

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto de Herbicida Preemergente Natural Evaluado en Condiciones de Invernadero en el Control de Malezas de Hoja Ancha.

Por:

JULIÁN MARTÍNEZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener su título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto de Herbicida Preemergente Natural Evaluado en Condiciones de
Invernadero en el Control de Malezas de Hoja Ancha.

Por:

JULIÁN MARTÍNEZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ernesto Cerna Chávez

Asesor Principal



Dra. Rocio de Jesús Díaz Aguilar

Asesor Principal Externo



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

Coasesora



Dr. Alberto Roque Enriquez

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Bango
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

Declaración de no plagio

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

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

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

Autor principal



Julián Martínez Gómez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, le agradezco haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y mi carrera, por ser quien me da fortaleza en los momentos difíciles y por ser el que llena de experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Angélica Gómez Rodríguez y Julián Martínez Solano por apoyarme en todo momento, por darme la educación y valores para poder cumplir esta meta, dándome consejos y haciendo abrir mis alas, por ser un ejemplo de vida para mí, y mi hermana Ivette Valeria Martínez Gómez al que estoy muy orgulloso de ella y por ser mi compañera de vida siendo mi apoyo, les agradezco por que estuvieron en este proceso.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me brindo en esta estancia, salones, comida y una cantidad de sabiduría, conocimiento y experiencias con el objetivo de ser alguien allá afuera para la sociedad y familia.

A mis profesores por sus conocimientos que nos brindan ser pacientes en nuestras dudas que fueron aclaradas.

Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar le agradezco le agradezco por todo el apoyo, por su tiempo amistad y por sus conocimientos que me brindo.

Dr. Ernesto Cerna Chávez por haberme brindado la oportunidad de desarrollar esta tesis, por el tiempo amistad y las facilidades que nos brindó.

DEDICATORIA

A mi Madre: Que siempre creyó en mí y siempre estar pendiente de mí, por su valentía de dejarme ir para superarme, por ser la madre que todos quisieran tener.

A mi Padre por todos sus consejos que siempre tiene uno para cada situación buena o mala, por darme la motivación de ser mejor que él y ser un gran hombre de familia.

A mi Abuela María de Jesús Rodríguez (Chita) que yo se está muy orgullosa de ver a uno de sus nietos recibirse se agronomía de unas de las mejores universidades de agronomía.

A mis Abuelos Ofelia Solano, Modesto Martínez por las palabras que me hacen entrar en razón, sus consejos motivacionales.

A mi Hermana a la cual siempre quiero verla feliz y triunfando con su familia y mis sobrinos que fueron una motivación más para mí.

A mi Novia Mitzi Reyna Flores Pérez quien me brindo apoyo cada día, en mis proyectos del día a día y futuro.

A mis roomies Krus Tejeda, Evelyn Quiroz, Brajhan Lagunas, Silver López, Salma Galván, y Clarisa Sandoval por ser parte importante en mi vida, por ser una familia y sobre todo amistad.

A mis amigos por haber hecho de mi etapa Universitaria un trayecto de experiencias que nunca olvidare, Néstor Bamaca, Omar García, José Mirón (chepe), Lesly Casas, Ricardo Ramírez, Abisai Torres, Daniela Mireles, Esme C, Francisco Morales, Cuitláhuac Magdaleno, Carlos Vera, Ibrahim Castro, Rubén, Javier Martínez, Erick Mote, Karina Puga, Juan Carlos Macías.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| DEDICATORIA | v |
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivo General | 2 |
| 1.1.1. Objetivos específicos | 2 |
| 1.1.2. Hipótesis | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Concepto de maleza | 3 |
| 2.1.1 Clasificación de las Malezas | 3 |
| 2.1.2 Importancia de la maleza hoja ancha | 4 |
| 2.1.3 <i>Cucurbita foetidissima</i> Kunth | 5 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 3.1 Ubicación geográfica | 11 |
| 3.2 Herbicida preemergente | 11 |
| 3.3 Prueba de germinación en invernadero | 11 |
| 3.4 Análisis estadístico | 12 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| 4.1 Índice de velocidad de emergencia de frijol | 13 |
| 4.1.1 Porcentaje total de emergencia de frijol | 14 |
| 4.1.2 Altura de la plántula y longitud de raíz de frijol | 14 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.1.3 | Peso fresco de plántula y raíz de frijol..... | 15 |
| 4.1.4 | Peso seco de plántula y raíz de frijol | 16 |
| 4.2 | Índice de velocidad de emergencia de la calabaza (<i>C. foetissima</i> Kunth)..... | 17 |
| 4.2.1 | Porcentaje total de emergencia de la calabaza búfalo (<i>C. foetissima</i> Kunth)..... | 18 |
| 4.2.2 | Peso fresco y seco de calabaza búfalo | 19 |
| 4.2.3 | Altura de plántula y longitud de raíz de la calabaza (<i>C. foetissima</i> Kunth)..... | 20 |
| V. | CONCLUSIÓN | 22 |
| VI. | LITERATURA CITADA | 23 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1. Índice de velocidad de emergencia de frijol (<i>P. vulgaris</i>)._____ | 13 |
| TABLA 2. Porcentaje total de emergencia frijol (<i>P. vulgaris</i>)._____ | 14 |
| TABLA 3. Altura de plántula y longitud de raíz de frijol (<i>P. vulgaris</i>)._____ | 15 |
| TABLA 4. Peso fresco de plántula y raíz de frijol (<i>P. vulgaris</i>)._____ | 16 |
| TABLA 5. Peso seco de planta y raíz de frijol (<i>P. vulgaris</i>)._____ | 17 |
| TABLA 6. Índice de velocidad de emergencia de la calabaza (<i>C. foetissima</i> kunth)._____ | 18 |
| TABLA 7. Porcentaje de emergencia de calabaza (<i>C. foetissima</i> kunth)._____ | 19 |
| TABLA 8. Peso fresco y seco de calabaza búfalo (<i>C. foetissima</i> kunth)_____ | 20 |
| TABLA 9. Altura de planta y longitud de raíz de la calabaza (<i>C. foetissima</i> kunth)._____ | 21 |

RESUMEN

Las malezas se definen como cualquier planta o vegetal que interrumpe o interfiere con los propósitos del hombre en un establecimiento y tiempo, crecen en zonas controladas por el ser humano, cultivos agrícolas o jardines estas son de fácil adaptación y con alto poder germinativo. En los agroecosistemas, las malezas compiten por agua, luz y nutrientes generando una reducción del rendimiento. Estas se clasifican por su consistencia de tallo, morfología, hábitat, tipo de hoja y ciclo de vida, además las malezas pueden ser hospederas de insectos, virus, bacterias y hongos patógenos que afectan a los cultivos. En la actualidad los herbicidas químicos son ampliamente utilizados para el control de malezas, son comunes por su fácil compra, ahorran tiempo y mano de obra, sin embargo, se le atribuyen efectos negativos como daño al medio ambiente y a la salud humana, además pueden generar resistencia. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de un herbicida preemergente a base de fermento de soya solo y adicionado al 5% con carbón activado y nanopartículas de hidróxido de silicio en diferentes dosis, sobre malezas de hoja ancha bajo condiciones de invernadero. De acuerdo a los resultados el tratamiento con nanopartículas de hidróxido de silicio al 10% presentó los valores más bajos para el índice de velocidad de emergencia tanto en los bioensayos con *P. vulgaris* y *C. foetissima*, así como en los demás parámetros agronómicos evaluados pudiendo ser una alternativa para el control de malezas.

