

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Extractos Botánicos para el Control de la Costra Negra de la Papa *Rhizoctonia solani* Kühn. en Papa *Solanum tuberosum* L.

Por:

FERNANDO GÓMEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Extractos Botánicos para el Control de la Costra Negra de la Papa *Rhizoctonia solani* Kühn. en Papa *Solanum tuberosum* L.

Por:

FERNANDO GÓMEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Epifanio Castro del Ángel
Asesor Principal Interno



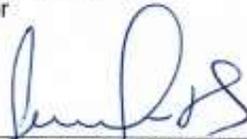
Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor



Dr. Agustín Hernández Juárez
Coasesor



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



Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2023

Declaración de no plagio

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

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

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

Pasante



Fernando Gómez Hernández

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme acompañado y guiado en la trayectoria de mi carrera, por darme la fortaleza en todo momento, por ser mi luz en mi camino y por darme la sabiduría para alcanzar mis objetivos.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** haberme permitido formarme en ella, brindándome las enseñanzas durante este largo camino.

Al **Dr. Epifanio Castro del Ángel** le agradezco por ser mi asesor en mi trabajo de tesis, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada

Al **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por el tiempo y apoyo en la revisión de este trabajo que siempre le estaré agradecido.

Al **Dr. Agustín Hernández Juárez** por el tiempo y apoyo en la revisión de este trabajo que siempre le estaré agradecido.

Al **Dra. Miriam Sánchez Vega** por el tiempo y apoyo en la revisión de este trabajo que siempre le estaré agradecido.

A compañeros y amigos **Belém, Mónica, Víctor, Cristian, Erasmo, Marcos, Eduardo, Edgar, Irving, Rolando y Sergio** por el apoyo que me brindaron de manera directa e indirecta durante esta etapa, gracias a las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Catalina Hernández Luis y Fernando Gómez Cerón, por darme la vida, por darme la formación y educación que con mucho esfuerzo e ímpetu lograron enseñarme, por confiar en mí y por haberme dado su apoyo incondicional durante todos estos años, por ser esa razón y el más grande aliciente para cumplir mis objetivos que significan alegría y orgullo para mí y también para ellos.

A mis hermanos:

Georgina, Úrsula, Erick, Neftalí, Luis Beltrán, Eliezer Helder y Nelva Mayreli por acompañarme en este duro camino, por apoyarme desde principio hasta fin, por ser tan buenos y admirables y sobre todo por darme tanto amor, gracias por preocuparse por su hermano menor

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS	V
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Cultivo de Papa	4
2.1.1. Origen del cultivo.....	4
2.1.2. Descripción morfológica.....	4
2.1.3. Importancia económica.....	5
2.1.4. Problemas que limitan la producción de papa.....	6
2.2. Rizoctoniasis o Costra Negra <i>Rhizoctonia solani</i>	6
2.2.1. Características morfológica.....	6
2.2.2. Agente causal.....	7
2.2.3. Signos y síntomas.....	8
2.2.3.1. En plantas.....	8
2.2.3.2. En estolones.....	8
2.2.3.3. En raíces.....	9
2.2.3.4. En la base del tallo.....	9
2.2.3.5. En tubérculos.....	9
2.2.3.6. En plántulas.....	9
2.2.4. Diseminación.....	10
2.2.5. Epidemiología.....	10
2.2.6. Ciclo de la enfermedad.....	11
2.2.7. Importancia económica.....	12
2.2.8. Manejo de <i>Rhizoctonia solani</i>	12
2.3. Control Biológico	13
2.3.1. Extractos botánicos.....	13
2.3.1.1. Metabolitos secundarios de las plantas.....	14
2.4. <i>Hamelia patens</i> (Jacq, 1760) (Rubiales: Rubiaceae)	15

