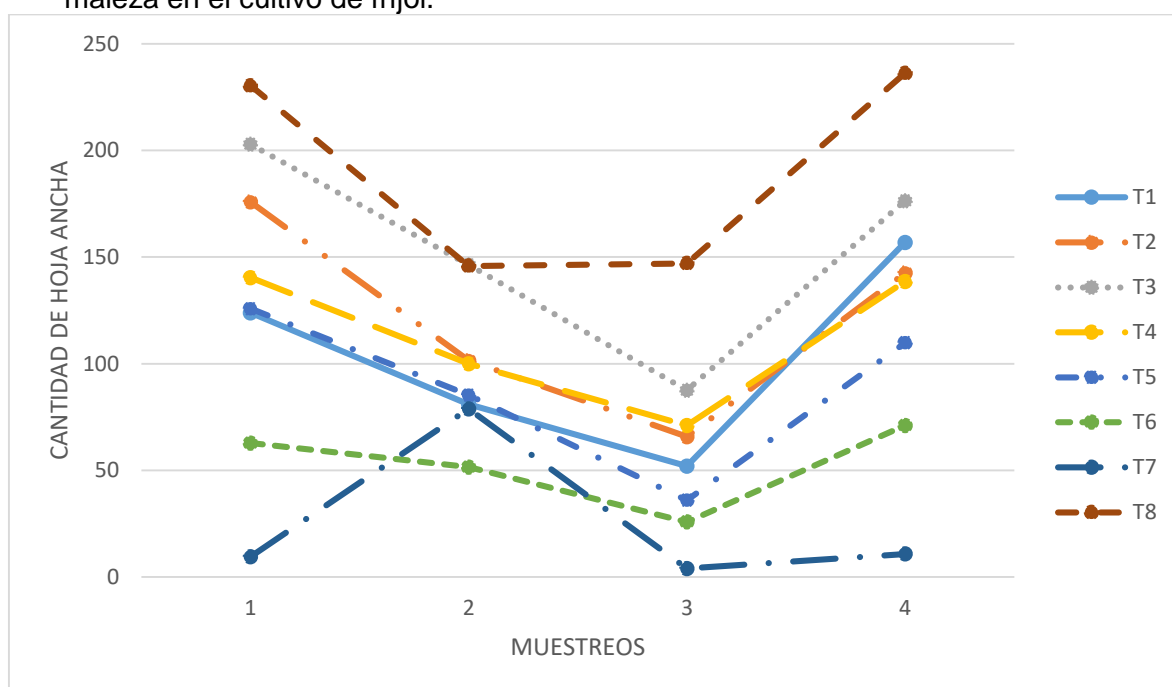


T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

En el caso de las variables del número de plantas de hoja ancha (HANC) y de hoja angosta (HANG), la tendencia que tuvieron en los cuatro muestreos fue muy similar (Figura 8 y 9), en las cuales se aprecia una reducción para la segunda evaluación, en la mayoría de los tratamientos, pero para las evaluaciones tercera y cuarta la maleza se empieza a recuperar, estos efectos son más notorios en los tratamientos con los prototipos que con el testigo químico y este último tuvo mayor impacto sobre la maleza HANC, que sobre la maleza de HANG. Al apreciar la tendencia que muestra el testigo absoluto o siempre enmalezado, es notorio detectar que se presentó algún factor externo, que afectó el establecimiento de los tipos de maleza, tanto hoja ancha como angosta, ya que en los dos casos se aprecia una reducción en el número individuos y luego una recuperación en esta, lo mismo que se aprecia

