

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Valorización de Extractos Vegetales como una Alternativa al Control Químico y Manejo de la Maleza en el Cultivo de la Calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. "Grey Zucchini")

Por:

**CUITLAHUAC MAGDALENO MAGNIALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Valorización de Extractos Vegetales como una Alternativa al Control Químico y Manejo de la Maleza en el Cultivo de la Calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. "Grey Zucchini")

Por:

**CUITLAHUAC MAGDALENO MAGNIALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Milian Sánchez Vega  
Asesor Principal

Dr. Francisco Castillo Reyes  
Asesor Principal Externo

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo  
Coasesor

Dr. Raúl Rodríguez Herrera  
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Ríos  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Junio, 2024

### Declaración de no plagio

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

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o 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

  
Cuitlahuac Magdaleno Magniales

Asesor Principal

  
Dra. Miriam Sánchez Vega



## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, porque solo él dimensiona el sacrificio de que he hecho y todo lo que he pasado durante toda la licenciatura, por no dejar de dirigir mi camino hacia lo correcto y lo debido.

A mis Padres Lázaro Magdaleno Castillo y Fany Álvarez Rodríguez que siempre estuvieron conmigo, dando su apoyo incondicional, por los consejos y por abrir mis alas hacia un mejor futuro.

A mis Hermanos, Ulises Magdaleno Magniales y Jade del Carmen Magdaleno Magniales por ser mis compañeros de vida en esta etapa, en la cual estoy muy orgulloso de los dos.

A mi UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO que durante esta estancia me brindó, comida, salones y una basta sabiduría con el objetivo que sea alguien importante para la sociedad y para mi familia.

A mis Maestros que, por la paciencia, por los conocimientos, por la ayuda y por las muchas dudas aclaradas.

A la Dra. Miriam Sánchez Vega quien me apoyó en todo momento e incentivó para que fuera cada vez mejor, por el tiempo y la dedicación a correcciones de este documento.

A mis compañeros Luis Gerardo, René Pinto y Gerardo Mojíca que me apoyaron a la realización del experimento, que siempre fueron responsables y trabajadores.

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

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios quien siempre estuvo conmigo y que me regaló la salud e inteligencia para poder concluir mis estudios.

A mi Madre:

Fany Magniales Alvares quien siempre estuvo pendiente de mí y de mis hermanos, por la valentía de dejar ir a sus hijos de casa para poder dar el siguiente paso.

A mi Padre:

Lázaro Magdaleno Castillo quien siempre con sus palabras me hicieron entrar en razón y por ser el principal intelectual del ¿por qué estudié agronomía?

A mi Abuelo:

Ignacio Magdaleno Estudillo a quien le hubiera gustado ver a cada uno de sus nietos recibirse como agrónomos en las mejores universidades de agronomía del país como lo es esta casa de estudios.

A mis hermanos:

Ulises Magdaleno Magniales y Jade del Carmen Magdaleno Magniales a cuáles los quiero ver siempre triunfar.

A mi Novia:

Mónica Gabriela Valenzuela Carrizales quien me ha brindado su apoyo cada día en mis proyectos del día a día y a futuro.

## INDICE DE CONTENIDO

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMIENTOS .....                                                        | IV        |
| DEDICATORIA.....                                                             | V         |
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                 | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Objetivos .....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>1.1.1. Objetivo general .....</b>                                         | <b>2</b>  |
| <b>1.1.2. Objetivos específicos .....</b>                                    | <b>3</b>  |
| <b>1.2. Hipótesis.....</b>                                                   | <b>3</b>  |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>2.1 Cultivo de Calabaza .....</b>                                         | <b>4</b>  |
| <b>2.1.1 Importancia mundial y nacional.....</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>2.1.2 Variedades .....</b>                                                | <b>5</b>  |
| <b>2.1.3 Valor nutricional .....</b>                                         | <b>5</b>  |
| <b>2.1.4 Clasificación taxonómica .....</b>                                  | <b>6</b>  |
| <b>2.1.5 Descripción botánica.....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo .....</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>2.1.6.1 Fase vegetativa.....</b>                                          | <b>7</b>  |
| <b>2.1.6.2 Fase reproductiva.....</b>                                        | <b>8</b>  |
| <b>2.1.6.3 Fase productiva .....</b>                                         | <b>8</b>  |
| <b>2.1.7 Exigencias edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo .....</b> | <b>8</b>  |
| <b>2.2 Manejo Agronómico del Cultivo de la Calabaza.....</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>2.2.1 Preparación del suelo.....</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>2.2.2 Siembra .....</b>                                                   | <b>9</b>  |
| <b>2.2.3 Fertilización .....</b>                                             | <b>9</b>  |
| <b>2.2.4 Control de insectos plaga.....</b>                                  | <b>10</b> |
| <b>2.2.5 Control de maleza en el cultivo de la calabacita.....</b>           | <b>11</b> |
| <b>2.3 Importancia de la Maleza.....</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>2.3.1 Concepto de maleza.....</b>                                         | <b>12</b> |
| <b>2.3.2 Tipos de maleza .....</b>                                           | <b>12</b> |
| <b>2.3.3 Daños causados por maleza.....</b>                                  | <b>13</b> |
| <b>2.3.4 Control de maleza .....</b>                                         | <b>13</b> |

|         |                                                                          |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.4.1 | Prevencción.....                                                         | 13 |
| 2.3.4.2 | Control cultural.....                                                    | 14 |
| 2.3.4.3 | Control mecánico .....                                                   | 14 |
| 2.3.4.4 | Control físico.....                                                      | 15 |
| 2.3.4.5 | Control químico.....                                                     | 16 |
| 2.3.4.6 | Control biológico .....                                                  | 17 |
| 2.4     | Manejo Biorracional de la Maleza.....                                    | 17 |
| 2.4.1   | Ventajas y desventajas de los bioherbicidas .....                        | 18 |
| 2.4.2   | Antecedentes del uso de bioherbicidas para el control de la maleza ..... | 19 |
| III.    | MATERIALES Y MÉTODOS.....                                                | 21 |
| 3.1     | Localización del Área Experimental .....                                 | 21 |
| 3.2     | Diseño y Descripción del Experimento.....                                | 21 |
| 3.3     | Descripción de los Tratamientos.....                                     | 22 |
| 3.4     | Descripción de Variables .....                                           | 23 |
| 3.5     | Análisis Estadístico .....                                               | 26 |
| 3.6     | Condiciones Edafoclimáticas.....                                         | 27 |
| 3.7     | Establecimiento del Experimento .....                                    | 28 |
| 3.7.1   | Preparación del terreno.....                                             | 28 |
| 3.7.2   | Riego.....                                                               | 28 |
| 3.7.3   | Siembra .....                                                            | 29 |
| 3.7.4   | Fertilización .....                                                      | 29 |
| 3.7.5   | Control de plagas y enfermedades .....                                   | 30 |
| IV.     | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                              | 31 |
| 4.1     | Diagnóstico de la Diversidad de Maleza.....                              | 31 |
| 4.1.1   | Diversidad y abundancia de familias de maleza total .....                | 34 |
| 4.1.2   | Diversidad y abundancia de familias de maleza por tratamiento.....       | 36 |
| 4.2     | Efecto de los Tratamientos sobre Maleza-Cultivo .....                    | 39 |
| 4.2.1   | Experimento con aplicaciones preemergentes .....                         | 39 |
| 4.2.2   | Experimento con aplicaciones postemergentes.....                         | 41 |
| 4.2.3   | Variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal.....          | 44 |
| V.      | CONCLUSIONES.....                                                        | 48 |
| VI.     | LITERATURA CITADA .....                                                  | 49 |



|                                                                                                            |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>VII. ANEXOS .....</b>                                                                                   | <b>61</b> |
| <b>7.1. Resultados del análisis de suelo obtenidos de la parcela experimental.....</b>                     | <b>61</b> |
| <b>7.2. Reporte de degradación del bioherbicida en los suelos.....</b>                                     | <b>63</b> |
| <b>7.3. Variables climatológicas de la base meteorológica de la UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.....</b> | <b>65</b> |
| <b>7.3.1. Fechas de establecimiento de experimentos y aplicaciones del bioherbicida.....</b>               | <b>65</b> |
| <b>7.3.2. Variables climatológicas por día.....</b>                                                        | <b>71</b> |
| <b>7.3.3. Variables climatológicas promedio y totales por mes.....</b>                                     | <b>72</b> |
| <b>7.3.4 Variables climatológica en el periodo junio-noviembre.....</b>                                    | <b>72</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Escala logarítmica determinada y propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de la maleza y fitotoxicidad del cultivo causado por herbicidas. ....                                                        | 25 |
| <b>Cuadro 2.</b> Formulas empleadas en la transformación de datos de los valores de las variables que no cumplen con los supuestos de normalidad para el análisis de varianza. 27                                                                                          | 27 |
| <b>Cuadro 3.</b> Representatividad de la diversidad de familias y especies de maleza que interaccionó en el cultivo de calabacita, tanto en preemergencia como postemergencia, al probar un bioherbicida a base de extractos polifenólicos para su control (P-V 2023)..... | 34 |
| <b>Cuadro 4.</b> Abundancia y diversidad de la maleza por tratamiento, en preemergencia y postemergencia muestreada a los 45 días después de la segunda aplicación (plantas·m <sup>-2</sup> ), en el cultivo de la calabacita en el ciclo de producción P-V 2023. ....     | 36 |
| <b>Cuadro 5.</b> Familias de maleza presentes por tratamiento, tanto para preemergencia como postemergencia, muestreada a los 45 días después de la segunda aplicación (plantas·m <sup>-2</sup> ), en el cultivo de la calabacita en el ciclo de producción P-V 2023. .... | 38 |
| <b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias de las variables con diferencias significativas (Tukey; p=0.05) en el análisis de varianza, en parámetros referentes al impacto de los tratamientos aplicados en preemergencia, sobre la maleza y el cultivo de la calabacita.....  | 40 |
| <b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias de las variables con diferencias significativas (Tukey; p=0.05) en el análisis de varianza, en parámetros referentes al impacto de los tratamientos aplicados en postemergencia, sobre la maleza y el cultivo de la calabacita..... | 42 |
| <b>Cuadro 8.</b> Medias de las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal que expresan interferencia maleza-cultivo, de tratamientos aplicados en preemergencia, para el control de la maleza en el cultivo de la calabacita.....                          | 45 |

**Cuadro 9.** Medias de las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal que expresan interferencia maleza-cultivo, de tratamientos aplicados en postemergencia, para el control de la maleza en el cultivo de la calabacita. ....45

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de los tratamientos en los experimentos tanto para preemergencia como postemergencia (maleza-cultivo), bajo un diseño de bloques al azar, para evaluar la efectividad en el control de la maleza, mediante el uso de un bioherbicida a base de extractos polifenólicos.....22
- Figura 2** Esquema de la parcela experimental y unidad experimental, consideradas para evaluar el número de plantas maleza presentes por tratamiento y repetición, como variable en la efectividad de un bioherbicida a base de extractos polifenólicos..24
- Figura 3.** Representación de los recorridos zonales en la determinación de la diversidad de maleza presente en el lote experimental.....31
- Figura 4.** Representatividad de la diversidad de familias y especies de maleza que interaccionó en el cultivo de calabacita, en grafica. Tanto en preemergencia como postemergencia, al probar un bioherbicida a base de extractos polifenólicos para su control (P-V 2023).....35

## RESUMEN

El cultivo de la calabaza tiene una larga historia que se remonta a muchos años atrás, incluso antes del cultivo del maíz. En la actualidad, es uno de los cultivos más demandados y de mayor importancia económica en gran parte del mundo. Sin embargo, la producción de este cultivo enfrenta desafíos significativos, especialmente la presencia de malezas, que afectan negativamente la producción al competir con la calabaza por nutrientes y servir como hospederas de plagas. Tradicionalmente, la estrategia más común para controlar la maleza ha sido mediante la aplicación de herbicidas químicos. Sin embargo, se ha demostrado que estos productos contaminan el medio ambiente y pueden causar daños en la salud, tanto de los consumidores humanos como de los animales que ingieren alimentos con residuos de herbicidas. Esto ha llevado a la búsqueda de alternativas más sostenibles y seguras. En respuesta a estos problemas, se han desarrollado y utilizado productos biorracionales como los bioherbicidas. Estos productos ofrecen una forma más segura y respetuosa con el medio ambiente de controlar la maleza en cultivos como la calabaza, evitando así los inconvenientes asociados con los herbicidas químicos y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

Como objetivo se consideró evaluar de manera integral en condiciones de campo el impacto de un bioherbicida en la gestión y control de la maleza en el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. "Grey Zucchini"), con el propósito de determinar su efectividad y viabilidad como alternativa sostenible y amigable al medio ambiente. Se llevó a cabo unos dos experimentos utilizando un diseño experimental en bloques completamente al azar. Se aplicaron seis tratamientos en preemergencia que consistieron en dosis de 3, 6, 9 y 12 L·ha<sup>-1</sup> del bioherbicida, un testigo absoluto sin aplicación y un testigo químico (metribuzina). En el caso de postemergencia en químico se utilizó glifosato, cada uno con cuatro repeticiones. Dentro de las variables evaluadas se consideró: daño a la maleza y al cultivo, número de maleza presente en el terreno y porcentaje de cobertura, mediante un cuadrante de 25 cm<sup>2</sup>. Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias utilizando el método de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha \leq 0.05$ . El prototipo en ninguna de sus dosis tuvo efecto sobre la diversidad, abundancia y control de la maleza, en ninguno de los momentos de aplicación.

**Palabras clave:** control biorracional, bioherbicida, extractos polifenolicos, control de maleza, cultivo de hoja ancha.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el desafío de la maleza en los cultivos ha sido abordado principalmente desde la perspectiva de eliminarlas por completo de los campos de cultivo. Los esfuerzos dedicados a este fin son enormes y, si bien reflejan la capacidad humana para desarrollar diversas estrategias de eliminación o control, también revelan la simplicidad con la que se ha considerado el problema: en general, la maleza presente en los cultivos sigue siendo un problema tanto en la actualidad como lo fue hace un siglo (Leguizamón, 2000).

Los agroquímicos comenzaron a ser introducidos en México a partir de la implementación del modelo agrícola industrial en 1947. Desde entonces se ha hecho un uso desmedido de estos, provocando daños a la salud, contaminación ambiental y desarrollo de poblaciones de plagas resistentes a su control; entre ellas la maleza (González *et al.*, 2022).

El glifosato ha sido uno de los herbicidas más utilizados durante más de 15 años para controlar la maleza, como las gramíneas y de hoja ancha, tanto anuales como perennes, en varios cultivos. Este herbicida, fue introducido a fines de los años setenta, actúa como un inhibidor de la enzima enol-piruvil-shiquimato fosfato sintetasa (EPSPS, por sus siglas en inglés). Hasta hace poco, este herbicida se consideraba de bajo riesgo para la salud, el ambiente y el desarrollo de especie resistentes (Espinoza & Díaz, 2005). El glifosato es un herbicida altamente hidrosoluble, con la capacidad de contaminar rápidamente las aguas de escorrentía y superficiales, como ríos y lagunas. Incluso puede dispersarse en la atmósfera y retornar a la tierra mediante precipitaciones (Muñoz, 2021).

La problemática de la tolerancia a los herbicidas no es un desafío reciente, ya que se ha observado desde los primeros tiempos del control químico mediante el uso de herbicidas selectivos. Este problema está íntimamente ligado, entre otros aspectos, al alcance de acción específico de un herbicida en particular a dosis determinadas, así como a la frecuencia con la que se utiliza y a su persistencia en el ambiente, y se puede sumar el uso desmedido e irracional (Papa *et al.*, 2000).

La creciente preocupación por proteger el medio ambiente y la salud humana de los productos químicos ha impulsado el interés en el uso de plantas con potencial biocida. Diversas investigaciones han destacado la eficacia de los extractos vegetales en el control de hongos, bacterias, malezas y plagas. Las plantas poseen la capacidad natural de sintetizar diversas moléculas relacionadas con mecanismos de defensa, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides y quinonas, los cuales se encuentran presentes en prácticamente todos los tejidos vegetales. Muchas de estas sustancias bioactivas muestran propiedades alelopáticas y pueden actuar como bioherbicidas (Cruz-Ortiz & Flores-Méndez, 2022).

En México el Decreto Presidencial emitido el 31 de diciembre de 2020 marcó el inicio de un proceso transparente destinado a la reducción progresiva del uso de glifosato, con el objetivo de eliminarlo por completo en enero de 2024. En dicho Decreto se detallaron las atribuciones y responsabilidades de las dependencias y entidades que conforman la Administración Pública Federal (APF), con la finalidad de garantizar una transición hacia prácticas agrícolas libres de glifosato (CONAHCYT, 2023). En este sentido, esta investigación se centró en la evaluación de un extracto vegetal polifenólico a base de gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.), hojasén *Flourensia cernua* (DC.), ruezno de nogal *Carya ilinoensis* (Koch) y eucalipto *Eucalyptus erythrocorys* (L.), como un herbicida biorracional en el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini').

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de un bioherbicida a base de extractos vegetales polifenólicos, sobre la maleza que interacciona con el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini"), en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el ciclo P-V 2023, como alternativa sostenible y amigable con el ambiente y como propuesta en el manejo biorracional de la maleza en este cultivo.



### **1.1.2. Objetivos específicos**

Evaluar el bioherbicida sobre el control de la maleza en el cultivo de calabacita, en dos momentos de aplicación: preemergencia y postemergencia en el ciclo P-V 2023.

Caracterizar la diversidad y abundancia de las familias de maleza, que compite con el cultivo de calabaza en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Evaluar los daños del bioherbicida sobre el cultivo de calabacita y los efectos que ocasiona a la maleza presente en el cultivo en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Determinar la dosis óptima y el momento de aplicación del bioherbicida que ejerza un efecto sobre la supresión de la maleza en el cultivo de la calabacita.

### **1.2.Hipótesis**

Se postula que el prototipo de bioherbicida a base de extractos polifenólicos, basándose en su composición y características biológicas, demostrará ser efectivo en el control de maleza en el cultivo de calabacita, tanto en preemergencia como postemergencia, lo cual se traducirá en una reducción significativa de la presencia y competencia de la maleza.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo de Calabaza

El género *Cucurbita* se originó hace 16 millones de años donde divergió del género *Peponopsis*. Tiene su origen en Mesoamérica dónde existe registro que el cultivo de las calabazas inicio hace más de 12,000 años, incluso antes de que existiera el cultivo del maíz y la alfarería. Estudios etnobotánicos demostraron que el centro de origen y de diversidad de especies de este género está ubicado en el trópico cálido-húmedo mexicano (Villareal, 1986).

En México existe un sistema tradicional llamado milpa siendo un policultivo de maíz, calabaza y diversas leguminosas, dentro de este policultivo la calabaza cumple la función de mitigar la erosión del suelo (Ebel *et al.*, 2017), conservar la humedad y reducir el crecimiento y establecimiento de la maleza, esto gracias a la gran amplitud de sus hojas (Barrera-Redondo *et al.*, 2020).