2.4.1.	Origen y distribución geográfica	15
2.4.2.	Descripción morfológica	15
2.4.3.	Clasificación taxonómica	16
2.4.4.	Compuestos fitoquímicos de <i>Hamelia patens</i>	16
2.4.5.	Actividad antifúngica de <i>Hamelia patens</i>	17
2.5.	<i>Solanum eleagnifolium</i> (Cav, 1794) (Solanales: Solanaceae)	18
2.5.1.	Origen y distribución geográfica	18
2.5.2.	Descripción morfológica	19
2.5.3.	Clasificación taxonómica	19
2.5.4.	Compuestos fitoquímicos de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	19
2.5.5.	Actividad antifúngica de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	20
2.6.	<i>Argemone mexicana</i> (Carlos Linneo, 1753) (Ranunculales: Papaveroideae)	21
2.6.1.	Origen y distribución geográfica	21
2.6.2.	Descripción morfológica	21
2.6.3.	Clasificación taxonomía	22
2.6.4.	Compuestos fitoquímicos de <i>Argemone mexicana</i>	22
2.6.5.	Actividad antifúngica de <i>Argemone mexicana</i>	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	Ubicación del Experimento	25
3.2.	Obtención del Material	25
3.3.	Aislamiento del Fitopatógeno	25
3.3.1.	Purificación del fitopatógeno	26
3.3.2.	Identificación del fitopatógeno	26
3.4.	Obtención de los Extractos Botánicos	26
3.5.	Efecto Antifúngico de los Extractos Acuoso, Etanólico y Metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>, <i>Argemone mexicana</i> y <i>Hamelia Patens</i> en Desarrollo de <i>Rhizoctonia solani</i>	27
3.5.1.	Variables evaluadas	28
3.5.2.	Análisis estadístico	28
3.6.	Ensayo Experimental en Invernadero	29
3.6.1.	Establecimiento del experimento en invernadero	29
3.6.2.	Variables evaluadas	30
3.6.2.1.	Efecto de control sobre la incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa a la cosecha.	30
3.6.2.2.	Parámetros agronómicos	31
3.6.2.2.1	Altura de planta	31
3.6.2.2.2.	Diámetro de tallo	31

3.6.2.2.3. Rendimiento del cultivo	31
3.6.3. Análisis estadístico	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Identificación del Fitopatógeno.....	32
4.2. Efecto Antifúngico de los Extractos Acuoso, Etanólicos y Metanólicos de <i>Solanum eleagnifolium</i>, <i>Argemone mexicana</i> y <i>Hamelia patens</i> en el Desarrollo de <i>Rhizoctonia solani</i>	32
4.2.1. Efecto antifúngico del extracto acuoso de <i>A. mexicana</i> en el desarrollo de <i>R. solani</i>	32
4.2.2. Efecto antifúngico del extracto acuoso de <i>S. elaeagnifolium</i> sobre <i>R. solani</i>	34
4.2.3. Efecto antifúngico del extracto etanólico de <i>S. elaeagnifolium</i> sobre <i>R. solani</i>	36
4.2.4. Efecto antifúngico del extracto metanólico de <i>S. elaeagnifolium</i> sobre <i>R. solani</i>	38
4.2.5. Efecto antifúngico del extracto acuoso de <i>H. patens</i> sobre <i>R. solani</i>	40
4.2.6. Efecto antifúngico del extracto etanólico de <i>H. patens</i> sobre <i>R. solani</i>	42
4.2.7. Efecto antifúngico del extracto metanólico de <i>H. patens</i> sobre <i>R. solani</i>	44
4.3. Efecto del Extracto Acuoso de <i>A. mexicana</i> Sobre la Formación de Estructuras de Supervivencia de <i>R. solani</i> en Condiciones <i>in vitro</i>.....	45
4.4. Efecto del Extracto Acuoso, Etanólico y Metanólico de <i>S. elaeagnifolium</i> Sobre la Formación de Estructuras de Supervivencia de <i>R. solani</i> en Condicones <i>in vitro</i>.....	46
4.5. Efecto del Extracto Acuoso, Etanólico, Metanólico de <i>H. patens</i> Sobre la Formación de Extructuras de Supervivencia de <i>R. solani</i> en Condiciones <i>in vitro</i>.....	48
4.6. Efecto de Control Sobre la Incidencia de <i>R. solani</i> en Tubérculos de Papa a la Cosecha.....	50
4.7. Parámetros Agronómicos	51
4.7.1. Altura de planta	51
4.7.2. Diámetro de tallo	52
4.7.3. Rendimiento del cultivo	53
V. CONCLUSIONES.....	55