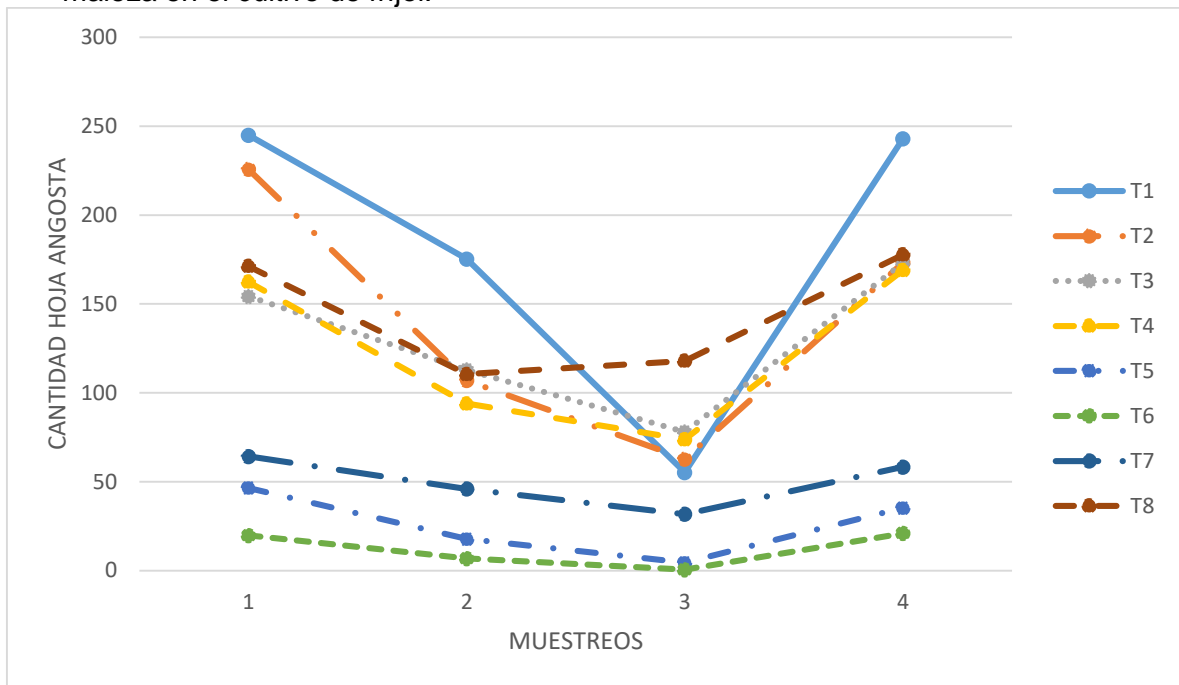
con los prototipos de herbicidas biorracionales en prueba, esto puede asumirse o estar relacionado con algún factor abiótico (datos no evaluados), que favoreció en la reducción del número de individuos de maleza en la tercera y cuarta evaluación realizada en el experimento, pero que no repercutió en los resultados, dado que todos los tratamientos fueron evaluados en las mismas condiciones y con sus repeticiones respectivas cada uno.

Figura 8. Comportamiento de la variable número de plantas de hoja ancha (HANC) por el efecto de los tratamientos durante cuatro evaluaciones realizadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales, para el control de la maleza en el cultivo de fríjol.



T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

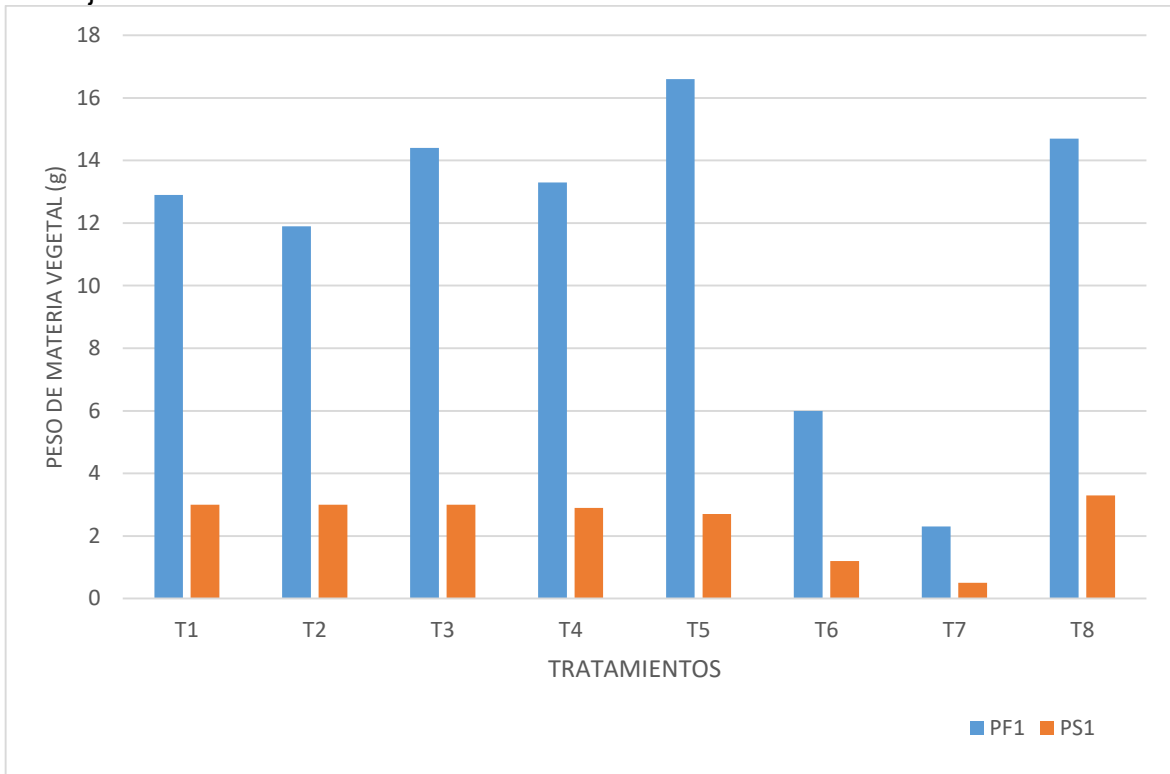
Figura 9. Comportamiento de la variable número de plantas de hoja angosta (HANG) por el efecto de los tratamientos durante cuatro evaluaciones realizadas en el estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales, para el control de la maleza en el cultivo de frijol.



