

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efectividad Biológica del Extracto de *Crotalaria longirostrata* y *Argemone mexicana* para *Embellisia allii* Campanile, *Sclerotium rolfsii* Sacc. y *Fusarium oxysporum* Schldt. en el Cultivo del Ajo.

Por:

RICARDO ANTONIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efectividad Biológica del Extracto de *Crotalaria longirostrata* y *Argemone mexicana* para *Embellisia allii* Campanile, *Sclerotium rolfsii* Sacc. y *Fusarium oxysporum* Schldtl. en el Cultivo del Ajo.

Por:


RICARDO ANTONIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO


Aprobada por el Comité de Asesoría



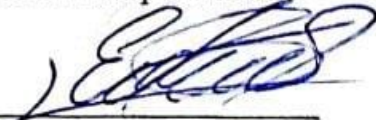
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal




Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo




Dr. Henry López López
Coasesor



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
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.

Atentamente:



Ricardo Antonio Ramírez González

Tesista de Licenciatura/UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, principalmente por darme la oportunidad de llegar a este punto de mi vida con buena salud, buenos aprendizajes y permitir culminar esta etapa de mi vida.

UAAAN, por el hecho de permitir llevarme el conocimiento brindado por los catedráticos en el tiempo de mi preparación en la carrera de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.

Al Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz, por aceptar llevar a cabo la elaboración de mi proyecto de tesis, así como el brindar su conocimiento, su paciencia y dedicación mostrada en todo este tiempo.

A la Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza, por el apoyo que me ha brindado, su amabilidad, paciencia y permitir que llevara a cabo el experimento de mi trabajo de tesis en el Laboratorio de Fitopatología.

A mis padres Romeo Ramírez Salas y Yolanda González Alvarado por el cariño, amor, paciencia y apoyo mostrado en toda esta etapa de mi vida.

A mi tía Epifania Ramírez Salas, por ser la persona que ha apoyado a mi familia en momentos difíciles, sin importar el poner en riesgo su salud y ser una calma, gracias.

A mis tíos, Jose Juan González Alvarado, Rigoberto González Alvarado por los buenos momentos, consejos y apoyo moral.

A mis compañeros y amigos de generación, por compartir bonitas experiencias, en especial Julián Martínez, Lesly Casas y Arturo Barrera.

Al Dr. Henry López López por proporcionar material de extracto de chipilín y ayudar a recolectar muestras de material vegetativo de chicalote para la elaboración de mi tesis.

DEDICATORIAS

A mi madre: Yolanda González Alvarado

Para mi querida mamá, por ser la mujer que más amo, por esas charlas en las que me demostraste estar para mí incondicionalmente. Por ser esa columna que pese a las adversidades siempre sueles estar ahí demostrando ser fuerte, tu por ser claramente una motivación para culminar mis estudios y tu presencia que para mí es mi mayor alegría. Para ti, por ser mi inspiración, mi confidente y mi refugio.

A mi padre: Ing. Romeo Ramírez Salas

Por ser el hombre que amo, por mostrarme el apoyo incondicional a pesar de mis errores y mi rebeldía para con tus palabras para enseñarme como es la vida, por forjarme buenos valores como lo es la honestidad, honradez y el respeto, por esas llamadas de atención hacía mis errores y ser mejor persona.

Padre y madre, pueden estar tranquilos y orgullosos porque criaron hombres de bien.

A mis hermanos Romeo, José Andres y Pablo Emilio.

Gracias por todos los momentos y alegrías tan bonitas que han aportado a mi vida, los amo y cuentan conmigo para lo que sea, sin importar la situación.

Romeo, gracias por el cariño de hermano mayor que tienes hacia mí, por la confianza que me has depositado y los consejos que me has dado.

José Andrés, sé que no eres muy expresivo, pero gracias por tus palabras y algunos consejos que logras darme, por los corajes que luego haces que tenga y el tiempo que logramos convivir en Saltillo, Coahuila.

Pablo, por todos los buenos momentos, hermano. Gracias por ser mi confidente y amigo, gracias por hacerme enojar y reír a la vez, por todas las pláticas interminables que hemos tenido y la paciencia que me has mostrado.

A Yesenia Quintana, por ser un apoyo emocional y sentimental en la culminación de mi carrera, por aguantar mi forma de ser y la paciencia que me has tenido. Te quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL	
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL	4
Objetivos específicos	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del cultivo	5
Clasificación taxonómica y características Botánicas	5
Importancia económica mundial.....	7
Producción nacional de ajo	7
ENFERMEDADES	10
CANCRO DEL BULBO	10
Ubicación Taxonómica	10
Importancia y distribución	11
Características morfológicas.....	11
Sintomatología	11
Condiciones de desarrollo.....	12
MARCHITEZ POR <i>Sclerotium</i>	12
Ubicación taxonómica	12
Importancia y distribución	13
Características morfológicas.....	13
Sintomatología	13
Condiciones de desarrollo.....	14
PUDRICIÓN BASAL DEL BULBO	14
Clasificación taxonómica.....	14
Importancia y distribución	15

Características morfológicas.....	15
Sintomatología.....	15
Condiciones de desarrollo.....	16
EXTRACTOS BOTÁNICOS.....	16
Chipilín <i>C. longirostrata</i>	17
Descripción botánica.....	17
Chicalote <i>A. mexicana</i>	18
Descripción botánica.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Ubicación del experimento.....	19
Aislamiento de Fitopatógenos.....	19
Corroboración de las especies.....	19
Elaboración del Extractos.....	20
Obtención de la concentración mediante la densidad de los extractos vegetales.....	20
Evaluación in vitro de <i>C. longirostrata</i> y <i>Argemone mexicana</i> sobre <i>Embellisia allii</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> y <i>Fusarium oxysporum</i>	21
Conteo de esporas.....	22
Diseño experimental.....	22
RESULTADOS.....	23
Aislamiento.....	23
Densidades por medio de picnómetro.....	24
Crecimiento micelial.....	25
Esporulación.....	27
CONCLUSIONES.....	31
LITERATURA CITADA.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos sobre la producción y extensión del cultivo del ajo en México desde 1994 hasta 2020 (Fuente: FAOSTAT, 2022).	9
Figura 2. Características morfológicas de <i>Embellisia allii</i>. a) conidióforo ramificado; b) conidios marrones con septos transversales y longitudinales.	23
Figura 3. Características morfológicas de <i>Fusarium oxysporum</i>. a) y c) Macroconidias con 3-4 septos ligeramente curvadas; B) Monofiálides cortos; d) Microconidias ovales y elípticas sin septos.	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción nacional de ajo hasta el 31 de diciembre de 2020, según el informe del SIAP (2022).....	8
Tabla 2. Efecto inhibitorio de <i>C. longirostrata</i> en fitopatógenos del cultivo del ajo....	25
Tabla 3. Efecto inhibitorio de <i>A. mexicana</i> en fitopatógenos del cultivo del ajo.....	26
Tabla 4. Efecto inhibitorio de la esporulación de fitopatógenos tratados con <i>C. longirostrata</i>.....	27
Tabla 5. Efecto inhibitorio de la esporulación en fitopatógenos tratados con <i>A. mexicana</i>.....	28
Tabla 6. Concentración letal media de <i>C. longirostrata</i> y <i>A. mexicana</i>.....	29

RESUMEN

El ajo, es una planta que forma parte de la familia Alliaceae, la cual incluye aproximadamente 600 especies. Originaria de Asia central, los bulbos de esta planta han sido utilizados desde tiempos antiguos tanto en la cocina como por sus propiedades terapéuticas. En los últimos años, se han detectado diferentes alteraciones que se producen después de la cosecha, es decir, en el almacenamiento. El oscurecimiento o manchado de las túnicas, provocado por *Embellisia allii*, produce manchas negras en las capas externas y en los dientes de los bulbos. La marchitez, provocada por el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc., produce esclerocios que pueden persistir en el suelo durante prolongados períodos de tiempo. Este hongo tiene la capacidad de afectar a varias plantas cultivadas como frijol, calabaza, pepino, tomate, entre otras. En el caso específico del ajo, causa pérdidas importantes tanto durante el período de cultivo como durante el almacenamiento. Los responsables en su mayoría son causados por *F. oxysporum* y *F. proliferatum*. Las corroboraciones de los fitopatógenos se dieron a través de sus características morfológicas. El material de los extractos *C. longirostrata* y *A. mexicana* se llevaron a cabo en maceración en metanol utilizando las concentraciones 2.7, 7.7, 11.7, 15.7, 19.5, 29.7 mg/mL y un testigo con PDA, Cada tratamiento estuvo conformado con cinco repeticiones; el desarrollo radial del micelio se midió cada 24 horas hasta que se llenado del testigo en el diámetro de la caja Petri. Los resultados muestran que todas las concentraciones evaluadas fueron eficientes, siendo *C. longirostrata* mejor para el control de *E. allii* y *F. oxysporum* y *A. mexicana* para el control *S. rolfsii* teniendo mayores inhibiciones en el crecimiento micelial correspondientemente; para la reducción de la esporulación de *F. oxysporum* se mostró mejor con el extracto de *C. longirostrata* inhibiendo hasta el 76.26%; mientras que para *E. allii* y *S. rolfsii* se mostró mejor el extracto de *A. mexicana* con una inhibición del 95.88% y 90-100 % correspondientemente.

Palabras claves: Ajo, *C. longirostrata*, *A. mexicana*, Cancro del bulbo, Pudrición basal del bulbo, Marchitez por *Sclerotium*

INTRODUCCIÓN

El ajo, científicamente conocido como *Allium sativum* L., es una planta que forma parte de la familia Alliaceae, la cual incluye aproximadamente 600 especies. Originaria de Asia central, los bulbos de esta planta han sido utilizados desde tiempos antiguos tanto en la cocina como por sus propiedades terapéuticas. En las culturas mediterráneas, se reconoció desde hace mucho tiempo, y durante la Edad Media, se empleó para combatir la peste (López, 2007).

En entornos agrícolas, la producción de ajo enfrenta desafíos, debido a la insuficiencia de su producción de semillas viables. En su lugar, se siembran los bulbos recolectados de la temporada previa. Este método de propagación vegetativa propicia la proliferación de enfermedades, lo que provoca un deterioro gradual e irreversible en los cultivares de ajo (Astorga-Quirós *et al.*, 2013).