Palabras clave: Malezas, Cucurbitáceas, Herbicida, Nanopartículas

ABSTRACT

Weeds are defined as any plant or vegetable that interrupts or interferes with the purposes of man in an establishment and time, they grow in areas controlled by humans, agricultural crops or gardens, they are easily adapted and have high germination power. In agroecosystems, weeds compete for water, light and nutrients, generating a reduction in yield. Weeds are classified by their stem consistency, morphology, habitat, leaf type and life cycle. Weeds can also host insects, viruses, bacteria and pathogenic fungi that affect crops. Currently, chemical herbicides are widely used for weed control, they are common because they are easy to buy, save time and labor, however, negative effects are attributed to them, such as damage to the environment and human health, and they can also generate resistance. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of a preemergent herbicide based on soybean ferment alone and added at 5% with activated carbon and silicon hydroxide nanoparticles at different doses on broadleaf weeds under greenhouse conditions. According to the results, the treatment with 10% silicon hydroxide nanoparticles presented the lowest values for the emergence speed index in the bioassays with *P. vulgaris* and *C. foetissima*, as well as in the other agronomic parameters evaluated, and could be an alternative for weed control.

Key words: Weeds, Cucurbitaceae, Herbicide, Nanoparticles

I. INTRODUCCIÓN

La palabra maleza se deriva del latín “*malitia*” que se refiere como “maldad”, en la lengua española le llaman “maleza”, así como yuyo, mala hierba, arvenses y monte (Arias *et al.*, 2019). La maleza se define como cualquier planta o vegetal que interrumpe y/o interfiere con los propósitos del hombre en un establecimiento y tiempo, que crecen donde no son deseadas como en cultivos agrícolas, en jardines y zonas controladas por el ser humano, estas malezas crecen de manera silvestre (Castro, 2019). En la actualidad existen alrededor de 30,000 especies reconocidas en el mundo, algunas perjudican el rendimiento de los cultivos dependiendo de la variedad y las condiciones en las que esté establecido, las malezas se adaptan al ecosistema en el que se presentan para su supervivencia y multiplicación (Martínez *et al.*, 2021).

Las malezas son consideradas malas ya que causan daño económico debido a su capacidad de competencia, además son huéspedes de plagas y enfermedades (Guzmán *et al.*, 2022). Estas limitan la producción ya que compiten directamente con el cultivo por luz, agua, nutrientes y espacio impidiendo un normal desarrollo de las plantas, siendo las pérdidas de rendimiento por unidad de producción agrícola el daño más importante (Cuevas y Puentes, 2019). Actualmente el control de las malezas es mediante el uso de herbicidas con ingredientes químicos sintéticos, sin embargo, aumentan los costos de producción, además se ha reportado resistencia a algunos ingredientes activos (Montero, 2019). Por otro lado, estos productos generan daños al medio ambiente, a la biodiversidad, así como a la salud humana (Strandberg *et al.*, 2017; Riemens *et al.*, 2022).

1.1. Objetivo General

Evaluar en invernadero el efecto de un fermento como herbicida preemergente en malezas de hoja ancha, solo y adicionado con nanopartículas de hidróxido de silicio y carbón activado.

1.1.1. Objetivos específicos

- Evaluar el índice de velocidad de emergencia y el porcentaje de emergencia de *Phaseolus vulgaris* y *Cucurbita foetissima* Kunth.
- Evaluar los parámetros altura de planta, longitud de raíz, peso fresco y peso seco de frijol y calabaza búfalo.

1.1.2. Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos reducirá o retrasará la germinación en las semillas evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Concepto de maleza

Las malezas se definen como “cualquier planta que interfiere con los propósitos del hombre en un determinado lugar y tiempo, ya sea en cultivo o en una etapa de este”, estas especies vegetales crecen de forma natural en diferentes zonas que el ser humano controla, teniendo un alto poder de germinación y fácil dispersión (Lanfranconi y Gazziero, 2014). Las principales características de las malezas son fácil adaptación y alto poder germinativo, pudiendo germinar en el mismo momento que el cultivo establecido e invadirlo rápidamente dificultando su control, algunos impactos negativos son la competencia por agua, luz y nutrientes, disminuyendo los recursos para el cultivo y con ello reduciendo el rendimiento, además pueden contaminar la cosecha con residuos de la planta o semillas (Novelli y Campora, 2015).

2.1.1 Clasificación de las Malezas

Las malezas se pueden clasificar en diferentes categorías, siendo una de ellas por su ciclo de vida teniendo anuales, bianuales y perennes, las plantas anuales viven únicamente un año o menos y éstas pueden clasificarse en anuales de verano o invierno (Betancourt *et al.*, 2008). Las anuales de verano germinan de semilla en la primavera, florea y producen frutos a finales del verano y mueren en el otoño, las anuales de invierno germinan a final del verano y principios del otoño, florecen y producen sus semillas a mediados o finales de la primavera y mueren en el verano (Navarro, 2018). El ciclo de vida de las malezas bianuales dura dos años, en su primer año estas malezas forman su roseta y una raíz primaria profunda, en el siguiente año florecen, maduran y mueren (Cazares *et al.*, 2022). Las plantas perennes son todas aquellas que tienen estructuras vegetativas que les permite vivir por tres años o más, estas plantas son clasificadas como perennes simples o rastreras, las perennes simples se diseminan principalmente por semillas y no tienen raíces vegetativas, lo cual limita la dispersión, las perennes rastreras se reproducen por medio de sus

raíces y también de sus semillas; según su tipo de reproducción puede ser de tipo sexual cuando es por medio de semillas, y la asexual cuando la reproducción es por estolones, rizomas y bulbos (De real, 2013).

Otra forma de clasificarlas es por la consistencia del tallo, se consideran herbáceas las que presentan tallos muy blandos, siendo la mayoría de las especies de gramíneas y ciperáceas; las semileñosas presentan el tallo leñoso y el resto herbáceo; las leñosas son especies que tienen los tallos lignificados en toda su longitud a excepción de las partes terminales de las ramas (Jiménez, 2015). Por otro lado, por su habito de crecimiento, se consideran rastreras cuando el tallo crece sobre la superficie del suelo, y algunas le salen raíces en los entrenudos, las malezas erectas presentan un crecimiento vertical, las Acuáticas se presentan en los sitios de lámina de agua permanente, esto dependiendo de la persistencia que hay de humedad en el suelo; las que son enredaderas tienen tallos que son capaces de trepar, al igual que crecer en otras plantas (Arauco, 2017).

De acuerdo a los requerimientos hídricos las malezas se clasifican en hidrófitas que requieren mucha agua, las mesófitas necesitan intermedios de agua, xerófitas plantas que se adaptan a condiciones de sequía o clima seco, e higrofitas las plantas que requieren alta humedad (Castañeda *et al.*, 2023).

También se pueden clasificar por su tipo de hoja, las malezas de hoja angosta son monocotiledóneas y estas se pueden dividir en familias (gramíneas, ciperáceas y palmáceas) las cuales presentan los tallos cilíndricos o subcilíndricos con los nódulos y entrenudos bien definidos; las malezas de hoja ancha son plantas dicotiledóneas, anuales, bianuales y perennes, pertenecen a diferentes familias y pueden presentar otras características morfológicas como flores y hojas (Piña y Marlith, 2021).

2.1.2 Importancia de la maleza hoja ancha

Las malezas presentes en el ciclo del cultivo compiten principalmente debido a su mayor densidad, la reproducción vegetativa se puede presentar en estolones, rizomas, tubérculos, bulbos y yemas auxiliares, presentan germinación

escalonada de las semillas lo cual facilita la competencia con el cultivo y facilita su permanencia en el campo, algunas especies pueden transpirar sustancias alelopáticas tóxicas lo que causa un impedimento en el desarrollo normal del cultivo, además principales hospederos de plagas y enfermedades (Hasan *et al.*, 2021). Las malezas de hoja ancha reducen la tasa de crecimiento del cultivo, causan problemas de contaminación y perjudican la calidad del grano, retrasan y dificultan el trabajo en la cosecha, ocasionan pérdidas económicas por mala calidad del producto e incrementan los costos de producción debido a la inversión para combatirlos (Zita, 2013 y Chusin, 2020).