#### 2.1.1 Importancia mundial y nacional

A nivel mundial la calabaza es de gran importancia debido a que es parte central de la alimentación, esto lo observamos en regiones como China, India y diferentes países de Europa, América y África (Eguiarte *et al.*, 2018). Es considerada una actividad rentable gracias a la demanda económica que presenta. Del género *Cucurbita* la especie *pepo* es la más cultivada en el mundo (Ramírez-Zavala *et al.*, 2022).

La calabacita se encuentra entre los cultivos de hortalizas económicamente más importantes con una producción mundial de 74 975. 62 millones de toneladas con un rendimiento de 3.44 kg·m<sup>-2</sup>, siendo Irán, Rusia e India los países que ocupan los primeros lugares de producción. El mercado de calabaza se encuentra dividido en Europa Occidental, América Latina, Europa del Este, Medio Oriente, América del Norte y África (León-de la Rocha *et al.*, 2020).

En nuestro país las calabazas son hortalizas de importancia económica y cultural, debido a que el consumo es parte de nuestras tradiciones y también es un producto de fácil manejo y con precios estables todo el año (Figuroa *et al.*, 2022).

México ocupa el sexto lugar de producción a nivel mundial con 550 409.74 toneladas anuales, cultivando 18 mil hectáreas, esta producción se exporta principalmente a Estados Unidos y en menor medida a Italia, Japón y Canadá. Se estima que el 84% de las importaciones de los Estados Unidos provienen de México y se abastece por vía terrestre. En 2018, México fue el país principal que exportó calabaza con un volumen de 400 000 toneladas. Los estados con mayor producción son Sonora en primer lugar, seguido de Puebla, Sinaloa, Tlaxcala, Hidalgo y Morelos. Esta producción provoca una fuente económica y de empleo en los lugares donde se cultiva (León-de la Rocha *et al.*, 2023).

### **2.1.2 Variedades**

Las variedades de calabaza que tienen mayor producción en México son la calabaza butter de la cual se producen 30 mil toneladas, calabaza criolla que se producen 4 mil toneladas, calabaza de castilla con 23 mil toneladas de producción, calabaza kabocha con 54 mil toneladas y calabaza spaguetti con 20 mil toneladas (SADER, 2020).

### **2.1.3 Valor nutricional**

La calabaza es rica en potasio y tiene una buena cantidad de hierro de 100 g, de parte comestible encontramos 340 mg de potasio y 0.8 mg de hierro, con bajo valor calórico, además la calabaza que tiene su pulpa naranja es rica en carotenos (Carnide & Barroso, 2006).

Sus semillas son fuente de fitoesteroles, vitaminas antioxidantes como carotenoides y ácidos grasos insaturados como oleico y linoleico, sales minerales, entre otros. Debido a su contenido las semillas de calabaza pueden considerarse como un alimento funcional (Lemus-Mondaca *et al.*, 2019).

#### 2.1.4 Clasificación taxonómica

Según la IBUNAM (1849), la calabaza se encuentra dentro de los siguientes taxones:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucurbita*

Especie: *Cucurbita pepo* L.

#### 2.1.5 Descripción botánica

**Hoja:** son de gran tamaño, palmeadas, con sus bordes aserrados, presenta celdas pilosas en el envés de sus hojas a lo largo de las nerviaciones lo que hace que sean irritantes al tacto. Las nerviaciones se ramifican por cada lóbulo de la hoja. Tienen peciolo largos y huecos. Su color varía entre el verde claro a oscuro y en ocasiones presenta manchas blanquecinas (López, 2017).

**Flor:** es una planta monoica, es decir, que presenta flores masculinas y femeninas en la misma planta, son actinomorfas, solitarias y producen néctar (Ramírez-Zavala *et al.*, 2022).

Flores masculinas: son pediceladas y largas, tienen un cáliz campanulado de 5 a 10 mm de largo y de ancho de 5 a 15 mm, tiene sépalos lineales de 1 a 2 mm y corola campanulada tubular que es ancha hacia la base con una longitud de 6 a 12 cm con tres estambres, los colores van desde el amarillo al naranja pálido (Ratnam *et al.*, 2017).

Flores femeninas: presentan pedúnculos gruesos de 3 a 5 cm de largo, un ovario multilocular con forma ovoide a elíptica, sépalos en ocasiones foliáceos y corola con

mayor tamaño que la de las flores masculinas, tiene un estilo engrosado y tres estigmas lobulados (Ratnam *et al.*, 2017).

**Frutos:** se caracteriza por producir frutos cilíndricos de color verde a verde oscuro (Orozco *et al.*, 2016). Son cortos, cónicos, estrecho en el extremo del tallo y ancho en el extremo opuesto. Presenta un radio de entre 1.5 y 3.0 cm (Paris, 1996).

**Semillas:** son de color blanco amarillento, alargado, oval, puntiagudo en sus extremos con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, de 1.5 cm de largo, 0.6-0.7cm de ancho y con una superficie lisa (Mármol, 2000).

**Tallo:** es de forma cilíndrica, consistente y grueso, puede alcanzar un metro de longitud. Sus entrenudos son cortos y de éstos parten las hojas, frutos, flores y los zarcillos junto al pedúnculo del fruto, son delgados y tienen entre 10-20 cm de longitud (Maroto, 2002).

## **2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo**

La fenología es el estudio de la ciclicidad de los eventos biológicos, a estos eventos fenológicos se les llama fenofases y en las plantas las fenofases que son útiles conocer son las vegetativas y reproductivas, ya que en las vegetativas se producen las hojas nuevas y se caen y las reproductivas son la floración y fructificación. Estas fenofases están influenciadas por condiciones ambientales y es importante conocerlas debido a que en las diferentes etapas sus requerimientos nutricionales, de temperatura, agua y humedad, son diferentes (Williams-Linera & Meave, 2002).

### **2.1.6.1 Fase vegetativa**

La germinación se da a partir de una semana después de la siembra, la plántula emerge entre los 7 a 10 días y posteriormente en los próximos 10 días aparecen las hojas verdaderas. Las plántulas desarrollan la raíz los primeros 30 días para poder acceder a los nutrientes y el agua (Jaramillo *et al.*, 2019).

### **2.1.6.2 Fase reproductiva**

Esta etapa corresponde a la floración del cultivo y en la calabacita de la especie *C. pepo*, ocurre entre el día 70 a 90 a partir de la germinación (Jaramillo *et al.*, 2019).

### **2.1.6.3 Fase productiva**

Los frutos se pueden observar entre los 55 y 60 días después de la siembra, crecen hasta los 70 días después de la siembra de forma acelerada y después reduce su velocidad. Las hojas y los frutos alcanzan su máxima acumulación de biomasa entre los 85 a 90 días después de la siembra (Jaramillo *et al.*, 2019).

## **2.1.7 Exigencias edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo**

**Clima:** se concentra en zonas templadas o cálidas, no necesita altas temperaturas, pero es sensible al frío y a las heladas. Para germinar requiere más de 15°C y para el desarrollo de la planta requiere entre 18 a 25°C. Cuando los días son cortos y la temperatura es fresca se forman mayor número de flores femeninas (Martínez, 2012).

**Suelo:** es un cultivo con gran adaptación respecto al suelo, pero se desarrolla mejor en suelos profundos, aireados, drenados. Si el suelo presenta encharcamientos puede provocar la podredumbre de los frutos. El pH óptimo de este cultivo va de 5.5 a 6.8 y es parcialmente tolerante a la acidez (Castagnino, 2008; León-de la Rocha, 2023).

**Agua:** en cultivos con riego localizado el volumen de agua oscila entre 2,000-2,500 m<sup>3</sup> por hectárea y ciclo de cultivo. Con riegos por inundación entre 5,000-6,000 m<sup>3</sup> por hectárea y ciclo (Jiménez, 2014).

**Humedad:** la recomendada está entre un 65% y un 80% de capacidad de campo, si es mayor afecta la germinación y puede incrementar problemas de enfermedades aéreas, este cultivo es muy exigente en cuanto a la humedad relativa (Serrano, 1973).

## **2.2 Manejo Agronómico del Cultivo de la Calabaza**

### **2.2.1 Preparación del suelo**

Debe de llevarse a cabo mínimo 30 días antes de la siembra, se debe de hacer a una profundidad de 30 a 40 cm, primero se realiza el rastreo con la maquinaria especializada, se nivela el terreno, si es necesario se desinfecta, se airea y surca, con arado de discos, o se realizan camas de siembra, según el sistema productivo. El deshierbe también es fundamental para un buen desarrollo del cultivo (Jaramillo *et al.*, 2019; Mármol, 2000).

### **2.2.2 Siembra**

La siembra regularmente se realiza manualmente, el agricultor distribuye la semilla en el terreno de la siguiente forma: se abren pequeños hoyos en la tierra y se colocan de 2-4 semillas en cada uno de los hoyos y se cubre con una capa de tierra de varios centímetros y se comprime la tierra alrededor para evitar huecos. La cantidad de semilla que se utiliza es de 10 Kg·ha<sup>-1</sup>. La siembra se realiza de 1 a 1.5 m entre surcos y de 0.8 a 1.0 m entre planta (López, 2017). Cuando la siembra se realiza por trasplante de charola debe ser plantada de 3 a 5 cm de profundidad y las plantas con 2 a 3 hojas maduras y debe tener un adecuado desarrollo del sistema radical (Drost *et al.*, 2019).

### **2.2.3 Fertilización**

La fertilización nos permite obtener un balance nutricional del cultivo y esto es fundamental para garantizar que la producción agrícola sea redituable, así como buenos parámetros de calidad, por la sanidad de la planta y producto final. El análisis del suelo y el conocimiento del metabolismo de la planta nos dará la información necesaria para saber si algún elemento está en exceso o en escasas y de acuerdo con esto llevar a cabo un programa adecuado de la fertilización. Para una producción media de 80 000 a 100 000 Kg·ha<sup>-1</sup> se aplican de 100-125 Kg de fósforo, 200-225 Kg de nitrógeno y 250-300 Kg de potasio (Jaramillo *et al.*, 2019).

#### 2.2.4 Control de insectos plaga

Entre las plagas insectiles que afectan al cultivo de la calabacita, se encuentra, la mosquita blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius), pulgón *Aphis gossypii* (Glover) y araña roja *Tetranychus urticae* (Koch). Y como las principales enfermedades de importancia, se tienen al mildiú vellosa *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) y a la antracnosis *Colletotrichum lagenarium* (Kimura).

La mosquita blanca en la calabacita provoca que la hoja se torne de un color plateado. Los síntomas que se presentan en las plantas están relacionados con una clorosis foliar, se retrasa el crecimiento y se disminuye el vigor debido que la plaga se alimenta del floema y elimina la savia (Zhang *et al.*, 2017). Para el control químico se emplean neonicotinoides, reguladores de crecimiento de insectos, diamidas y cetoenoles. También se han utilizado jabones, aceites y detergentes. Como control biológico se ha utilizado a los hongos entomopatógenos de los géneros *Aschersonia*, *Isaria* (*Paecilomyces*), *Beauveria*, *Metarhizium* y *Lecanicillium* (anteriormente *Verticillium*) que infectan a los insectos a través de la cutícula. Como bioinsecticida se ha utilizado extracto de Neem y ajo. En el control cultural se eliminan los sitios de reproducción de las plagas, se deben usar plantas sanas y rotar cultivos (Li *et al.*, 2021).

Los pulgones en la calabacita se alimentan de la savia de las hojas especialmente de primordios vegetativos, deforman las hojas jóvenes ya que afectan su tejido, también actúan como vectores de varias virosis (López, 2017). Para combatirlos se suministran formulados de bifetrin, alfacipermetrin, imidacloprid, malation, diazinon, entre otros. Como control biológico se utiliza *Coccinella septempunctata* (L.) es la más común, crisopas, especies de sírfidos y cecidómidos (Jaramillo *et al.*, 2019).

Los ácaros se alimentan de células epidérmicas del tejido vegetal, provoca manchas cloróticas en las hojas, decoloración y cicatrices en los frutos. Las hojas infectadas producen un color bronceado en el haz y en el envés se encuentran las larvas (Fonte *et al.*, 2019). Como control químico se aplica acaricidas como el dicofol, fenbutestán, amitraz, tetradifón,



hexiazox, proparguita, entre otros; para tener un mejor resultado se remoja el envés de las hojas y se deben alternar los acaricidas que se utilizan (Mármol, 2000).

El mildiú veloso, es causante de pérdidas devastadoras en cultivos de cucurbitáceas, provoca lesiones cloróticas angulares unidas, afecta el rendimiento de frutos y la salud de las plantas (Savory *et al.*, 2011). Para el control se aplican fungicidas cada 7 a 10 días para prevenir la pérdida de los cultivos y controlar los brotes. Entre los más utilizados están dimetomorph, fosetil-Al, metalaxyl y cymoxanil (Álvarez *et al.*, 2013). Como control biológico se aplica *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*, *Lecanicillium lecanii*, entre otros (León-de la Rocha *et al.*, 2023).

La antracnosis produce lesiones oscuras y hundidas que afectan tallos, flores, follaje o frutos. Es una enfermedad policíclica y forma diferentes síntomas en hojas y tallos. Puede pasar a la siguiente temporada por medio de la semilla contaminada (Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020). Se emplea principalmente control químico, por lo que se aplica: metirán, captán, cimoxanilo + metirán + vinclozolina. Como control cultural se desinfectan las semillas, se evita la humedad de frutos, se destruyen las plantas y frutos dañados para reducir la diseminación de esporas (Mármol, 2000).

### **2.2.5 Control de maleza en el cultivo de la calabacita**

La mejor forma de controlar la maleza, en el cultivo de calabacita, es antes de la siembra o trasplante, se debe de realizar un riego abundante para forzar su crecimiento y después se aplica herbicida preemergente no residual, para eliminar el banco de semillas de las malezas. Otra alternativa es utilizar cobertura plástica que también, puede emplearse para el control de este tipo de plaga, el cual tiene la ventaja de distribuir mejor el agua y el calor (Jaramillo *et al.*, 2019).

## **2.3 Importancia de la Maleza**

### **2.3.1 Concepto de maleza**

La maleza, malas hierbas o arvenses, son plantas que interfieren en el desarrollo de un sistema agrícola (Guzmán & Martínez-Ovalle, 2019), crecen en lugares no deseados y no presentan valor económico. Afectan al cultivo debido a que tienen que competir por nutrientes, agua, luz y pueden ser hospederas de enfermedades y plagas. Cuando no son controladas provocan disminución en el rendimiento y a nivel mundial causan pérdidas entre el 30 incluso llegar al 100% (Castro *et al.*, 2019).

Los agricultores suprimen la maleza en el campo con herbicidas (productos producidos a partir de moléculas sintéticas), rotación de cultivos, deshierbe manual y labranza selectiva, entre otros métodos que forman parte del Manejo Integrado de la Maleza (MIM) en los cultivos (Guzmán y Martínez-Ovalle, 2019).

### **2.3.2 Tipos de maleza**

Existen diferentes tipos de clasificación que se ha dado la maleza, entre las que se registran, por el sitio donde crecen, por características botánicas, por su ciclo de vida, por el hábito de crecimiento, el grado de nocividad, por los requerimientos que tienen a las condiciones ambientales y por su morfología; siendo esta última una de las más usada, por la practicidad de ubicar a las plantas en campo; es decir, se diferencian por el tipo de hoja ancha y angosta. En hojas ancha, se tiene a las plantas dicotiledóneas que son las que presentan dos hojas cotiledonares al emerger del suelo (herbáceas, arbustivas y arbóreas). Tienen tallos herbáceos y leñosos, raíz pivotante y presentan hojas anchas y nervaduras que producen la apariencia de una red o de ramificación (de Real, 2013; Navarro, 2018).

Dentro de las malezas de hoja angosta encontramos principalmente a las familias Poaceae y Cyperaceae. Son monocotiledóneas, es decir tienen un solo cotiledón, tienen hojas alargadas con nervaduras paralelas, los tallos son aplanados o redondeados o triangulares (Baumann, 1999; de Real, 2013).

### **3.3.3 Daños causados por maleza**

La maleza compite por nutrientes, agua y espacio con el cultivo, son hospederas de patógenos e insectos lo que provoca que aumente la densidad de otras plagas, los lixiviados foliares de la maleza son tóxicos para el cultivo, es decir que tienen propiedades alelopáticas, obstruyen la cosecha y aumentan el costo de esta operación, la presencia de la maleza evita una fertilización y un riego adecuado. Todas las implicaciones anteriores causan afecciones en el rendimiento y en la calidad del cultivo y producto final (Labrada *et al.*, 1996).

### **2.3.4 Control de maleza**

#### **2.3.4.1 Prevención**

En la NOM-043-FITO-1999, Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México, se citan 65 especies de malezas nocivas sujetas a regulación. (SENASICA, 2020).

Se trata de evitar la introducción, establecimiento y dispersión; es decir, detener el avance de perjuicio de la maleza en un lugar determinado, mediante algunas medidas, que pueden ser las siguientes (Gabela, 1982):

- Usar semilla certificada que garantiza no tener semillas de malezas nocivas.
- La maquinaria que se haya utilizado en terrenos con malezas nocivas debe de ser limpiada antes de usarse en otro terreno.
- La aplicación de estiércol en el terreno es una práctica muy frecuente, este debe de estar bien fermentado debido que al ocurrir la fermentación se destruye la semilla de las malezas y esto reduce la diseminación de semilla por todo el terreno.
- Rotación de cultivos, ya que hay especies de plantas adaptadas a cierto cultivo, al rotarlos se provoca una interrupción del ciclo vegetativo de la mala hierba y se evita que se multipliquen.

Controlar la maleza de los barbechos, ya que la maleza que están en los barbechos se multiplica y ocasionan problemas en el cultivo, se puede retirar las malezas antes de que fructifiquen y agregar al terreno como materia orgánica.

#### **2.3.4.2 Control cultural**

Son todas aquellas actividades que los agricultores realizan para que el cultivo pueda competir contra la maleza y no lo afecte (Hernández-Ríos *et al.*, 2022). En estas actividades se favorece el desarrollo de la planta de interés para impedir que la maleza prospere. Por ejemplo, en los pastos se inicia el control cultural con la selección de especies que se adapten a condiciones bióticas, climáticas y del suelo lo que le da mayor competitividad a la especie contra la maleza (Argel & da Veiga, 1991).

#### **2.3.4.3 Control mecánico**

Es crucial seleccionar las herramientas adecuadas para eliminar la maleza que crece entre las hileras del cultivo. Dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de cultivo, se llevan a cabo de dos a tres labores de control. La primera de estas prácticas se realiza cuando la mayoría de las plántulas de maleza han emergido (Hernández-Ríos *et al.*, 2022). La efectividad del control mecánico depende de la oportunidad y frecuencia con la que se lleva a cabo (Argel & da Veiga, 1991)

Control mecánico manual con implementos: este control se realiza con implementos manuales y consiste en cortar las raíces o removerlas para provocar la deshidratación y muerte de la maleza con ayuda de herramientas como machete, guadaña. Se debe de mantener la maleza a una altura que reduzca su competencia con el cultivo y también evitando que formen la semilla (Argel & da Veiga, 1991).

Control mecánico mediante labranza de tracción manual y motriz: este tipo de labranza consiste en realizar rotura, mullido y cruce empleando la inversión y el golpeo vertical de los implementos de trabajo para fragmentar el suelo, algunas de las herramientas empleadas son,

el arado de disco, rastra, cincel de un cultivador, etc. que puede tener como fuente de potencia a un tractor o a un animal (Cañizares, 2015; Ortiz-Laurel, 2016).