T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

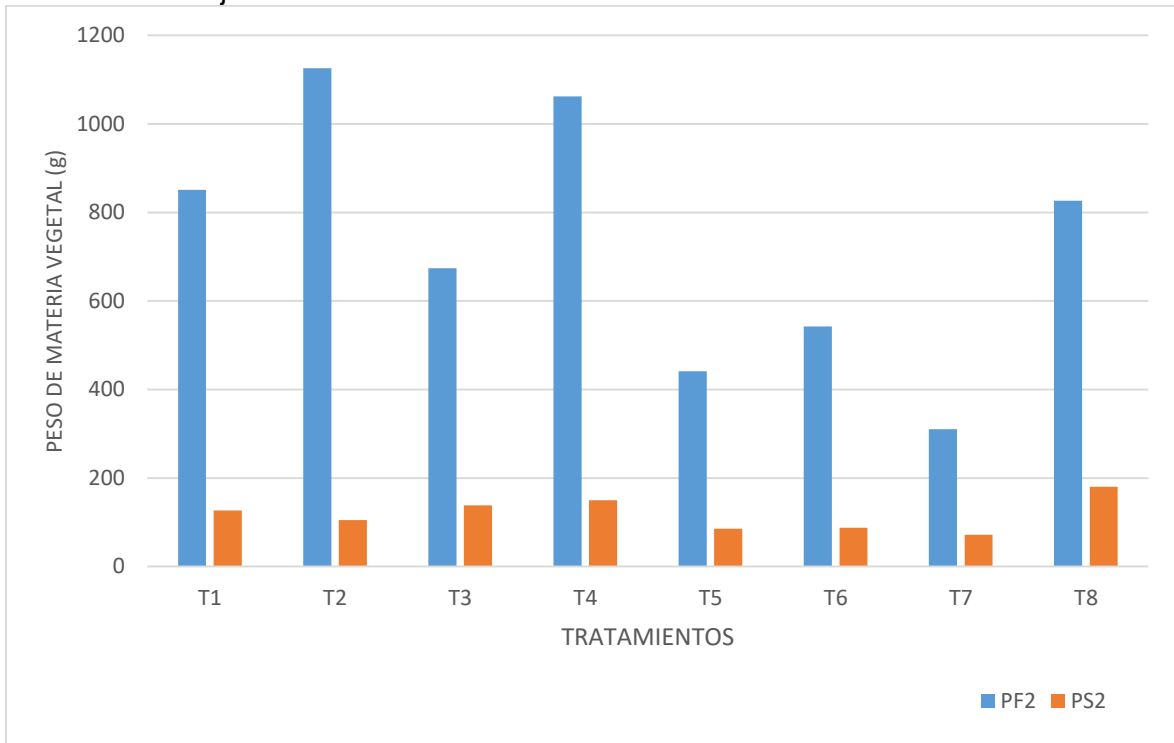
Los pesos obtenidos en la maleza tanto frescos (PF) como secos (PS) al inicio del experimento y al final, no presentaron diferencias significativas; sin embargo, las tendencias observadas en estas variables, en cuanto a la acumulación de biomasa para cada tratamiento es diferente, así como la capacidad que tienen la maleza para acumular agua en sus tejidos. Por otro lado, en el inicio del experimento la maleza no se vio afectada por los tratamientos, esto fue notorio especialmente en los tratamientos del 1 al 5 (Figura 10), pero una vez transcurrido el tiempo de exposición de la maleza a la probable residualidad de los productos aplicados, el panorama cambia y la tendencia del peso fresco y seco al finalizar las evaluaciones es variable, reflejada por el estrés que ocasionaron los productos a las plantas, tal es el caso del tratamiento 3 y 5 (Figura 11). Con estas tendencias se corrobora el efecto contundente que provocaron los tratamientos 6 y 7, que además fueron constantes en todas las variables evaluadas, todo ello comparada con el testigo absoluto o siempre enmalezado (Figura 10 y 11).

Figura 10. Comportamiento de las variables de peso fresco (PF) y peso seco (PS) por el efecto de los tratamientos en la primera evaluación del estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales, para el control de la maleza en el cultivo de frijol.