2.1.3 Cucurbita foetidissima Kunth

Es una planta herbácea conocida como calabaza búfalo, calabaza silvestre y falsa calabaza, esta especie crece en lugares semiáridos ubicados en altitudes de 1600 a 2500 metros sobre el nivel del mar, son plantas perennes, capaces de crecer sobre la superficie del suelo, toleran altas temperaturas y factores de estrés, esta planta a menudo se encuentra en hábitats como bordes de carreteras, vías de ferrocarril y bosques (Mejía *et al.*, 2021). Los tallos crecen más de 6 metros, presenta hojas correosas, triangulares-ovaladas y alcanzan 30 cm de largo, los zarcillos son robustos y la parte basal no es ramificada. Los frutos son globosos que llegan a medir hasta 8 cm de diámetro con un color verde oscuro con franjas de color crema o blanco, se vuelven amarillentas al momento de madurar, su pulpa es muy fibrosa donde ésta florece fructifica de abril a octubre (Flores, 2016). *C. foetidissima* es colocada en el grupo de las foetissimas con tres especies perennes: *Cucurbita pedatifolia*, *Cucurbita scabridifolia* y *Cucurbita radicans* (Rangel *et al.*, 2018).

La calabaza búfalo se desarrolla en las regiones semiáridas del desierto Chihuahuense (Silva, 2018). La amplia extensión territorial de *C. foetidissima* en México se distribuye en Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Durango, Querétaro, Baja California, Aguascalientes, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas, en Estados Unidos de América se encuentra distribuida en Nebraska, Missouri, Kansas, Colorado, Utah, Nevada, Texas, Nuevo México, y California (Rangel *et al.*, 2018).

Dentro del grupo de malezas de importancia económica se encuentra *C. foetidissima* siendo reservorio de virus como el virus del mosaico del pepino (CMV) siendo transmitido por pulgones y el virus del amarillamiento infeccioso de la lechuga (LIYV) transmitido por mosca blanca (Sastry *et al.*, 2020).

2.2 Concepto de herbicidas

Los herbicidas son compuestos o sustancias que interrumpen el crecimiento de las malezas, ocasionando una disrupción en la fisiología de la planta o en su metabolismo, deteniendo su crecimiento y a consecuencia provocando su muerte (Hernandez-Rios *et al.*, 2022), estos son un grupo muy importante de plaguicidas de uso agrícola que con cada año incrementa su utilización (Fajardo y Santillán, 2019). Al igual que otros productos destinados a la protección de cultivos deben de ser utilizados con el conocimiento de sus propiedades y características, para obtener el máximo provecho de su acción ya que el uso inadecuado de estos genera impacto ambiental negativo (Carrera, 2024).

2.2.1 Clasificación de herbicidas

Los herbicidas se pueden dividir según su mecanismo y modo de acción, de acuerdo a esto tenemos herbicidas de acción total y selectivos, según su aplicación tenemos herbicidas residuales y foliares, ya sea de contacto o sistémico, otra clasificación es según el momento de aplicación como son los herbicidas presembrado, postsembrado, preemergentes, postemergentes en caso de estos dos últimos se utilizan como herbicidas residuales (Rosales y Esqueda, 2022).

Un herbicida total se aplica con la finalidad de controlar en totalidad las malezas, éstos se usan generalmente para hacer limpieza de campos o terrenos, este producto es sistémico se transporta internamente desde el punto de contacto en la planta hacia todas sus partes por lo que es usado para eliminar malezas anuales y perennes, son aplicados normalmente en terrenos sin cultivo, carreteras y zonas industriales (Muñoz, 2021). Los herbicidas selectivos, son

usados para el control de malezas preservando el cultivo, esta diferencia entre selectivo y total puede presentarse dependiendo de la concentración o dosis de uso, un herbicida selectivo a dosis elevadas elimina a todo tipo de planta y uno total puede hacerse selectivo a bajas concentraciones (Salazar, 2022).

Respecto a los herbicidas de contacto su objetivo principal es erradicar o neutralizar la maleza o vegetación, por lo que debido a su toxicidad elimina a todas las plantas que toca, por ello su aplicación debe ser cuidadosa para evitar dañar a los cultivos (Pitty, 2018). Los sistémicos son absorbidos y se translocan por toda la planta hasta la raíz en la misma totalidad hasta que la planta muera (Pinto *et al.*, 2018).

De acuerdo al tiempo de aplicación encontramos herbicidas Post-emergentes que son aplicados directamente a la maleza, son eficientes especialmente cuando las malezas son pequeñas y tienen un crecimiento activo (Álvaro, 2007). Por otro lado, los herbicidas pre-emergentes se encargan de controlar selectivamente a las malezas cuyas semillas se encuentran a punto de germinar, justo cuando emerge la radícula, al igual ataca durante la emergencia de las malezas, comúnmente estos herbicidas se aplican en cultivos anuales después de su siembra, teniendo en cuenta que deben ser aplicados antes de que aparezca la maleza y antes de los propios cultivos (Salazar, 2023).

Los herbicidas pre-emergentes requieren de un riego o de precipitación pluvial para su incorporación en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde germinan la mayoría de las semillas de malezas, en general la semilla del cultivo se coloca por debajo de la zona con alta concentración de herbicida y la selectividad al cultivo puede ser tanto posicional como fisiológica (Robles y de la Cruz, 2006).

2.2.2 Problemáticas asociadas al uso de herbicidas

El uso de herbicidas con ingredientes químicos sintéticos genera una serie de problemáticas para el medio ambiente y la salud humana, desde hace tiempo ha existido preocupación al respecto, por lo que se han expuesto estudios, convenios y legislaciones creados para restringir y controlar su uso (Pavlis *et al.*,

2010). Un herbicida que es liberado al medio ambiente pasa por una serie de transformaciones, ocasionado por diversos procesos como químico, físico y microbiano todos relacionados (Rajmohan *et al.*, 2020), sin embargo, la interacción del herbicida en la población microbiana puede generar un desequilibrio ecológico que directamente afecta al suelo (Enerijiofi *et al.*, 2017).

Es necesario considerar un aspecto importante en los herbicidas que son elaborados para grupos de malezas en específico, ya que éstos deben ser aplicados durante la época y dosis recomendadas ya que pueden causar cambios en las malezas hasta el punto que se vuelve ineficiente la aplicación del herbicida (Estrada y Diez, 2020).

Los herbicidas han sido una herramienta importante para el control de malezas durante años, sin embargo, cuando son usados en exceso causan problemas importantes como resistencia en las malezas (Baque y Mera, 2023). El primer caso se reportó en 1996 para glifosato en Australia y en los últimos años han reportado para este país alrededor de 35 especies resistentes, a nivel mundial existen 258 casos de resistencia reportados y en México existen dos casos registrados de resistencia a glifosato en *Leptochloa virgata* L. y *Bidens pilosa* L. (Alcántara, 2016).