La preparación del suelo mediante labranza cuando se realiza de una manera adecuada ayuda a eliminar la maleza y crea las condiciones en el suelo para poder aplicar herbicidas preemergentes, como una estrategia alterna al control (Betancourt-Rodríguez *et al.*, 2019).

#### **2.3.4.4 Control físico**

El control físico se realiza junto con las medidas preventivas antes de la siembra, busca reducir y eliminar el crecimiento de las arvenses (CONACYT, 2021). Estas técnicas no presentan efecto en el ambiente y se limitan al sitio y al periodo donde se aplican (Estrada & Díez, 2020).

Uso de plásticos: al cubrir con plásticos negros o transparentes, o de tipo bicapa (dos colores) al suelo se provoca un efecto negativo en el desarrollo de la vegetación arvense por la falta de luz. Su eficacia depende de la ubicación en la que se coloque y tenemos ciertas desventajas como el costo y lo laborioso de colocar y retirar, al retirar se deben de manejar los residuos ya que afectan al medio ambiente o pueden provocar dificultades en el establecimiento de otros cultivos. Si no se retira todo el plástico puede provocar daños en la maquinaria (Cirujeda *et al.*, 2007; Estrada & Díez, 2020).

Uso de coberturas vegetales: se utilizan cultivos que inhiben la germinación y el desarrollo de las malas hierbas y también para la regulación de la humedad y el calor, bajo una capa gruesa las malezas no sobreviven y las que lo hacen pueden ser arrancadas a mano. Se utilizan tanto vivas como muertas. Lo que provoca la eliminación de las plantas arvenses con ciertas sustancias alelopáticas que secretan las plantas. La utilización de restos vegetales produce un efecto como el uso de plásticos, tienen la ventaja de mejorar la estructura del suelo y su estabilidad, disminuir el uso de productos químicos, satisface las demandas nutricionales de los cultivos, permite una actividad microbiológica, aporta materia orgánica al suelo. Al productor le da ventajas como que el suelo se mantiene esponjoso, no hay muchas arvenses

que tengan que ser cortadas, disminuye la necesidad de riego y de abono, la cosecha es más fácil ya que no hay contacto directo del suelo (Contreras & Moreno, 2005).

#### **2.3.4.5 Control químico**

El control químico es una alternativa al control mecánico o manual de la maleza y consiste en aplicar herbicidas, esta es una de las principales herramientas de la agricultura moderna (Esqueda, 1997; Robles & de la Cruz, 2006).

Los herbicidas se elaboran para cierto grupo de arvenses, cierta etapa del cultivo y de acuerdo con esto se determina una dosis, el uso frecuente e inadecuado puede causar ineficiencia o daños en el cultivo y en el medio ambiente esto puede ser una desventaja significativa. Algunas ventajas que presenta este tipo de control es que se puede realizar de manera temprana, disminuye el costo de producción ya que se puede controlar las malezas con una sola aplicación, en grandes extensiones de terreno se utiliza más ya que la mano de obra es difícil de utilizar en el control manual o mecánico (Estrada & Díez, 2020; Hernández-Ríos *et al.*, 2022).

Los herbicidas se clasifican por su momento de aplicación, por lo que se dividen en preemergentes (PRE) y postemergentes (POST). Los PRE se aplican después de sembrar, pero antes de que las malezas y el cultivo emerjan. Para su aplicación requieren precipitación o riego para poder situarse a 5.0 cm de profundidad ya que en ese sitio germina la semilla de la maleza. La dosis se determina según el tipo de suelo y la materia orgánica donde este establecido el cultivo esto debido a que estos herbicidas interaccionan con la textura, el pH y la materia orgánica en el suelo. Los POST se aplican cuando el cultivo y la maleza ya han emergido, la aplicación se debe de hacer en los primeros estados de desarrollo de las malezas ya que tienen mayor susceptibilidad a los herbicidas y aún no son muy competitivas con el cultivo. Son más económicos para el productor debido a que solo se aplican donde existen malezas. Su actividad depende de la especie de arvense, grupo químico, condiciones del clima como lluvia, humedad relativa, velocidad y temperatura del aire (Robles & de la Cruz, 2006).

Otro tipo de clasificación es por su selectividad, por lo que pueden ser selectivos y no selectivos. En el primer caso, es cuando tienen la capacidad de causar perturbaciones metabólicas o fisiológicas que llevan a la muerte a algunas especies vegetales y a otras no (Salazar-Gutiérrez, 2022). Los segundos, no selectivos ejercen su toxicidad sobre la vegetación que este en el terreno por esta razón se deben de aplicar en terrenos sin cultivo y evitar el contacto con el cultivo (Robles & de la Cruz, 2006; Burger, 2004). Esta selectividad depende de factores los cuales pueden ser químicos, físicos, metabólicos o fisiológicos por lo que se vuelve un proceso complejo y específico (Alvaro, 2007).

Los herbicidas, pueden clasificarse por el tipo de acción, es decir, pueden ser de contacto que afectan solamente a las plantas que fueron cubiertas por aspersión o, sistémicos que después de que se aplica sobre la planta, esta lo absorbe y lo transloca a otras partes de la planta a través del floema (Bernal & Díaz, 2020; Piedrahita *et al.*, 2022).

#### **2.3.4.6 Control biológico**

Se define como la utilización de organismos vivos para controlar plagas-arvenses. Se utilizan ciertos enemigos naturales que las atacan, se dirige la masa vegetal mediante el agente liberado o por enfermedades en las plantas. Para lograr un control biológico se utilizan los patógenos como son bacterias y hongos, extractos de plantas, que se pueden producir a escala industrial. El control biológico se utiliza como una herramienta para el manejo integrado de los cultivos. Algunas de las ventajas que presenta es que son amigables con el ambiente y no altera el equilibrio ecológico (Celis *et al.*, 2008; Martínez-Álvarez *et al.*, 2020).

### **2.4 Manejo Biorracional de la Maleza**

Los agroquímicos se implementaron en México en 1947 dentro de un modelo llamado Revolución Verde que buscaba satisfacer la necesidad de alimentos, en este modelo se daba nutrientes químicos a la tierra, controlar la maleza con herbicidas y disminuir la mano de obra utilizando maquinaria. Desde ese entonces la práctica de controlar la maleza por medio de productos químicos se ha utilizado teniendo la ventaja de poder controlar las arvenses que

afectan el crecimiento de nuestro cultivo, pero con la desventaja de ocasionar problemas en la salud, provocar resistencia, avivan el deterioro del ambiente y de la fauna benéfica ocasionando desequilibrio ecológico (González *et al.*, 2022).

El uso indiscriminado de estos productos ha causado gran preocupación por lo que se han buscado alternativas en el control de la maleza que no tengan este tipo de desventajas, sobre todo que no dañen al ambiente. Se debe de hacer la selección de las técnicas de control de maleza basándonos en las consecuencias ecológicas, económicas y sociales (Jarma & Tirado, 2004). Una de estas alternativas ha sido el uso de productos naturales que no impiden procesos ecológicos naturales como la dominancia de plantas, son importantes para reducir la contaminación ambiental, entre otros aspectos y estos productos naturales son conocidos como bioherbicidas (Franke *et al.*, 2022).

Un bioherbicida es un producto que se origina de organismos vivos o de sus metabolitos cuyo objetivo es reducir la germinación y el crecimiento de arvenses, para controlarlas antes de que se desarrollen y compitan con el cultivo, este tipo de productos se integran en el control biológico de la maleza. Desde los años 70 se comenzaron a desarrollar y a comercializar los bioherbicidas. Existen dos grandes grupos los que son desarrollados a partir de microorganismos fitopatógenos, fitotóxicas microbianas y extractos vegetales elaborados a partir de plantas con presencia de aleloquímicos (CONACYT, 2022).

#### **2.4.1 Ventajas y desventajas de los bioherbicidas**

Las principales desventajas sobre el uso de bioherbicidas, es que dependen del medio donde se apliquen, tienen limitada acción biológica, presentan demasiada especificidad, pueden actuar como desecantes o quemadores según su tipo, dependen de condiciones óptimas, su interacción con otros microorganismos puede afectar su eficacia (De Prado & Cruz-Hipólito, 2005; Gredilla *et al.*, 2018).

Las ventajas del uso de los bioherbicidas son que estos productos se pueden utilizar en malezas resistentes a herbicidas químicos, no existe acumulación de residuos en el ambiente,



no causa efecto sobre las plantas benéficas ni sobre la salud y presenta alta especificidad a la maleza objetivo (Pacanoski, 2015).

#### **2.4.2 Antecedentes del uso de bioherbicidas para el control de la maleza**

Los bioherbicidas comenzaron a desarrollarse a mediados de los años 70 cuando se descubrieron los micoherbicidas (CONACYT, 2022), dos de los primeros bioherbicidas que fueron registrados fueron Devine<sup>®</sup> y Collego<sup>®</sup>. Devine<sup>®</sup> se utilizó *Phytophthora palmivora* un hongo parásito facultativo para combatir *Morreniaodorata* en citrus y Collego<sup>®</sup> utilizó al hongo *Coletotrichum gloeosporioides* que es un parásito facultativo para combatir *Aeschynome virginica* en arroz y soya (Kogan, 1992). También en 1950 se desarrolló por los rusos un bioherbicida para controlar las especies de *Cuscuta* a base de esporas de *Alternaria cuscutacidae* (Roberts *et al.*, 2022).

Martínez *et al.* (2022), evaluaron un extracto como bioherbicida a base de semillas de *Campomanesia lineatifolia* para combatir *Sonchus oleraceus* L., que es una maleza persistente en algunos cultivos hortícolas. Se evaluó sobre la germinación aplicando extracto etanólico de *C. lineatifolia* cada tercer día y en otro experimento se adicionó el extracto en la siembra y en ambos se aplicó de forma foliar en las plantas. El extracto inhibió la germinación de las semillas de la maleza resultando efectivo con la única desventaja de que en la aplicación foliar causó necrosis y clorosis en las plantas sin llegar a su muerte.

Flores-Macías *et al.* (2022), realizaron un estudio para explorar el potencial del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* en la germinación e inhibición de crecimiento radicular de malezas resistentes a herbicidas como *Avena fatua*, *Amaranthus hybridus* y *Lactuca sativa*. Se comparó su actividad fitotóxica con el glifosato y se observó que en algunas concentraciones fue la misma fitotoxicidad. Con estos resultados se demostró que este aceite esencial puede ser utilizado como un bioherbicida en malezas resistentes.

Ávila *et al.* (2023), en su estudio determinó el efecto de inhibición de los extractos de *M. brownei* y *V. dentata* sobre la germinación de *Raphanus sativus* y *Senna uniflora* y se

demostró que el extracto de *M. brownei* aplicado a dosis de 0.5% suprimieron la germinación de *S. uniflora* al 100%. Ambos extractos inhibieron las semillas de *S. uniflora*. De acuerdo a los resultados que se obtuvieron se determinó que el extracto *V. dentata* tiene un efecto fuerte alelopático sobre *S. uniflora* por lo que se puede aplicar como bioherbicida en cultivos tropicales.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del Área Experimental**

El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el experimento se llevó a cabo en el área conocida como “El Bajío” ubicado en los terrenos del campo experimental, en la localidad de Buenavista, municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, México, en las coordenadas 25° 22' N y 101° 00' O a 1,760 m sobre el nivel del mar. En el área se estableció el cultivo de calabacita y se hizo la aplicación del prototipo de un bioherbicida a base de extractos vegetales polifenólicos en prueba. También se trabajó en el Laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología, de la misma Universidad, donde se realizó la toma de algunas variables que no fueron posible determinar en campo.

#### **3.2 Diseño y Descripción del Experimento**

El experimento se estableció bajo un diseño de parcelas divididas, debido a que se evaluó el bioherbicida en cuatro cultivos (maíz, frijol, chile y calabaza), en dos momentos de aplicación que fueron PRE y POST, tanto para la maleza como para los cultivos, sin embargo, para ajuste en esta investigación, se consideró solo para el cultivo de calabacita, por lo que el experimento se dividió y se omite la descripción de las parcelas divididas.

Por tanto, para fines de esta investigación, se establecieron dos experimentos uno para PRE y otro para POST, consideradas las dos formas de aplicación de herbicidas para la maleza y el cultivo; analizados bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro bloques y seis tratamientos (tomados del experimento de parcelas divididas; Figura 1). La parcela experimental, por tratamiento y repetición, estaba conformada por cuatro surcos, cada uno con una longitud de 2.50 m y una distancia de 0.8 m entre surco y surco (8.0 m<sup>2</sup>). Se dejaron calles de 0.50 m entre cada bloque y tratamientos. Para las evaluaciones se consideraron los dos surcos centrales, para disminuir los efectos de traslape y deriva de los tratamientos, como unidad experimental, donde se llevaron a cabo tres muestreos, cada uno se realizó con el apoyo de cuadros de madera de 0.50 x 0.50 m (0.25 m<sup>2</sup>).



**Figura 1.** Distribución de los tratamientos en los experimentos tanto para preemergencia como postemergencia (maleza-cultivo), bajo un diseño de bloques al azar, para evaluar la efectividad en el control de la maleza, mediante el uso de un bioherbicida a base de extractos polifenólicos.

### 3.3 Descripción de los Tratamientos

Se aplicaron seis tratamientos que consistieron en 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 L·ha<sup>-1</sup> del bioherbicida, un testigo absoluto sin aplicación y un testigo químico a la dosis indicada en la etiqueta del producto por Ha, para cada experimento, tanto PRE (Metribuzina ) como POST (Glifosato).

Las aplicaciones para cada tratamiento se realizaron con mochila eléctrica de aspersión, de la marca “Oaklan”, a un volumen de agua de 400 L·ha<sup>-1</sup>. Previo a las aplicaciones se realizó una calibración del equipo de aspersión, para determinar el volumen de agua a aplicar en los tratamientos con el bioherbicida, ajustando los cálculos a las dosis especificadas anteriormente.

En cada uno de los tratamientos con el bioherbicida, se realizaron dos aplicaciones del producto. En PRE las aplicaciones se realizaron cinco días previos a la siembra del cultivo y en el momento de la siembra y en POST, cuando la maleza y el cultivo tenían 5.0 y 15.0 cm de altura. Los tratamientos químicos se aplicaron solo una vez, según las indicaciones de la etiqueta.

El bioherbicida prototipo utilizado en esta investigación, constituye un producto elaborado mediante extractos polifenólicos obtenidos de gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.), hojasén *Flourensia cernua* (DC.) y potencializado a base de extractos de ruezno de nogal *Carya ilinoensis* (Koch) y eucalipto *Eucalyptus erythrocorys* (L.), los cuales desempeñan un papel fundamental en su formulación y como una alternativa biorracional en el manejo de la maleza en este cultivo. El producto fue desarrollado y proporcionado por el grupo de trabajo del Dr. Raúl Rodríguez Herrera profesor investigador de la Universidad Autónoma de Coahuila como alternativa al control químico y con financiamiento del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).

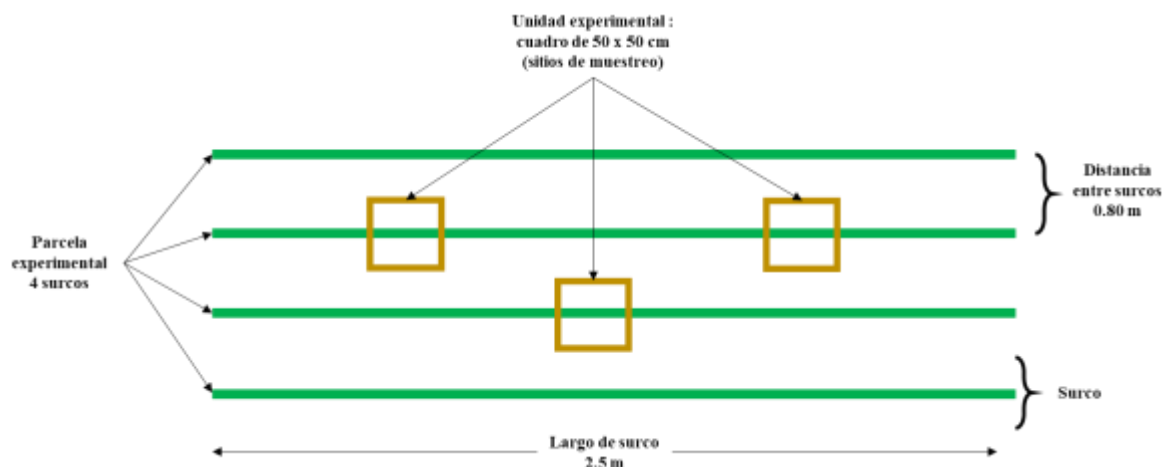
Para los testigos químicos, en PRE se utilizó el herbicida con el ingrediente activo metribuzina (Sencor® Liquid) y para el experimento de POST se utilizó glifosato (Glyphos® Solución acuosa). La metribuzina, es un herbicida selectivo diseñado para el control de maleza anuales tanto monocotiledóneas, como dicotiledóneas. Este herbicida se utiliza en fases de PRE o POST temprana, siendo aplicado en diversos cultivos, varios de ellos hortícolas. Por otro lado, el glifosato es un herbicida sistémico, no selectivo diseñado para el control POST de malezas anuales y perennes. Los herbicidas químicos fueron aplicados según las recomendaciones de las casas comerciales y sus etiquetas.

### **3.4 Descripción de Variables**

**Diagnóstico de la maleza:** se realizó un diagnóstico de la maleza presente en el terreno, previó al establecimiento de los experimentos tanto dentro de los lotes experimentales como de la periferia, identificando las especies predominantes y posteriormente en las parcelas testigo se identificaron las especies presentes en los experimentos.

**Diversidad y abundancia de familias de maleza:** a los 45 días después de la segunda aplicación (dds) del bioherbicida, se realizó un muestreo destructivo, en el que se arrancaron todas las plantas que se encontraron dentro del cuadro de madera de 0.25 m<sup>2</sup>, en los tres submuestreos considerados como unidad experimental (Figura 2), en cada tratamiento y

repetición. Cada submuestreo se recolecto en bolsas de papel estroza y se trasladaron al Laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología, donde se realizó el conteo de individuos y la determinación a nivel familia y especie. Se elaboró un listado detallado de las familias que interactuaron con el cultivo y por tratamiento, basado en sus características morfológica y taxonómicas de la maleza, y con apoyo de bases de datos, libros y claves de identificación (Villarreal, 1983; CONABIO, 2012).



**Figura 2** Esquema de la parcela experimental y unidad experimental, consideradas para evaluar el número de plantas maleza presentes por tratamiento y repetición, como variable en la efectividad de un bioherbicida a base de extractos polifenólicos.