En los últimos años, se han detectado diferentes alteraciones que se producen después de la cosecha, es decir, en el almacenamiento. En muchos casos, los síntomas son inexactos o su origen es incierto, lo que complica la elección de los bulbos durante la etapa de postcosecha. En consecuencia, la pudrición constituye la causa principal de la pérdida del fruto durante el almacenamiento. Entre las enfermedades fúngicas más frecuentes que generan pérdidas económicas significativas en la producción de ajo, se encuentra la pudrición blanca, originada por *Sclerotium cepivorum* Berk. No obstante, se ha constatado que diversas cepas de *Penicillium* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotium rolsfii* y *Fusarium* spp. también causan la pudrición blanca (Delgado-Ortíz *et al.*, 2016).

El oscurecimiento o manchado de las túnicas, el moho negro o la podredumbre del cuello son enfermedades que afectan principalmente a los bulbos de ajo durante el almacenamiento. El oscurecimiento o manchado de las túnicas, provocado por *Embellisia allii*, produce manchas negras en las capas externas y en los dientes de los bulbos (Latha *et al.*, 2011). La podredumbre del cuello, causada por *Botrytis* spp., se produce en los bulbos almacenados, manifestándose con una descomposición acuosa que se produce en el área del cuello y puede extenderse en todo el bulbo. Los tejidos de las envolturas se vuelven blandos, adquiriendo

una textura acuosa y translúcida. En las catáfilas y envolturas externas, se observa un micelio que varía de blanco a gris, con la posible presencia de esclerocios (Gálvez, 2017). Existen alrededor de seis especies de *Fusarium*, en esta ocasión se tiene como caso de prueba *Embellisia allii*, *S. rolfsii* y *Fusarium oxysporum*.

Dado el problema generado por el excesivo empleo de fungicidas químicos, es imprescindible buscar soluciones naturales para generar alternativas para combatir las enfermedades. Una estrategia efectiva implica la utilización de extractos vegetales y aceites esenciales provenientes de fuentes biológicas, las cuales son biodegradables y no tienen un impacto negativo en el entorno natural ni en la salud de las personas (Bravo *et al.*, 2000).

Los extractos vegetales son alternativas derivadas de los metabolitos secundarios de la planta, reconocidos por su efecto antimicrobiano y propiedades antifúngicas comprobadas. Los extractos vegetales son productos biodegradables que actúan de manera específica, siendo eficaces en dosis pequeñas y con una toxicidad prácticamente muy baja para hortalizas (Granados, 2010).

Para explorar alternativas de manejo más amigables con el medio ambiente y eficaces, este trabajo de investigación examinó cómo los extractos de chipilín (*C. longirostrata*) y chicalote (*A. mexicana*) afectan el crecimiento micelial de *E. allii*, *S. cepivorum* y *Fusarium* spp.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto inhibitorio *in vitro* de los extractos de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) y chicalote (*Argemone mexicana*) sobre el desarrollo de los fitopatógenos *Embellisia allii*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum*.

Objetivos específicos

El extracto de *C. longirostrata* mostrará un efecto inhibitorio en el crecimiento y la esporulación de los hongos *E. allii*, *S. rolfsii* y *F. oxysporum*.

El extracto de *Argemone mexicana* mostrará un efecto inhibitorio en el crecimiento y la esporulación de los hongos *E. allii*, *S. rolfsii* y *F. oxysporum*.

Hipótesis

Los extractos de Chipilín y Chicalote inhibirán el desarrollo micelial y esporulación en al menos una de las especies evaluadas (*E. allii*, *S. rolfsii* y *F. oxysporum*).

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo

En la investigación realizada por Etoh & Simón (2002), la cual sostiene que los registros indican que el ajo tuvo su origen en diversas ubicaciones alrededor del mundo. Algunos sugieren que la fuente de origen proviene de las montañas de Asia Central, mientras que otros, como Vavilov en 1951, sostienen que el área Mediterránea también pudo haber sido una fuente de origen. Recientemente, se han encontrado varias plantas fértiles de tipo primitivo en la región noroeste de las montañas Tien Shan en Asia Central (Cavagnaro y Galmarini, 2007).

Se ha propuesto la teoría de que *Allium longicuspis* Regel podría ser el antepasado del ajo, dado que ambas especies comparten características morfológicas y cariológicas similares. Además, *A. longicuspis* se encuentra en la parte occidental de las montañas Tien Shan, que se considera el lugar de origen del ajo. (Cavagnaro y Galmarini, 2007).

Clasificación taxonómica y características Botánicas

Takhtajan en 1997 incluyó el ajo en la siguiente clasificación, según lo descrito por Fritsch y Friesen en 2002.

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Superorden: Lilianae

Orden: Amaryllidales

Familia: Alliaceae

Subfamilia: Allioideae

Tribu: Allieae

Género: *Allium*

Esta planta, reconocida por sus importantes aportes en la gastronomía y la salud, proporciona un toque de sabor a los platos en los que se emplea y ofrece un beneficio adicional gracias a

su composición, que incluye propiedades antimicrobianas. En el año 1964, Melchior estableció su clasificación en la familia Liliaceae, sin embargo, las clasificaciones posteriores lo han situado en la familia Amarilidaceae, basándose en las particularidades de la estructura de la inflorescencia. Investigaciones más recientes indican que, dentro de las monocotiledóneas, las Alliaceae han sido reconocidas como una familia (Reveles-Hernández *et al.*, 2009). Estas plantas se destacan por presentar bulbos y flores con seis pétalos. Su cultivo tiene una larga historia, y todas las variantes comparten características similares, aunque con distintos niveles de concentración (Ganado, 2001).

Cuando se trata de distinguir entre bulbos de ajo, es esencial considerar una serie de características morfológicas. Estas incluyen la forma, tamaño y grosor de las hojas, así como la disposición de los dientes, la estructura del tallo y los atributos de las flores, los cuales son indicativos clave para la identificación de diferentes variedades. Además, la madurez del bulbo, que está influenciada por el momento de siembra y las técnicas de recolección y postcosecha, juega un papel muy importante. Todas las variedades requieren una administración adecuada que considere las circunstancias específicas del suelo y clima, con el fin de fomentar tanto su evolución física como su composición química (Pandey, 2000).

De acuerdo con Campo (2013), las plantas desarrollan un sistema de raíces que se extiende desde el tallo hasta alcanzar 60-70 cm de profundidad, lo que favorece la formación del bulbo.

El tallo tiene un diámetro aproximado de 3 cm, una altura de 5 mm, del cual surgen hojas que presentan dimensiones comprendidas entre 20 a 50 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho. Estas hojas no albergan sustancias nutritivas, sino que principalmente cumplen la función de protección. La zona comestible de esta planta se desarrolla bajo tierra, conformando un bulbo que consiste en varios bulbos más pequeños (Ramírez-Concepcióna *et al.*, 2016).

Las hojas de la planta muestran una base envainada con una apariencia de túnicas y un limbo estrecho y sésil, con bordes paralelos. En su sección, adoptan una forma de 'V', y el nervio central es evidentemente visible en el envés.

En el ápice del escapo floral se encuentra una inflorescencia ubicada en una umbela esférica, la cual se encuentra envuelta por una bráctea larga y delgada que se suelta al caer. La umbela

se compone de flores diminutas que tienen seis sépalos y pétalos de tonalidades blancos o rosados, acompañados de seis estambres y un pistilo. Una vez que estas estructuras maduran, se produce un fruto con tres compartimentos, cada uno con dos semillas, aunque esto ocurre raramente (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

El fruto de esta planta tiene una disposición circular y muestra protuberancias formadas por la conexión de cuerpos sólidos alargados que se unen en su base y emergen en grupos de seis o más desde las axilas de las hojas, dispuestas en forma de dientes. Los extremos de los dientes se estrechan, mientras que en el centro son notablemente más grandes, cada uno de estos elementos está envuelto en múltiples capas alternas internas para su protección, mientras que el bulbo en su totalidad está cubierto por túnicas externas, las cuales tienen una textura delicada al tacto. Al retirar cada una de estas capas, se expone la parte comestible (Bravo, 2003, Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

Importancia económica mundial.

El ajo, arraigado en la historia y cultivado en más de 100 países, es un cultivo de gran importancia mundial. China se encuentra liderando la producción global, con 825,305 hectáreas cultivadas y una producción de 20.71 millones de toneladas, lo que representa un rendimiento promedio por hectárea de 25.096 toneladas. En segundo lugar, se encuentra la India, con 2.91 millones de toneladas obtenidas de 363,000 hectáreas, mientras que Bangladesh ocupa el tercer lugar, con 485,000 toneladas de 73,564 hectáreas (FAOSTAT, 2022).

Producción nacional de ajo

México se posiciona en el puesto 18 en términos de superficie destinada al cultivo de ajo, con más de 6,783 hectáreas sembradas anualmente. Este cultivo es uno de los más lucrativos a nivel nacional y se lleva a cabo en 17 estados de la nación. Los estados más destacados en la producción son Zacatecas, Guanajuato, Puebla, Baja California y Sonora, los cuales contribuyen con el 87.1 % de la producción nacional. Asimismo, otros estados como Aguascalientes, Oaxaca, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí también contribuyen en la producción de este cultivo. En el año 2020, la producción nacional de ajo experimentó un incremento del 4.3 % en comparación con el año anterior, alcanzando las 81,890 toneladas,

lo cual ha consolidado a México como el noveno exportador internacional de esta hortaliza (SIAP, 2022).

Tabla 1. Producción nacional de ajo hasta el 31 de diciembre de 2020, según el informe del SIAP (2022).

<i>Estado</i>	<i>Superficie</i>	<i>Producción</i>	<i>Rendimiento</i>
	<i>(ha)</i>	<i>(ton)</i>	<i>(ton/ha)</i>
<i>Aguascalientes</i>	201	3,048	15.165
<i>Baja California</i>	144	1,596	11.081
<i>Baja California Sur</i>	16	218	13.446
<i>Coahuila</i>	5	19	4.75
<i>Chihuahua</i>	26	338	12.766
<i>Guanajuato</i>	1,034	12,853	12.437
<i>Guerrero</i>	5	20	3.97
<i>Jalisco</i>	20	286	14.65
<i>Michoacán</i>	3	27	8.329
<i>Nuevo León</i>	344	3,044	8.861
<i>Oaxaca</i>	195	1,485	7.601
<i>Puebla</i>	600	5,070	8.449
<i>Querétaro</i>	84	507	5.997
<i>San Luis Potosí</i>	69	582	8.436
<i>Sonora</i>	641	4,301	7.504
<i>Tlaxcala</i>	43	159	6.376
<i>Zacatecas</i>	3,032	48,336	15.942
<i>Total</i>	6,463	81,890	12.844

Fuente: elaboración propia.

Durante el transcurso del año 2002 al 2020, se ha registrado un notable aumento en la producción y recolección de ajo (Figura 1), y esta tendencia se ha mantenido constante en los años posteriores.