PF1: Primer evaluación de peso fresco de la maleza; PS1: Primer evaluación de peso seco de la maleza; T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biv® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

Figura 11. Comportamiento de las variables de peso fresco (PF) y peso seco (PS) por el efecto de los tratamientos en la segunda evaluación del estudio de efectividad biológica de prototipos de herbicidas biorracionales, para el control de la maleza en el cultivo de frijol.



PF1: Primer evaluación de peso fresco de la maleza; PS1: Primer evaluación de peso seco de la maleza; T1 (Tratamiento 1): HBCD-06-01b; T2 (Tratamiento 2): HBCD-06-01a; T3 (Tratamiento 3): HBCD-06-02b; T4 (Tratamiento 4): HBCD-06-02a; T5 (Tratamiento 5): HBCD-A3b; T6 (Tratamiento 6): HBCD-A3a; T7 (Tratamiento 7): Flex Biw® (fomesafen), y T8 (Tratamiento 8): testigo absoluto o siempre enmalezado.

V. DISCUSIÓN

Pérez y López (2019) encontraron que el tratamiento T3 BH2C3, como propuesta de un herbicida biorracional y que dentro de sus componentes contiene agua de mieles de cacao; logró un control del 36% sobre la maleza, superior a otros tratamientos evaluados por los mismos autores. En comparación, con lo que se reporta en este estudio, se encontró que solo el HBCD-A3 en dosis baja y alta de 9.0 y 12.0 L·ha⁻¹, respectivamente, mostraron un control significativo con un 29.5 y 88.8% en la primera fecha de evaluación, mientras que los otros tratamientos con prototipos de herbicidas biorracionales, tuvieron un control pobre de acuerdo con EWRS que van del 2.0 a 20.3%. Además, Ormazza (2017) reportó una efectividad del 80 al 100% en el control de la maleza con extractos botánicos y mucílago de cacao. Esto es considerablemente más alto que el control observado en nuestro estudio para la mayoría de los prototipos evaluados, excepto para el prototipo HBCD-A3a en dosis alta de 12.0 L·ha⁻¹, ya que se puede comparar la respuesta con éste debido a que presentó un 88.8% de daño a la maleza y poca cobertura vegetal presente en la unidad de muestreo, con un porcentaje de 1.8%.

Batista *et al.* (2023) encontraron que el ácido piroleñoso de marabú *Dichrostachys cinerea* (Fabaceae) tuvo efectos de control significativos sobre maleza en dosis de 1.0 a 2.5 L·ha⁻¹, especialmente sobre hoja ancha. Por otro lado, Patishtan *et al.* (2022), también encontraron resultados favorables con herbicidas orgánicos, con un control superior al 90% con el producto Herbitech® a 1.0 L (gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo *Puccinia* y papaína), Sec Bios® a 0.75 y 1.0 L y Sec Natural® a 1.5 L (aceite de coníferas, extracto de *Datura stramonium* y de plantas alelopáticas, metabolitos de *Puccinia* ssp. y aceite de coco no hidrogenado). Esto es consistente con el buen desempeño del prototipo HBCD-A3, tanto en dosis baja como alta, en la mayoría de las variables evaluadas y de forma constante, ya que se obtuvo una respuesta similar en las cuatro evaluaciones realizadas, con los valores más bajos para COB, HANC, HANG, PF y PS, mientras que para DM y DC presentaron los valores más altos, lo que indica que es un herbicida biorracional no

selectivo al cultivo de frijol, con efecto retardado en el control de la maleza, debido a que los efectos se apreciaron de forma más notoria entre la segunda y tercer semana; mientras que estos efectos no fueron obtenidos, por los otros prototipos evaluados, mostraron menor efectividad o nula, esto puede ser relacionado a la formulación de cada prototipo o derivado de las dosis empleadas, ya que pueden tener menor concentración de los activos en la solución, por eso su efecto debió ser menor.

Parra-Cota *et al.* (2022) destacaron la eficacia de herbicidas naturales en el Valle del Yaqui, con inhibición del desarrollo y muerte de la maleza, los cuales fueron aplicados en macetas de 5.0 L y dentro de la formulación de los diferentes herbicidas evaluados, se tenían: aceites de origen vegetal, extractos vegetales, metabolitos de microorganismos, ácidos orgánicos, resinas y diluyentes; los resultados mostraron diferentes resultados, en las mismas dosis y en diferentes bloques. Sin embargo, también subrayó la necesidad de realizar más evaluaciones durante todo el año, lo que es relevante para nuestro estudio, dado que los resultados variaron considerablemente a lo largo del período de evaluación y debido a la dinámica poblacional de la diversidad de maleza que se presenta en las diferentes épocas del año.