**Número de plantas:** se realizó, a través de tres muestreos mediante el apoyo de cuadros de madera de 0.50 x 0.50 m como unidad experimental en los dos surcos centrales (Figura 2), la toma de datos se llevó a cabo a los 10 y 20 ddsa, estos parámetros se consideraron para cada uno de los tratamientos y repeticiones del experimento que se estableció en PRE. Esta medida corresponde a la abundancia total de la maleza que emergió y se estableció en campo después de haber aplicado los tratamientos al suelo y que posteriormente interfirió en el crecimiento y desarrollo del cultivo; por lo que consistió en el registro del número de plantas presentes en cada unidad experimental, el valor se separó por número de individuos de maleza de hoja ancha y por hoja angosta. Posteriormente, se realizó el conteo total de individuos y se obtuvieron promedios, los cuales fueron registrados tanto en el libro de campo como en una base de datos electrónica, por muestreo, tratamiento y repetición.

**Cobertura (%):** esta variable se evaluó en porcentaje y se consideró solo en el experimento de POST, se realizó a través de dos muestreos mediante el apoyo de cuadros de madera de 0.50 x 0.50 m como unidad experimental en los dos surcos centrales (Figura 2), la toma de datos se llevó a cabo a los 10 y 20 ddsa. Se consideró por tanto el cubrimiento que presenta la unidad experimental por la materia vegetal de la maleza que cubrió el suelo en un rango de 0 a 100%, donde el valor más bajo corresponde a ninguna planta establecida en el área muestreada y el valor más alto, a la superficie del suelo cubierta en su totalidad por plantas. Esta medida correspondió al efecto que tuvieron los tratamientos sobre las plantas ya establecidas en campo y que ya se encontraban interfiriendo en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

**Porcentaje de daño (%):** se evaluó el porcentaje de daño a la maleza utilizando la escala de la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS, por sus siglas en inglés), para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas (Cuadro 1). 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 del herbicida. La distinción entre clases en este rango aceptable implicó que el observador no pueda discernir diferencias inferiores a dos puntos porcentuales (Tasistro, 2000).

**Cuadro 1.** Escala logarítmica determinada y propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de la maleza y fitotoxicidad del cultivo causado por herbicidas.

| 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                                       |

Esta variable se determinó, tanto en la maleza como en el cultivo de la calabacita a los 10 y 20 ddsa.

**Peso fresco (g):** el peso fresco se tomó a los 45 ddsa, en maleza como en cultivo, se obtuvo del muestro destructivo tomado para obtener la variable de diversidad y abundancia de familias de maleza descrita anteriormente; por lo que, una vez obtenidos los datos para esa variable, el material vegetal de la maleza y el cultivo, se pesaron de forma independiente en una báscula de la marca, L-EQ series el peso se registró en gramos (g).

**Peso seco (g):** una vez obtenido el peso fresco de las muestras de maleza y cultivo, estas se sometieron a secar en una estufa de secado de la marca Felisa modelo 143, a 100° C por 48 horas, una vez pasado este proceso, se sacaron las muestras y se volvieron a pesar para obtener el valor del peso de la materia seca, la cual se registró en gramos (g) por unidad experimental.

**Biomasa (g·m<sup>-2</sup>):** esta variable se calculó con la finalidad de evaluar la capacidad de acumulación de materia seca por unidad de superficie, por lo tanto, se obtuvo a través del valor del peso seco, en maleza como en cultivo, empleando la fórmula:

$$\text{Biomasa (g}\cdot\text{m}^{-2}) = \text{Masa de los organismos}\cdot\text{Superficie}^{-1}$$

**Capacidad de absorción de agua (mL):** se calculó la cantidad de agua contenida en los tejidos vegetales de las plantas de maleza y de cultivo, por tratamiento este valor reflejó la capacidad que tuvieron las plantas para absorber agua y contenerla en su estructura, el cálculo se realizó usando la siguiente formula:

$$\text{Contenido de agua (mL)} = \text{Peso fresco} - \text{Peso seco}$$

Considerando la densidad de agua de 1.0 g·mL<sup>-1</sup>

### 3.5 Análisis Estadístico



Los dos datos obtenidos en los dos experimentos (PRE y POST), fueron analizados en forma individual bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, por lo que se llevó a cabo un análisis de varianza y se ejecutó una comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). sobre los tratamientos y las variables en cuestión. Los análisis se realizaron con el apoyo del paquete estadístico computacional de SAS (SAS Institute, 2002). También se realizó un análisis descriptivo representado por gráficos para explicar la respuesta de las variables que no presentaron diferencias significativas.

Para verificar los supuestos que exige la técnica estadística para el análisis de varianza y normalizar los datos, así como para evitar la incidencia de valores atípicos, se transformaron aquellas variables obtenidas en número dígitos que indicaban conteos y las que estaban expresadas en valores porcentuales, que no se ajustaban a una curva de normalidad, con la finalidad de que los valores no se alejen de manera considerable de la media y desviación estándar. Las fórmulas empleadas, se describen en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Formulas empleadas en la transformación de datos de los valores de las variables que no cumplen con los supuestos de normalidad para el análisis de varianza.

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

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

### 3.6 Condiciones Edafoclimáticas

El Departamento de Agrometeorología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro proporcionó datos climatológicos desde el establecimiento del cultivo, durante el desarrollo del experimento y hasta su término, con la finalidad de considerar aspectos abióticos que interfirieran en la respuesta de los tratamientos en la localidad, entre los datos de interés fueron temperaturas, máximas, mínimas y promedio, así como humedad relativa y precipitación.

También se tomaron muestras del suelo, previas al establecimiento y al concluir el experimento, esto para realizar un análisis de suelo, los muestreos fueron en cinco de oros, se extrajo un kilogramo de suelo de cada punto, una vez teniendo todas las muestras estas se homogenizaron y se separó un kilogramo para ser enviado al laboratorio Fertilab®, de esta forma se conocieron los componentes las características del suelo, y con ello se pudo ajustar el esquema de fertilización para el cultivo y se evitó tener confusiones provocadas por deficiencias o toxicidades de algunos factores o elementos del suelo que se reflejaran en el cultivo y maleza y evitar que se confundieran con efectos por fitotoxicidad de los productos aplicados en los tratamientos. Al finalizar el experimento, las muestras de suelo fueron obtenidas de las parcelas con los tratamientos con las dosis más altas ( $12 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), para determinar si hubo residualidad del bioherbicida después de 20 días en el suelo. Estas muestras se enviaron al Dr. Raúl Rodríguez Herrera en la UAdeC, donde fueron procesadas.

### **3.7 Establecimiento del Experimento**

#### **3.7.1 Preparación del terreno**

El terreno se preparó para el establecimiento del cultivo, por medio de una rastra de discos, jalada por un tractor, con la finalidad de aflojar la tierra endurecida y esto se realizó solo con dos pasadas del equipo en el terreno, una vez rastreado, el terreno se surco a una distancia de 0.80 m entre surco y surco, posteriormente se despedró con el fin de que las piedras no interfirieran con el cultivo y los datos a evaluar. Una vez listo el terreno, se procedió a instalar el sistema de riego.

#### **3.7.2 Riego**

Para la implementación del riego, se empleó un sistema por goteo, se utilizaron cintillas dispuestas a lo largo del surco, con una separación de 0.80 m entre cada surco, y a una distancia de 0.20 m entre gotero, la cintilla utilizada fue de la marca AQUA-TRAXX Azul, de 5/8 (16mm) 6 mil (015 mm).

Los riegos se realizaron diario o según las necesidades del cultivo y conforme a las condiciones de humedad tanto del suelo como del entorno. Se dio un riego pesado cinco días antes de la siembra y al momento de la siembra, en los tratamientos en PRE. Para POST, fue la misma dinámica en cuanto a los riegos; el primer riego se llevó a cabo un día antes de la siembra y previó a la aplicación de los tratamientos, es decir, cuando la maleza y el cultivo tuvieron 5.0 y 15.0 cm de altura, también se dieron riegos pesados.

### **3.7.3 Siembra**

La siembra del cultivo se llevó a cabo de forma manual y consistió en plantar dos semillas por golpe (para asegurar la emergencia de al menos una plántula) a una profundidad de 3 a 5 cm en suelo húmedo, ubicándolas en el centro del surco, por debajo de la cintilla de riego. Se mantuvo una distancia de 0.40 m entre cada planta y de 0.80 m entre surcos. La densidad de siembra fue de 31,250 plantas·ha<sup>-1</sup>.

### **3.7.4 Fertilización**

Primero, se realizó un análisis de fertilidad del suelo para determinar los niveles existentes de nutrientes y ajustar las aplicaciones de fertilizantes según las necesidades del cultivo. Las cantidades de fertilizante mineral recomendadas en el cultivo de la calabacita varían de región en región, por los diferentes tipos de suelo y calidad del agua, se sugiere una dosis de fertilización que oscila entre 200-225 Kg de N, 100-125 Kg de P y 250-300 Kg de K, por lo que los resultados del análisis proporcionaron las siguientes recomendaciones de nutrientes a aplicar, expresadas como porcentajes de la dosis completa requerida: nitrógeno (N) 70%, fósforo (P) 60%, potasio (K) 85%, magnesio (Mg) 85% y calcio (Ca) 85%.

Con base al análisis de suelo, se estableció un programa de fertilización que incorporó sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), fosfonitrato (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y fosfato monoamónico (MAP: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) para proporcionar los nutrientes esenciales a la calabacita. Las dosis ajustadas de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio aseguran un balance óptimo de nutrientes para apoyar el crecimiento saludable del cultivo, maximizar el rendimiento y mejorar la calidad de los frutos, por lo que se consideró para contrarrestar efectos que pudieran confundirse con daños

fitotóxicos por los tratamientos y asegurar la competitividad del cultivo con respecto a la maleza. Este enfoque holístico y basado en el análisis del suelo garantiza que las necesidades específicas del cultivo se satisfagan de manera eficiente y sostenible.

### **3.7.5 Control de plagas y enfermedades**

En cuanto al control de plagas y enfermedades, solo en los primeros días cuando la plántula tenía de 3 a 5 hojas verdaderas se aplicó un insecticida repelente a base de Neem y ajo, posteriormente en el cultivo ya no se presentaron plagas y/o enfermedades, por lo que, durante el periodo de evaluación de los tratamientos, no se efectuó ningún manejo al respecto. Además, por la alta incidencia de maleza en algunos tratamientos se dificultó realizar alguna aplicación con agroquímicos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diagnóstico de la Diversidad de Maleza

Como parte del diagnóstico sobre la predominancia de maleza en la parcela experimental previo al establecimiento del experimento, realizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, dentro de los campos de la UAAAN, se determinaron 12 familias taxonómicas, en las que destacaron principalmente: Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fumareaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Poaceae, Papaveraceae y Solanaceae; con 32 especies en total agrupadas por todas las familias, cabe destacar que no se realizó conteo de individuos, solo se determinaron las familias y especies predominantes, resultado de recorridos zonales en la periferia del terreno y dentro de la parcela antes de establecer los experimentos, así como de la predominancia del banco de semillas y esta diversidad de familias y especies fue representativa del ciclo P-V 2023 (Figura 3).



**Figura 3.** Representación de los recorridos zonales en la determinación de la diversidad de maleza presente en el lote experimental.

Por tanto, en los muestreos y recorridos zonales para determinar la maleza, se encontró que el 80% de las poblaciones de maleza correspondieron a la familia Asteraceae, entre las especies presentes se encontraron: *Ambrosia spp.*, *Artemisia abrotanum*, *Bidens spp.*, *Bidens subalternas*, *Conyza bonariensis*, *Helianthus annus L.*, *Helianthus laciniatus*, *Titonia*

*tubaeformis* y *Verbesina encelioides*, siendo estas tres últimas las más abundantes o de mayor densidad. Entre las especies de Chenopodiaceae, se encontró, *Chenopodium álbum*, *Chenopodium berlandieri* y *Chenopodium murale*, así como *Salsola tragus*, *Salsola iberica*. Entre las Poaceae, destacaron: *Bromus unioloides*, *Setaria adhaerens* y *Setaria geniculata*.

De la familia Solanaceae se presentaron especies como: *Datura quercifolia*, *Physalis chenopodifolia*, *Solanum elaeagnifolium* y *Solanum rostratum*. La familia Solanaceae es una de las más extensas entre las angiospermas, con 96 géneros y aproximadamente 2,300 especies distribuidas casi universalmente en todo el mundo. A lo largo de la historia, esta familia ha tenido un impacto significativo en diversos aspectos de la vida humana, incluyendo aspectos culturales, sociales, económicos y políticos. En la actualidad, varias especies domesticadas de Solanaceae desempeñan un papel crucial en la alimentación global al ser fuentes importantes de nutrientes, vitaminas y minerales. De hecho, tanto la papa como el tomate son considerados actualmente como dos de los vegetales más relevantes en los mercados a nivel mundial, sin embargo, hay especies que son consideradas como malezas de importancia económica (Long, 2001).

Entre las especies de Convolvulaceae, se pudieron determinar a *Convolvulus arvensis* e *Ipomoea purpurea*. Y de la familia Amaranthaceae se puede verificar la presencia de: *Amaranthus hybridus* y *Amaranthus palmeri*. Stefanović *et al.*, (2003), indican que la familia Convolvulaceae, está ampliamente distribuida a nivel global, presenta una gran variedad de características morfológicas y hábitats ecológicos, y en la actualidad se encuentran delimitadas en doce tribus distintas. Lewis & Oliver (1965), indican que *Convolvulus arvensis* L., conocida comúnmente como correhuela, es ampliamente reconocida como una de las malezas más problemáticas para agricultores y horticultores a nivel mundial, contando con al menos 84 nombres comunes. Mientras que la familia Amaranthaceae es originaria de África y América tropical se puede encontrar en trópicos, subtrópicos y regiones más templadas. Tiene 800 especies y dentro de ellas tiene en su mayoría hierbas, pero también incluye arbustos, árboles y enredaderas (Basu *et al.*, 2014). Las malezas más recurrentes de esta familia pertenecen al género *Amaranthus* y dentro de

las especies más comunes encontramos a *Amaranthus rudis*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus* (Vencill et al., 2008).

Otras familias de maleza que se encontraron dentro y en la periferia del lote experimental con menor representatividad, es decir que solo presentaron una especie, fueron: Onagraceae, (*Gaura sp.*), Papaveraceae (*Argemone echinata*), Fumariaceae (*Fumaria parviflora*), Lamiaceae (*Salvia reflexa*) y Euphorbiaceae (*Euphorbia dentata*).

Martínez-Gordillo *et al.* (2013) mencionan que, en México, la familia Lamiaceae presenta una gran diversidad y está ampliamente distribuida, especialmente en las zonas templadas. Sin embargo, también es posible encontrar géneros como *Hyptis* y *Asterohyptis* que se adaptan a ambientes más secos y cálidos. Dentro del ámbito de las plantas medicinales, la familia Lamiaceae se distingue por ser la sexta en cuanto a número de plantas aromáticas y una de las más numerosas dentro de las dicotiledóneas (Flores-Villa *et al.*, 2020).

Martínez López (2019) menciona que la familia Malvaceae comprende un conjunto de plantas integradas en el orden Malvales, con relevancia en ámbitos agrícolas, ornamentales, medicinales y como malezas. Varias especies de malváceas en México tienen importancia económica y medicinal. Entre las malváceas de relevancia económica se incluyen el algodónero (*Gossypium hirsutum* L.), la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), la okra (*Abelmoschus esculentus* L.), el cacao (*Theobroma cacao* L.), la ceiba (*Ceiba pentandra* L.), el hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis* L.), el falso hibisco (*Malvaviscus penduliflorus* DC.), el palo de agua (*Pachira aquatica* Aubl.) y la malva real (*Alcea rosea* L.).

En varios sistemas taxonómicos, la familia Fumariaceae se han clasificado anteriormente como la subfamilia Fumarioideae dentro de la familia Papaveraceae. También se les ha relacionado de manera natural y cercana con la familia Resedaceae. Ambas familias han sido consistentemente agrupadas en el orden Papaverales, el cual se encuentra próximo a las Ranunculales (Novara, 2007).

#### 4.1.1 Diversidad y abundancia de familias de maleza total

En el presente estudio de investigación, se llevó a cabo el muestreo de un total de 5270 plantas de maleza que representa la información contenida entre todos los tratamientos y repeticiones, de este total de individuos 2587 se tuvieron en PRE y 2683 en POST, en el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre estos valores. En cuanto a representatividad por familias, se obtuvieron valores similares a los que se determinaron en el diagnóstico con 12 familias muestreadas de las cuales en el que predominaron las especies de la familia Asteraceae con 2164 individuos tanto en PRE, como en POST, seguido de las Euphorbiaceae con 1271 individuos, Poaceae (885), Lamiaceae (525), Amaranthaceae (204), Fumareaceae (64), Malvaceae (45), Oxalidaceae (40), Convolvulaceae (32), Solanaceae (23), Onagraceae (11) y Brassicaceae (6) (Cuadro 3).