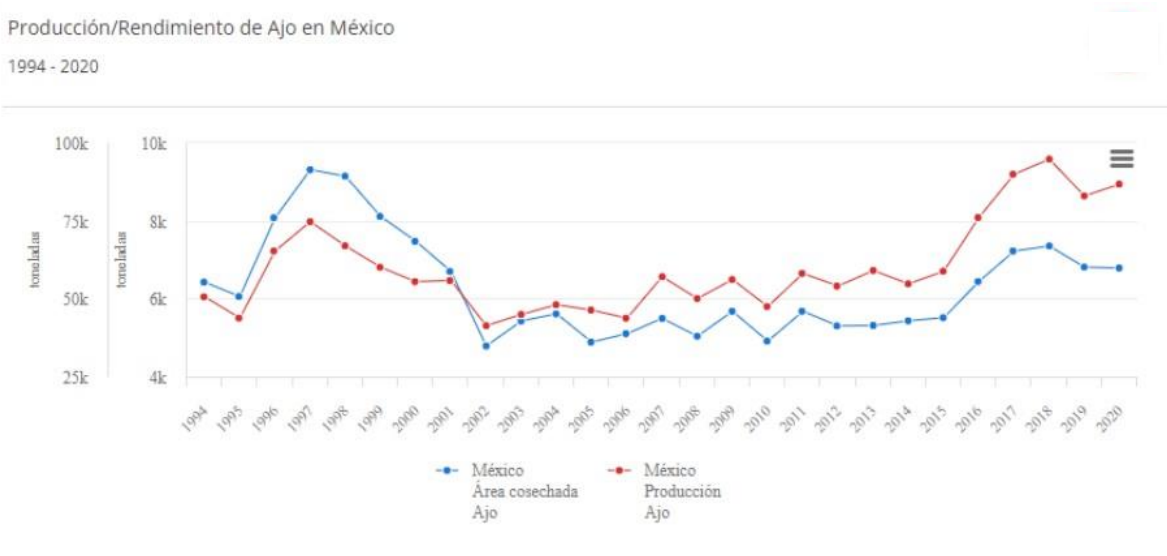


Figura 1. Datos sobre la producción y extensión del cultivo del ajo en México desde 1994 hasta 2020 (Fuente: FAOSTAT, 2022).

ENFERMEDADES

Las enfermedades ocasionadas por microorganismos fitopatógenos, como bacterias, hongos y nematodos, constituyen la principal causa de pérdidas en la agricultura, tanto durante la cosecha como durante el período postcosecha. De todos los agentes fitopatógenos, los hongos se destacan como uno de los grupos más relevantes, debido a la gran diversidad de especies presentes y las considerables pérdidas que ocasionan (Fisher et al., 2012). De acuerdo con Velásquez-Valle *et al.*, (2018), a nivel mundial se han registrado 11 géneros y 18 especies de hongos relacionados con la descomposición de los bulbos de ajo. La pudrición blanca, causada por *S. cepivorum* Berk, sobresale como una de las principales enfermedades fúngicas que ocasionan considerables pérdidas económicas en el cultivo del ajo. No obstante, además de esta, se identifican otras enfermedades similares provocadas por diversos agentes fitopatógenos, como *Botrytis* spp., *Penicillium* spp., *S. rolsfii*, *S. sclerotiorum* y *Fusarium* spp. (Delgado-Ortíz *et al.*, 2016).

CANCRO DEL BULBO

La enfermedad cancro del bulbo, llamada así debido a que las hojas envoltantes de los bulbos se manchan de color negro, es causada por el hongo *Embellisia allii* (Campanile) Simmons, una enfermedad de vital importancia que afecta a los dientes provocando deshidratación (Sepúlveda *et al.*, 2010).

Ubicación Taxonómica

Según Simmons (1971), la estructura de *E. allii* se encuentra de la siguiente manera

Reino: Hongos

Filo: Ascomicota

Subfilo: Pezizomycotina

Clase: Dotideomicetos

Subclase: Dothideomycetidae

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporáceas

Género: *Embellisia*

Especie: *Embellisia allii* (Campan.)

Importancia y distribución

En diversos países, el responsable de causar la enfermedad conocida como cancro del bulbo es el hongo *Embellisia allii*. En un estudio llevado a cabo por Srivastava *et al.* (2005), informaron acerca del descubrimiento de una enfermedad que afecta al ajo en la India, la cual ellos nombraron "cancro del bulbo de ajo". Las autoridades de cuarentena vegetal de la India encontraron el patógeno *E. allii* al inspeccionar un cargamento de ajos importados de China (Latha *et al.*, 2007). El hongo *E. allii* fue identificado por primera vez en muestras de bulbos de ajo recolectados en Himachal Pradesh, lo cual representa el primer registro de este hongo en el suelo indio, según el informe de emitido por Singh y Khar en 2007. Entre 2011 y 2015 se procedió a la recolección de bulbos de ajos enfermos, lo cual resultó en los primeros informes de la enfermedad en 2012 y 2019 en el condado de Monterey, California (EE. UU.), así como en Saltillo, Coahuila de Zaragoza (México), respectivamente (Koike y Rooney, 2012, Delgado-Ortiz *et al.*, 2019).

Características morfológicas

Los conidióforos pueden encontrarse de manera simple o tener ramificaciones, se pueden distinguir conidios con tonalidades marrones, usualmente con septos transversales o con forma bifurcada que pueden variar entre 2 y 6 septos. En cuanto a las clamidosporas, pueden encontrarse en gran cantidad (Srivastava y Singh, 2022).

Sintomatología

Los signos en las hojas se manifiestan por un proceso gradual de amarilleo que comienza en los márgenes de las hojas más próximas al suelo y progresa hasta secarlas por completo (Sepúlveda *et al.*, 2010). Mientras que los bulbos muestran escamas que varían desde tonos grisáceos hasta negros, algunos presentan deshidratación y descomposición, mientras que

otros muestran hifas negras entre las escamas, junto con signos de necrosis en los dientes del bulbo (Koike y Rooney, 2012, Delgado-Ortiz *et al.*, 2019).

Condiciones de desarrollo

El hongo se mantiene presente en los residuos de plantas, el suelo y los bulbos infectados. El micelio requiere una temperatura óptima de 25 °C para su crecimiento, mientras que los conidios pueden formarse fácilmente a temperaturas de hasta 30 °C. La alta humedad favorece el desarrollo de las enfermedades. Además, los suelos compactos y húmedos, junto con la aplicación excesiva de estiércol, también fomentan la propagación de las enfermedades (Srivastava y Singh, 2022).

MARCHITEZ POR *Sclerotium*

En 1911, el micólogo Pier Andrea Saccardo identificó este hongo a partir de muestras de tomate recolectadas en Florida. Desde 1892, se había observado su presencia en la región, provocando pérdidas de hasta el 70% (Kator *et al.*, 2015). La marchitez, provocada por el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc., produce esclerocios que pueden persistir en el suelo durante prolongados períodos de tiempo. Este hongo tiene la capacidad de afectar a varias plantas cultivadas como frijol, calabaza, pepino, tomate, entre otras. Las plantas afectadas por este hongo presentan hojas con tonos marrones, daño en las raíces, y el bulbo está cubierto por un tejido esponjoso donde pueden crecer los esclerocios (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

Ubicación taxonómica

Según lo señalado por Castaño-Zapata (1994), la estructura taxonómica de *Sclerotium rolfsii* es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Mycota

Subdivisión: Eumycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Agonomycetales

Familia: Tuberculariaceae

Género: *Sclerotium*

Especie: *S. rolfsii* (Sacc)

Importancia y distribución

De acuerdo con el estudio de Rodríguez *et al.* (2021), *S. rolfsii* es un patógeno vegetal que afecta a una amplia variedad de plantas. Tiene un extenso repertorio de hospederos, entre los cuales se destacan 18 de importancia económica, incluyendo cultivos como el chile que se siembran en México. Mientras que Kator *et al.*, (2015) señala que fuera de México, se ha documentado la existencia de *S. rolfsii* en más de 500 especies vegetales, que abarcan desde leguminosas, gramíneas y crucíferas hasta cucurbitáceas y solanáceas. El hongo tiene una distribución global extendida, siendo especialmente prominente en áreas tropicales y subtropicales, como se ha destacado en estudios realizados por Punja y Zum (2001) y Martínez *et al.*, (2021).

Características morfológicas

Durante su fase asexual, *S. rolfsii* desarrolla un micelio de tonalidad blanca con anillos concéntricos, que se vinculan entre sí de manera similar a una pinza, sin producir esporas. No obstante, genera esclerocios circulares de tonalidad café (Hernández *et al.*, 2004; Xu *et al.*, 2010; Hernández y Herrera 2014).

Sintomatología

Kwon (2010), Reportó la aparición de pudrición del tallo en plantas de ajo en Corea, atribuida al hongo *S. rolfsii*. La enfermedad se manifestó inicialmente mediante manchas características de exceso de humedad, las cuales evolucionaron hasta causar la descomposición, la marchitez y la muerte de la planta. Esta enfermedad se ha extendido ampliamente, ocasionando pérdidas económicas significativas al dañar directamente los cultivos y provocar estrés en las plantas. En regiones de clima templado, como Reino Unido y Canadá, las pérdidas en la producción de cebolla y ajo pueden alcanzar el 65 %, mientras que, en países de clima tropical, como Brasil y México, se presentan pérdidas del 100 % (Cavalcanti *et al.*, 2018).

Condiciones de desarrollo

La germinación de los esclerocios requiere una humedad relativa del aire por encima del 99%. Su capacidad de germinación disminuye con el incremento de la profundidad del suelo, lo cual se debe a una reducción en la aireación del suelo. Se ha notado que la germinación se produce en un pH que oscila entre 2,6 y 7,7, con una condición óptima dentro del rango de 2,6 a 4,4 (CIAT, 1980). El desarrollo óptimo del patógeno se produce en un intervalo de temperatura que oscila desde los 25 hasta los 30 °C, aunque su crecimiento se limita a temperaturas inferiores a los 15 °C. En Aguascalientes, se ha observado un aumento en la presencia del hongo en condiciones de elevada humedad y temperatura, especialmente en las áreas de siembra o surcos durante períodos de riego frecuente o abundante, así como al llegar al final del ciclo de cultivo. Por otro lado, en Zacatecas, se ha notado la enfermedad en diciembre en áreas que han sido fertilizadas con estiércol y a riegos excesivos (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

PUDRICIÓN BASAL DEL BULBO

El género *Fusarium*, perteneciente a la clase Ascomycota, constituye la fase asexual de la familia Nectriaceae. Estos hongos están distribuidos mundialmente y se hallan en diversas formas, desde alimentarse de materia orgánica en descomposición hasta actuar como endófitos o patógenos oportunistas, lo que puede llevar a la muerte de insectos y plantas (Márquez-Fernández *et al.*, 2020). Se trata de una enfermedad que tiene un impacto significativo en el cultivo del ajo, así como también el de la cebolla y otras especies. En el caso específico del ajo, causa pérdidas importantes tanto durante el período de cultivo como durante el almacenamiento. Los responsables en su mayoría son causados por *F. oxysporum* y *F. proliferatum* (Obregón, 2022).