2.2.3 Herbicidas orgánicos

En la actualidad la búsqueda de alternativas a los herbicidas químicos ha incrementado por ello se han formulado bioherbicidas mediante organismos vivos y sus metabolitos, así como extractos que pueden generar alelopatía (Helena y Mendonça, 2023). Biológicamente algunas plantas tienen compuestos activos que en extractos crudos y metanólicos inhiben la germinación de las malezas afectando su crecimiento, causando clorosis y necrosis, se han realizado estudios encontrando que el aceite esencial de *Eucalyptus camaldulensis* inhibe el crecimiento y la germinación de *Amaranthus hybridus* y *Portulaca oleracea* además se observó que el extracto de *E. glubulus* presentó efectos fitotóxicos en *A. retroflexus* y *Echinochloa crus-galli* (Martínez, *et al.*, 2022). Por otro lado, se ha reportado el efecto del mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida natural en *Desmonidium* sp. y *Cyperus* L. pudiendo ser

una alternativa como controlador biológico de malezas de hoja ancha y hoja angosta (Cigüeñas, 2021).

2.3 Nanopartículas en la agricultura

La nanotecnología ha sobresalido en los últimos años en diferentes áreas como biomédica, industria de alimentos, textil, química y la agricultura (Esquivel *et al.*, 2021). Las nanopartículas se fabrican a partir de materiales con un tamaño de partícula muy reducido de 1-100 nm, estas poseen características singulares como una gran transparencia óptica, resistencia al estrés mecánico, así como propiedades antibacterianas (Tighe *et al.*, 2022). En el sector agrícola la aplicación de las nanopartículas se enfoca en insecticidas, nanopesticidas, bactericidas, nanofertilizantes y nanoherbicidas, debido a que pueden potencializar los productos reduciendo dosis, costos, impacto ambiental y disminuye altamente la posibilidad de resistencia por sus diferentes modos de acción (Sánchez *et al.*, 2024). En este sentido se han interesado en las NPs de silicio por su multifunción en el sector agrícola, se han utilizado de manera específica en biomoléculas en las plantas, como nutrientes, bioestimulantes y agente de control hídrico, las nanopartículas de silicio son nanomateriales con propiedades biocompatibles, ópticas, que tiene una gran área superficial y tienen alta capacidad de transportar y liberar sustancias (Tejeda *et al.*, 2023).

2.3.1 Carbón activado

El carbón activado se aplica en la industria, medicina y agricultura, es un material absorbente y para su activación requiere de procesos de elevada temperatura en un espacio hermético (libre de oxígeno) para que el carbono no entre en combustión y a si se pueda mostrar un elevado grado de porosidad y una alta superficie en el interior (Chau *et al.*, 2020). El carbón activado se conforma de átomos de carbón los cuales estos están unidos con enlaces covalentes (Santos *et al.*, 2021). Estos están enlazados en forma de láminas y se encuentran separadas en distintas orientaciones, el carbón activado se puede sintetizar con cualquier material alto en carbono (Sánchez, 2021). Debido a su capacidad de

adsorción se ha empleado por su eficacia para la eliminación de herbicidas, pesticidas organoclorados del agua y metales pesados (López, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

El experimento se realizó en La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en el invernadero perteneciente al laboratorio de Toxicología.

3.2 Herbicida preemergente

Se evaluó un herbicida preemergente de fermento de soya, solo y mezclado al 5% con carbón activado y nanopartículas de hidróxido de silicio, se evaluaron tres concentraciones de 3, 5 y 10% del producto con 4 repeticiones para cada tratamiento. Además, se contó con un testigo químico comercial (Metalacloro) y un testigo absoluto.

3.3 Prueba de germinación en invernadero

Se llevó a cabo el primer bioensayo con semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el segundo se realizó con semillas de calabaza búfalo (*Cucurbita foetidissima* Kunth), se escogieron las semillas con mejores características y sin daños aparentes, las semillas fueron tratadas con un fungicida comercial para evitar problemas fúngicos.

Los bioensayos se establecieron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss y perlita relación 2:1, se colocó una semilla por cavidad y cada repetición constaba de 50 semillas teniendo un total de 200 semillas por tratamiento, las charolas se cubrieron con bolsas de plástico hasta la germinación. La primera aplicación de los diferentes tratamientos fue al término de la siembra de las charolas posteriormente realizamos 4 aplicaciones más con un intervalo de 2-3 días. Los parámetros evaluados en el experimento fueron índice de velocidad de emergencia, porcentaje de germinación, altura de planta, longitud de raíz, peso fresco y seco.

El índice de velocidad de emergencia se calculó de acuerdo a la propuesta de Maguire (1962).

$$\text{IVE} : \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{N_i}$$

En donde IVE = índice de velocidad de emergencia, X_i = número de plántulas emergidas por día, N_i = número de días después de la siembra, n = número de conteos.

El porcentaje total de emergencia se calculó mediante la siguiente fórmula

$$\%E = \frac{\text{No. de plantulas emergidas en le ultimo conteo}}{\text{No.de semillas sembradas}} * 100$$

3.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de los diferentes parámetros evaluados se analizaron mediante un análisis de varianza con la prueba tukey ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS versión 9.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Índice de velocidad de emergencia de frijol

A partir del día 8 después de la siembra observamos germinación en las charolas, en la tabla 1 se registra el índice de velocidad de emergencia para cada tratamiento, el testigo absoluto tenía un IVE de 22.15 en comparación con el fermento adicionado con carbón activado y nanopartículas de silicio al 10% con un IVE del 13.0, teniendo una diferencia de IVE de 9 entre los tratamientos y el testigo absoluto. Sin embargo, Quispe (2023) reporta un IVE en *Phaseolus vulgaris* de 3.3 datos inferiores a los reportados en este trabajo, dichos resultados indican que la semilla tiene baja viabilidad y no es apta para semilla. De Faria *et al.*, (2021) observaron que la siembra de frijol mungo a profundidad de 1 cm se obtiene el IVE más bajo con un 12.5 datos más bajos a nuestros resultados, sin embargo, mencionan que cuando se incrementa la profundidad de siembra el IVE es mayor y el número de plantas sanas incrementa, por lo que recomiendan sembrar a 2 cm las semillas de frijol mungo.

Tabla 1. Índice de velocidad de emergencia de frijol (*P. vulgaris*).

| Índice de velocidad de emergencia | | | |
|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 16.4 abc | 22.0 a | 20.6 ab |
| 5% | 18.0 abc | 15.1 c | 15.1 bc |
| 10% | 16.1 abc | 13.0 c | 13.5 c |
| TA | 22.15 a | | |
| TQ | 0.053 d | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.1.1 Porcentaje total de emergencia de frijol

El parámetro porcentaje total de emergencia se registra en la tabla 2, podemos observar que el tratamiento de producto combinado con nanopartículas de silicio al 5% presentó un total de emergencia de 68.5%, así como al 10% con un valor de 68.0%, en comparación con el testigo absoluto que presenta un 89.00% del total de emergencia, el tratamiento de nanopartículas al 10% presentó una diferencia de 11% en el porcentaje total de emergencia en comparación con el testigo absoluto. Peña-Valdivia *et al.*, (2013) mencionan que obtuvieron un 59.02% de porcentaje total en semillas domesticadas de frijol y un valor de 72.78% en semillas de frijol silvestre, porcentajes menores a lo reportado en este trabajo. Soltani *et al.*, (2006) mencionan que el retardo de la emergencia influye en el porcentaje total de emergencia ya que las semillas pueden ser invadidas por patógenos.