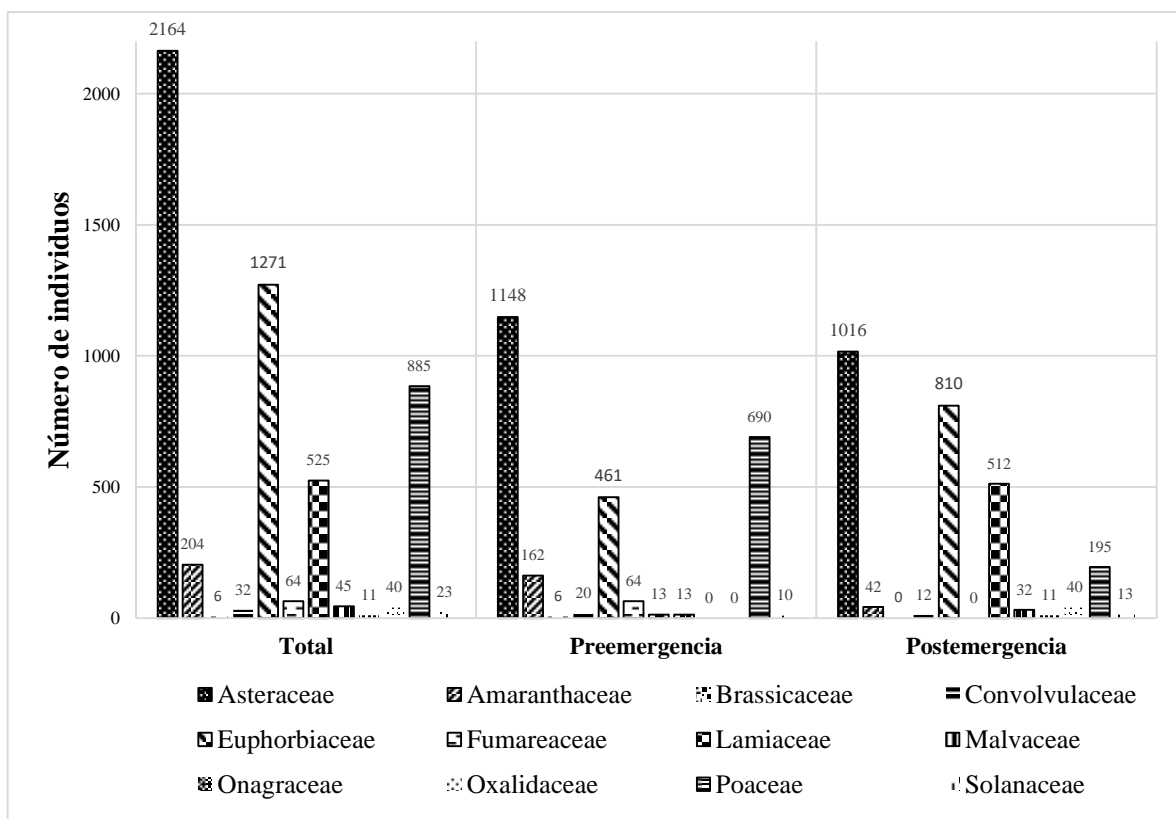
**Cuadro 3.** Representatividad de la diversidad de familias y especies de maleza que interaccionó en el cultivo de calabacita, tanto en preemergencia como postemergencia, al probar un bioherbicida a base de extractos polifenólicos para su control (P-V 2023).

| Familia                      | Total | Preemergencia     |       |          | Postemergencia    |       |          |
|------------------------------|-------|-------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|
|                              |       | No. De individuos | %     | Especies | No. De individuos | %     | Especies |
| Asteraceae                   | 2164  | 1148              | 21.78 | 3        | 1016              | 19.28 | 4        |
| Amaranthaceae                | 204   | 162               | 3.07  | 2        | 42                | 0.80  | 2        |
| Brassicaceae                 | 6     | 6                 | 0.11  | 1        | 0                 | 0.00  | 0        |
| Convolvulaceae               | 32    | 20                | 0.38  | 1        | 12                | 0.23  | 1        |
| Euphorbiaceae                | 1271  | 461               | 8.75  | 1        | 810               | 15.37 | 1        |
| Fumareaceae                  | 64    | 64                | 1.21  | 1        | 0                 | 0.00  | 0        |
| Lamiaceae                    | 525   | 13                | 0.25  | 1        | 512               | 9.72  | 1        |
| Malvaceae                    | 45    | 13                | 0.25  | 1        | 32                | 0.61  | 2        |
| Onagraceae                   | 11    | 0                 | 0.00  | 0        | 11                | 0.21  | 1        |
| Oxalidaceae                  | 40    | 0                 | 0.00  | 0        | 40                | 0.76  | 1        |
| Poaceae                      | 885   | 690               | 13.09 | 2        | 195               | 3.70  | 2        |
| Solanaceae                   | 23    | 10                | 0.19  | 1        | 13                | 0.25  | 2        |
| Total de familias y especies | 12    | 10                | 0.19  | 14       | 10                | 0.19  | 17       |
| Total de individuos          | 5270  | 2587              | 49.09 |          | 2683              | 50.91 |          |

Ambos experimentos tanto el de PRE como el de POST tuvieron la misma representatividad de familias con 10 taxas; sin embargo, no fueron las mismas, en PRE no se encontraron las familias Onagraceae y Oxalidaceae, mientras que en POST no se muestrearon Brassicaceae



y Fumareaceae, por otro lado, en cuanto al número de especies PRE presentó tres especies menos en los muestreos (14 especies agrupadas de todas las familias), mientras que en POST el valor fue más alto (17), esta diferencia fue reportada en Asteraceae, Malvaceae y Solanaceae. La familia que representó el mayor porcentaje de representatividad en los dos experimentos fue Asteraceae y Poaceae, con 21.78 y 19.28 %, respectivamente, seguidas de Poaceae con 13.09% muestreada en PRE y Euphorbiaceae con 15.37%, en POST, el resto de las familias no supero el 10% de representatividad (Cuadro 3 y Figura 4).



**Figura 4.** Diversidad de familias y abundancia de individuos de maleza que interaccionó en el cultivo de calabacita. Tanto en preemergencia como postemergencia, al probar un bioherbicida a base de extractos polifenólicos para su control (P-V 2023).

Pérez *et al.* (2022) mencionan que la maleza de la familia Asteraceae es de las más diversa de plantas en el mundo incluyendo 1600 géneros y 25000 especies, tienen una gran distribución, pero más comúnmente se encuentran en zonas áridas y semiáridas. En México es la familia más grande de flora, esto es debido a que se adapta a distintas condiciones y en muchas ocasiones se presenta como maleza, por su variabilidad fenotípica y genotípica; también, varias especies producen metabolitos secundarios que utiliza como protección ante

competidores o depredadores (Villaseñor, 2018). De las especies que existen en México muchas se han utilizado para la medicina tradicional por propiedades hipoglucemiantes, antifúngicas, antimicrobianas, entre otras (Pérez *et al.*, 2022). De las 3137 especies sinantrópicas reportadas en México 571 pertenecen a la familia Asteraceae (Villaseñor *et al.*, 2012).

#### 4.1.2 Diversidad y abundancia de familias de maleza por tratamiento

Para la determinación de las familias y las especies de maleza presentes en los experimentos para cada tratamiento, la evaluación se realizó a los 45 dds, y se realizaron en cuadros de madera de 0.50 x 0.50 m (tres submuestras), por cada tratamiento y repetición; en este sentido se encontró que en el experimento de preemergencia los tratamientos a 3.0, 6.0 y 9.0 L·ha<sup>-1</sup>, aplicados con el bioherbicida a base de extractos polifenólicos, superaron en la cantidad de maleza por m<sup>2</sup>, al tratamiento testigo (58.9, 55.5 y 9.0 %, respectivamente) e incluso a la media de todo el experimento (143.7 plantas·m<sup>-2</sup>). Por otro lado, el tratamiento con el control químico (metribuzina), resultó ser eficiente en los primeros días de establecimiento del cultivo, ya que a los 45 dds, se tuvo una incidencia de maleza de 33.7 plantas·m<sup>-2</sup> (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Abundancia y diversidad de la maleza por tratamiento, en preemergencia y postemergencia muestreada a los 45 días después de la segunda aplicación (plantas·m<sup>-2</sup>), en el cultivo de la calabacita en el ciclo de producción P-V 2023.

| Tratamientos           | Preemergente<br>(plantas·m <sup>-2</sup> ) |            |            | Postemergente<br>(plantas·m <sup>-2</sup> ) |            |            |     |
|------------------------|--------------------------------------------|------------|------------|---------------------------------------------|------------|------------|-----|
|                        | Maleza                                     | Especies   | Cultivo    | Maleza                                      | Especies   | Cultivo    |     |
| Testigo sin aplicación | 135.7                                      | 3.3        | 1.3        | 152.7                                       | 4.7        | 0.3        |     |
| Bioherbicida           | 3 L·ha <sup>-1</sup>                       | 215.7      | 3.3        | 2.7                                         | 175.7      | 3.3        | 0   |
|                        | 6 L·ha <sup>-1</sup>                       | 211.0      | 3.0        | 3.0                                         | 137.7      | 3.7        | 0   |
|                        | 9 L·ha <sup>-1</sup>                       | 148.3      | 3.3        | 2.3                                         | 205.0      | 3.0        | 0.3 |
|                        | 12 L·ha <sup>-1</sup>                      | 118.0      | 3.0        | 3.0                                         | 166.0      | 2.7        | 1   |
| Testigo químico        | 33.7                                       | 2          | 1.67       | 57.3                                        | 3.0        | 0          |     |
| <b>Promedio</b>        | <b>143.7</b>                               | <b>3.0</b> | <b>2.3</b> | <b>149.1</b>                                | <b>3.4</b> | <b>0.3</b> |     |

En el caso del experimento de POST, se encontró que a los 45 ddsa la abundancia de la maleza fue alta para los tratamientos con el bioherbicida y el testigo sin aplicación comparada la media obtenida en este experimento que fue de  $149.1 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ , excepto el tratamiento a  $6.0 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; pero todos superiores al tratamiento químico (glifosato). Al comparar los valores del tratamiento químico en los dos experimentos, la incidencia de la maleza fue superior en POST ( $57.3 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ ) que en PRE. Por lo que se puede constatar que las aplicaciones con glifosato deben ser combinadas con otras estrategias de control, para proteger al cultivo durante el periodo crítico de competencia de este que se encuentra entre los 10 a 40 días después de la emergencia de las plántulas de calabacita (Cuadro 4).

Domínguez-Morales (2018) menciona que la maleza en la agricultura es responsable de pérdidas significativas a nivel global, reduciendo los rendimientos de numerosos cultivos. Estas plantas muestran una notable plasticidad ecológica y capacidad de adaptación a condiciones desfavorables que los cultivos de valor económico no pueden tolerar.

Es importante destacar el efecto que tuvo el momento de aplicación de los tratamientos y la incidencia de la maleza sobre el cultivo, porque en PRE se pudo observar mayor número de  $\text{plantas} \cdot \text{m}^{-2}$  del cultivo que en el caso de POST donde en algunos tratamientos, no se lograron plantas vivas a los 45 ddsa y esto puede deberse a la competencia interespecífica que se presentó por la incidencia de maleza después de establecido el cultivo y que no se controló adecuadamente por los tratamientos, así mismo, la aplicación del glifosato en POST también mostro claro efecto sobre el cultivo de calabacita (Cuadro 4).

Con respecto a la diversidad de especies de maleza, el tratamiento testigo sin aplicación en POST mostró mayor diversidad de especies de maleza presente a los 45 ddsa, pero esto no refleja especificidad de que alguno de los tratamientos afectara algún tipo de maleza, es decir alguna(s) especie(s), ya que esta diversidad se presentó en todos los tratamientos, de forma aleatoria durante los muestreos (Cuadro 4 y 5).

**Cuadro 5.** Familias de maleza presentes por tratamiento, tanto para preemergencia como postemergencia, muestreada a los 45 días después de la segunda aplicación (plantas·m<sup>-2</sup>), en el cultivo de la calabacita en el ciclo de producción P-V 2023.

| Familia de maleza | Tratamientos*          |            |                      |            |                      |            |                      |            |                       |            |                 |           | Total      |
|-------------------|------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------|-----------|------------|
|                   | Testigo sin aplicación |            | Bioherbicida         |            |                      |            |                      |            |                       |            | Testigo químico |           |            |
|                   |                        |            | 3 L·ha <sup>-1</sup> |            | 6 L·ha <sup>-1</sup> |            | 9 L·ha <sup>-1</sup> |            | 12 L·ha <sup>-1</sup> |            |                 |           |            |
|                   | Pre                    | post       | pre                  | post       | Pre                  | post       | pre                  | Post       | pre                   | post       | pre             | post      |            |
| Asteraceae        | 52                     | 42         | 105                  | 65         | 107                  | 13         | 64                   | 99         | 47                    | 113        | 7               | 7         | <b>721</b> |
| Amaranthaceae     | 6                      | 2          | 13                   | 1          | 2                    | 0          | 10                   | 0          | 22                    | 0          | 0               | 11        | <b>68</b>  |
| Brassicaceae      | 0                      | 0          | 0                    | 0          | 0                    | 0          | 0                    | 0          | 1                     | 0          | 0               | 0         | <b>2</b>   |
| Convolvulaceae    | 0                      | 1          | 0                    | 1          | 3                    | 1          | 2                    | 1          | 1                     | 0          | 1               | 0         | <b>11</b>  |
| Euphorbiaceae     | 35                     | 50         | 61                   | 51         | 14                   | 67         | 10                   | 48         | 14                    | 24         | 20              | 31        | <b>424</b> |
| Fumareaceae       | 14                     | 0          | 1                    | 0          | 6                    | 0          | 0                    | 0          | 0                     | 0          | 0               | 0         | <b>21</b>  |
| Lamiaceae         | 0                      | 28         | 4                    | 42         | 0                    | 44         | 0                    | 36         | 0                     | 19         | 0               | 2         | <b>175</b> |
| Malvaceae         | 0                      | 5          | 0                    | 0          | 3                    | 5          | 1                    | 0          | 1                     | 0          | 0               | 1         | <b>15</b>  |
| Onagraceae        | 0                      | 1          | 0                    | 0          | 0                    | 2          | 0                    | 0          | 0                     | 0          | 0               | 1         | <b>4</b>   |
| Oxalidaceae       | 0                      | 13         | 0                    | 0          | 0                    | 0          | 0                    | 0          | 0                     | 0          | 0               | 0         | <b>13</b>  |
| Poaceae           | 26                     | 10         | 30                   | 15         | 75                   | 6          | 60                   | 20         | 32                    | 9          | 6               | 6         | <b>295</b> |
| Solanaceae        | 1                      | 1          | 1                    | 1          | 0                    | 1          | 1                    | 1          | 0                     | 1          | 0               | 0         | <b>8</b>   |
| <b>Total</b>      | <b>136</b>             | <b>153</b> | <b>216</b>           | <b>176</b> | <b>211</b>           | <b>138</b> | <b>148</b>           | <b>205</b> | <b>118</b>            | <b>166</b> | <b>34</b>       | <b>57</b> |            |

\*Los valores representan la media de tres muestreos por tratamiento y repetición, cada muestreo realizado con cuadros de 0.50 x 0.50 m (representación de la unidad experimental).

Los efectos del bioherbicida a los 45 dds sobre las familias de maleza, no fueron notorios, ya que la abundancia que estas presentaron en los dos experimentos por momento de aplicación es similar a la de los testigos e incluso se rebasa. Por otro lado, la aplicación de los tratamientos químicos (metribuzina para PRE y glifosato para POST), mantuvieron libre de maleza al cultivo de la calabacita en los primeros días de desarrollo, librando el periodo crítico de competencia (Cuadro 5). El análisis de los datos, presentados en el Cuadro 5, reveló y corroboró que la familia de maleza más abundante en el experimento fue Asteraceae, seguida por Euphorbiaceae y Poaceae. Este resultado sugiere que estas especies de maleza exhiben una capacidad de reproducción notablemente exitosa y que el bioherbicida tuvo un impacto nulo en comparación con otras familias de maleza que pueden ser sensibles y que no tuvieron alta densidad en el área estudiada (Cuadro 5).

La familia Euphorbiaceae pertenece a las más grandes en el mundo, ocupa el sexto lugar en diversidad y en esta investigación fue de las más abundantes. Esta familia se conforma de 320 géneros y dentro de ellos 8,700 especies, se encuentran mayormente distribuidas en

regiones tropicales y subtropicales y varias de sus especies representativas se encuentran en zonas templadas (Steinmann, 2002). En México encontramos 826 especies de esta familia, los estados con mayor diversidad de especies son Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Jalisco y Guerrero. En las regiones que se encuentran con mayor concentración son en matorrales y en selva baja caducifolia. Existen especies que actúan como maleza y han migrado a orillas de caminos y cercados (Gordillo et al., 2002).

La familia Poaceae tuvo presencia en todos los tratamientos y fue la tercera más abundante en los experimentos, después de Asteraceae y Euphorbiaceae. A esta familia de le conoce como gramíneas o pastos y tiene aproximadamente 11,000 especies en casi 800 géneros en todo el mundo. Estos pastos están adaptados a hábitats abiertos y se pueden encontrar en todas partes (Peterson, 2013). Habita en todos los continentes menos en la Antártida y está presente en todos los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. Es una familia antigua que actúa de forma importante en la alimentación, forraje, entre otros, pero a pesar de esto hay gramíneas que son malezas nocivas para especies cultivadas y silvestres (Sánchez, 2019).

## **4.2 Efecto de los Tratamientos sobre Maleza-Cultivo**

### **4.2.1 Experimento con aplicaciones preemergentes**

En el análisis de varianza para los parámetros que implican el impacto de los tratamientos sobre la maleza y el cultivo en el experimento de PRE, se encontró que hubo diferencias altamente significativas (confiabilidad del 99%;  $\alpha \leq 0.01$ ) en las variables número de plantas de hoja ancha a los 10 y 20 dds, hoja angosta y daño al cultivo a los 20 dds, mientras que se expresaron solo diferencias significativas con una confiabilidad del 95% ( $\alpha \leq 0.05$ ) en las variables número de plantas de hoja angosta y daño a la maleza evaluados a los 10 dds, y con una confiabilidad del 90% ( $\alpha \leq 0.10$ ) en el daño a la maleza obtenido a los 20 dds. Todas las variables de peso fresco, peso seco, contenido de humedad en tejidos y biomasa ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), tanto para maleza como para cultivo fueron no significativos, en todos los niveles de confiabilidad (99, 95 y 90 %).

En el caso de la variable daño al cultivo a los 10 ddsa no se presentó efecto por ninguno de los tratamientos aplicados, ya que se registraron en todos los casos valores de cero, por tanto, no se sometió a análisis estadístico.

Posterior al análisis de varianza, se procedió a realizar la comparación de medias con las variables que obtuvieron algún nivel de significancia, las cuales se expresan en el Cuadro 6, donde es posible apreciar que la metribuzina utilizada en el tratamiento químico para PRE, arrojó los valores con el menor número de plantas·m<sup>-2</sup>, tanto de hoja ancha como de hoja angosta y se puede apreciar que el efecto de este herbicida mejoró a los 20 ddsa, ya que se notó una reducción principalmente en la maleza de hoja ancha, mientras que la hoja angosta o pastos fueron mejor controlados con este producto, y esto se aprecia al comparar con los datos del testigo sin aplicación y con el valor de la media de cada variable. En este mismo sentido, fue notorio apreciar los daños de fitotoxicidad que provocó el herbicida a la maleza y el cultivo, en este último se expresó hasta los 20 ddsa.

**Cuadro 6.** Comparación de medias de las variables con diferencias significativas (Tukey; p=0.05) en el análisis de varianza, en parámetros referentes al impacto de los tratamientos aplicados en preemergencia, sobre la maleza y el cultivo de la calabacita.

| Tratamientos           | Variables             |              |              |              |                    |             |             |       |
|------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|-------|
|                        | Plantas de maleza*    |              |              |              | Porcentaje de daño |             |             |       |
|                        | Ancha                 |              | Angosta      |              | Maleza             |             | Cultivo     |       |
|                        | 10 ddsa               | 20 ddsa      | 10 ddsa      | 20 ddsa      | 10 ddsa            | 20 ddsa     | 20 ddsa     |       |
| Testigo sin aplicación | 137.25a               | 84.50a       | 24.25ab      | 32.75ab      | 0.0b               | 0.0b        | 0.0b        |       |
| Bioherbicida           | 3 L·ha <sup>-1</sup>  | 162.75a      | 110.00a      | 15.00ab      | 29.25b             | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b  |
|                        | 6 L·ha <sup>-1</sup>  | 126.75a      | 106.25a      | 39.50ab      | 52.00ab            | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b  |
|                        | 9 L·ha <sup>-1</sup>  | 76.50ab      | 91.75a       | 58.50a       | 84.50a             | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b  |
|                        | 12 L·ha <sup>-1</sup> | 86.25ab      | 77.75a       | 34.50a       | 43.75ab            | 0.5b        | 1.67b       | 0.82b |
| Testigo químico        | 19.75b                | 16.50b       | 2.5b         | 3.50b        | 37.93a             | 20.87a      | 45.42a      |       |
| <b>Media general</b>   | <b>101.58</b>         | <b>28.96</b> | <b>81.13</b> | <b>40.96</b> | <b>6.41</b>        | <b>3.76</b> | <b>7.71</b> |       |

\*Corresponde al número de plantas·m<sup>-2</sup>; ddsa: días después de la segunda aplicación. Valores que comparten la misma letra son estadísticamente iguales.