Clasificación taxonómica

EPPO (2023), clasifica de la siguiente manera a *F. oxysporum*

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nictreaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *F. oxysporum*

Importancia y distribución

La podredumbre basal, originada por el fitopatógeno *Fusarium* spp., está presente en diversas regiones del mundo. Se ha reportado la presencia de *F. oxysporum* en plantaciones de Guanajuato y en las semillas de ajo de Aguascalientes. La existencia de esta enfermedad constituye un desafío en áreas dedicadas al cultivo de ajo y cebolla, tanto en México como en distintas partes del mundo (Delgado-Ortiz *et al.*, 2016). De acuerdo con (Reveles *et al.*, 2009) El hongo *Fusarium* spp. es el que origina esta enfermedad, la cual se ha relacionado con pérdidas de hasta el 40 % de los bulbos en las áreas de cultivo.

Características morfológicas

Las microconidias, que se encuentran regularmente, tienen una forma ovalada a elipsoidal y pueden estar presentes de manera individual o en pares, desarrollándose en fiálidas cortas que no tienen ramificaciones. Las macroconidias suelen tener entre 3 y 5 septos, y tienen una forma alargada y fusiforme, con una ligera curvatura. Surge primeramente en fiálidas individuales y posteriormente se forman en estructuras conocidas como esporodoquios. Las clamidosporas pueden hallarse tanto de manera individual como en asociaciones de cadenas cortas (Melgarejo, 2010).

Sintomatología

Los primeros signos de la enfermedad abarcan un amarillamiento generalizado y una reducción en el desarrollo de la planta. Además, se desplaza la marchitez en las hojas a partir del ápice hasta la base. Se puede notar la aparición de líneas negras a lo largo de los tallos y peciolas, junto con la decoloración y muerte del tejido xilemático (Melgarejo, 2010, Sepúlveda, 2010). El hongo puede causar la descomposición de las semillas y las raíces de

las plantas afectadas muestran un color que varía desde un café oscuro hasta un tono rojizo (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

Condiciones de desarrollo

El hongo tiene la capacidad de propagarse por medio de partículas del suelo, un uso excesivo de riego y, sobre todo, a través de las semillas (Reveles-Hernández *et al.*, 2009). El hongo puede mantener su capacidad de supervivencia en el suelo durante varios años, incluso sin la presencia de plantas huéspedes intermedias. En consecuencia, mantener el cultivo exclusivo de ajo aumenta la frecuencia de la enfermedad, ya que favorece la rápida reproducción y propagación del agente patógeno. El hongo se desarrolla mejor en temperaturas del suelo que van desde los 28 hasta los 32 °C, lo que implica que el cultivo es más susceptible durante la fase cercana a la recolección. Durante el almacenamiento, las condiciones óptimas para que la enfermedad se desarrolle se encuentran en temperaturas cercanas a los 28 °C, mientras que las temperaturas mínimas son alrededor de 8 °C (Sepúlveda *et al.*, 2010).

EXTRACTOS BOTÁNICOS

A causa del excesivo empleo de pesticidas químicos que causa daños en la biosfera del planeta para abordar los inconvenientes relacionados con el control de artrópodos y enfermedades (Pernía y Sanabria, 2021), relata que requiere la evolución de la agricultura convencional hacia un sistema social y ambientalmente responsable, incorporando nuevas tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Esto incluye el uso de microorganismos o productos naturales de origen vegetal para disminuir o eliminar la presencia de patógenos, lo que a su vez permite disminuir la dependencia de los agroquímicos. Estas alternativas no generan residuos que contaminen el medio ambiente, no afectan la salud de los consumidores o productores, y no provocan resistencia en las plagas y enfermedades. Los compuestos activos presentes en las plantas ofrecen una protección natural y resultan económicamente viables cuando se aplican de manera adecuada y racional. La utilización de extractos vegetales es una técnica que puede romper el ciclo de dependencia de los agroquímicos y, de esta forma, restaurar la estabilidad de los agroecosistemas (Castellanos, 2013). De acuerdo

con Celis *et al.* (2009), el uso de extractos contribuye al control de enfermedades al disminuir la cantidad de inóculo, inhibir la germinación de esporas y prevenir el crecimiento del agente infeccioso.

Los extractos vegetales, derivados de los metabolitos secundarios de las plantas, son productos biorracionales que han demostrado efectos antimicrobianos y algunas propiedades antifúngicas. Los extractos vegetales son compuestos naturales que actúan de manera específica, siendo efectivos en dosis pequeñas y presentando una toxicidad prácticamente nula o muy baja. Por lo tanto, no representan un peligro ambiental y suelen ser productos biodegradables (Granados, 2010).

Chipilín *C. longirostrata*

C. longirostrata es una planta que se encuentra de manera autóctona en Latinoamérica y México (Jiménez y Grusak, 2015). Esta planta perteneciente a la familia Fabaceae, la cual se identifica con frecuencia como chipilín y se utiliza como fuente de alimento debido a su elevada concentración de aminoácidos esenciales, tales como treonina, arginina y valina (Mateos-Maces *et al.*, 2020). Se presenta un elevado contenido de ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, alcaloides y flavonoides, los cuales han demostrado ser biológicamente eficaces contra plagas y enfermedades (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2020; Rovira *et al.*, 2019).

Descripción botánica

El chipilín es una planta herbácea principalmente anual que suele alcanzar un metro de altura o más. Sus tallos son delgados, erectos y a menudo ramificados, con frecuencia de color verde-rojizo. Las estípulas son muy pequeñas o incluso ausentes. Sus hojas tienen largos pecíolos y constan de tres folíolos oblongos, ovalados o elípticos que oscilan entre 2 y 6 cm de longitud y tienen ápices redondeados. La superficie superior de las hojas presenta una textura lisa y de color pálido, mientras que la inferior puede ser áspera o sedosa. Las flores se agrupan en racimos terminales, generalmente largos y con numerosas flores. El cáliz mide alrededor de 5 mm de longitud, se caracteriza por ser bilabiado y áspero, con lóbulos que son principalmente más cortos que el tubo. La corola es de un amarillo brillante y tiene una longitud aproximada de 1.5 cm. El estandarte puede presentar pelos cortos a lo largo de la costa o ser glabro, con un ápice largo y estrecho que se dobla en un ángulo recto. Los frutos

se componen de vainas de unos 2 cm de longitud y 7 a 8 mm de ancho que están densamente cubiertas de pelos ásperos (Soto Estrada, 2004).

Chicalote *A. mexicana*

Según Andleeb *et al.* (2020) y Manalil y Chauhan (2019), la planta de la especie *A. mexicana* Linch, conocida como chicalote, se encuentra clasificada como maleza de hoja ancha y se encuentra establecida dentro de la familia Papaveraceae. De acuerdo con Xool-Tamayo *et al.* (2021), en el género de *Argemone*, *A. mexicana* L. es una de las 25 especies que poseen una elevada concentración de alcaloides y están altamente distribuidas en caminos. En México, esta planta se ha llegado a utilizar como recurso medicinal, abordando distintos tipos de enfermedades como el asma y casos de cáncer a causa de la alta concentración de ácidos grasos en las semillas y los alcaloides presentes en todos los órganos de la planta (Martínez-Delgado *et al.*, 2022, Das *et al.*, 2011; Elizondo-Luévano *et al.*, 2018, Datkhile *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2021).

Descripción botánica

Se trata de una planta herbácea que alcanza una altura aproximada de 120-150 cm. Su tallo, por lo general espinoso y erecto, exhibe un tono verde pálido azulado, mientras que sus hojas, de unos 15 cm de longitud, son alternas y carecen de pecíolos, además de albergar márgenes lobulados, espinosos y dentados. Las flores presentan un diámetro que oscila entre 2,4 y 4,5 cm, mientras que el fruto se manifiesta como una cápsula espinosa de dimensiones que van entre 2 a 4,5 cm de largo y 2 cm de ancho (Alam y Khan, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se realizó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Aislamiento de Fitopatógenos

Las cepas de *Embellisia allii* y *Sclerotium rolfsii*, proporcionadas por el Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz de su colección de hongos fitopatógenos, se reactivaron en los medios de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA). Posteriormente, se incubaron a 27 °C por un período de 7 días.

Debido a que la cepa de *F. oxysporum* no se logró reactivar, se llevó a cabo el aislamiento del fitopatógeno a través de un diente de ajo, el cual presentaba las sintomatologías reportadas por Velázquez-Valle y Medina-Aguilar (2004), Leslie y Summerell (2006). Se realizaron varios cortes al diente de ajo a manera de obtener una parte de tejido dañado y tejido sano. Después de cortar las partes, estas se desinfectaron mediante la inmersión en una solución acuosa de hipoclorito de sodio (NaClO) en un vaso de precipitado, seguida de un enjuague en un vaso de agua destilada con el fin de descartar los restos de NaClO. Luego, se colocaron cuatro fragmentos de tejido en una caja Petri y se dejaron en la campana de flujo laminar (Delgado-Ortiz *et al.*, 2016).

Luego de cuarenta y ocho horas de aislamiento, se observó crecimiento micelial, de los cuales se tomaron cuatro explantes de 5 mm de cada caja para continuar con la purificación, la cual se realizó a partir de resiembras sucesivas en el medio de cultivo PDA. Después de 72 h, se realizó un montaje de micelio para determinar la morfología del hongo, y se efectuó la caracterización tanto macro como microscópicamente de la cepa *in vitro* (Sánchez, *et al.*, 2001).

Corroboración de las especies

Para llevar a cabo la verificación de las especies donadas, las cepas se observaron en el microscopio compuesto y siendo identificadas con características taxonómicas, para el género de *E. allii* se estudiaron las morfologías reportadas por Delgado-Ortiz *et al.* (2019),

Koike y Rooney (2012), mientras que para *S. rolfsii* se consideraron los estudios de Hernández *et al.* (2004), Xu *et al.* (2010), Hernández y Herrera (2014).