Medina-Cazares *et al.* (2022) reportaron un control mayor de hasta el 85% con herbicidas orgánicos o naturales, superando significativamente al testigo absoluto o con maleza. Este alto nivel de control e incluso más alto (88.8%) se observó también en nuestro estudio con el HBCD-A3a en dosis altas de 12.0 L·ha⁻¹, pero no en los otros prototipos evaluados. Por otro lado, Cisneros *et al.* (2023) probaron un bioherbicida natural en campo y encontraron un control medio del 80-85% en varias especies de maleza. Aunque este nivel de control es casi comparable al observado con el HBCD-A3a en dosis altas, éste superó a otras investigaciones.

Valdez *et al.* (2023) evaluaron herbicidas químicos y orgánicos en el norte de Tamaulipas y encontraron que glufosinato de amonio y ciertos bioherbicidas (BH01,

BH02, BH03) lograron un control superior al 90%, no indican la formulación o base los ingredientes activos de los herbicidas orgánicos. Ramírez-Sánchez *et al.* (2023) validaron herbicidas químicos y orgánicos en cultivo de agave, encontrando que herbicidas como Bromax®, tuvieron un control eficiente en la maleza de hoja ancha y angosta, mientras el herbicida HC01 a un pH de 5.5 tuvo un 80 y 82% de control en hojas anchas y angostas; el herbicida HC02, igual bajo las mismas condiciones logró un control del 78 y 85% en hoja ancha y hoja angosta, respectivamente. Aunque nuestros resultados para el HBCD-A3a en dosis altas, fueron superiores que los de éstas investigaciones, sin embargo, los otros prototipos no lograron un control efectivo sobre la maleza.

Parra-Cota *et al.* (2023) evaluaron bioherbicidas a diferentes dosis y encontraron que el control de maleza fue variable, siendo más efectivo en la maleza más grande. Este hallazgo es consistente con nuestras observaciones de que algunos prototipos no fueron efectivos o no hubo control en las fases de crecimiento de la maleza, ni con las dos aplicaciones realizadas de éstos.

Webber y Shrefler (2009) demostraron un control de maleza superior al 95% con una concentración de ácido acético del 20%, sin embargo, disminuyeron significativamente con el tiempo en los diferentes volúmenes manejados que fueron de los 187.0 a 935.0 L·ha⁻¹; de igual forma el tratamiento aplicado con el HBCD-A3 a dosis baja y alta, sobre maleza de hoja ancha y hoja angosta, con el tiempo mostró recuperación rápida de la maleza, ya que en la cuarta semana la respuesta de algunas variables es nula o ya no se aprecia el efecto sobre la maleza; esto derivado del tipo de maleza que había en el terreno algunas compuestas de ceras y vellosidades que les permitían tener una barrera contra los herbicidas biorracionales, que por su componentes pueden ser menos agresivos que los herbicidas convencionales, por lo tanto, la maleza logró seguir desarrollándose al no ser eliminadas y solo haber causado daños que van del 20 al 40%. Por otra parte, Pereira *et al.* (2013) mediante algunos estudios evaluaron el ácido acético como herbicida a dos concentraciones 4.20% y 10%; en la concentración de 4.20% tuvo

un control del 85% y en la de 10% obtuvo un 95% de control siendo esta la de mejor control, incluso mayor a los datos reportados por Webber y Shrefler (2009) con la concentración del 20% que obtuvo el mismo nivel de control. En otro estudio, como el de Wilson *et al.* (2007) se evaluó el ácido fórmico y ácido acético en concentraciones al 1%, 3% y 5% en invernadero en plantas de rábano y trigo y demostraron que el ácido fórmico puede lograr un control del 100% en todas sus concentraciones en comparación con el acético que solo tuvo un control del 51% y 71% en concentración del 5% en el rábano, en cambio, en control de trigo, el ácido acético controló en un 28% con la misma concentración y más bajas de 1% y 3% solo tuvieron un control del 5 al 14% y el ácido fórmico en su concentración más alta del 5% solo pudo controlar de 1 al 4%, en comparación con el HBCD-A3a a dosis alta tuvo mayor control sobre hoja ancha y hoja angosta lo cual se vio reflejado en el daño a la maleza con un 88.8%.

En otro estudio Cabrera *et al.* (2019) evaluó el efecto herbicida de seis productos, los cuales fueron el ácido acético + N32, ácido pelargónico + $K_2S_2O_5$, ácido pelargónico, ácidos húmicos y fúlvicos, aceite de camelina y complejo de hidroxifosfato; donde, los ácidos húmicos mostraron un control de cobertura del 92%, ácido pelargónico con 77%, ácido pelargónico + $K_2S_2O_5$ con 77%, ácido acético con 64%, aceite de camelina con 48%, complejo de hidroxifosfato con 37%; esto muestra un efecto superior a todos los demás tratamientos, si estos resultados se comparan con el prototipo HBCD-A3a a dosis alta, entonces hubo mejor efecto en las diferentes variables evaluadas.