VI. LITERATURA CITADA	56
ANEXOS	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Compuestos fitoquímicos de extractos metanólicos y acuosos de <i>Hamelia patens</i> Jacq (Rugiero, 2018).....	16
Cuadro 2. Composición fitoquímica de extractos etanólicos y metanólicos de hojas de <i>Hamelia patens</i> Jacq (Rubio et al., 2018).	17
Cuadro 3. Compuesto fitoquímicos del extracto metanólico crudo del fruto de <i>Solanum elaeagnifolium</i> (Leyva et al., 2016).	20
Cuadro 4. Análisis fitoquímico preliminar de los extractos y fracciones de las semillas de <i>Argemone mexicana</i> (Mendoza, 2013).	23
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos y la dosis calculada para desarrollar el experimento de invernadero	29
Cuadro 6. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto acuoso de <i>Argemone mexicana</i>	68
Cuadro 7. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto acuoso de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	68
Cuadro 8. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto etanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	68
Cuadro 9. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	69
Cuadro 10. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto acuoso de <i>Hamelia patens</i>	69
Cuadro 11. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i>	69
Cuadro 12. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> por el extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i>	70
Cuadro 13. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto acuosos de <i>Argemone mexicana</i>	70

Cuadro 14. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	70
Cuadro 15. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	71
Cuadro 16. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	71
Cuadro 17. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso de <i>Hamelia patens</i>	71
Cuadro 18. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i>	72
Cuadro 19. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de <i>Rhizoctonia solani</i> en medio de cultivo PDA con el extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i> . ..	72
Cuadro 20. . Análisis de varianza de la altura de la planta de papa <i>Solanum tuberosum</i>	72
Cuadro 21. Análisis de varianza del diámetro del tallo del cultivo de papa <i>Solanum tuberosum</i>	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de la enfermedad causado por <i>Rhizoctonia solani</i> (Thanatephorus cucumeris).....	11
Figura 2. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto acuoso de <i>Argemone mexicana</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	33
Figura 3. Efecto del extracto acuoso de <i>Argemone mexicana</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	34
Figura 4. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto acuoso de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	35
Figura 5. Efecto del extracto acuoso de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	36
Figura 6. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto etanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	37
Figura 7. Efecto del extracto etanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	38
Figura 8. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	39
Figura 9. Efecto del extracto metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	40
Figura 10. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto acuoso de <i>Hamelia patens</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	41
Figura 11. Efecto del extracto acuoso de <i>Hamelia patens</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	42
Figura 12. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	43
Figura 13. Efecto del extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	43
Figura 14. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> del extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i> sobre <i>Rhizoctonia solani</i>	44

Figura 15. Efecto del extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i> sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i>	45
Figura 16. Medias de la masa de los esclerocios (g), en el tratamiento acuoso de <i>Argemone mexicana</i>	46
Figura 17. Medias de la masa de los esclerocios (g), en los tratamientos acuosos, etanólicos y metanólicos de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	48
Figura 18. Medias de la masa de los esclerocios (g), en los tratamientos acuosos, etanólicos y metanólicos de <i>Hamelia patens</i>	50
Figura 19. Porcentaje de efectividad de extractos vegetales contra <i>Rhizoctonia solani</i> en invernadero.....	51
Figura 20. Comportamiento de la variable altura de planta durante el crecimiento del cultivo evaluada en presencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	52
Figura 21. Comportamiento de la variable diámetro de planta durante el crecimiento del cultivo evaluada en presencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	53
Figura 22. Comportamiento de la variable rendimiento durante la cosecha en presencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	54

RESUMEN

La papa *Solanum tuberosum* L. es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial. Este cultivo se ve afectado por diferentes patógenos, uno de ellos es el hongo *Rhizoctonia solani*, ocasionando la rizoctoniasis, enfermedad que está ampliamente distribuida y es causa de pérdidas económicas considerables. En la actualidad, el uso excesivo de agroquímicos para el control de esta enfermedad tiene como consecuencia el aumento de los costos de producción, contaminación del suelo, y en consecuencia a los mantos freáticos, además graves problemas que repercuten sobre la salud humana. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de control *in vitro* y en invernadero de extractos crudos de *Hamelia patens*, *Solanum elaeagnifolium* y *Argemone mexicana* sobre *R. solani* en el cultivo de papa. En el estudio *in vitro* se prepararon los extractos a base agua, etanol y metanol. La inhibición del hongo se evaluó por la técnica de difusión de placa, cada 24 horas, determinando el crecimiento micelial hasta que el testigo llenará la caja Petri. Los resultados del porcentaje de inhibición fueron procesados por análisis de varianza y prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha=0.05$). El efecto de inhibición más favorable fueron el extracto acuoso de *A. mexicana* y los extractos etanólicos y metanólicos de *S. elaeagnifolium* y *H. patens*. En el experimento en invernadero se tomó en cuenta el extracto y la concentración más efectiva en el estudio *in vitro*. Para la evaluación de datos obtenidos en el experimento se procesó un análisis de varianza y una prueba de rango múltiples Tukey ($\alpha=0.05$) de significancia. De los resultados a diferentes concentraciones, con mayor efectividad fue el extracto acuoso de *A. mexicana* y el extracto etanólico de *H. patens*.