Elaboración del Extractos

El material de *Crotalaria longirostrata* se recolectó en el estado de Chiapas, el cual se dejó secar a la sombra durante siete días hasta el punto en el que el tejido estuviera completamente seco, posteriormente se molió con licuadoras (Waring Commercial, modelo 7011 s) para luego dejar en maceración en metanol con una relación de 0,2 g de materia seca por cada mL de solvente durante un mes en un frasco ámbar, dejándolo en la oscuridad, la cual se le daba agitación diaria (López-López *et al.*, 2022).

Para el extracto de *Argemone mexicana*, el material se obtuvo en el Campo Experimental “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; del cual solo se utilizaron las hojas, las cuales se dejaron secar a la sombra durante una semana, para luego moler las hojas con la ayuda de la licuadora de laboratorio (Waring Commercial, modelo 7011s). Se utilizó un gramo de materia seca por mL de solvente, el cual se dejó macerar durante siete días en constante agitación en matraces Erlenmeyer completamente a la sombra. Una vez completado el tiempo de maceración, se filtraron los extractos para evitar el acarreo de residuos dentro de los mismos, esto se llevó a cabo con ayuda de papel Whatman N° 1 y una bomba de vacío (López-López *et al.*, 2022)

Obtención de la concentración mediante la densidad de los extractos vegetales

Para determinar la concentración total de cada extracto, se llevó a cabo un método volumétrico con un picnómetro, el cual consiste en un matraz con forma de pera de boca esmerilada y un tapón autoenrasante, cuyo peso se conoce. En primer lugar, se procedió a llenar el picnómetro con agua destilada, asegurándose de no dejar burbujas, y se colocó el tapón. Después de secar el exterior del matraz, se pesó mediante una balanza analítica y se registró el resultado. Posteriormente, se procedió a la extracción del agua destilada y se secó el picnómetro en una estufa. Finalmente, se repitieron los pasos anteriores con el extracto correspondiente (López-López *et al.*, 2022).

Obtenido los pesos del agua destilada y el extracto a evaluar, se utilizó la fórmula

$$\text{densidad relativa} = \frac{m1 - m}{m2 - m} p2$$

En el que: m = corresponde a la masa del picnómetro vacío; m1 = peso del picnómetro con el extracto de prueba; m2 = peso de picnómetro con agua y p2 = densidad del agua (temperatura y densidad conocida)

Evaluación in vitro de *C. longirostrata* y *Argemone mexicana* sobre *Embellisia allii*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum*

La actividad fungicida de los extractos se evaluó utilizando la técnica de dilución en agar (Guerrero *et al.*, 2007). Una vez obtenida las densidades del extracto, se establecieron las concentraciones a utilizar en la ventana biológica (400, 1150, 1750, 2350, 2900, 4100 mg/mL) para después establecer concentraciones definitivas (2.7, 7.7, 11.7, 15.7, 19.5, 29.7 mg/mL). El medio de cultivo se preparó en matraces Erlenmeyer bajo las recomendaciones establecidas por el fabricante Bioxon®, los matraces se taparon con papel aluminio para luego agitarse levemente para la dilución del material, posteriormente se llevaron a la olla de presión donde se esterilizaron a 121 °C y una presión de 15 PSI durante un lapso de 15 minutos. Al alcanzar la temperatura óptima, se agregaron las concentraciones definitivas para ambos extractos y se agitaron de 3-5 minutos para homogeneizar y realizar el vaciado en cajas Petri. En seguida, se procedió a colocar un explante de 9 mm de diámetro de cada una de las cepas (*E. 2111*, *S. rolfsii* y *F. oxysporum*) en las cajas Petri con las concentraciones de cada extracto antes mencionados.

Se realizaron mediciones del crecimiento radial del micelio de cada hongo en intervalos de 24 horas. Este proceso continuó hasta que el testigo alcanzó el recubrir el diámetro total de la superficie del agar. Para este propósito, se utilizó un calibrador digital milimétrico de la marca STEREN®. Siguiendo la metodología propuesta por Bautista *et al.* (2002), se sacaron los promedios de las dos lecturas radiales por cada caja Petri a partir de 24 horas después de la siembra, las cuales se reportaron en (cm). Se determinó el porcentaje de inhibición a través de los valores finales, utilizando la fórmula sugerida por Bautista *et al.* (2002).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{dc - dt}{dc} x 100$$

Dónde: dc es el diámetro promedio en centímetros del crecimiento micelial del testigo, mientras que dt se refiere al diámetro del crecimiento micelial con los extractos evaluados (Kishore *et al.*, 1996).

Conteo de esporas

Siete días después de concluir las mediciones, se procedió a realizar los conteos de esporas para cada una de las unidades experimentales. Utilizando un sacabocado de 9 mm previamente esterilizado, se tomaron cinco explantes que se alojaron en tubos de ensayo en los que se habían agregado 10 mL de agua destilada estéril, los cuales se etiquetaron para posteriormente agitar tubo por tubo, ocupando un vórtex con el propósito de homogeneizar la suspensión y desprendimiento de esporas. A continuación, se depositó 1 mL de suspensión de esporas en una cámara de Neubauer, y se llevó a cabo el recuento de esporas para cada tratamiento. Este procedimiento fue llevado a cabo mediante el uso de un microscopio con oculares de 4x y 10x.

Diseño experimental

Se analizaron los datos de la inhibición del crecimiento micelial y la esporulación a través de un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$). La mortalidad se evaluó utilizando un análisis PROBIT mediante el software SAS (Statistical Analysis Software) versión 9.0, con el propósito de determinar la concentración inhibitoria media (CL_{50} o DE_{50}) para cada fitopatógeno.

RESULTADOS

Aislamiento

Se corroboraron las especies fitopatógenas observando las características pertinentes a las especies. En las cepas reactivadas de *E. allii*, se presentaron características morfológicas las cuales corresponden a un abundante micelio aéreo que va de un color marrón a negro y con una serie de pigmentos negros en el medio de cultivos. Los conidióforos mostraron una morfología tanto simple como ramificada (Fig. 1a). Los conidios observados fueron de tonalidad marrón, con septos transversales y longitudinales. Estas células exhibieron forma ovalada o elipsoidal, las cuales presentaban paredes delgadas (Delgado *et al.*, 2019) (Fig. 1b). Además de la identificación de clamidosporas estructuradas en pares o cadenas de forma intercalar, se identificaron características y dimensiones reportadas por Mishra *et al.* (2010), Koike y Rooney (2012).



Figura 2. Características morfológicas de *Embellisia allii*. a) conidióforo ramificado; b) conidios marrones con septos transversales y longitudinales.

En el bioensayo de *Sclerotium rolfsii*, se desarrolló un micelio de tonalidad de color blanco, sin esporas, pero sí generó una especie de órgano de resistencia conocido comúnmente como esclerocio que va de un color marrón a café (Hernández *et al.*, 2004; Xu *et al.*, 2010; Hernández y Herrera 2014).

Fusarium oxysporum presentó macroconidias de 3 a 4 septos ligeramente curvados en la parte superior y una forma recta en la parte inferior, similar a la de una canoa, con células basales puntiagudas (figura 1A, C). Asimismo, exhibió microconidias en formas ovales y elípticas, sin septos (Figura 1D), monofialides cortas (Figura 1B), y se observó elevada presencia de clamidosporas.

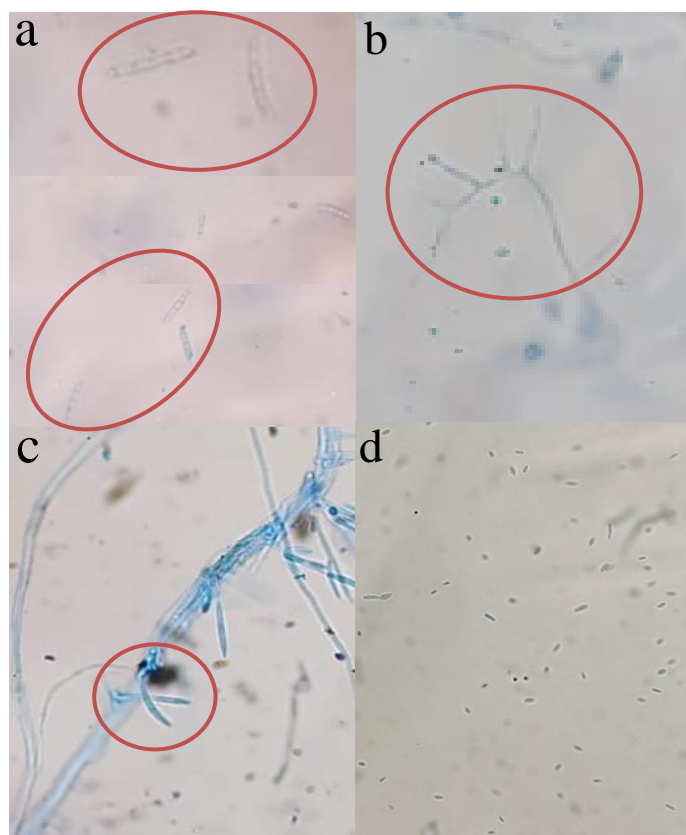


Figura 3. Características morfológicas de *Fusarium oxysporum*. a) y c) Macroconidias con 3-4 septos ligeramente curvadas; B) Monofiálides cortos; d) Microconidias ovales y elípticas sin septos.

Densidades por medio de picnómetro

Se determinó la concentración total de cada extracto a partir de su densidad, lo que permitió obtener 810 mg de sólidos totales por mL en el caso de *C. longirostrata*, y 795.7 mg/mL en el caso de *A. mexicana*. En el extracto de *C. longirostrata* se identificaron 25 compuestos distintos, mientras que en el de *A. mexicana* solo 13 (Delgado-Ortiz *et al.*, 2023; López *et al.*, 2022). Esto sugiere que un mayor número de metabolitos secundarios en el extracto aumenta el contenido de sólidos totales.

Crecimiento micelial

En cuanto a las evaluaciones de la eficiencia de los extractos metanólicos, el extracto de chipilín mostró un control del 13.6 al 27.7 % en *F. oxysporum* ($p = 0.0001$), mientras que para *E. allii* se evidenció una inhibición del crecimiento micelial de 19.2 al 79.3 % ($p = 0.0001$), mientras que para *S. rolfisii* mostró una inhibición del 5.8 al 87.7 % ($p = 0.0001$) (Tabla 2). El mejor tratamiento para el control de *F. oxysporum* se presentó en la concentración de 29.7 mg/mL, mientras que para *E. allii* se obtuvieron los mejores porcentajes de inhibición desde 19.5 mg/mL, mientras que para *S. rolfisii* se obtuvieron desde 15.7 mg/mL, siendo la mejor concentración de 29.7 mg/mL, lo cual representa un porcentaje del 87.7% de inhibición.