Melgar (2018) evaluó nueve tratamientos a base de extractos etanólicos de partes aéreas de *Chloris gayana* al 10% y 20%, así como de raíz igual al 10% y 20%, también evaluó aceite de coco al 10% y 20%, mezcla de los extractos etanólicos de partes aéreas + raíz de *Chloris gayana* + aceite de coco, los tres i.a. al 10%, un testigo químico pendimetalin y un testigo absoluto, sobre dos especies de plantas modelo: trigo y frijol. De todos los tratamientos los mejores fueron aceite de coco al 10% causando daños severos en planta de frijol mientras que el tratamiento químico

(pendimetalin) y el aceite de coco al 20% causaron la muerte total de la planta. En las plantas de trigo se observó que el aceite de coco al 20% causó muerte total de la planta, mostraron un nivel de daño superior al de nuestros tratamientos al causar muerte total de la planta.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis estadísticos de los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

El prototipo de herbicida biorracional HBCD-A3, tanto a dosis baja de 9.0 L·ha⁻¹, como a dosis alta de 12.0 L·ha⁻¹ y el tratamiento químico Flex Biw® (fomesafen) a dosis de 0.75 L·ha⁻¹ fueron los tratamientos que tuvieron mejor control en la maleza, en el cultivo de frijol; además, mostraron mejor control sobre maleza de hoja angosta que hoja ancha.

Los efectos ocasionados por el bioherbicida HBCD-A3, se mostraron en las primeras tres semanas después de la segunda aplicación, posteriormente se recuperó la maleza, ya que no se alcanzó la muerte de ésta.

Los prototipos de bioherbicidas y el tratamiento químico, no mostraron efectos de fitotoxicidad al cultivo de frijol, excepto por un ligero daño expresado por el prototipo HBCD-A3, tanto a dosis baja de 9.0 L·ha⁻¹, como a dosis alta de 12.0 L·ha⁻¹.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- Agroindustrial. (2017). Herbicidas ecológicos y/o naturales a partir de compuestos extraídos de planta. Informe n° 6. Recuperado de: https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/informe_6_-_herbicidas_ecol_gicos
- Álvaro, A. (2007). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Recuperado de: <https://www.researchgate.net/.../259175751>.
- Anderson, C. M. (1996). Manual para productores de naranja y mandarina de la Región del Río Uruguay: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Capítulo IX, pp 1.
- Anzalone, A. (2007). Herbicidas: modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Recuperado de: <https://www.researchgate.net/.../259175751>.
- Ávila, A., Ávila, M., Rivas, J. & Martínez, D. (2023). El cultivo del frijol sistemas de producción en el noroeste de México, p. 1-88. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf>
- Ayala-Garay A. V., Acosta-Gallegos J. A. & Reyes-Muro L. (2021). El Cultivo del Frijol Presente y Futuro para México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Celaya Gto. México, Libro Técnico No. 1. 232 p. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_librotecnico/12319_5085_El_cultivo_del_frijol_presente_y_futuro_para_M%C3%A9xico.pdf.
- Batista, E. L., Verdecia, A. V. & Yero, R. M. (2023). El ácido piroleñoso de marabú, una alternativa agroecológica para el combate de arvenses. *Avances*, 25(1): 35-44.
- Bayer, V. M. (2019). Soluciones agrícolas: introducción al control biorracional mediante insectos depredadores. *Vegetables*, México, Bayer.

<https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/soluciones-agricolas-introduccion-al-control-biorracional-mediante-insectos-depredadores.html>

- Benbrook, C.M. (2016). Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe* 28(3), <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>
- Burril, L. C., Cardenas, J., & Locatelli, E. A. (1977). Manual de campo para investigación en control de malezas.
- Cabrera, C., Valencia Gredilla, F., Sala, A., Solans, J. R. & Recasens, J. (2019). Efecto herbicida de diferentes compuestos orgánicos alternativos al glifosato para el control de *Conyza bonariensis* en viña. Actas del Congreso 2019 de La SEMh. Vigo, 8-10 de octubre, 5 p.
- Cabrera, M., D. M. (2016). Efecto del extracto del mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.). como herbicida orgánico en paja peluda (*Rottboellia cochinchinensis*). 39-40 p.
- Celis, A., Mendoza, C. F. & Pachón, M. E. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses: revisión. *Temas agrarios*, 14(1): 5-16.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (2020). Clasificación de maleza. Repositorio de Publicaciones del CIMMYT. <https://hdl.handle.net/10883/20925>
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2020). Mercado del frijol, situación y prospectiva, 10 p. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>
- Cisneros, M. E., Espinosa, M. E. & Valdez, M. Á. (2023). Efecto de la dosis de un bioherbicida comercial en el control de malezas en presiembra: norte de Tamaulipas. Mesa directiva 2023-2025, 17 p.
- Coder, R. (2021). Transformación de Box Cox en R. Codificador. <https://r-coder.com/transformacion-box-cox-r/>
- CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología). (2021). Manejo ecológico integral de arvenses en México. No. 1-8.