Tabla 2. Porcentaje total de emergencia frijol (*P. vulgaris*).

| Porcentaje total de emergencia | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 79.0 a | 79.0 a | 81.5 a |
| 5% | 80.5 a | 70.5 a | 68.5 a |
| 10% | 77.5 a | 75.5 a | 68.0 a |
| TA | 89.000 a | | |
| TQ | 1.500 b | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.1.2 Altura de la plántula y longitud de raíz de frijol

En la Tabla 3 se registran los parámetros altura de planta y longitud de raíz, el tratamiento que presentó menor altura de planta fue el combinado con nanopartículas de hidróxido de silicio al 5 y 10 % midiendo 7.4 y 7.5 cm respectivamente, en comparación con el testigo absoluto que alcanzó una altura

de 11.10 cm. En cuanto a la longitud de raíz se observa que el mejor tratamiento fue el combinado con carbón activado al 3% con una longitud de 4.8 cm y el de nanopartículas de hidróxido de silicio al 10% midiendo 3.8 cm a comparación del testigo absoluto el cual presentó una longitud del 12.27 cm. Esto coincide con los resultados presentados por Kaduková *et al.*, (2015) donde se reporta que las nanopartículas de plata redujeron la longitud de la raíz hasta 54.5% en plantas de *Sinapsis alba*. por otro lado, Chacón-Cerdas *et al.*, (2021) mencionan que el uso de nano encapsulados de atrazina redujeron hasta un 40% la longitud de la raíz de plantas de papa y que la altura de planta no presentó gran disminución, esto se atribuye a que los nano herbicidas tienen la capacidad de prevenir la evaporación de los ingredientes activos y mejoran la absorción de los herbicidas en la raíz.

Tabla 3. Altura de plántula y longitud de raíz de frijol (*P. vulgaris*)

| Dosis | Altura de planta | | | Longitud de raíz | | |
|-------|------------------|---------------|------------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 9.8 ab | 9.3 ab | 10.0 ab | 8.4 abc | 4.8 dc | 9.6 ab |
| 5% | 9.8 ab | 11.2 a | 7.5 b | 9.9 ab | 6.7 bcd | 8.3 abc |
| 10% | 10.1 ab | 9.1 ab | 7.4 b | 6.7 bcd | 6.8 bcd | 3.8 d |
| TA | 11.1 a | | | 12.2 a | | |
| TQ | 1.9 c | | | 3.5 d | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.1.3 Peso fresco de plántula y raíz de frijol

En la Tabla 4 podemos observar que para los valores de peso fresco de plántula se obtienen mejores resultados con los tratamientos de fermento combinado con carbono activado al 10% registrando un peso de 41.3 g y el fermento solo al 10%,

el cual obtuvo un peso de 41.6 g, a diferencia del valor del testigo absoluto el cual presentó un peso de 60 g. Para los valores de peso fresco de la raíz el mejor tratamiento fue el de producto combinado con carbón activado al 10% con un peso de 13.5 g, comparándolo con el testigo absoluto que pesó 47.05 g. González *et al.*, (2018) mencionan que es importante el análisis del peso fresco en las plantas, ya que éste radica en la determinación cuantitativa del contenido de agua presente, el cual es directamente proporcional al crecimiento vegetativo de la planta y de la raíz.

Tabla 4. Peso fresco de plántula y raíz de frijol (*P. vulgaris*).

| Tratamientos | Peso fresco planta | | | Peso fresco raíz | | |
|--------------|--------------------|---------------|------------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 48.5 bc | 53.3 ab | 48.9 bc | 28.3 b | 15.9 cd | 29.1 b |
| 5% | 50.1 abc | 43.9 bc | 44.7 bc | 28.9 b | 18.1 cd | 22.4 bc |
| 10% | 41.6 c | 41.3 c | 42.3 c | 16.3 | 13.5 d | 16.8 cd |
| TA | 60.0 a | | | 47.05 a | | |
| TQ | 3.860 d | | | 3.193 e | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.1.4 Peso seco de plántula y raíz de frijol

En el análisis de datos respecto al peso seco de plántula, se puede observar en la Tabla 5 que el tratamiento más efectivo fue el producto combinado con nanopartículas de hidróxido de silicio al 10%, que presentó un peso de 7.1 g, el cual corresponde a un valor significativamente menor al compararlo con el testigo absoluto que mostró un peso de 10.41 g. En cuanto a los resultados del peso seco de la raíz presentó mejores valores el carbón activado al 10% con un peso de 4.5 g, mientras que el testigo absoluto pesó 8.74 g. Sáenz *et al.*, (2014) menciona que la biomasa de la planta tiene mucha relación con la supervivencia de las plantas en campo ya que a menor biomasa menor será la probabilidad de

vida. Por otro lado, los pesos secos de las raíces nos indican el tamaño del sistema radical que se expande, para la absorción de nutrientes y agua, así como la velocidad de crecimiento (Barrios *et al.*, 2012).

Tabla 5. Peso seco de planta y raíz de frijol (*P. vulgaris*).

| Tratamiento | Peso seco planta | | | Peso seco raíz | | |
|-------------|------------------|---------------|------------------------------------|----------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 9.3 ab | 9.5 a | 9.2 ab | 7.1 ab | 5.1 bcd | 6.7 bc |
| 5% | 9.7 a | 8.5 ab | 8.9 ab | 6.9 ab | 5.1 bcd | 5.5 bcd |
| 10% | 8.6 b | 8.5 ab | 7.1 b | 4.9 cd | 4.5 d | 4.8 cd |
| TA | 10.4 a | | | 8.7 a | | |
| TQ | 2.7c | | | 2.3 e | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.2 Índice de velocidad de emergencia de la calabaza (*C. foetissima* Kunth)

Los datos de los bioensayos realizados con *C. foetissima* se observa en la Tabla 6 donde el tratamiento que presentó el menor índice de velocidad de emergencia fue el de fermento combinado con nanopartículas de hidróxido de silicio al 10%, que presentó 0.44, este dato fue menor en comparación con el testigo químico quien tenía un valor tres veces mayor, sin embargo, el testigo absoluto que presento una IVE de 21.3, esto nos indica el potencial del fermento como herbicida preemergente. Torres *et al.*, (2016) comenta que la velocidad de emergencia es un concepto característico sobre el vigor de la semilla, su calidad que determina la capacidad de germinar, emerger y desarrollarse, esta capacidad puede verse significativamente disminuido por el uso de herbicidas con nanoparticulas de hidróxido de silicio. López, (2007) se refiere al tiempo de emergencia y duración de competencia como el efecto que conlleva el rendimiento de los cultivos, la ventaja de tan solo unos días de crecimiento pronto

del cultivo a diferencia de las malezas puede alterar crucialmente al balance competitivo a favor del cultivo. Por tanto, al presentarse bajos valores de emergencia, en el tratamiento de fermento más nanopartículas pudiera brindar esta ventaja de tiempo al cultivo.

Tabla 6. Índice de velocidad de emergencia de la calabaza (*C. foetissima* Kunth).

| Índice de velocidad de emergencia | | | |
|--|---------------|---------------|------------------------------------|
| Dosis | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 13.1 b | 14.3 b | 3.1 cd |
| 5% | 4.9 cd | 2.5 cd | 6.3 c |
| 10% | 1.9 cd | 2.6 cd | 0.44 d |
| TA | 21.3 a | | |
| TQ | 1.7 cd | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.2.1 Porcentaje total de emergencia de la calabaza búfalo (*C. foetissima* Kunth)

El porcentaje total de emergencia para *C. foetissima* se registra en la tabla 7 donde el valor más bajo fue el del tratamiento combinado con nanopartículas al 10% con un 10% de germinación del total de las semillas dato similar al testigo químico, cabe mencionar que en nuestro testigo absoluto obtuvimos un 80% de germinación, Narváez y chisica, (2021) mencionan el uso de glifosato 480 tiene un porcentaje de control en preemergencia del 71.67% sobre arvenses de hoja ancha, resultados menores a lo reportado en este trabajo.