Tabla 2. Efecto inhibitorio de *C. longirostrata* en fitopatógenos del cultivo del ajo.

Concentración	Hongos Fitopatógenos		
	<i>F. oxysporum</i>	<i>E. allii</i>	<i>S. rolfisii</i>
Test	0.0±0.0 D	0.0±0.0 E	0.0±0.0 E
2.7 mg/ml	13.667±2.279 C	19.202±7.086 D	5.842±2.215 E
7.7 mg/ml	14.863±4.195 CB	25.412±3.508 D	46.534±1.892 D
11.7 mg/ml	15.405±3.403 CB	44.592±2.174 C	67.782±11.577 C
15.7 mg/ml	18.81±6.957 ABC	54.552±7.374 B	77.168±2.196 BC
19.5 mg/ml	24.395±3.226 AB	76.164±4.713 A	79.926±3.036 AB
29.7 mg/ml	27.677±6.079 A	79.734±2.445 A	87.760 ±0.748 A
p- valor		0.0001	

*Medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa (Tukey, $\alpha=0.05$)

Cruz-Rodríguez *et al.* (2017) evaluó la eficiencia de extractos de rama, tallo y raíz de *C. longirostrata* en diversos solventes (metanol, hexano y acetona), siendo que el extracto metanólico a 50 mg/mL logró inhibir el crecimiento de *Fusarium* sp. y *F. verticillioides* 60.58-70.53 %. Cabe destacar que la inhibición obtenida en los ensayos de Cruz-Rodríguez *et al.* (2017) es mayor que la registrada en esta investigación, pero es importante señalar que las concentraciones implementadas en este trabajo son menores (2.7-29.7 mg/mL).

Sadana y Didwania (2015), examinaron la efectividad de varios extractos acuosos de plantas en cinco cepas diferentes de *Alternaria solani*; entre las plantas evaluadas se implementó a *Crotalaria juncea*, de los cuales se utilizaron concentraciones del 5, 10 y 15 %; en la investigación realizada por Sadana y Didwania (2015), reportan una inhibición de 27.5-

70.8% en las cepas evaluadas. Cabe mencionar que en esta investigación se utilizaron seis concentraciones diferentes en el fitopatógeno *E. allii* (Tabla 2), en el que se logró obtener un mayor porcentaje de inhibición a una menor concentración.

Ali *et al.* (2017), evaluaron el extracto metanólico de raíz de *Chenopodium álbum* con cinco concentraciones que van de 10-50 mg/mL en *S. rolfssii*, con una inhibición de 15 al 58% de la biomasa, siendo 50 mg/mL la concentración que mayor inhibición de biomasa se obtuvo. En esta investigación se mostró una mayor inhibición con las concentraciones más bajas, que consta de 11.7 mg/mL con 67.7 % de inhibición, siendo el mejor control a 29.7 mg/mL con una inhibición del 87.7 %. Cabe mencionar que los extractos utilizados para el mismo fitopatógeno son diferentes, no obstante, comparten un mismo metabolito (ácido hexadecanoico, metil ester), el cual López-López *et al.* (2022) ha reportado como un metabolito secundario reconocido con actividad biocida.

El extracto de chicalote demostró un efecto inhibitorio del 2.4-36.2 % en *F. oxysporum* ($p = 0.0061$), mientras que en *E. allii*, la inhibición micelial fue del 22.1-60.3 %, siendo 29.7 mg/mL la concentración de mayor porcentaje de inhibición micelial. Para *S. rolfssii*, el extracto de chicalote mostró un efecto inhibitorio de 81.29 %, donde se comienzan a obtener resultados satisfactorios desde la concentración de 15.7 mg/mL; siendo la mejor concentración de 29.7 mg/mL, ya que obtuvo el 100 % de inhibición micelial (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto inhibitorio de *A. mexicana* en fitopatógenos del cultivo del ajo.

Concentración	Hongos fitopatógenos		
	<i>F. oxysporum</i>	<i>E. allii</i>	<i>S. rolfssii</i>
Test	0.0±0.0 C	0.0±0.0 D	0.0±0.0 F
2.7 mg/ml	2.478±2.357 BC	22.135±9.945 C	18.464±1.347 E
7.7 mg/ml	2.746±0.984 BC	25.385±3.563 C	61.864±3.731 D
11.7 mg/ml	2.730±2.240 BC	26.912±3.096 C	66.682±22.973 CD
15.7 mg/ml	5.740±2.006 B	27.352±3.021 C	81.294±1.155 BC
19.5 mg/ml	7.626±3.296 B	46.070±10.880 B	85.114±1.399 AB
29.7 mg/ml	36.200±5.060 A	60.352±3.898 A	100.0±0.0 A
<i>p</i> - valor	0.0061	0.004	0.0001

*Medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa (Tukey, $\alpha=0.05$)

Siddiqui *et al.* (2002) mencionan que la aplicación del extracto acuoso de brotes de *A. mexicana* para el manejo de *F. solani* en tomate, con concentraciones del 50 y 100 %,

lograron inhibiciones del 45.6 y 53.08 % respectivamente. En nuestra investigación se obtuvo una menor inhibición, pero cabe destacar que se desarrollaron los ensayos con una menor concentración (Tabla 3).

Curay *et al.* (2023) llevaron a cabo una evaluación del extracto acuoso de látex de *A. mexicana* a una concentración de 39 mg/mL con dos diferentes volúmenes (20 y 10 µL), alcanzando una inhibición de 10.9 y 6.5 mm (respectivamente) para *Cladosporium* spp. En nuestro ensayo, la mejor inhibición (60.3 %) se obtuvo en la concentración de 29.7 mg/mL, siendo los resultados más efectivos en esta investigación.

Hernández *et al.* (2020) evaluaron un extracto acuoso de hojas secas de *A. mexicana*, evaluando tres concentraciones (500, 1000 y 2000 ppm), donde la concentración de 2000 ppm ocasiono la mayor inhibición (27.2 %) en *Sclerotinia sclerotiorum*. Los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2020) son inferiores en comparación con los alcanzados en esta investigación, debido a la mayor cantidad de rangos de inhibición (18-100 %) con concentraciones menores (2.7-29.7 mg/mL) (Tabla 3).

Esporulación

La tasa de esporulación de *F. oxysporum* mediante el tratamiento de *C. longirostrata* se redujo en un 9.73-76.26 %, siendo la mejor concentración 29.7 mg/mL, mientras que para *E. allii* se disminuyó con las concentraciones de 11.7 a los 29.7 mg/mL, inhibiendo de 70.46-84.09 %. La cantidad de esclerocios producidas por *S. rolfsii* se notó disminuida a partir de la concentración de 2.7 mg/mL con un 86.01 %, mientras que las concentraciones de 11.7-29.7 mg/mL experimentaron una inhibición del 100 % (tabla 4).

Tabla 4. Efecto inhibitorio de la esporulación de fitopatógenos tratados con *C. longirostrata*.

Concentración	Hongos fitopatógenos		
	<i>F. oxysporum</i>	<i>E. allii</i>	<i>S. rolfsii</i>
Test	5516666.67±3255062.72 A	35200.00±555.70 A	727.500±273.166 A
2.7 mg/ml	4980000.00±565597.03 A	30400.00±9939.82 A	101.750±32.510 B
7.7 mg/ml	4073333.33±360046.29 A	28000.00±7615.77 A	1.250±2.500 B
11.7 mg/ml	3606666.67±2335215.91 A	10400.00±4979.96 B	0.0±0.0 B
15.7 mg/ml	3210000.00±1105938.52 A	10000.00±4690.42 B	0.0±0.0 B
19.5 mg/ml	3063333.33±1092260.65 A	5600.00±2966.48 B	0.0±0.0 B
29.7 mg/ml	1310000.00±168226.04 A	5600.00±2607.68 B	0.0±0.0 B

Debido a que Cruz-Rodríguez *et al.* (2017) han reportado una inhibición en la esporulación mediante extractos metanólicos (tallo, rama y raíz) de *C. longirostrata* de 41.62-71.32 %, destacando los extractos de raíz con inhibiciones de 59.74 y 71.32 % en *Fusarium* sp. y *F. verticillioides*.

En la esporulación de *F. oxysporum* con el tratamiento de *A. mexicana*, se experimentó una reducción del 23.04-73.50 %, siendo mejor la concentración de 29.7 mg/mL, mientras que para *E. allii*, se experimentó una disminución del 24.32-95.88 %, tomando como mejores concentraciones 19.5 y 29.7 mg/mL. Además, la cantidad de esclerocios producidos por *S. rolfsii* se vieron disminuidas desde la concentración 2.7 y 7.7 mg/mL, con un incremento del 90 % de inhibición, dejando como mejor concentración a partir de 11.7-29.7 mg/mL, ya que la inhibición fue del 100 %.

Tabla 5. Efecto inhibitorio de la esporulación en fitopatógenos tratados con *A. mexicana*.

Concentración	Hongos fitopatógenos		
	<i>F. oxysporum</i>	<i>E. allii</i>	<i>S. rolfsii</i>
Test	1322400000±185808504 A	2127500.00±168201.27 A	727.500±273.166 A
2.7 mg/ml	1017600000±211312091 B	1610000.00±216948.53 B	64.250±47.062 B
7.7 mg/ml	851200000±123463355 BC	1377500.00±220963.80 B	4.250±5.315 B
11.7 mg/ml	576800000±78556985.69 CD	922500.00±142448.82 C	0.0±0.0 B
15.7 mg/ml	498800000±96276684.61 D	492500.00±122848.14 D	0.0±0.0 B
19.5 mg/ml	420800000±130763909 D	212500.00±97425.18 DE	0.0±0.0 B
29.7 mg/ml	350400000±153768657 D	87500.00±29860.79 E	0.0±0.0 B

Singh *et al.* (2010) evaluaron alcaloides terciarios y cuaternarios en la germinación de esporas con concentraciones de 200, 400, 600, 800 y 1000 ppm para algunos fitopatógenos. En la evaluación de 200 ppm, los alcaloides terciarios en *Fusarium udum* experimentaron una inhibición del 100 %, al igual que *Helmithosporium* sp; mientras que para *Alternaria alternata* experimento inhibición del 100 % en 600, 800 y 1000 ppm. En comparación con los alcaloides cuaternarios para *F. udum* y *Helminthosporium* sp., se obtuvo la inhibición del 100% en las 1000 ppm. En esta investigación, con una concentración de 29 mg/mL para *F. oxysporum*, se alcanzó el 73.50 % de inhibición, y para *E. allii* el 95.88 % de inhibición de esporas. Por lo consiguiente, se utilizaron menos concentraciones, en comparación con las ya mencionadas previamente.