En el caso de los tratamientos aplicados con el bioherbicida a las diferentes dosis, ninguna variable presentó diferencias significativas con respecto a la media del tratamiento testigo (sin aplicación) y en algunos casos incluso el valor fue sobrepasado a éste. Los tratamientos a 9.0 y 12.0 L·ha<sup>-1</sup> del bioherbicida, mostraron una tendencia a disminuir en el número de plantas hasta en un 75% con respecto al valor más alto y al más bajo, por lo tanto, puede considerarse este un atributo por el efecto del bioherbicida. Otro aspecto que se pudo apreciar con respecto a los bioherbicidas en las variables de daño, específicamente en el tratamiento a 12.0 L·ha<sup>-1</sup>, es que expresó un porcentaje mínimo de fitotoxicidad (Cuadro 6), tanto en la maleza como en el cultivo, lo que da indicio que, sí se ajustará la formulación del prototipo, puede ser más notorio dicho efecto; el daño que se apreció fue un amarillamiento y pequeñas marcas necrosadas en las hojas de las plantas, aparentemente parecidos a efectos sistémicos y de contacto, pero sin llegar a la muerte de las planta.

#### **4.2.2 Experimento con aplicaciones postemergentes**

En el experimento analizado con el momento de aplicación de los tratamientos en POST, el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99% ( $\alpha \leq 0.01$ ) en las variables daño a la maleza, al cultivo a los 10 ddsa y cobertura a los 10 y 20 ddsa, mientras que las variables daño de maleza a los 20 ddsa ( $\alpha \leq 0.05$ ) y daño al cultivo a los 20 ddsa ( $\alpha \leq 0.10$ ), solo presentaron diferencias significativas con una confiabilidad del 95 y 90 %, respectivamente. El resto de las variables consideradas en este experimento, como peso fresco, peso seco, contenido de humedad en tejidos y biomasa (g·m<sup>-2</sup>), tanto para maleza como para cultivo no tuvieron diferencias estadísticas significativas, en todos los niveles de confiabilidad (99, 95 y 90 %).

Posterior al análisis de varianza, se procedió a realizar la comparación de medias con las variables que obtuvieron algún nivel de significancia estadística, en el experimento establecido en POST (Cuadro 7), en este análisis es posible apreciar que el glifosato utilizado en el tratamiento químico, fue el que presentó diferencias con respecto a los otros tratamientos, en todas las variables, con alto porcentaje de daño y fitotoxicidad en maleza y cultivo principalmente en los primeros 10 ddsa (70 y 25.75 %, respectivamente) y esto

disminuyo conforme fueron pasando los días por lo que a los 20 ddsa el estos valores redujeron en un 87.5 y 90.3 % en cuanto al daño en maleza y el efecto fitotóxico en el cultivo, respectivamente con un daño de 8.75 y 2.5 %, en cada caso. Se debe recordar que el glifosato es un herbicida sistémico, que se transloca en la planta vía floema hasta la raíz y que es total lo que indica que las plantas mueren rápido de 2 a 4 días, algunas hasta los siete días si es que son perennes, se hace mención de ello, ya que con la expresión del daño en las plantas este herbicida controló bien en los primeros días permitiendo al cultivo que se desarrollará adecuadamente durante el periodo crítico de competencia de este y que para los 20 ddsa, el efecto ya se había ejercido; por otro lado, Pengue *et al.* (2005) mencionan que el cultivo de la calabacita es muy sensible a los herbicidas, por la característica morfológica de la planta al contener mucha agua en sus tejidos, lo que facilita la movilidad del herbicida dentro de la planta, por lo que es probable que el herbicida a pesar de que la aplicación se realizó con la precauciones correspondientes evitando deriva y contacto del herbicida con el cultivo, si hubo afectación y varias plantas del cultivo murieron (Cuadro 4 y 7).

**Cuadro 7.** Comparación de medias de las variables con diferencias significativas (Tukey;  $p=0.05$ ) en el análisis de varianza, en parámetros referentes al impacto de los tratamientos aplicados en postemergencia, sobre la maleza y el cultivo de la calabacita.

| Tratamientos           | Variables             |             |             |             |                         |              |        |
|------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|--------|
|                        | Porcentaje de daño    |             |             |             | Porcentaje de cobertura |              |        |
|                        | Maleza                |             | Cultivo     |             | 10 ddsa                 | 20 ddsa      |        |
|                        | 10 ddsa               | 20 ddsa     | 10 ddsa     | 20 ddsa     | 10 ddsa                 | 20 ddsa      |        |
| Testigo sin aplicación | 0.0b                  | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b        | 100.0a                  | 92.50a       |        |
| Bioherbicida           | 3 L·ha <sup>-1</sup>  | 0.0b        | 0.0b        | 1.25b       | 0.0b                    | 100.0a       | 90.75a |
|                        | 6 L·ha <sup>-1</sup>  | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b        | 0.0b                    | 100.0a       | 95.0a  |
|                        | 9 L·ha <sup>-1</sup>  | 0.0b        | 0.0b        | 2.0b        | 2.50a                   | 100.0a       | 92.50a |
|                        | 12 L·ha <sup>-1</sup> | 0.0b        | 0.0b        | 0.75b       | 0.0b                    | 100.0a       | 87.25a |
| Testigo químico        | 70.0a                 | 8.75a       | 25.75a      | 2.50a       | 55.0b                   | 65.0b        |        |
| <b>Media general</b>   | <b>12</b>             | <b>1.46</b> | <b>5.17</b> | <b>0.83</b> | <b>6.41</b>             | <b>87.17</b> |        |

dds: días después de la segunda aplicación. Valores que comparten la misma letra son estadísticamente iguales.



En el caso de las variables de porcentaje de cobertura, también el tratamiento químico fue diferente al resto de los tratamientos, debido a que obtuvo el menor porcentaje de cobertura, lo que indica que hubo buen control de la maleza (Cuadro 7). Debido a que la calabaza es considerada un cultivo hortícola sensible al uso de herbicidas, se refleja que el control químico es eficaz en el control de maleza sabiendo emplear el producto y la forma adecuada de la aplicación, así como elegir el momento de aplicación óptimo, para prevenir la presencia de maleza en los primeros días de desarrollo. Al respecto, Montero-García (2024) menciona que el empleo de herbicidas como el glifosato y el clomazone han demostrado ser eficaces para mejorar el rendimiento de los cultivos de calabacita, también indica que el oxifluorfen logró aumentar de manera significativa la producción de pepino, que es otro cultivo de la misma familia que la calabacita (Cucurbitaceae) y que tiene la misma sensibilidad a los herbicidas.

En el caso de los tratamientos con el bioherbicida, éstos no expresaron daño ni a la maleza ni al cultivo y si la hubo alguno, como en el caso del daño al cultivo a los 10 y 20 ddsa, esta no fue diferente al testigo (sin aplicación); además que fue evidente que a los 10 ddsa, el porcentaje de cobertura de la materia vegetal sobre el terreno alcanzara el 100% igual que el testigo donde no se aplicó, lo que corrobora que no hubo efecto del prototipo de bioherbicida en ninguna de las dosis. A los 20 ddsa, se detectó una disminución en el porcentaje de cobertura para los tratamientos con el bioherbicida (Cuadro 7); sin embargo, esto no es un efecto de residualidad del bioherbicida o que el prototipo haya ejercido algún efecto retardado sobre las plantas y el cultivo favoreciendo su control, ya que ésta disminución también se presentó en el tratamiento testigo, por lo que esta respuesta se explica con las condiciones de clima que se presentaron en la zona, con un incremento en la temperatura, disminución de la humedad relativa y falta de disponibilidad de agua de riego (Anexo 7.3). Además, es un claro efecto de la competencia interespecifica por la diversidad de maleza, que incluso que a los 45 ddsa se homogenizó con la predominancia de especies algunas de las familias reportadas en este estudio, como: Asteraceae, Amaranthaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae y Poaceae (Cuadro 5), quienes ejercieron interferencia con el cultivo y presión de selección sobre otras malezas, lo que indica que estas familias cubren los requisitos de ser maleza altamente competitivas, alto potencial de dispersión, abundante y longevo banco de semillas y alta

persistencia a través del tiempo y el espacio; al respecto Martínez *et al.* (2012) mencionan que al momento de la siembra la maleza que se encuentren presente va a competir por humedad, luz, nutrientes y espacio lo que ocasionará afectar los rendimientos del cultivo, por otra parte, la maleza pueden tener un papel de hospederas de hongos, insectos, bacterias y nematodos lo que afecta negativamente al cultivo. Si la maleza presente llega a su etapa de floración y la de producción de semillas permanecerá en el suelo, la siembra que se hagan posteriormente tendrá problemas con las mismas especies de maleza, ya que estas se albergan en los suelos restituyendo el banco de semillas. Un ejemplo de una enfermedad que puede ser transmitida por la maleza a la calabaza, es el virus del mosaico amarillo que afecta a la calabaza provocando formación de ampollas en la lámina foliar, mosaico severo y malformación de frutos como abultamiento y deformación (Carrasco *et al.*, 2022).

#### **4.2.3 Variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal**

Algunas de las variables como ya se mencionó en los dos puntos anteriores, no expresaron diferencias significativas en el análisis de varianza, esto se reflejó en las variables de peso fresco, peso seco, contenido de agua en los tejidos y biomasa, en maleza y cultivo, por lo que se procedió a realizar un análisis descriptivo para explicar el comportamiento de éstas variables con respecto a los tratamientos estudiados en cada experimento (Cuadro 8 y 9).

**Cuadro 8.** Medias de las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal que expresan interferencia maleza-cultivo, de tratamientos aplicados en preemergencia, para el control de la maleza en el cultivo de la calabacita.

| Tratamientos                                                                                                  | Variables    |              |              |            |                           |             |                              |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------------|-------------|------------------------------|-------------|
|                                                                                                               | Peso (g)     |              |              |            | Contenido de humedad (mL) |             | Biomasa (g·m <sup>-2</sup> ) |             |
|                                                                                                               | Fresco       |              | Seco         |            | Maleza                    | Cultivo     | Maleza                       | Cultivo     |
|                                                                                                               | Maleza       | Cultivo      | Maleza       | Cultivo    |                           |             |                              |             |
| Testigo sin aplicación                                                                                        | 606.8        | 18.5         | 124.3        | 8.6        | 482.5                     | 10.0        | 1988.0                       | 138.0       |
| Bioherbicida<br>3 L·ha <sup>-1</sup><br>6 L·ha <sup>-1</sup><br>9 L·ha <sup>-1</sup><br>12 L·ha <sup>-1</sup> | 581.5        | 26.5         | 260.0        | 6.2        | 310.0                     | 20.2        | 4160.0                       | 100.0       |
|                                                                                                               | 570.0        | 11.5         | 78.5         | 1.2        | 503.0                     | 10.2        | 1256.0                       | 20.0        |
|                                                                                                               | 486.5        | 15.0         | 60.8         | 4.1        | 482.5                     | 11.0        | 972.0                        | 66.0        |
|                                                                                                               | 338.5        | 11.2         | 62.5         | 2.7        | 276.0                     | 8.5         | 1000.0                       | 44.0        |
| Testigo químico                                                                                               | 164.3        | 26.7         | 26.0         | 11.7       | 135.3                     | 15.0        | 416.0                        | 188.0       |
| <b>Media general</b>                                                                                          | <b>457.4</b> | <b>17.62</b> | <b>102.0</b> | <b>6.0</b> | <b>355.4</b>              | <b>12.5</b> | <b>1632.0</b>                | <b>92.6</b> |

**Cuadro 9.** Medias de las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal que expresan interferencia maleza-cultivo, de tratamientos aplicados en postemergencia, para el control de la maleza en el cultivo de la calabacita.

| Tratamientos                                                                                                  | Variables     |              |              |             |                           |              |                              |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|                                                                                                               | Peso (g)      |              |              |             | Contenido de humedad (mL) |              | Biomasa (g·m <sup>-2</sup> ) |              |
|                                                                                                               | Fresco        |              | Seco         |             | Maleza                    | Cultivo      | Maleza                       | Cultivo      |
|                                                                                                               | Maleza        | Cultivo      | Maleza       | Cultivo     |                           |              |                              |              |
| Testigo sin aplicación                                                                                        | 1108.5        | 250.0        | 125.0        | 29.5        | 983.5                     | 220.5        | 2000.0                       | 472.0        |
| Bioherbicida<br>3 L·ha <sup>-1</sup><br>6 L·ha <sup>-1</sup><br>9 L·ha <sup>-1</sup><br>12 L·ha <sup>-1</sup> | 1122.5        | 212.3        | 150.0        | 23.2        | 972.5                     | 189.0        | 2400.0                       | 372.0        |
|                                                                                                               | 1103.8        | 153.5        | 142.5        | 18.5        | 961.3                     | 135.0        | 2280.0                       | 292.0        |
|                                                                                                               | 1026.0        | 166.3        | 147.0        | 17.5        | 879.0                     | 148.7        | 2352.0                       | 280.0        |
|                                                                                                               | 978.0         | 205.0        | 111.2        | 26.2        | 866.8                     | 178.7        | 1780.0                       | 420.0        |
| Testigo químico                                                                                               | 888.8         | 150.5        | 79.5         | 32.0        | 809.3                     | 118.5        | 1272.0                       | 512.0        |
| <b>Media general</b>                                                                                          | <b>1037.9</b> | <b>189.6</b> | <b>126.0</b> | <b>24.5</b> | <b>912.0</b>              | <b>165.1</b> | <b>2014.0</b>                | <b>392.0</b> |

En los experimentos de PRE y POST, se encontró la misma tendencia en el comportamiento de las variables relacionadas a la acumulación de materia vegetal que expresan interferencia maleza-cultivo entre tratamientos (Cuadro 8 y 9), donde los tratamientos químicos (metribuzina y glifosato en PRE y POST, respectivamente), correspondieron a los valores más bajos, esto se debió al control eficiente que realizaron los herbicidas químicos aplicados sobre la maleza, sin embargo en algunos casos llegaron a afectar el cultivo, disminuyendo el número de plantas (Cuadro 4), y por ende genero la disminución de los valores en estas variables.

Cabe resaltar en estos resultados la importancia que tiene el control de la maleza en el cultivo de la calabacita, debido a que como es notorio los tratamientos con la aplicación a diferentes dosis del bioherbicida con respecto al cultivo tuvieron respuesta muy similar al testigo sin aplicación y con valores altos en comparación con los tratamientos químicos donde hubo control de la maleza, lo que representa la habilidad y capacidad de competencia de la maleza en interacción con el cultivo para acumular peso fresco, seco en sus tejidos y la absorción y aprovechamiento del recurso agua por este tipo de plantas lo que refleja alto grado de competencia por el recurso agua, nutrientes y espacio, este tipo de interferencia genera estrés en la planta del cultivo de la calabacita, expresándose por medio de etiolación, aborto de flores, falta de amarre y crecimiento de frutos, plantas enfermas, pudrición de tejidos por exceso de humedad e incluso muerte total de planta, con ello obteniendo mayor acumulación de biomasa vegetal por m<sup>2</sup> de la maleza con respecto al cultivo y en tiempo relativamente rápido, considerado dentro de los días del periodo crítico de competencia del cultivo que abarca de los 10 a los 40 días. Por tanto, según Martínez *et al.*, 2012 reafirman que la maleza representa una amenaza significativa para el cultivo de calabaza; en primer lugar, compiten con las plantas cultivadas por recursos esenciales como humedad, luz, nutrientes y espacio, lo que resulta en una disminución de los rendimientos agrícolas. Además, la maleza actúa como portadoras de diversos agentes patógenos, que puede ser transmitido a las calabazas y causar daños graves, contribuyendo a la disminución de rendimiento o pérdida total de la producción.

Por lo tanto, es evidente que el control efectivo y oportuno de la maleza es crucial para proteger la producción de la calabaza y garantizar rendimientos óptimos. Por lo que se deben emplear medidas de manejo integrado de malezas y técnicas de control adecuadas para minimizar los efectos negativos que la maleza en cultivos hortícolas de importancia nacional como el que se estudió en este trabajo y en la agricultura en general.

## V. CONCLUSIONES

El prototipo del bioherbicida a base de extractos polifenólicos aplicado en el cultivo de calabacita por dos momentos de aplicación, pre y postemergencia, no tuvo efecto sobre la diversidad, abundancia y control de la maleza.

Fueron 12 familias taxonómicas que se presentaron como maleza de mayor importancia en el cultivo de la calabacita para la región de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (Asteraceae, Amaranthaceae, Brassicaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fumareaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Poaceae, y Solanaceae).

Ninguna de las diferentes dosis (3.0, 6.0, 9.0, 12.0 L·ha<sup>-1</sup>) del prototipo del bioherbicida a base de extractos polifenólicos, aplicadas sobre la maleza en el cultivo de calabacita presentó daño fitotóxico en las plantas del cultivo como en el de la maleza.

La formulación del bioherbicida aplicado sobre la maleza y el cultivo de calabacita a diferentes dosis y en dos momentos de aplicación (pre y postemergente), no definió alguna propuesta de manejo de la maleza, debido a la falta de eficacia del producto para el control de ésta.

## VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez R., P. I.; García V., R.; Mora H., M. E.; González D., J. G. & Salgado S., M. L. (2013). Estado actual de *Peronospora sparsa*, causante del mildiu veloso en rosa (*Rosa* sp.). *Revista mexicana de fitopatología*, 31(2): 113-125.
- Alvaro, A. (2007). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. *Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" (UCLA): 11.*
- Andrade, F. A., & Espinal, O. N. (2021). *Uso de glifosato, glufosinato y paraquat para el manejo de malezas en el cultivo de lechuga [Tesis Doctoral, Escuela Agrícola Panamericana]*. Biblioteca digital Zmorano.
- Argel, P. J. & da Veiga, J. (1991). Manejo de la competencia entre forrajeras y malezas en el establecimiento y recuperación de las pasturas. En C. Lascano & J. Spain (Eds.), *Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Red 59 Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. 237-256.*
- Ávila, N. L. R.; Candelaria-Martínez, B. & Rodríguez-Ávila, N. L. (2023). Efecto alelopático de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre *Senna uniflora*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(2): 185-195.
- Baumann P. A. (1999). *Cómo identificar malezas: Las estructuras de la planta son clave.* AgriLife Extensión. Texas A&M System. Texas. USA: 20.
- Barrera-Redondo, J.; Hernández-Rosales, H. S.; Cañedo-Torres, V.; Aréstegui-Alegría, K.; Torres-Guevara, J.; Parra, F.; Torres-García, I. & Casas, A. (2020). Variedades locales y criterios de selección de especies domesticadas del género *Cucurbita* (Cucurbitaceae) en los Andes Centrales del Perú: Tomayquichua, Huánuco. *Botanical Sciences*, 98(1): 101-116.