Palabras clave: Crecimiento micelial, control, extractos botánicos, inhibición, *R. solani*

I. INTRODUCCIÓN

La papa *Solanum tuberosum* L. se ubica como el cuarto cultivo alimenticio más grande en el mundo después del trigo, el arroz y el maíz (Iqbal *et al.*, 2019; Reyniers *et al.*, 2020)

El cultivo de papa cuyos orígenes genéticos se encuentra en América del Sur, es uno de los más importantes a nivel mundial. Se cultiva más de 20 millones de hectáreas en 150 países y en 2020 su producción mundial total ascendió a 359 millones de toneladas (Dongyun, 2022).

Los hongos fitopatógenos tienen un gran impacto en las enfermedades de plantas ya que, anualmente, destruyen un tercio de las cosechas producidas. Específicamente las pérdidas más importantes en el mundo son en arroz, trigo, maíz, papa y soya. Si los cinco cultivos mencionados fueran infectados simultáneamente, al tal grado de que toda la planta se perdiera, más del 60% de la población mundial no tendría qué comer. Dentro de los géneros que atacan a estos cultivos se encuentra: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Alternaria* y *Botrytis* (Carreras *et al.*, 2017).

La costra negra, ocasionada por el hongo *Rhizoctonia solani* (J. G. Kühn 1858), se encuentra presente en zonas productoras de papa, afectando el desarrollo del cultivo a nivel de campo, desde la emergencia hasta cosecha, especialmente bajo condiciones frías y de altos niveles de humedad. Es la enfermedad de suelo más importante y recurrente, afectando el rendimiento y la calidad. Produce canchales en tallos, brotes y estolones, tubérculos deformes, de menor tamaño, con protuberancias y agrietamiento. Además, se reporta la formación de esclerocios o costra negra en la superficie de los tubérculos afectando su apariencia y calidad (Acuña *et al.*, 2021).

El uso indiscriminado de productos químicos para el control de las enfermedades de la raíz y del tubérculo en papa, tiene como consecuencia el aumento de los costos de producción, la contaminación del suelo y en consecuencia de los mantos freáticos. Es por eso, que existe la necesidad de buscar nuevas alternativas para el control de estas enfermedades (INIFAP, 2018).

Por lo anterior, los extractos botánicos tienen un potencial prometedor como punto de partida en el desarrollo de productos cuyo principio activo sirva para el manejo de los fitopatógenos y que podría tener la propiedad de contribuir en minimizar los costos de producción, la fácil biodegradación y que no comprometen la salud del humano (Mesa *et al.*, 2019).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de extractos vegetales crudos, acuoso, etanólico y metanólico a base de *Hamelia patens*, *Solanum elaeagnifolium* y *Argemone mexicana* para el control de *R. solani* en el cultivo de papa bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Aislar e identificar el agente causal de la costra negra de la papa.
2. Determinar la inhibición *in vitro* de *R. solani* por los extractos de *H. patens* y *S. elaeagnifolium* y *A. mexicana* a base de agua, etanol y metanol por el método de difusión en placa.
3. Evaluación de los extractos crudos botánicos con mejor potencial para el control *in vivo* de *R. solani* en el cultivo de la papa bajo condiciones de invernadero.

1.2. Hipótesis

Se espera que al menos un extracto botánico reduzca la severidad del hongo *R. solani*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de Papa

El cultivo de papa *S. tuberosum* L. en México es importante por todo lo que genera, para la población mexicana es un alimento que es de fácil acceso y una buena alimentación, ha presentado por más de nueve mil años una fuente de alimento rica en carbohidratos. En el país cosechan alrededor de dos millones de toneladas al año y la producción nacional del tubérculo se concentra en 24 entidades federativas, siendo Sonora el estado líder con un volumen de 505 907 toneladas. Además de surtir al mercado interno, con un valor estimado de 1.5 millones de dólares al año (SIAP, 2022).