<https://conahcyt.mx/wp->

[content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_01_Presentacion.pdf](https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_01_Presentacion.pdf)

CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología). (2022).

Manejo ecológico integral de arvenses en México. No. 6-8.

<https://conahcyt.mx/wp->

[content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_08_herbicidas_naturales.pdf](https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_08_herbicidas_naturales.pdf)

Dayan, F. E., Cantrell, C. L. & Duke, S. O. (2009). Productos naturales en la protección de cultivos. *Química bioorgánica y medicinal*, 17(12): 4022-4034.

Díaz, A. (2015). Potencial de manejo post-emergente de malezas con alternativas de extractos vegetales. (Tesis de grado para optar el título de ingeniero agrónomo en producción). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 19 p.

Espinoza, N. (1982). Pérdidas producidas por malezas. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*. 1(3): 13-16. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30483> (Consultado: 21 enero 2023).

Fernández, C. & Juncosa, R. (2002). Biopesticidas: ¿la agricultura del futuro? *Phytoma*, 141: 14-19.

Fernández F. de C., Gepts, P., & Lopez. M. (1986). Etapas de Desarrollo de la Planta de Fríjol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT. Colombia. Pp 32.

Hanan A, Mondragón J, Vibrans H, Tenorio P. (2009). *Phaseolus vulgaris* L. Fríjol silvestre. Malezas de México.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-vulgaris/fichas/ficha.htm#3.%20Identificaci%C3%B3n%20y%20descripci%C3%B3n>

Holm L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. & Herberger, J. P. (1977). *The World's Worst Weeds, distribution and biology*. 609 p. The University Press of Hawaii, Honolulu.

- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M. S., Rosli, A. M. & Hamdan, H. (2021). Bioherbicidas: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. *Plants*, 10(6): 1212. <https://doi.org/10.3390/plants10061212>
- INTAGRI. (2017). Control de Malezas en Cultivos Hortícolas. Serie Fitosanidad. Núm. 84. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Extraído de: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-malezas-en-cultivos-horticolos>
- Labrada, R., Caseley, J. C. & Parker, C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- La Nación. (2021). Sin pesticidas: este es Autonomous Weeder, el robot que elimina malezas con un láser. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/sin-pesticidas-este-es-autonomous-weeder-el-robot-que-elimina-malezas-con-un-laser-nid27042021/>
- Leguizamón, E. (2000). Las malezas y el agroecosistema. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina, p. 4.
- López R., R. (2003). Control químico de la maleza en el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.). Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis de Licenciatura. 48 p.
- Lunkes, J. A. (1997). Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: Fancelli, A. L. & Douradoneto, D. Tecnologia da produção do feijão irrigado. Piracicaba: ESALQ/USP, Departamento de Agricultura.
- Medina-Cazares, T., Montes-Hernández, S., Hernández-Martínez, M. & González-Figueroa, S. S. (2022). Evaluación de la efectividad biológica de herbicidas químicos y orgánicos sobre avena silvestre y malezas de hoja ancha en trigo (*Triticum aestivum* L.) en el Bajío. Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, XLIII, 252. https://somecima.com/wp-content/uploads/2022/11/Memoria_SOMECIMA_2022.pdf#page=120
- Micaela, M. R. (2018). *Evaluación del efecto herbicida de extractos de Chloris gayana Kunth y aceite de coco, sobre semillas y plántulas de trigo Triticum aestivum L. y frijol Phaseolus vulgaris L. como plantas*