- Basu, S., Zandi, P., Sengupta, R., & Cetzal, W. (2014). Amaranthaceae: The pigweed family. *Encyclopedia of Earth*. 1-3.
- Bernal, J. A., & Díaz, C. A. (Comps.). (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (2.<sup>a</sup> Ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, 469-483.
- Betancourt-Rodríguez, Y., Guillén-Sosa, S., Rodríguez-Rodríguez, J. F., Alfonso-Villegas, A., Sánchez-Rodríguez, R., & Oliva-Ágra, L. (2018). Servicio para la asistencia técnica en la labranza de suelos dedicados a caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(2), 1-13.
- Burger, M., & Fernández, S. (2004). Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. *Revista Médica del Uruguay*, 20(3): 202-207.
- Campo-Arana, R. O. & Royet-Barroso, J. D. J. (2020). La antracnosis del ñame y estrategias de manejo: una revisión. *Temas Agrarios*, 25(2): 190-201.
- Cañizares, J. A. M., Barreiro, M. W., Lamas, J. G., & González, A. R. (2015). Caracterización preliminar de tecnologías de labranza de suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1), 8-13.
- Carrasco, F. D., Brugo Carivali, M. F., Perotto, M. C., Balbi, F. D., & Iñes, C. M. (2022). *Manejo de enfermedades virales en el cultivo de zapallo presentes en Balcozna, [Hoja informativa]*. Dpto. Paclín. EEA Catamarca, INTA. 2.
- Carnide, V. & Barroso, M. D. R. (2006). Las cucurbitáceas: bases para su mejora genética. *Horticultura internacional*, 53: 16-21.



- Castro C., V.; Alvarado H., L.; Borjas V., R.; Julca O., A. & 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.
- 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.
- Cirujeda R., A.; Aibar L., J.; Anzalone, A.; Gutiérrez L., M.; Fernández C.; Labat, S.; Pardo, A.; ... & Macua, J. I. (2007). Evaluación de acolchados para el control de la flora arvense en un cultivo de tomate. *SEAE - Sociedad Española de Agricultura Ecológica*: 2-3.
- CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología) (2021). Manejo ecológico integral de arvenses en México. *Gaceta Informativa* 4: 1.
- CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología) (2023). Manejo ecológico integral de arvenses en México. *Gaceta Informativa* 22: 1-2
- Contreras, O. y Moreno, F. (2005). Cobertura muerta y arvenses en la asociación *Lactuca sativa* - *Allium ampeloprasum*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 74: 65-68,
- Cruz-Ortiz, L., & Flores-Méndez, M. (2022). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. *Informador Técnico*, 86(1), 34-45.
- Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM) (1849). "*Cucurbita pepo*" L., ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En "Portal de Datos Abiertos UNAM" (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México.

- De Prado, R. & Cruz-Hipolito, H. (2005). Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas. Seminario-Taller Iberoamericano "Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos" INIA, FAO, Facultad de Agronomía, 1-14.
- de Real, S. F. (2013). Estudio de la biología de las malezas. *Revista Vinculando*. 11(2).
- Domínguez-Morales, S. (2018). Malezas de la familia Solanaceae, especies de importancia económica. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] Repositorio UAAAN.
- Drost, D.; Heflebower, R. & Wille, C. (2019). Calabaza de Verano e Invierno en el Huerto. Utah State University Extension, 2.
- Ebel, R.; Pozas C., J. G.; Soria M., F. & Cruz G., J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2): 149-160.
- Eguarte, L. E.; Hernández-Rosales, H. S.; Barrera-Redondo, J.; Castellanos-Morales, G.; Paredes-Torres, L. M.; Sánchez-de la Vega, G.; ... & Lira, R. (2018). Domesticación, diversidad y recursos genéticos y genómicos de México: El caso de las calabazas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21.
- Esqueda, V. A.; Cano, O. & López, E. (1997). Control químico de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Veracruz. *Agronomía Mesoamericana*, 53-58.
- Espinoza, N., & Díaz, J. (2005). Situación de la resistencia de malezas a herbicidas en cultivos anuales en Chile. Seminario-Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos (2005, Colonia del Sacramento, UY). Rios, A. coord. La Estanzuela, INIA, 1, 72-82.

- Estrada, J. A. B. & Díez, C. A. D. (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (2° ed). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. 469-483.
- Figuerola H., E.; Pérez S., F.; Godínez M., L.; Escamilla G., P. E. & Jiménez G., M. (2022). *Las Variables Económicas en la Producción Agrícola en México* (1° ed.) (Review) *Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C.*
- Flores-Macías, A.; Reyes-Zarate, G. G.; da Camara, C. A. G.; López-Ordaz, R.; Guillén, J. C. & Ramos-López, M. A. (2022). Composición química y potencial fitotóxico de *Eucalyptus globulus* sobre *Lactuca sativa* y dos malezas resistentes a herbicidas: *Avena fatua* y *Amaranthus hybridus*. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24.
- Flores-Villa, E., Sáenz-Galindo, A., Castañeda-Facio, A. O., & Narro-Céspedes, R. I. (2020). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
- Fonte, A., Moltó, E., Tena, A., Chueca, P., & Garcerá, C. (2019). Validación de CitrusVol para el ajuste de volúmenes de caldo en tratamientos contra araña roja en cítricos. In: García-Ramos, F.J.; Martín-Ramos, P Proceedings of the 10th Iberian Agroengineering Congress. Huesca, Spain: Universidad de Zaragoza, 485-49
- Franke, S. C.; Simon, C. A.; Ferreira, R. V.; Palmieri, M. C. & Vasconcellos, R. L. D. F. (2022). Bioherbicidas no controle de plantas daninhas. *Resumos, SCEPAGRI*, 8p
- Gabela, F. (1982). Principios de prevención, control y erradicación de malezas. Primer Curso Teórico Práctico de Control de Malezas. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito. 1-13.

- González, X. A., Ronquillo-Cedillo, I., Ávila-Nájera, D. M., Rodríguez-Hernández, C., Pedraza-Mandujano, J., & Martínez-Jiménez, D. L. (2021). Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 10(1), 23-33.
- GORDILLO, M. M., RAMÍREZ, J. J., Durán, R. C., Arriaga, E. J., García, R., Cervantes, A., & Hernández, R. M. (2002). Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México (parte A). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73(2), 155-196.
- Gredilla, F. V.; Mas, N.; Florensa, A. A. & Cabrera, C. (2018). Uso de acolchados orgánicos y bioherbicidas en el control de malas hierbas en viña ecológica. In III Jornadas del Grupo de Viticultura: Libro de actas: Palma, 28 y 29 de noviembre de 2018. Universitat de les Illes Balears. 177-181
- Guerrero-Córdova, L. J. (2020). *Evaluación de tolerancia de malezas gramíneas a la aplicación de los herbicidas sistémicos: glifosato y cihalofop* [Tesis licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Guzmán, M. & Martínez-Ovalle, M. J. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1): 68-76.
- Hernández-Ríos, I.; Osuna-Ceja, E. S.; Pimentel-López, J. & García-Saucedo, P. (2022). Control de malezas en maíz, frijol, girasol y sorgo: Efecto de métodos de control bajo dos sistemas de siembra. *AgroDivulgación*, 2(6).
- Jaramillo N., J.; Aguilar A., P. A.; Villarreal N., A. D. P.; Saldarriaga C., A.; Grisales V., N. Y.; Quintero V., L. M.; ... & Macías V., A. D. J. (2019). Modelo productivo de calabacín (*Cucurbita pepo*) para los departamentos de Cundinamarca y Antioquia. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA, 3-275.

- Jarma O., A. D. J. & Tirado, G. R. (2004). Efecto bioherbicida de extractos vegetales para el manejo de malezas en algodón en el Caribe colombiano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 71:79-84.
- Jiménez, F. M. (2014). Aspectos del cultivo de las calabazas. *Granja. Revista agropecuaria*. 21, 25-27.
- Kogan, M. (1992). Herbicidas: avances en la tecnología de herbicidas y estrategias de control. *Chile Hortofrutícola*, 5(25): 15-19.
- Labrada, R.; Caseley, J. C. & Parker C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120. En FAO, Roma.
- Leguizamón, E. (2000). Las malezas y el agroecosistema. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. Cátedra de malezas, Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias. Santa Fé.1-9.
- Lemus-Mondaca, R.; Marin, J.; Rivas, J.; Sanhueza, L.; Soto, Y.; Vera, N. & Puente-Díaz, L. (2019). Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*). A review of functional attributes and by-products. *Revista chilena de nutrición*, 46(6): 783-791.
- León-de la Rocha, J. F.; Pérez-Olvera, P.; Bojórquez-Ramos, C.; Hernández, A. O.; Cortes, J. A. J.; López-España, R. G.; ... & Reyes-Duque, Y. (2020). Desarrollo de *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) en Tehuacán, México. *Revista de Protección Vegetal*, 35(3).
- León-de La Rocha, J. F.; Reyes-Duque, Y.; Días-López, E.; Francisco-Francisco, N. & Juárez-Cortez, J. A. (2023). El mildiu polvoriento en calabaza: identificación y manejo bajo las condiciones de Tehuacán, México. *Cultivos Tropicales*, 44(2).

- Lewis, W. H., & Oliver, R. L. (1965). Realignment of *Calystegia* and *Convolvulus* (Convolvulaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 52(2): 217
- Li, Y.; Mbata, G. N.; Punnuri, S.; Simmons, A. M.; & Shapiro-Ilan, D. I. (2021). *Bemisia tabaci* on vegetables in the Southern United States: incidence, impact, and management. *Insects*, 12(3): 198.
- Long, J. (2001). Una semblanza de las Solanaceae. *Etnobiología*, 1(1): 17-23.
- López, J. (2017). Cultivos Hortícolas al aire libre. *Publicaciones Cajamar, Calabacín*, 595-623.
- Mármol, J. R. (2000). *Cultivo Intensivo del Calabacín*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2105, 1-48.
- Martínez C., C. A.; Balaguera-López, H. E. & Fonseca C., J. A. (2022). Actividad bioherbicida del extracto de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la maleza *Sonchus oleraceus* L. *Revista Unal*. 40(1), 49-57.
- Martínez-Álvarez, J. C.; Sotelo-Cerón, N. D.; Maldonado-Mendoza, I. E. & Fierro-Coronado, R. A. (2020). Evaluación de rizobacterias y extractos vegetales para el control biológico de *Amaranthus palmeri*. In *Memoria del XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*. p. 32.
- Martínez-Gordillo, M., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M. del R., & Montiel, O. (2013). Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(1): 30-86.
- Martínez-López, L. E. (2019). Las malváceas (Malvales: Malvaceae) y su importancia agrícola, ornamental, medicinal y como maleza. [Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] Repositorio UAAAN.

- Martínez F., M. (2012). Propagación y técnicas de cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo*). *Revista Vinculando*, 10(2).
- Martínez Garrastazú, S. L., Fornaris Rullán, G. J., Wessel Beaver, L., Rivera Martínez, L. E., Román Paoli, E., Lugo, M. de L., ... Rojas, N. (2012). *Conjunto tecnológico para la producción de calabaza* [Reporte técnico]. Universidad de Puerto Rico. 29-30.
- Maroto, J. V. (2002). *Horticultura Herbácea Especial*. 5ª edición. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 704p.
- Muñoz, F. R. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. Serie de informes técnicos IRET, (44).
- Montero-García, J. X. (2024). Efecto de herbicidas sobre la población de malezas, rendimiento y rentabilidad en el cultivo de calabacita. [Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. RIAA UAEM.
- 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.
- Novara, L. (2007). Fumariáceas. *Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora*, 8(4): 1-5.
- Orozco, V. J.; Galindo, P.; Segura, C.; Fortis, H.; Preciado, R.; Yescas, C. & Montemayor, T. (2016). Dinámica de crecimiento de calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) en un sustrato a base de vermicomposta en invernadero. *Phyton (Buenos Aires)*, 85(1): 117-124.
- Ortiz-Laurel, H. (2016). Eficiencia energética de las herramientas agrícolas para la labranza de suelos cultivables. *Agro Productividad*, 9(8).

- Pacanoski, Z. (2015). Bioherbicidas: Herbicides, Physiology of Action, and Safety.(1° ed). *Intech Open Science*. 254-255
- Papa, J. C. M., Felizia, J. C., & Esteban, A. J. (2000). Tolerancia y resistencia a herbicidas. [En línea] *Rosario, Santa Fe, Centro Regional Santa Fe* (<http://www.calandri.com.ar/soja/mcresistencia.htm>).
- Paris, H. S. (1996). Summer squash: history, diversity, and distribution. *HortTechnology*, 6(1): 6-13.
- Pengue, W. A., & Altieri, M. A. (2005). La soja transgénica en América Latina. Una maquinaria de hambre, deforestación y devastación socio ecológica. *Ecología política*, (30), 87-94.
- Pérez, A. H., Montiel, R. G. C., Palestina, C. U. L., Fuentes, A. D. H., & Maldonado, A. J. (2022). Plantas medicinales de la familia Asteraceae con actividad hipoglucemiante en México. Una revisión. *Boletín de Ciencias*
- Piedrahita, D. C.; Torres, L. A.; Galarza, G. V. & Barreiro, J. V. (2022). Estudio da residualidade de herbicidas pré-emergentes no cultivo de arroz na área de Babahoyo. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2): 1931-1946.
- Ramírez-Zavala, L. F.; Esteves-Rangel, D.; Mireles-Arriaga, A. I.; Hernández-Ruiz, J. & Ruiz-Nieto, J. E. (2022). Identificación de genotipos partenocárpicos de *Cucurbita pepo* L. tipo Grey Zucchini. *Acta universitaria*, 32.
- Ratnam, N.; Najjibullah, M. & Ibrahim, M. D. (2017). A review on *Cucurbita pepo*. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research* 9: 1190-1194.



- Roberts, J.; Florentine, S.; Fernando, W. D. & Tennakoon, K. U. (2022). Achievements, developments and future challenges in the field of bioherbicides for weed control: A global review. *Plants*, 11(17): 2242.
- Robles, E. R. & de la Cruz, R. S. (2006). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. INIFAP.
- SADER (2020). Calabazas, una dulce tradición.  
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/calabazas-una-dulce-tradicion>
- Sánchez, J. G. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta botánica mexicana*, 126.
- Salazar-Gutiérrez, L. (2022). Uso responsable de herbicidas en la caficultura. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, 73(1)
- Savory, E. A.; Granke, L. L.; Quesada-Ocampo, L. M.; Varbanova, M.; Hausbeck, M. K. & Day, B. (2011). The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular plant pathology*, 12(3): 217-226.
- Serrano C., Z. (1973). *Cultivo del Calabacín*. Ministerio de Agricultura, Madrid (España). 7: 1-15.
- Steinmann, V. W. (2002). Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana*, 61: 61-93.
- Stefanović, S., Austin, D. F., & Olmstead, R. G. (2003). Clasificación de Convolvulaceae: un enfoque filogenético. *Botánica sistemática*, 28(4): 791-806.
- 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

- Vencill, W. K., Grey, T. L., Culpepper, A. S., Gaines, C., & Westra, P. (2008). Herbicide-resistance in the Amaranthaceae. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21(SP): 41-44.
- Villarreal, D. Z. (1986). Aspectos etnobotánicos de las calabazas silvestres y cultivadas (*Cucurbita* spp.) de la Península de Yucatán. *Boletín ECAUDY*, 13(77), 15-26.
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E., Hinojosa-Espinosa, O., & Segura-Hernández, G. (2012). Especies de la familia Asteraceae exóticas a la flora de México. SAGARPA, SENASICA, CONACOFI, Instituto de Biología, UNAM, SOMECIMA, 160.
- Williams-Linera, G. & Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, 591-624.
- Zhang, J.; Wang, L.; Zheng, Y.; Feng, J.; Ruan, Y.; Diao, S.; ... & Lu, H. (2017). Effects of *Bemisia tabaci* (Gennadius) infestation and squash silverleaf disorder on *Cucurbita pepo* L. leaf. *Scientia Horticulturae*, 217, 8-16.

## VII. ANEXOS

### 7.1. Resultados del análisis de suelo obtenidos de la parcela experimental.



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

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición



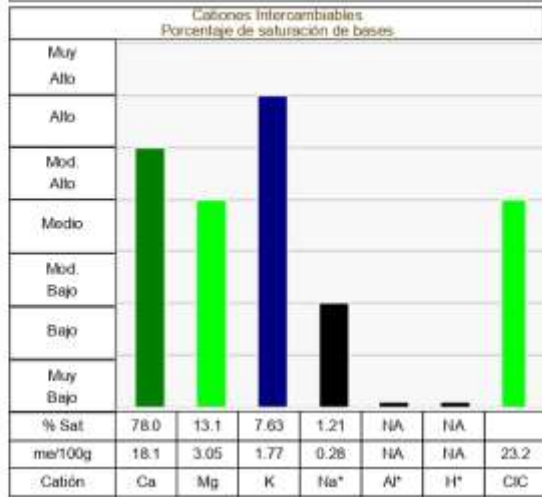
#### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO FOLIO: SU-214063

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

| Propiedades Físicas del Suelo |                        |           |
|-------------------------------|------------------------|-----------|
| Clase Textural                | Franco                 |           |
| Punto de Saturación           | 46.0 %                 | Mod. Alto |
| Capacidad de Campo            | 24.5 %                 | Mod. Alto |
| Punto March. Perm.            | 14.6 %                 | Mod. Alto |
| Cond. Hidráulica              | 3.40 cm/h              | Mediano   |
| Dens. Aparente                | 0.89 g/cm <sup>3</sup> |           |

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

| Fertilidad del Suelo |         |        |                                                                 |      |           |      |           |      |          |
|----------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------------------|------|-----------|------|-----------|------|----------|
| Det.                 | Result. | Unidad | Muy Bajo                                                        | Bajo | Mod. Bajo | Med. | Mod. Alto | Alto | Muy Alto |
| MO                   | 3.78    | %      | [Bar chart showing MO at 3.78% in the 'Alto' range]             |      |           |      |           |      |          |
| P-Olsen              | 72.4    | ppm    | [Bar chart showing P-Olsen at 72.4 ppm in the 'Muy Alto' range] |      |           |      |           |      |          |
| K                    | 690     | ppm    | [Bar chart showing K at 690 ppm in the 'Alto' range]            |      |           |      |           |      |          |
| Ca                   | 3631    | ppm    | [Bar chart showing Ca at 3631 ppm in the 'Alto' range]          |      |           |      |           |      |          |
| Mg                   | 371     | ppm    | [Bar chart showing Mg at 371 ppm in the 'Mod. Alto' range]      |      |           |      |           |      |          |
| Na*                  | 63.8    | ppm    | [Bar chart showing Na* at 63.8 ppm in the 'Bajo' range]         |      |           |      |           |      |          |
| Fe                   | 2.08    | ppm    | [Bar chart showing Fe at 2.08 ppm in the 'Muy Bajo' range]      |      |           |      |           |      |          |
| Zn                   | 8.72    | ppm    | [Bar chart showing Zn at 8.72 ppm in the 'Alto' range]          |      |           |      |           |      |          |
| Mn                   | 5.17    | ppm    | [Bar chart showing Mn at 5.17 ppm in the 'Mod. Alto' range]     |      |           |      |           |      |          |
| Cu                   | 0.63    | ppm    | [Bar chart showing Cu at 0.63 ppm in the 'Bajo' range]          |      |           |      |           |      |          |
| B                    | 2.53    | ppm    | [Bar chart showing B at 2.53 ppm in the 'Alto' range]           |      |           |      |           |      |          |
| S                    | 16.0    | ppm    | [Bar chart showing S at 16.0 ppm in the 'Alto' range]           |      |           |      |           |      |          |
| N-NO <sub>3</sub>    | 80.1    | ppm    | [Bar chart showing N-NO3 at 80.1 ppm in the 'Alto' range]       |      |           |      |           |      |          |



| Relación entre cationes (Basadas en me/100g) |         |      |         |         |
|----------------------------------------------|---------|------|---------|---------|
| Relación                                     | Ca/K    | Mg/K | Ca*Mg/K | Ca/Mg   |
| Resultados                                   | 10.3    | 1.73 | 12.0    | 5.93    |
| Interpretación                               | Mediano | Bajo | Bajo    | Mediano |

\* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

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

Realizó  
  
Jessica Yolanda Cadena  
Signatario

Aprobó  
  
David Maldonado Romero  
Jefe de laboratorio

Realizó  
  
Brenda Selene Ramirez  
Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra de suelo que fue recibida en el laboratorio, por lo que no garantiza de toda manipulación previa a su recepción. Este documento es un informe preliminar y registrado ante el Instituto Mexicano de Protección Industrial, puede haberse suscritos otros reportes con tal o cual en la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días hábiles para reclamos y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para dudas o dudas será de máximo 24 horas para formar un comentario que Calidad tiene con el cliente a verificar que se está trabajando e investigando en su caso. El cliente de muestra se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de muestra de muestra y deberá evitar la pérdida de muestra. FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentra en sus instalaciones.  
Pág 1 de 2



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

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición

FOR/PO-01  
Emisión: Oct-2019



## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

FOLIO: SU-214063

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

### Interpretación Resumida del Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo

Suelo con pH alcalino. Suelo de textura media. Extremadamente calcareo. Alto nivel de materia orgánica. Muy alto suministro de fósforo disponible. Alto suministro de potasio. Suministro considerable de nitrógeno inorgánico.