2.1.1. Origen del cultivo

Existen informes sobre *S. tuberosum* que fue domesticado en América del Sur, en la cordillera de los Andes, en la frontera de Bolivia y Perú hace unos 8,000 años. Sin duda el centro de origen de este tubérculo se ubica en el altiplano peruano-boliviano (Luján, 1996; SIAP, 2019).

2.1.2. Descripción morfológica

Las características de *S. tuberosum* se refiere a que es una planta herbácea, tuberosa, perenne a través de sus tubérculos, caducifolia, de tallo erecto o semi-decumbente, que puede medir hasta 1.0 m de altura (Leveratto, 2015).

El cultivo de papa tiene raíces fibrosas, muy ramificadas, finas y largas que parten de la base del tallo, aunque existen raíces que son derivadas de los tubérculos. Los tubérculos son tallos modificados que constituye órganos comestibles, que están conformados de tejidos paranoquimáticos, donde se conserva las reservas de almidón. El tallo es aéreo, erecto, anguloso, poco veloso y ramificado de color

verde pardo por los pigmentos antociánicos asociados a la clorofila. Las hojas son compuestas con folíolos primarios, secundarios e intercalares, en la nerviación de las hojas es reticulada. La flor es hermafrodita reunidas en inflorescencia de tipo cima con pedúnculos largos de cinco pétalos y que puede ser de color blanco, púrpura o rosado. El fruto es una baya en forma redonda, ovalada o cónica, su color varía de verde a amarillo o de castaño a violeta. La semilla es aplanada, arriñonada, de color blanca amarillada o castaña amarillenta, el fruto tiene de 200 hasta 400 semillas (INATEC, 2018).

2.1.3. Importancia económica

A nivel mundial la papa ocupa el segundo cultivo de mayor importancia en la economía agrícola. Durante el periodo que comprende entre los años 2007 – 2019, la producción de papa se valorizó en precios constantes, alcanzando su máximo auge en año 2014 con un Valor Bruto de Producción (VBP) de 11.3% (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

La importancia del cultivo de papa se debe a que es una fuente de ingreso para las familias mexicanas, existen datos que indican que al cultivo de papa se dedican 8,700 productores y dependen 77,800 familias, genera 17,500 empleos directos y se estiman más de 50 mil indirectos, además de siete millones de jornales al año. México se ubica en el lugar 31° a nivel mundial de la producción de tubérculos, se cultiva alrededor dos millones de toneladas lo que representa un valor de producción de MX\$11 300 000.00. La papa se cultiva en 24 Estados de la República Mexicana, el 29% de la producción nacional de la papa va destinado a la industria, el 56% es para consumo fresco y el resto se utiliza para la producción de la semilla. (Haro, 2019).

2.1.4. Problemas que limitan la producción de papa

La papa representa un importante factor socioeconómico a nivel mundial, no sólo porque constituye un alimento básico en la dieta, sino porque además se comercializa (Borba, 2008) Sin embargo, existen limitantes para la producción; nutrientes y manejo de enfermedades. Patógenos que merman significativamente el rendimiento y por ende causan pérdidas económicas (Olusola *et al.*, 2021).

El cultivo de papa es afectado por diferentes organismos que causan daños económicos. Dentro de los problemas en el cultivo son ocasionados por patógenos como: hongos, bacterias, nematodos, virus y además por insectos los cuales dañan hojas, tallos y tubérculos; provocando alteración en el crecimiento de las plantas; pudriciones o malformaciones y afectan la apariencia comercial y calidad culinaria de los tubérculos (Centro Internacional de la Papa, 2015). Dentro de los problemas más frecuente que atacan a los tubérculos de la papa tenemos: *Erwinia*, *Streptomyces*, *R. solani*, *Helminthosporium solani*, y *Fusarium* (Méndez & Gaete, 2003).

2.2. Rizoctoniasis o Costra Negra *Rhizoctonia solani*

La Rizoctoniasis es también conocida como costra negra. Es un hongo fitopatógeno que se hospeda en el cultivo de papa, en restos del cultivo y en el suelo. Esta enfermedad es la causa de grandes pérdidas debido a que, daña desde los brotes o causa heridas necrosada en el cuello de la base del tallo. En el tubérculo se generan unas costras negras en la epidermis (Antezana & Montellano, 2020).