Tabla 7. Porcentaje de emergencia de calabaza (*C. foetissima* Kunth).

| Porcentaje total de emergencia | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------|
| Dosis | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 73.0 ab | 64.5 ab | 34.5 dc |
| 5% | 38.5 cd | 41.0 dc | 53.0 bc |
| 10% | 20.0 de | 20.0 de | 10.0 e |
| TA | 80.0 a | | |
| TQ | 10.0 e | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.2.2 Peso fresco y seco de calabaza búfalo

En la evaluación del peso fresco podemos observar en la tabla 8 que para el tratamiento del producto combinado con nanopartículas de hidróxido de silicio al 10% se presentó un peso de 24.4 gr, comparando este resultado con el testigo absoluto el cual registró un peso de 99.0 gr, podemos observar una diferencia significativa en relación al peso. Podemos señalar que, para los valores de peso seco, este mismo tratamiento presentó un peso de 7.3 gr, a comparación del testigo absoluto cuyo valor en peso seco fue de 36.5 gr. El peso fresco es la variable que se usa para conocer el contenido de agua y materia verde almacenada y ayudan a la planta a cumplir funciones importantes como son el intercambio de gases, fotosíntesis y transporte de nutrientes (Díaz, 2022).

Tabla 8. Peso fresco y seco de calabaza búfalo (*C. foetissima* Kunth)

| Dosis | Peso fresco planta | | | Peso seco planta | | |
|-------|--------------------|---------------|------------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 68.6 c | 74.7 b | 43.0 g | 12.2 c | 12.6 b | 9.3 f |
| 5% | 48.7 e | 35.2 f | 59.7 d | 9.9 e | 8.8 g | 10.4 d |
| 10% | 36.3 h | 26.0 i | 24.4 j | 8.8 g | 7.7 h | 7.3 i |
| TA | 99.00 a | | | 36.5 a | | |
| TQ | 11.75 k | | | 6.83 j | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

4.2.3 Altura de plántula y longitud de raíz de la calabaza (*C. foetissima* Kunth)

Respecto al parámetro altura de planta la evaluación se realizó el día 19 después de la siembra, en la Tabla 9 podemos observar como el producto combinado con nanopartículas de hidróxido de silicio al 10% al igual que el producto solo muestran una altura de planta de 0.57 cm, a diferencia del testigo químico que obtuvo una altura de 1.04 cm, dato estadísticamente similar al testigo absoluto con 1.32 cm de altura, Gómez-Gómez y González-Lutz, (2020) evaluaron un herbicida preemergente (linuron) en leguminosas como *Vigna radiata*, *Pueraria phaseoloides* y *Crotalaria spectabilis* presentado a los 21 días disminución en la altura del 45% respecto al testigo.

En la longitud de la raíz el producto combinado en carbón activado al 3% obtuvo 5.75 cm, sin embargo, el testigo absoluto midió aproximadamente 7.53 cm. Gomez *et al.*, 2019 mencionan que la longitud de raíz en campo de *C. foetidissima* es de alrededor 6.75 m, esto difiere a nuestros resultados ya que la charola era una limitante para el crecimiento de esta. Saeid y Hojjat, (2016) mencionan que la aplicación de nanopartículas de plata en semillas de lenteja no influyó sobre la germinación, no obstante, en la interacción de la semilla con nanopartículas

aumentó la longitud de la raíz, cabe mencionar que pequeños porcentajes de nanopartículas de metales pueden ser absorbidos por la planta y ser utilizados para sus funciones vitales, sin embargo, al incrementar los porcentajes de aplicación de estos metales pueden inducir fitotoxicidad y en consecuencia inhibir su desarrollo.

Tabla 9. Altura de planta y longitud de raíz de la calabaza (*C. foetissima* Kunth).

| | Altura de planta | | | Longitud de raíz | | |
|------------|------------------|---------------|------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------------------|
| | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ | Fermento solo | Fermento + CA | Fermento + NPs Si(OH) ₄ |
| 3% | 1.03 ab | 1.02 ab | 0.67 b | 6.91 abc | 5.75 bc | 5.90 bc |
| 5% | 0.63 b | 0.72 b | 0.73 b | 6.54 abc | 6.66 abc | 7.78 ab |
| 10% | 0.57 b | 1.10 ab | 0.57 b | 7.76 ab | 7.81 ab | 8.03 a |
| TA | 1.32 a | | | 7.5325 abc | | |
| TQ | 1.04 ab | | | 5.4650 c | | |

Donde TA = testigo absoluto, TQ= testigo químico.

V. CONCLUSIÓN

El tratamiento de fermento adicionado al 5% con nanopartículas de hidróxido de silicio a una dosis del 10% presentó los valores más bajos para el índice de velocidad de emergencia y porcentaje de emergencia, tanto en los bioensayos con frijol (*Phaseolus vulgaris*) y calabazada búfalo (*Cucurbita foetissima* Kunth). Además, presentó los mejores resultados en los demás parámetros evaluados, pudiendo este ser una alternativa a los herbicidas químicos.

VI. LITERATURA CITADA

- Alcántara-de la Cruz, R. (2016). Mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de tolerancia/resistencia a glifosato en especies de México. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba. 29 p. <http://hdl.handle.net/10396/13849>
- Álvaro, A. (2007). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centro Occidental " Lisandro Alvarado"(UCLA). P.80.
- Ana rosvely A. M. (2020). clasificación de Malezas (5), 53
- Arauco (2017). Guía para el manejo de la vegetación competidora en forestal, 24-26,78 <https://arauco.com/chile/wp-content/uploads/sites/14/2017/07/20-Gu%C3%ADa-Manejo-Vegetaci%C3%B3n-Competidora-sept-2012-biof.pdf>
- Armijos Chalan, E. F. (2022). Herbicidas residuales, mecanismos de acción en malezas, 38.
- Arias, D. M., Mora, R. E. G., y Romero, O. S. D. (2019). Uso de herbicidas en el control de malezas. Importancia de su conocimiento para el profesional agrónomo. Opuntia Brava, 11(1), 204-210.
- Baque, D. L. S., & Mera, C. A. D. (2023). Aplicación de herbicidas postemergentes para el control de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). ECOAgropecuaria. Revista Científica Ecológica Agropecuaria, vol.2 n. (1). P.9
- Barrios-Gómez, E. J., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J. Acosta-gallegos, J. A., Miranda-Colín, S., Canul Ku, J., y Mayek-Pérez, N. (2012). Comparación de las estructuras morfológicas en raíz e hipocótilo en frijol. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(4), 655-669.
- Bustamante, A. P. (2022). Alternativas para la disminución del uso de agroquímicos en el control de malezas en cultivos hortícolas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, (p. 116).
- Betancourt, Y., García, I., López, D., Cabrera, A., y Rodríguez, M. (2008). Efectos de la tecnología de preparación de suelos pesados sobre la brotación de malezas en caña de Agropecuarias, 17(2), 78-81.