- indicadoras* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
<https://doi.org/Español>
- Mendoza, E. (2023). FIRA: Perspectivas 2023, pp. 1-86.
<file:///C:/Users/pc/Downloads/FIRA%20Perspectivas%202023.pdf>
- Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 45(1), 23-30.
- Mortimer, A. M. (1990). The biology of weeds. En: Hance, R. J. & Holly, K. (Eds.), *Weed control handbook: Principles*, p. 1-42. 8va edn. Blackwell Scientific Publications.
- Núñez, J. O. (2006). Reproducción de las malezas y su respuesta a fumigantes de suelo alternativos al bromuro de metilo. Edu.co.
https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtual/es/modulo3/2.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Residuos de plaguicidas en los alimentos. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>.
- Ormond, J. G. P., Paula, S. R. L. D., Faveret-Filho, P. D. S. C., & Rocha, L. T. M. D. (2002). Agricultura orgânica: quando o passado é futuro, p. 5.
- Ormaza M., A. K. (2017). Capacidad de inhibición de cuatro extractos de arvenses y mucílago de cacao *Theobroma cacao*, sobre la *Rottboellia exaltata* y *Eleusine indica*.
- Parra-Cota, F. I., Tamayo-Esquer, L. M., Marroquín-Morales, J. A. & Cantúa-Ayala, J. A. (2022). Evaluación de diferentes dosis de herbicidas naturales para el control de malezas del Valle del Yaqui, Sonora. *Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza*. pp- 95-120. https://somecima.com/wp-content/uploads/2022/11/Memoria_SOMECIMA_2022.pdf#page=120
- Parra-Cota, F. I., Tamayo-Esquer, L. M., Marroquín-Morales, J. A., Cantúa-Ayala, J. A., Figueroa-López, P., Zayas, Á. U., García-Mendivil, H. A. & Morales-Sandoval, P. H. (2023). Evaluación de diferentes dosis de bioherbicidas para

- el control de malezas del Valle del Yaqui, Sonora. XLIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, pp. 214–221.
- 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. *Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza* pp 51-95.
- Pérez P., M. & López G., D. (2019). Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA El Porvenir-INIA, 2018.
- Pedrerros, A. (2021). Manejo de malezas en producción con base agroecológica. Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de Los Ríos. Capítulo 11, p. 253.
- Pereira, P. S., Maia, A. J., Gomes, R. V. R. & Gomes, E. N. (2013). Eficácia do ácido acético no controle de algumas espécies de plantas daninhas. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 9, 2512.
- Portuguez, P. (2019). *Herbicidas Naturales*. 23 p.
- Radosevich, S. R., Holt, J. S. & Ghera, C. (1997). *Ecología de malezas: implicaciones para el manejo*. John Wiley & Sons.
- Ramírez-Sánchez, S. E., Ireta-Moreno, J., Alarcón-Ramírez, B. A., Arias-Castellanos, J. J., Chávez-Díaz, I. F., Zelaya-Molina, L. X. & Arizpe, J. L. (2023). Validación de herbicidas químicos y orgánicos comerciales en cultivo de agave en la región de Los altos de Jalisco. XLIV Congreso Nacional de La Ciencia de La Maleza, pp. 108–113.
- Rosales, R. (2020). *Clasificación y uso de los herbicidas por su modo y mecanismo de acción*. <https://doi.org/Español>
- Rosas, J. C. (2003). El cultivo del frijol común en América Tropical, p 1-62. <https://bdigital.zamorano.edu/items/f00d71f9-ec0a-4dfd-a1d1-84eb6d1330e3>
- SARH. (1992). Malezas comunes en cultivos agrícolas de México: descripción, distribución, importancia económica y control. Serie Sanidad Vegetal. México. 91 p.

- Secretaría de GBIF. (2022). *Phaseolus vulgaris* L. Taxonomía de la columna vertebral de GBIF. Conjunto de datos de la lista de verificación <https://doi.org/10.15468/39omei> accedido a través de GBIF.org el 2023-08-09.
- Sampietro, D. A. (2001). Aleopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes.
- Scherer Tom. 2013. Irrigation and Water Use. In Kandel Hans (ed). Dry Bean Production Guide. North Dakota State University-Extension service. Pub A1133. Pag 95-103
- Syngenta. (2020). *FLEX Biw*. <https://doi.org/Español>
- Tasistro, A. S. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza. No. Especial. Dirección General de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. pp 25-35
- Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Ramírez-Ramírez, J. C. & Ulloa-Rangel, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. CONACYT, p 5.
- Valdez, M. A., Espinosa, M., Hernández, R. & Cisneros, M. E. Evaluación de herbicidas químicos y orgánicos en el norte de Tamaulipas. 39 p.
- Vázquez, A.J. (1996). Fijación biológica de nitrógeno en frijol de temporal y la diversidad genética de las poblaciones nativas de *Rhizobium*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Webber, C. L. & Shrefler, J. W. (2009). Aplicación de vinagre al voleo para el control de malezas de hoja ancha en cebollas trasplantadas en primavera. Informe sobre control de malezas de 2008: 26-28.
- Wilson, C., Marrone, P., Fernandez, L., Koivunen, M., & Campbell, B. (2007). Formic acid as an herbicide. Solicitud de patente de EE. UU. N.º 11/756,212.