Se determinó, además de la variable de inhibición micelial, la concentración inhibitoria media (DE₅₀) requerida de los extractos de *C. longirostrata* y *A. mexicana* (tabla 6).

Tabla 6. Concentración letal media de *C. longirostrata* y *A. mexicana*.

Extracto	Fitopatógeno	DE ₅₀	Limites fiduciales LFI-LFS ¹	Ecuación de predicción	R ²
<i>C. longirostrata</i>	<i>F. oxysporum</i>	42.985	23.625-1974	$y=-2.6639+1.6310$	0.9348
	<i>E. allii</i>	11.702	7.071-18.834	$y=-1.9425+1.8183$	0.8994
	<i>S. rolfsii</i>	8.804	7.811-9.783	$y=-2.4691+2.6136$	0.7493
<i>A. mexicana</i>	<i>F. oxysporum</i>	64.542	ND	$y=-3.7585+2.0767$	0.7242
	<i>E. allii</i>	31.561	ND	$y=-1.4028+0.9357$	0.8720
	<i>S. rolfsii</i>	6.526	5.535-7.4797	$y=-1.7343+2.1289$	0.7319

Los análisis Probit arrojan que la cepa de *F. oxysporum* mostró mayor sensibilidad al extracto de *C. longirostrata* con una DE₅₀ de 42.985 mg/mL. Mientras que para el caso de *E. allii*, la cepa mostró mayor sensibilidad a *C. longirostrata* con una DE₅₀ de 11.702 mg/mL; siendo que *S. rolfsii* experimento una mayor sensibilidad a las aplicaciones de *A. mexicana* con una DE₅₀ de 6.526 mg/mL. Hernández *et al.* (2020) reportaron concentración mínima inhibitoria de 33 y 515 ppm para *Sclerotinia sclerotiorum* en el extracto acuoso de *A. mexicana*, siendo esta concentración mucho más elevada a la obtenida en nuestra investigación. A partir de los resultados de la presente investigación, se muestra el efecto fungicida del extracto metanólico de *A. mexicana* que podría ser atribuido a la existencia de compuestos fenólicos en la solución (Cowan, 1999). Se tiene conocimiento de que los compuestos fenólicos tienen un efecto tanto en la membrana celular como en la función de la membrana mitocondrial, lo cual resulta en la inhibición de la producción de ATP (Lagrouh *et al.*, 2017), Sin embargo, es necesario mencionar que se requeriría de más estudios biológicos con el fin de determinar con precisión el metabolito secundario que afecta a estos fitopatógenos.

Así como Cruz-Rodríguez *et al.* (2017) señalan concentraciones mínimas inhibitorias del extracto metanólico de *C. longirostrata* de 25-50 mg/mL para *F. verticillioides*, en esta investigación se obtuvo una DE₅₀ de 42.985 mg/mL similar a la antes mencionada. Resulta probable que se obtenga el efecto fungicida debido a la presencia de los compuestos 11-Tridecen-1-ol M, Phenol; 4-(1- phenylethyl)-; Phenol, 2,4-bis (1- phenylethyl)-; Hexadecanoic acid, methyl ester; n-Hexadecanoic acid; 9,12,15- Octadecatrienoic acid,

methyl ester, (Z, Z, Z)-; 9,12,15- Octadecatrienoic acid, (Z, Z, Z)-; Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester. Los cuales tienen antecedentes de ser antimicrobiales, antifúngicos e insecticidas o biocidas (López-López *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

El extracto vegetal que mayor eficacia tuvo para el control biológico de *F. oxysporum* fue el extracto de chipilín, debido a que se obtuvieron mayores inhibiciones con este extracto en las cepas de *F. oxysporum* y *E. allii*. Mientras que para el control de *S. rolfsii* el extracto de chicalote mostró una mayor eficiencia. Además, se obtuvieron una menor DE50 respectivamente. Por otro lado, la esporulación en *F. oxysporum* tratado con el extracto de chipilín presentó una mayor inhibición.

LITERATURA CITADA

- Alam, A., & Khan, A. A. 2020. *Argemone mexicana* L.: A weed with versatile medicinal and pharmacological applications. *Annals of Phytomedicine: International Journal*, 9(1), 218-223.
- Ali, A., Javaid, A. y Shoaib, A. (2017). análisis gc-ms y actividad antifúngica del extracto de raíz metanólica de *Chenopodium album* CONTRA *Sclerotium rolfsii*. *Planta Daninha*, 35, e017164713. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100046>
- Arévalo V., A. 2000. Control de Malezas. In Heredia G., E. y Delgadillo S., F. El ajo en México, origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Num. 3. División Agrícola. INIFAP. León, Guanajuato, México. 102 p.
- Astorga-Quirós, K., Zuñiga-Vega, C., Rivera-Mendez, W. 2013. Aislamientos e identificación de patógenos de la estirpe silvestre del ajo (*Allium sativum* L.). *Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 1. Pág 77-84
- Bautista, B.S., M. Hernández L, J.C Díaz y C.F. Cano (.,2002). Evaluation of the fungicidal properties of plant extracts to reduce *Rhizopus stolonifer* of ciruela fruit (*Spondias purpurea* L.) during storage. *Postharvest Biology Technology* 20: 99-106.
- Bravo Díaz, L. 2003. *Farmacognosia* (serie farmacia actual). Elsevier: Madrid.
- Bravo L., A. G. y Echavarría Ch., F. 2003. Aplicación de fertilizantes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en fertirriego en ajos (*Allium sativum* L.) en Zacatecas, México. XII Congreso Nacional de Irrigación. Zacatecas, México. p. 7
- Bravo, L.L.; T.K. Bermúdez & B.R. Montes. 2000. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas*, 57: 29-34.
- Burba J. L. 2009. Mejoramiento genético y producción de “semilla” de ajo (*Allium sativum* L.). Posibilidades de adaptación a diferentes ambientes. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3: 28-44

- Camarillo de la Rosa, G., L. D. Ortega-Arenas, M. A. Serrato-Cruz, C. Rodríguez-Hernández, 2007. *Tagetes* spp. Plantas cort potencial en el control de plagas. En: López-Olguín, J. F., A. Aragón-García, C. Rodríguez-Hernández y M. Vásquez-García. (Eds.). Agricultura Sostenible Vol.3. Substancias naturales contra plagas. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. pp. 32-39.
- Campo, L. 2013. Influencia de diferentes bioestimuladores en los rendimientos agrícolas del Ajo (*Allium sativum*) variedad criolla, sobre suelo pardo con carbonato (Tesis Doctoral). Recuperado de: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/910/1/Luis%20Campos.pdf>
- Castaño-Zapata, J & Mendoza, L. 1994. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en el cultivo de importancia económica. Ed, Zamorano Academic Press. Honduras C.A. 290 p.
- Castellanos, L. 2013. Los extractos vegetales en el manejo de plagas. Conferencia de la Maestría de Agricultura Sostenible. CETAS, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Cavagnaro, P.F., Galmarini, C.R. (2007). Garlic. In: Kole, C. (eds) Vegetables. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, vol 5. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. 2009. Revision: Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. TEMAS AGRARIOS 14(1): 5-16, 12.
- CIAT. 1980. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Problemas de producción de frijol. Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. 424 p.
- Cid R. J. A.; Reveles H. M.; y Trejo C. R. 2014b. Rendimiento y calidad comercial de cinco nuevos clones de ajo en Zacatecas. X Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, p. 641-646

- Comité Nacional Sistema Producto (CONAJO). 2009. Plan Rector del Sistema Producto Nacional Ajo. Última actualización mayo de 2009. León, Guanajuato. México. 21p.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Cruz-Rodríguez, R. I., Meza-Gordillo, R., Rodríguez-Mendiola, M. A., Arias-Castro, C., Mancilla-Margalli, N. A., Ávila-Miranda, M. E., ... Ayora-Talavera, T. D. R. (2017). Antifungal activity of *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. extracts against phytopathogen fungi from maize. *Gayana. Botánica, (ahead)*, 0–0. doi:10.4067/s0717-66432017005000102
- Curay Yaulema, C. S., Moncayo Molina, W. E., Tierra Vilema, W. P., Pulgar Astudillo, L. J., & D'Armas R, H. (2023). Composición química y actividad antifúngica del látex de *Argemone mexicana* (Cardo Santo). *FACSALUD-UNEMI*, 7(12), 19-36.
- Delgado-Ortiz, J.C., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y.M., Beltrán-Beache, M. 2019. Primer informe de *Alternaria embellisia* (sin. *Embellisia allii*) que causa cancro en el bulbo o mancha en la piel del ajo en México. *Enfermedad de las plantas*. 103 : 5 , 1031-1031.
- Delgado-Ortiz, J.C., López-López, H., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y.M., CernaChávez, E., Castro del Ángel, E. (2023). Insecticidal effect of the methanolic extract of *Argemone mexicana* for the control of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). *Revista Bio Ciencias*, 10 e1404. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1404>
- Delgado-Ortiz, J.C., Ochoa-Fuentes, Y.M., Cerna-Chávez, E., Beltrán-Beache, M., Rodríguez-Guerra, R., Aguirre-Uribe, L.A., & Vázquez-Martínez, O. 2016. Patogenicidad de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición basal del ajo en el centro norte de México. *Revista Argentina de Microbiología* 48(3):222-228.
- Etoh T., Simon P. (2002) Diversity, fertility and seed production of garlic. In: Rabinovitch HD, Currah L (eds) *Allium* crop science: recent advances. CABI Publishing, Wallingford.