En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes: Muy bajo en hierro disponible. Elevado suministro de zinc. Moderadamente bajo en manganeso. Moderadamente bajo en cobre. Alto suministro de boro.

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra del cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda responsabilidad por el uso que se haga de los resultados.  
Este documento es un secreto protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial en la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.  
El cliente tendrá 15 días hábiles para revisar y presentar dudas o dudas sobre el servicio.  
El tiempo de respuesta para cualquier duda será de máximo 24 horas desde primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en la duda.  
El tiempo de respuesta de correo será de máximo 24 horas desde el envío de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de respuesta y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de respuesta. FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

## 7.2. Reporte de degradación del bioherbicida en los suelos

### REPORTE

#### Detección de residuos del Bioarvex Control en el suelo

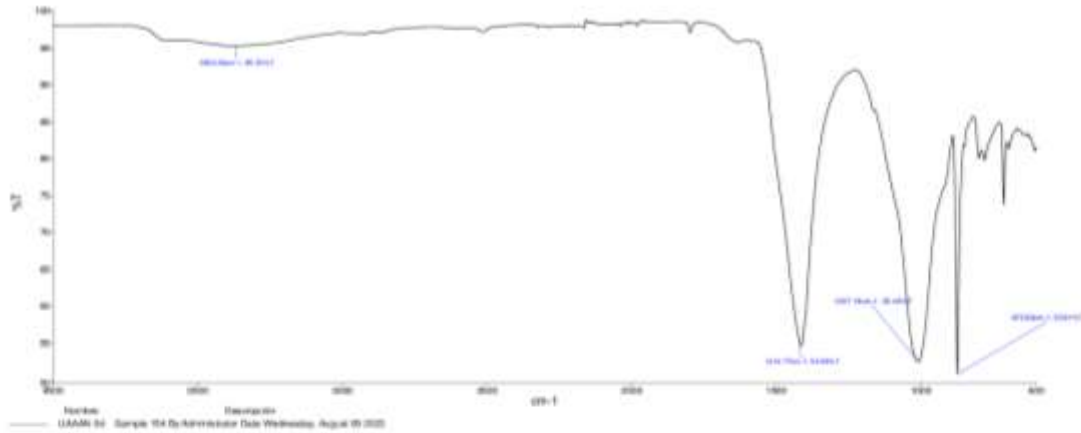
##### Espectroscopia de Infrarrojo FTIR-(ATR)

El análisis de identificación cualitativa de los grupos funcionales del bioherbicida presentes en el suelo después de su aplicación, se realizó mediante espectroscopia de FTIR-(ATR), para esta prueba se uso un espectrofotómetro IR Spectrum, GX-Perkin-Elmer, empleando la técnica de Reflexión Total Atenuada (ATR) con un aditamento de punta de diamante, con 32 scans en un rango de  $4000$  a  $600\text{cm}^{-1}$ .

Se trabajó con diferentes suelos de los diferentes sitios experimentales, donde se probó el bioherbicida en condiciones de campo en la República Mexicana, este estudio cualitativo fue llevado a cabo con la finalidad de identificar la presencia de los enlaces más representativos y característicos de los diferentes grupos funcionales orgánicos del bioherbicida en la formulación, es importante destacar que el estudio fue llevado a cabo de forma cualitativa, donde se analizó diferentes suelos, así como diferentes dosis del producto, tiempos y periodos.

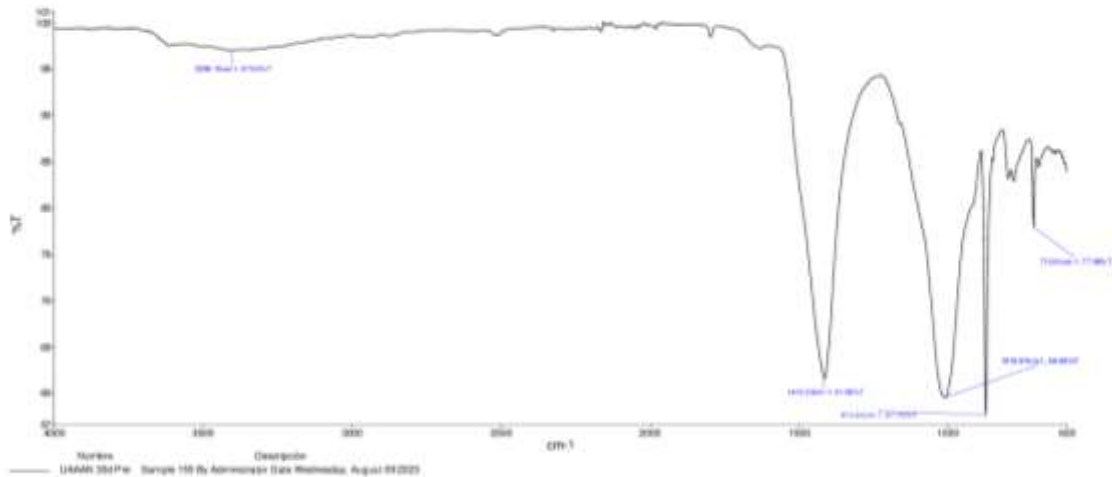
Se llevó a cabo el análisis con suelo recolectado al día 0 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, donde se encontraron bandas de absorbancia en  $3362\text{cm}^{-1}$ , indicativo de los enlaces O-H, así mismo, se presentaron bandas en  $1412\text{cm}^{-1}$  correspondiente a los enlaces C-H, en  $1007\text{cm}^{-1}$  se presentan los C-O, y en  $872\text{cm}^{-1}$  se presentan las sustituciones en anillo aromático. Figura 1. [1,2].

UAAAN Od



**Figura 1. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo al 0 día en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Después de 30 días de aplicado el bioherbicida, se destaca que se presentan las mismas bandas de absorción, lo que indica que no se presentan residuos del herbicida. **Figura 2.**



**Figura 2. Espectro de FTIR-(ATR) de la muestra de suelo recolectada al día 30 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

**Referencias bibliográficas**

- [1] Spectrometric identification of organic compounds. Silverstein, R., Webster, F.X., Kiemle D.J., Bryce D. L. Wiley. 2007.
- [2] Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. Stuart B. Wiley. 2004.

### **7.3. Variables climatológicas de la base meteorológica de la UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.**

#### **7.3.1. Fechas de establecimiento de experimentos y aplicaciones del bioherbicida**

**Experimento de preemergencia (PRE):** se estableció el 21 de junio del 2023, por lo tanto, ese día se realizó la primera aplicación de los tratamientos y cinco días después (25 de junio) se realizó la segunda aplicación de tratamientos solo de aquellos correspondientes al bioherbicida y también en esa fecha se sembró el cultivo.

Las evaluaciones se realizaron en las siguientes fechas:

10 ddsa: 05 de julio del 2023

20 ddsa: 15 de julio del 2023

45 ddsa: 9 de agosto del 2023

**Experimento en postemergencia (POST):** se estableció el día 03 de julio del 2023, que fue el día que se realizó la siembra del cultivo, a los nueve días las plántulas de cultivo y maleza ya habían emergido y conseguido una longitud aproximada de 5.0 cm, por lo que la primera aplicación de los tratamientos para este experimento, se realizó el día 12 de julio, a los 10 días posteriores a esta fecha, el día 22 de julio se realizó la segunda aplicación pero solo de los tratamientos correspondientes a las diferentes dosis del bioherbicida.

Las evaluaciones se realizaron en las siguientes fechas:

10 ddsa: 01 de agosto del 2023

20 ddsa: 11 de agosto del 2023

45 ddsa: 05 de septiembre del 2023

### 7.3.2. Variables climatológicas por día

| Variables por día |     |              |              |                |               |            |         |         |             |                 |                 |                |
|-------------------|-----|--------------|--------------|----------------|---------------|------------|---------|---------|-------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MES               | DIA | TEMP. MAX °C | TEMP. MIN °C | TEMP. MEDIA °C | TEMP. OSC. °C | LLUVIA mm. | HR. MAX | HR. MIN | HR. MEDIA % | VIENTO MAX. KPH | VIENTO MIN. KPH | VIENTO DIRECC. |
| Junio             | 1   | 31.2         | 16.4         | 23.8           | 14.8          | 0.0        | 100     | 20      | 60          | 37.1            | 10.8            | SSE            |
| Junio             | 2   | 31.7         | 16.0         | 23.9           | 15.7          | 0.0        | 100     | 17      | 59          | 33.5            | 9.0             | ESE            |
| Junio             | 3   | 32.1         | 16.8         | 24.5           | 15.3          | 0.0        | 100     | 8       | 54          | 54.4            | 11.9            | SUR            |
| Junio             | 4   | 27.2         | 15.9         | 21.6           | 11.3          | 0.0        | 100     | 14      | 57          | 33.5            | 10.8            | ESE            |
| Junio             | 5   | 26.3         | 15.4         | 20.9           | 10.9          | 0.0        | 100     | 31      | 66          | 34.9            | 10.4            | SE             |
| Junio             | 6   | 26.8         | 14.4         | 20.6           | 12.4          | 0.0        | 83      | 25      | 54          | 37.1            | 10.1            | ESE            |
| Junio             | 7   | 28.5         | 16.3         | 22.4           | 12.2          | 0.0        | 83      | 27      | 55          | 43.2            | 11.2            | ESE            |
| Junio             | 8   | 28.6         | 16.4         | 22.5           | 12.2          | 0.0        | 100     | 37      | 69          | 36.0            | 9.7             | ESE            |
| Junio             | 9   | 30.8         | 15.7         | 23.3           | 15.1          | 0.0        | 91      | 15      | 53          | 36.0            | 9.7             | SE             |
| Junio             | 10  | 31.3         | 19.1         | 25.2           | 12.2          | 0.0        | 66      | 28      | 47          | 33.8            | 10.8            | SE             |
| Junio             | 11  | 33.8         | 19.4         | 26.6           | 14.4          | 2.6        | 63      | 18      | 41          | 45.7            | 11.2            | SSE            |
| Junio             | 12  | 35.1         | 21.5         | 28.3           | 13.6          | 0.0        | 33      | 11      | 22          | 35.6            | 13              | SSE            |
| Junio             | 13  | 37.2         | 23.2         | 30.2           | 14.0          | 0.0        | 30      | 10      | 20          | 37.1            | 12.6            | SSW            |
| Junio             | 14  | 36.6         | 24.2         | 30.4           | 12.4          | 0.0        | 42      | 9       | 26          | 41.0            | 13.3            | SW             |
| Junio             | 15  | 35.1         | 21.1         | 28.1           | 14.0          | 0.0        | 44      | 11      | 28          | 38.5            | 22.0            | ESE            |
| Junio             | 16  | 34.8         | 23.6         | 29.2           | 11.2          | 0.0        | 58      | 5       | 32          | 36.4            | 12.6            | SE             |
| Junio             | 17  | 35.6         | 18.7         | 27.2           | 16.9          | 0.0        | 64      | 8       | 36          | 58.7            | 11.9            | S              |
| Junio             | 18  | 37.0         | 20.5         | 28.8           | 16.5          | 0.0        | 61      | 7       | 34          | 52.9            | 12.6            | S              |
| Junio             | 19  | 38.4         | 21.5         | 30.0           | 16.9          | 0.0        | 33      | 7       | 20          | 34.9            | 10.8            | S              |
| Junio             | 20  | 36.4         | 23.0         | 29.7           | 13.4          | 0.0        | 33      | 9       | 21          | 41.8            | 11.2            | SE             |
| Junio             | 21  | 35.7         | 22.9         | 29.3           | 12.8          | 0.0        | 29      | 10      | 20          | 42.1            | 11.2            | SE             |
| Junio             | 22  | 34.6         | 22.4         | 28.5           | 12.2          | 0.0        | 31      | 13      | 22          | 45.7            | 14.4            | SSE            |
| Junio             | 23  | 34.0         | 22.7         | 28.4           | 11.3          | 0.0        | 32      | 17      | 25          | 49.0            | 14.4            | SSE            |
| Junio             | 24  | 33.1         | 21.5         | 27.3           | 11.6          | 0.0        | 38      | 17      | 28          | 45.4            | 14.4            | SSE            |
| Junio             | 25  | 33.1         | 20.3         | 26.7           | 12.8          | 0.0        | 42      | 14      | 28          | 43.2            | 16.9            | SE             |
| Junio             | 26  | 32.6         | 18.0         | 25.3           | 14.6          | 0.0        | 59      | 16      | 38          | 52.6            | 14.0            | SE             |
| Junio             | 27  | 33.1         | 19.5         | 26.3           | 13.6          | 0.0        | 49      | 9       | 29          | 55.8            | 14.0            | SSE            |
| Junio             | 28  | 31.4         | 19.7         | 25.6           | 11.7          | 0.0        | 42      | 9       | 26          | 55.1            | 16.2            | SE             |
| Junio             | 29  | 29.9         | 18.8         | 24.4           | 11.1          | 8.5        | 100     | 30      | 65          | 39.2            | 10.8            | SE             |
| Junio             | 30  | 30.8         | 17.9         | 24.4           | 12.9          | 7.6        | 100     | 37      | 69          | 36              | 16.9            | SE             |
| Junio             | 31  |              |              |                |               |            |         |         |             |                 |                 |                |



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

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

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

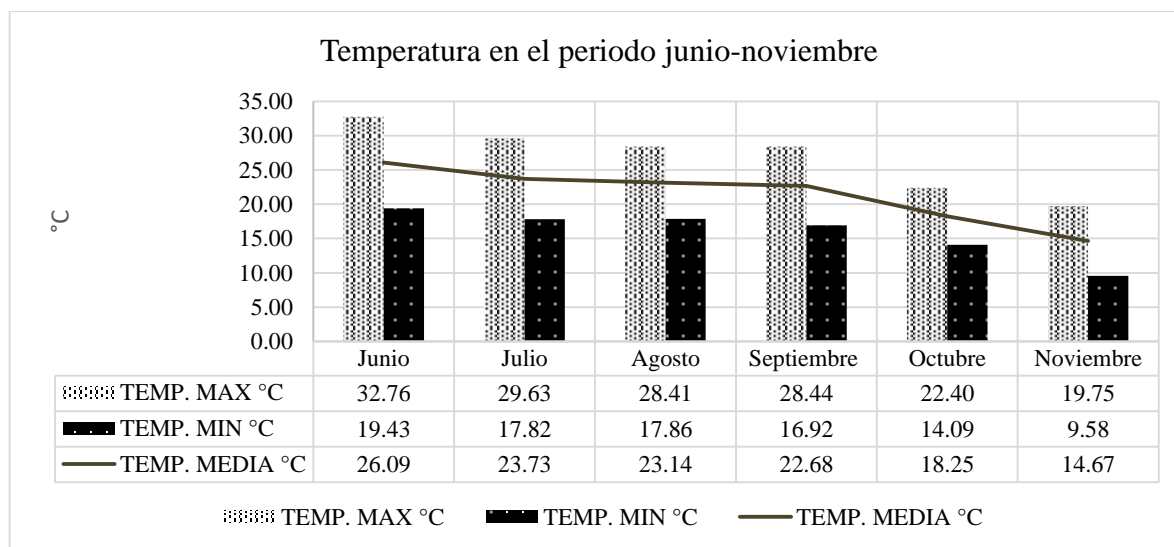
| Variables por día |     |              |              |                |               |            |         |         |             |                 |                  |                |
|-------------------|-----|--------------|--------------|----------------|---------------|------------|---------|---------|-------------|-----------------|-----------------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

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

### 7.3.3. Variables climatológicas promedio y totales por mes

| MES        | TEMP. MAX °C | TEMP. MIN °C | TEMP. MEDIA °C | LLUVIA mm | HR. MAX | HR. MIN | HR. MEDIA % | VIENTO MAX. KPH | VIENTO MIN. KPH | VIENTO DIRECC. | dirección dominante |
|------------|--------------|--------------|----------------|-----------|---------|---------|-------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------------|
| Junio      | 982.8        | 582.8        | 782.8          | 18.7      | 1906    | 489     | 1198        | 1266            | 378.8           | SE             |                     |
| Junio      | 32.760       | 19.427       | 26.093         | 8.5       | 100     | 37      | 68.5        | 58.7            | 22              | SSE            | SE-SSE              |
| Julio      | 918.6        | 552.4        | 735.5          | 43.6      | 2368    | 947     | 1658        | 1272            | 332.7           | SSE            |                     |
| Julio      | 29.63        | 17.819       | 23.726         | 13.2      | 100     | 52      | 76          | 70.2            | 14.8            |                | SSE                 |
| Agosto     | 824          | 517.96       | 670.98         | 28.4      | 2122    | 947     | 1535        | 1186            | 315             | SSE            |                     |
| Agosto     | 28.41        | 17.861       | 23.137         | 11.3      | 100     | 58      | 79          | 70.92           | 14.04           |                | SSE                 |
| Septiembre | 796.3        | 473.7        | 635            | 27.7      | 1986    | 809     | 1398        | 1096            | 368.9           | ESE            |                     |
| Septiembre | 28.44        | 16.918       | 22.679         | 15.6      | 100     | 52      | 76          | 63.7            | 121             |                | ESE                 |
| Octubre    | 671.9        | 422.8        | 547.35         | 81.7      | 2668    | 1289    | 1979        | 271.3           | 813.6           | SE             |                     |
| Octubre    | 22.4         | 14.093       | 18.245         | 20.1      | 100     | 100     | 100         | 17.3            | 46.1            |                | SE                  |
| Noviembre  | 474.1        | 230          | 352.05         | 47.6      | 1956    | 565     | 1261        | 706.5           | 231.9           | SE             |                     |
| Noviembre  | 19.75        | 9.5833       | 14.669         | 28.8      | 100     | 72      | 84          | 41.4            | 15.1            |                | SE                  |

### 7.3.4. Variables climatológicas en el periodo junio-noviembre



### Precipitación en el periodo junio-noviembre