- Carrera Flores, L. O. (2024). Efectos de la residualidad de los herbicidas sistémicos y de contacto en los suelos productivos, 25.
- Castañeda Rodríguez, J., Guzmán Ruiz, A. Y López Macías, A. S. (2023). Efecto de bioherbicidas en malezas bajo condiciones de invernadero, 46.
- Castro, C. V.; Alvarado H. L.; Borjas V. R.; Julca, O. A. y Tejada S. J. L. (2019). Comunidad de malezas asociadas al cultivo de "café" *Coffea arabica* (Rubiaceae) en la selva central del Perú. *Arnaldoa*, 26(3): 977-990.
- Cazares, T. M., Figueroa, S. S. G., & Robles, E. R. Manejo Integrado de Maleza. Sociedad Mexicana de la Ciencia De La Maleza, 15.
- CEDRSSA. (2020). Uso y regulación de herbicidas en México. p.6. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Herbicidas.pdf>
- Cerezo Peñafiel, A. D. (2021). Manejo integrado de malezas en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). P. 36.
- Chacón-Cerdas, R.; Salvador-Morales, C.; Alvarado-Ulloa, C.; Alvarado-Ulloa, L., y Schmidt-Durán, A. (2021). Estudio del potencial herbicida de nanopartículas de PGLA encapsulando atrazina, sobre vitro plantas de papa como modelo biológico.
- Chau Mera, E. G., y Vásquez Puicón, L. V. (2020). Utilización del carbón activado a partir del Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), para captar arsénico de las aguas subterráneas en el distrito de Pacora. 61.
- Chusin, A.L.P. 2020. Evaluación del extracto acuoso de semilla de higuera (*Ricinus communis* L.) Como herbicida pre siembra para el control de malezas en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Barrio Santa grande. 119, 30-40.
- Cigüeñas, S. (2021). Efecto de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida natural en *Desmodium* sp y *Cyperus* L, distrito de Tarapoto Universidad Nacional de San Martín. P.69.
- Cuevas, A., Puentes, B. 2019. El manejo de las malezas en el programa AMTEC. Córdova. Colombia. Consultado el 26 enero. 2024. P. 70
- Daniel Gómez, A. E., Y Jiménez Estrada, S. N. (2024). Formulación de nanoherbicidas a partir de D-Limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero. 46.

- Domínguez-Morales, S. (2018). Malezas de la familia *Solanaceae*, especies de importancia económica. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] Repositorio UAAAN.65.
- De Real, Florio Sunshine. (2013). Estudio de la biología de las malezas. Revista Vinculando,11(2). <https://vinculando.org/ecologia/estudio-de-la-biologia-de-las-malezas.html>
- De Faria, A. V., de Paula Barbosa, K., da Costa, A. R., Silva, P. C., Drumond, A. A. L., de Azevedo França, J. B., & Silva, G. M. (2021). Profundidad de siembra y tamaño de las semillas: desarrollo de las plántulas de frijol Mungo. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12(2), 13-24.
- Díaz Regalado, L. S. (2022). Efecto de la aplicación de humus de lombriz líquido sobre la calidad fisiológica de semillas y plántulas de melón (*cucumis melo* L.). p.38.
- Enerijiofi, K.E. Ekhaise, F.O. Ekomabasi, I.E. (2017). Biodegradation potentials of cassavamilleffluents(CME)usingindigenoumicroorganisms.J.) Appl.) Sci.) Environ.Manag.21, 1029-1034. <https://doi.org/10.4314/jasem.v21i6.5>
- Robles, E. R., y de la Cruz, R. S. (2006). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. SAGARPA. P.16.
- Esquivel-Figueroa, R. D. L. C. y Mas-Diego, S. M. (2021). Síntesis biológica de nanopartículas de plata: revisión del uso potencial de la especie *Trichoderma*. Revista Cubana de Química, 33(2). 23-45.
- Estrada, J. A. B. y Díez, C. A. D. (Eds.). (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacates. Agrosavia (2),777.
- Fajardo Cercado, K. A., y Santillán Macías, E. P. (2019). Rol de Enfermería en Problemas de Salud relacionado con la exposición de agroquímicos en adultos del Cantón Palenque, sector Bombón, Los Ríos octubre 2018–abril 2019. p. 119.
- Flores Villamil, M. A. (2016). Plantas de zonas semiáridas del altiplano centro-norte de México con potencial para la producción de aceite (Masters thesis), p.99.
- González, X. A. Ronquillo-Cedillo, I. Ávila-Nájera, D. M. Rodríguez-Hernández, C. Pedraza-Mandujano, J. y Martínez-Jiménez, D. L. (2021). Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible,10(1), p.23-33.

- González, A. D., Álvarez Hernández, U., y Lima Orozco, R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí-sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2), p. 77-82.
- Gómez González, A. Rangel Guerrero, J. M. Morales Flores, F. Aquino Pérez, G. Santana García, M. A., y Silos Espino, H. (2019). Diagnóstico de poblaciones silvestres de calabacilla loca en el altiplano central de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1517-1528.
- Gómez-Gómez, R., & González-Lutz, M. I. (2022). Tolerancia de varias leguminosas de cobertura a herbicidas pre y postemergentes. *Agronomía Costarricense*, 46(2), p.101-116.
- Granillo, O. L. Álvarez, J. C. M. Castillo. J. C. D. Robles, E. R. Bojórquez, G. B. Vega, M. S. y Esquivel, V. E. (2024). XLIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza MESA DIRECTIVA 2023-2025. Páginas 96.
- Guzmán, R., Hernández, V. Salas, M. D. y Núñez, H. G. (2022). Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México. *Polibotánica* n.53. México.http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140527682022000100069
- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M.S., Rosli, A. M., y Hamdan, H. (2021). Bio herbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. *Plants*, 10 (6):12-12. <https://doi.org/10.3390/plants10061212>
- Helena, J., Fim, L., y Mendonça, A. (2023). Uso de extracto de *Cojoba arborea* como bioherbicida. *enciclopedia biosfera*, 20(45), 240-247.
- Hernández-Ríos, I., Osuna-Ceja, E. S., Pimentel-López, J., y García-Saucedo, P. (2022). Control de malezas en maíz, frijol, girasol y sorgo: Efecto de métodos de control bajo dos sistemas de siembra. *Agro-Divulgación*, 2(6): 13.
- López, C. S. H. (2007). Evaluación de herbicidas preemergentes para el control de maleza en el cultivo del agave (Agave tequilana Weber var. Azul) en la región de Cañadas de Obregón, Jalisco. 80. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5436>.
- Jiménez Velasco, J. J. (2015). Evaluación de la intensidad y duración del control de malezas en una plantación comercial de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill),

- de 0 a 1 año en la hacienda Santa María de Aglomerados Cotopaxi SA, de la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. 80. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4876>.
- Lanfranconi, L; Pisa Gazziero, L. (2014). Malezas resistentes a herbicidas un problema en el Cono Sur (en línea). Costa Rica, CropLife Latin América. <http://www.croplifela.org/es/plaga-del-mes.html?id=441>
- López, L. C. G. (2020). Carbón activado en productos de higiene dental en la actualidad. Revista Científica Odontológica, 2, (1). 1-5.
- Martínez Cárdenas, C. A., Balaguera-López, H. E., y Fonseca Carreno, J. A. (2022). Bioherbicidal activity of seed extract of *Campomanesia lineatifolia* on the weed *Sonchus oleraceus* L. Agronomía Colombiana, 40(1), 49-57.
- Martínez, J. (2021). Análisis fenológico de tres especies de arvenses competitivas con el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) bajo la oferta ambiental del primer semestre, en Mocari – Montería. 40. 21-32.
- Mejía-Morales, C.; Rodríguez-Macías, R.; Salcedo-Pérez, E.; Zamora-Natera, J.F.; Rodríguez-Zaragoza, F.A.; Molina-Torres, J.; Délano-Frier, J.P.; Zañudo-Hernández, J. Contrasting Metabolic Fingerprints and Seed Protein Profiles of *Cucurbita foetidissima* and *C. radicans* Fruits from Feral Plants Sampled in Central Mexico. Plants 2021, 10, 2451. <https://doi.org/10.3390/plants10112451>
- Mendes, K. F., & da Silva, A. A. (2023). Plantas daninhas: herbicidas. Oficina de Textos. 98.
- Montero, D. (2019). Estudio palinológico del género *Cyperus* de la flora de Guerrero. Tesis Ing. Agr. Universidad Autónoma de México. 85. 28-36. Disponible <http://132.248.9.195/pmig2016/0198191/0198191.pdf>
- Murillo De León, Marco Orlando. (2022). Evaluación de herbicidas en el control de malezas de hoja ancha y angosta en el cultivo de Banano (*Musa Acuminata*). Quevedo. UTEQ. 61 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6672>
- Muñoz, F. R. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie de informes técnicos IRET, (44). P.55.