- FAOSTAT. 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Información disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fisher M.C., Henk, D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S., Madoff L.C., McCraw S.L., and Gurr S.J. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484:186–194.
- Fritsch, R.M. and. Friesen, N. 2002. Evolution, Domestication and Taxonomy. In *Allium Crop Science: Recent Advances*, Edited by H. D. Rabinowitch and L. Currah. CABI Publishing. p 5-30
- Gálvez, L. 2017. Etiología, epidemiología y estrategias de control de la podredumbre Del diente de ajo (*Allium sativum* L.) (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/148686859.pdf>
- Ganado, P. 2001. Estudio de diferentes fracciones y extractos de "*Allium sativum*" sobre la reactividad vascular, niveles de colesterol y cultivos celulares (Tesis Doctoral), 54 Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. Recuperado de: <http://eprints.ucm.es/4828/1/T25548.pdf>
- Granados Echegoyén, C. A. 2010. Alternativas biorracionales para el control de paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera: Psyllidae) en laboratorio. Tesis profesional. Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca, México.
- Guerrero, R. E., Solís, G. S., Hernández, C. F. D., Flores, O. A., Sandoval, L. V., Jasso, C. D. 2007. Actividad biológica *in vitro* de Extractos de *Flourensia cernua* D. C. en patógenos de Postcosecha: *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl., *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz.) Penz. Y Sacc. Y *Penicillium digitatum* (Pers.:Fr.) Sacc. *Revista mexicana de fitopatología*. 25(1), 48-53.
- Hartman, G., Datnoff L. 1997. Vegetable Crops. In: Soilbone diseases of tropical crops. R.J. Hillocks y J.M. Waller (eds.). CAB INT. Cambridge, University. p. 161-162.
- Hernández Soto, I., Prieto Méndez, J., Madariaga Navarrete, A., Camposmoniel, RG., Jiménezalvarado, R., hernandez Fuentes, AD. 2020. Actividad biológica *in vitro* del

extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. en un hongo fitopatógeno: *Sclerotinia sclerotiorum* . Boletín Delaware Ciencias agropecuarias del ICAP.2020; 6(12): 12-14

Hernández, J., J.; Montes, B., R.; Flores, M., H., E.; Nava, J., R., A. y Chanona, P., J. 2004. Caracterización de aislamientos de *Sclerotium rolfsii* Sacc. en diferentes medios de cultivo. Revista Mexicana de Fitopatología, 22(3), 345-350.

Hernández, M., C., A. y Herrera, I., L. 2014. Variabilidad cultural, morfológica y patogénica entre aislados de *Sclerotium rolfsii* Sacc. en diferentes caracteres. Centro Agrícola, 41(1), 39-45.

Hussain, F., Abid, M., Shaukat, S., Farzana, & Akbar, M. (2015). Anti-fungal activity of some medicinal plants on different pathogenic fungi. Pakistan Journal of Botany. 47. 2009-2013.

Kator, L.; Oseas, Z., Y. y Oche, O., D. (2015). *Sclerotium rolfsii*: Causative organism of southern blight, stem rot, White mold and sclerotia rot disease. Annals of Biological Research, 6 (11), 78-89.

Kishore, N., Chansouria, J., Dubey, N. 1996. "Antidermatophytic action of the essential oil of *Chenopodium ambrosioides* and an ointment prepared from it". Phytotherapy Research. 10: 453-455.

Koike, ST y Rooney, LS 2012 . First Report of *Embellisia allii* Causing Skin Blotch and Bulb Canker on Garlic in California. Desinfección de plantas. 6:291

Kwon, J.H. 2010. Stem rot of garlic (*Allium sativum*) caused by *Sclerotium rolfsii*. Mycobiology 38(2):156-158

Lagrouh, F., Dakka , N., & Bakri, Y. (2017). The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants. Journal de mycologie medicale, 27(3), 303-311

Latha S., Sathyanarayana N. & Reddy O. 2011. Interception of *Embellisia allii* in garlic bulbs imported from China. Indian Phytopathology 60 (1), 126-127.

- Leslie, J.F., B.A. Summerell, 2006. The *Fusarium* laboratory manual. John Wiley & Sons, Oxford.
- López, H. L., Beltrán Beache, M., Ochoa Fuentes, Y. M., Cerna Chavez, E., Ángel, E. C. D., & Delgado Ortiz, J. C. (2023). Phytotoxicity of Extracts of *Argemone mexicana* and *Crotalaria longirostrata* on Tomato Seedling Physiology. *Plants*, 12(22), 3856. <https://doi.org/10.3390/plants12223856>
- López, M. T. (2007). El ajo: propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm: Farmacia y Sociedad*, 26(1), 78-81.
- López-López, Henry & Beltran Beache, Mariana & Ochoa-Fuentes, Yisa & Ángel, Epifanio & Cerna, Ernesto & Ortiz, Juan. (2022). Methanolic extract of *Crotalaria longirostrata*: Identification of secondary metabolites and insecticidal effect Extracto metanólico de *Crotalaria longirostrata*: Identificación de metabolitos secundarios y su efecto insecticida. *Scientia Agropecuaria*. 13. 71-78. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.007>.
- Macías V. L. M.; Maciel P. L. H.; Silos E. H. 2014. Diamante: variedad de ajo blanco tipo California generada por selección individual. *AGROFAZ* 14:51-59 Macías V. L. M.; Maciel P. L. H.; Silos E. H. 2014. Diamante: variedad de ajo blanco tipo California generada por selección individual. *AGROFAZ* 14:51-59.
- Márquez-Fernández Olivia, Medel-Ortiz Rosario, Naara Palestina E., Emilia Belingheri M. 2020. Identificación de dos cepas de *Fusarium* productoras de pigmentos aisladas de *Bemisia* sp. (Hemiptera). *Scientia Fungorum*. Vol. 50.
- Martínez, Á., J., C.; Camacho, A., F.; Bojórquez, A., Y., J.; Sánchez, S., B.; Cordero, R., J., D.; Romero, U., C., Á.; Felix, G., R.; y Mora, R., G., A. (2021). Efecto inhibitorio de bacterias antagonistas contra *Sclerotium rolfsii*, agente causal del tizón sureño del frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(1), 207-218. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2006-5>

- Melgarejo Nárdiz, P., García-Jiménez, J., Jordá Gutiérrez, M. C., López González, M. M., Andres Yebes, M. F., Duran-Vila, N. 2010. Patógenos de plantas descritos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2da. Edición .
- Obregón Medina, J. R. 2022. Etiología, incidencia y daños por pudrición seca de ajo (*Allium sativum* L.) en la Ascensión, Aramberri, Nuevo león. Tesis de Posgrado en Producción Agrícola.
- Pandey, U. B. (2000). Strategy for increasing onion productivity and minimising postharvest losses in onion in Andhra Pradesh. News Letter-National Horticultural Research and Development Foundation.
- Pérez, M. L., Hernández, V. O., Cantú G. F., Romero R. A. 2000. Alternativas para el manejo integral de la pudrición blanca *Sclerotium cepivorum* Berk. en ajo *Allium sativum* L. en la zona del Bajío, México. In: XXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puerto Vallarta, Jalisco, México. p. L67.
- Pernía, J. C., & Sanabria, M. E. (2021). El manejo integral de plagas y enfermedades en cultivos como una alternativa de compromiso para el cumplimiento de la responsabilidad social ambiental en la agricultura. dissertare. revista de investigación en ciencias sociales VOL.6.Nº1.
- Pinto C. M. F., Maffia L. A., Berger R. D., Mizubuti E. S. G., Casali V. W. D. 1998. Progress of white rot on garlic cultivars planted at different times. Plant Dis. 82: 1142-1146.
- Punja, Z. and Sun, L. (2001). Genetic diversity among mycelial compatibility groups of *Sclerotium rolfsii* (teleomorph *Athelia rolfsii*) and *S. delphinii*. Mycological Research, 105(5), 537-546. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004002>
- Ramírez-Concepción, H. R., Castro-Velasco, L. N., & Martínez-Santiago, (2016). E. Efectos Terapéuticos del Ajo (*Allium Sativum*). Salud y Administración.
- Reveles H., M. y Velásquez, V R. 2010a. Densidad de Siembra de Ajo. Memoria 3er. Taller Demostración: Tópicos para la Producción Intensiva de ajo. Saín Alto, Zac., 27 de mayo de 2010. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. p 1-8.

- Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R.; Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. México. 272p.
- RK Mishra, P. Sharma, S.Singh, RP Gupta. 2010. First report of *Embellisia allii* causing skin blotch or bulb canker of onion from India. Plant Pathology
- Rodríguez, G., R.; Almeyda, L., I., H.; Peña, C., K., I.; López, A., J., I.; Narvaéz, R., Á., I. y Armijo, M., L., F. (2021). Coinoculación y cultivos esterilizados por calor de actinobacterias inhiben la germinación y formación de colonias de esclerocios de *Sclerotium rolfsii*. Biotecnología y Sustentabilidad, 6(2), 1-15. <https://doi.org/10.57737/biotecnologiaysust.v6i2.1231>
- Sadana, D., & Didwania, N. (2015). Bioefficacy of fungicides and plant extracts against *Alternaria solani* causing early blight of tomato. In International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (Vol. 1, No. 2, pp. 38-42).
- Sánchez, F., Honrubia, M. and Torres, P. 2001. Effect of pH, water stress and temperature on in vitro cultures of ectomycorrhizal fungi from Mediterranean forests. Cryptogamie Mycology 22, 243-258. file:///C:/Users/ramir/Downloads/979-7923-2-PB%20(1).pdf
- Sepúlveda R., P. (ed). 2010. Manejo fitosanitario del cultivo de ajos. 78 p. Boletín INIA N° 213. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina, Santiago, Chile.
- SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Información disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do;jsessionid=0044B880756556A16F54EEC14AD5E02.
- Siddiqui, Imran & Shaukat, Syed & Khan, Ghazala & Zaki, Muhammad. (2002). Evaluation of *Argemone mexicana* for Control of Root-Infecting Fungi in Tomato. Journal of Phytopathology. 150. 321 - 329. 10.1046/j.1439-0434.2002.00762.x.
- Simmons, EG 1971. *Helminthosporium allii* como tipo de un nuevo género. Micología. 63:380-386

- Singh, R.P. and Khar, A. 2007. First report of *Embellisia allii* from garlic. National Research Centre for Onion and Garlic News, 11:4
- Singh, S., Singh, A., Keshariwala, M., Singh, TD, Singh, VP, Pandey, VB y Singh, UP (2010). La mezcla de alcaloides terciarios y cuaternarios aislada de *Argemone ochroleuca* inhibe la germinación de esporas de algunos hongos. Archivos de Fitopatología y Protección Vegetal, 43 (13), 1249-1253. <https://doi.org/10.1080/03235400802404627>
- Srivastava V, Negi AS, Kumar JK, Gupta MM, Khanuja SPS (2005) Plantbased anticancer molecules: a chemical and biological profile of some important leads. Bioorg Med Chem 13: 5892–5908.
- Velásquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M. M. 2004 Características Vegetativas y Susceptibilidad de Variedades de Ajo (*Allium sativum* L.) Infectadas por *Fusarium* spp. Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 22, núm. 3, , pp. 435-438
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Hernández, M. y Reveles-Torres L.R. 2018. Sanidad de la semilla de ajo en Aguascalientes y Zacatecas, México. Folleto Técnico No. 98. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC–INIFAP, 30 p.
- Xu, Z.; Harrington, T., C.; Gleason, M., L. and Batzer, J., C. (2010). Phylogenetic placement of plant pathogenic *Sclerotium* species among teleomorph genera. Mycologia, 102(2), 337-346. <https://doi.org/10.3852/08-189>