- Navarro, M. A. (2018). Complejo de malezas predominante en áreas de arroz de riego y secano en Panamá. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá, 87.
- Narváez Ramírez, A y Chisica Guerra, W. (2021). Efecto del uso de clases de coadyuvantes con herbicidas en tres épocas de aplicación para el control de malezas en el cultivo del arroz. 113, 46-47 <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/2809>.
- Novelli, D., & Campora, M. C. (2015). Malezas, la expresión de un sistema: el manejo de las malezas necesita un abordaje integral y de largo plazo que contribuya a la sustentabilidad de los agroecosistemas. El monitoreo, la rotación y el uso racional de los herbicidas son algunas de las prácticas clave para integrar. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 41(3), 241-247.
- Pavlis, M. Cummins, E., McDonnell. K. (2010). Groundwater Vulnerability Assessment of Plant Protection Products: A Review. Hum.) Ecol.) Risk) Assess. 16(3), 621-650. <https://doi.org/10.1080/10807031003788881>
- Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C.; Celis-Velazquez, R. y López, O. A. (2013). Reacción del frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) a la profundidad de siembra. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(1), 89-102.
- Pinto, Ruiz, G. A. Tarrago, J. R. Burgos, Á. M. y Medina, R. D. (2018). Evaluación preliminar de la selectividad de herbicidas: pre-emergentes en el cultivo de mandioca. 1-3. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27744>
- Pitty, A. (2018). Modo de Acción y Resistencia de los Herbicidas que Interfieren en el Fotosistema II de la Fotosíntesis. Ceiba, 55(1), 45-59.
- Piña, C., y Marlith, S. (2021). Efecto de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida natural en *Desmodium* sp y *Cyperus* L, distrito de Tarapoto. 89. <http://hdl.handle.net/11458/4141>.
- Quispe, J. M. L. (2023). Análisis de calidad física y fisiológica en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. Panamito. Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias-RLCA, 1(2), 19-29.

- Rajmohan, K. S., Chandrasekaran, R., y Varjani, S. (2020). A review on occurrence of pesticides in environment and current technologies for their remediation and management. *Indian journal of microbiology*, 60(2), 125-138.
- Rangel-Guerrero, J. M., Flores-Benítez, S., Cadena-Iñiguez, J., Morales-Flores, F. J., y Trejo-Téllez, B. I. (2018). Extracts of *Cucurbita foetidissima* (Kunth) fruits inhibit the growth of phytopathogens of agricultural interest.
- Raskar, S.V., and S.L. Laware. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3(2):467-473.
- Riemens, M., Sonderskov, M., Moonen, A. C., Storkey, J., y Kudsk, P. (2022). An integrated weed management framework: a pan-European perspective. *European Journal of Agronomy*, 133, 126443. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>.
- Rosales-Robles, E., y Esqueda-Esquivel, V. A. (2022). Clasificación de los herbicidas por su modo y mecanismo de acción. *sociedad mexicana de la ciencia de la maleza*, paginas. 106. p.29.
- Salazar-Gutiérrez, L. (2022). Uso responsable de herbicidas en la caficultura. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, p.73. <https://orcid.org/0000-0003-2302-4825>.
- Sánchez Centeno, J. F. (2021). Capacidad de adsorción de diuron en medio acuoso utilizando carbón activado obtenido de la cáscara de coco. p. 77.
- Sánchez-Valdés, S. Rodríguez-González, J. A. Sánchez-Martínez, A. C. Bustos, K. Cruz, M. V. Martínez, L. C. y Ramírez-Barrón, S. N. (2024). Tendencias en el uso de nanopartículas en la agricultura. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 6(11), 20-39.
- Santos, A. M. Hurtado, J. C. R. Enrique, S. y Villaseñor, F. (2021). Carbón activado: generalidades y aplicaciones. *Consejo Ejecutivo*, p.88.
- Sastry, K. S. Mandal, B. Hammond, J. Scott, S. W. y Briddon, R. W. (2020). *Cucurbita foetidissima* (Buffalo gourd). In *Encyclopedia of Plant Viruses and Viroids*. 729-730. New Delhi: Springer India.

- Saeid, S. and H. Hojjat. (2016). Effects of silver nanoparticle exposure on germination of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). International Journal of Farming and Allied Sciences 5(3):248-252.
- Sáenz Reyes, J., Muñoz Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda Sánchez, A., y Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(26), 98-111.
- SENASICA. 2018, Manual Operativo de la Campaña Contra Malezas Reglamentadas.páginas10.pag.8.https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/625768/Manual_operativo_de_la_campa_a_contra_malezas_reglamentadas.pdf
- Salazar Huerta, W. Y. (2023). Comparativo de herbicidas pre emergentes en el cultivo de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar" del valle de Huaura. p.56. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/9662>
- Silva Gómez, N. E. d. S., Hernández Centeno, F., Hernández González, M., López de la Peña, H. Y., y Ochoa Reyes, E. (2018). Efecto de la refinación en la composición y características fisicoquímicas del aceite de semillas de calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima* HBK). Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.78.
- Soltani, A.; Robertson, M. J.; Torabi, B.; Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. (2006). Modelling seedling emergence chickpea as influences by temperature and sowing depth. Agric. Forest Meteorol. 138:156-167.
- Strandberg, B., Boutin, C., Mathiassen, S.K., Damgaard, C., Dupont, Y.L., Carpenter, D., Kudsk, P., (2017). Effects of herbicides on non-target terrestrial plants. In: Duke, S.O., Kudsk, P., Solomon, K. (Eds.), Pesticide Dose: Effects on the Environment and Target and Non-Target Organisms,149–166.
- Tejeda Villagómez, E. A., Hernández-Adame, L., Nieto Navarro, F. y Anzaldo Montoya, M. (2023). Nanopartículas de silicio como vehículos de transporte para moléculas de interés agrícola. Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología, 16(30).

- Tighe-Neira, R. González-Villagra, J. Nunes-Nesi, A. y Inostroza-Blancheteau, C. (2022). Impact of nanoparticles and their ionic counterparts derived from heavy metals on the physiology of food crops. *Plant Physiology and Biochemistry*. p.14–23. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.12.036>
- Torres Trujillo, P. B. (2017). Virus patógenos de cucurbitáceas y de hospederos alternos transmitidos por el complejo *Bemisia tabaci* (GENN.) En la región lagunera (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). 78. 18-20.
- Torres, N. A. R., López, J. I. G., Ricardo, H. L. S., Reyes, I. V., y Arguello, B. M. (2016). Efecto de nanopartículas metálicas y derivadas del carbón en la fisiología de semillas. 1-20.
- Voisin, A. I., y Uranga, J. P. (2022). Trigo: manejo de malezas. Libros de Cátedra. Páginas: 199-212 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156683>.
- Zuluaga, M. S., Golik, S., Fleitas, M. C., y Campanela, C. (2018). Capítulo 7 Maíz: Manejo de malezas. *Cereales de verano*, p.133.
- Zita, P.G.A. 2013. Resistencia de malas hierbas a herbicidas inhibidores de la enzima ACCasa. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 24-35 pp. <http://hdl.handle.net/10396/8894>
- Kaduková, J., O. Velgosová, A. Mražíková, R. Marcinčáková, and E. Tkáčová. (2015). Assessment of biologically synthesized Ag nanoparticles toxicity against *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Parachlorella kessleri* and *Sinapis alba*. *Nova Biotechnologica et Chimica* 14(1):69-77.