2.2.1. Características morfología

El hongo *R. solani* no produce conidios, infecta las plantas mediante micelios vegetativos o esclerocios en germinación que produce hilos de hifas. El micelio es blanco cuando es joven, pero se vuelve amarillento o marrón claro con la edad,

produce células largas multinucleadas que crecen aproximadamente en ángulo recto con la hifa principalmente con una ligera constricción en la unión de la hifa principal y las ramas, las células de la hifa están separadas por un tabique que contiene un poro que permite el movimiento de las mitocondrias, los núcleos y el citoplasma de una célula a otra (Uppala & Zhou, 2018).

Este fitopatógeno se caracteriza por formar micelio con células alargadas que se ramifican en ángulo recto, con respecto a la hifa principal. Las hifas son septadas, con múltiples núcleos y por lo general miden de 8 a 12 μm de diámetro. El micelio es incoloro en su etapa juvenil y luego se torna color amarillo café, conforme madura. *R. solani* produce tres tipos de micelio: hifas pigmentadas que se diseminan rápidamente a través del tejido vegetal; luego se desarrollan las hifas de apresorios; por último, a través de la unión de las hifas pigmentadas y los apresorios, se forman las células moniloides o esclerocios (García, 2008). Los esclerocios de *R. solani* son irregulares y hemisféricos, de color blanco cuando empiezan a desarrollarse y luego se tornan de color café; miden de 1.0 a 6.0 mm de diámetro (Agrios, 2005).

2.2.2. Agente causal

El causante de esta enfermedad se debe al hongo *R. solani* (fase asexual), *Thanatephorus cucumeris* (fase sexual). *R. solani* se divide en 12 grupos de anastomosis, de las cuales la mayoría está asociada a la planta de papa (AG1, AG2, AG3, AG4, AG5 y AG9). Los grupos AG3, AG4, AG5 y AG8 el daño que ocasionan dirigido a los tubérculos, por lo que se considera una enfermedad primaria en el cultivo de papa. El patógeno más agresivo es el grupo AG3, que infecta raíces, estolones y tallos, además que actúa en un amplio rango de temperaturas (5° y 25°C), siendo más agresivo entre 10-15°C. El causante la costra negra en los tubérculos de la papa es el Grupo AG3 (Acuña *et al.*, 2021).

2.2.3. Signos y síntomas

Los síntomas más comunes de las enfermedades por *Rhizoctonia*, principalmente por *R. solani*, en la mayoría de las plantas son el ahogamiento de las plántulas y la pudrición de la raíz, así como la pudrición y la cancrrosis del tallo de las plantas adultas y en proceso de crecimiento. Sin embargo, en algunos hospedantes, *R. solani* causa también la pudrición de los órganos vegetales almacenados, así como los tizones o manchas del follaje, especialmente cuando se encuentra cerca del suelo (Agrios, 2005).

2.2.3.1. En plantas

La enfermedad afecta a los brotes del tubérculo en los estados de pre y post emergencia. En la base de los brotes se puede observar lesiones necróticas de color marrón, cuando son profundas son estranguladas. Aun en este estado, nuevos brotes pueden emerger de la parte interior del tallo estrangulado y que si no son afectados emergen. Cuando las lesiones más o menos superficiales, la planta afectada se muestra débil y su crecimiento es lento. En plantas adultas las lesiones necróticas también llamadas cancros, interfieren en el movimiento de los nutrientes, lo que resulta en la formación de tubérculos aéreos en las axilas de las hojas. Sin embargo, los tubérculos aéreos no son exclusivos de esta enfermedad porque se forman por una serie de otras como, el bloque de los haces vasculares causado por daño mecánico, corte parcial del tallo causado por insectos o por patógenos como *Verticillium*. Otro síntoma es el encarrujamiento de las hojas apicales y esto ocurre cuando las raíces son afectadas (Torres, 2002).

2.2.3.2. En estolones

Ocasiona lesiones necróticas, son de color castaño rojizo y provocan la muerte de estos (Romero, 1988).

2.2.3.3. En raíces

Las raíces enfermas ocasionan encarrujamiento de las hojas apicales. En algunos casos este síntoma puede ser confundido por el virus del enrollamiento de la papa (PLRV) (Torres, 2002).

2.2.3.4. En la base del tallo

En la base del tallo de la planta en suelos infestados, se observa una capa micelial de color blanco grisáceo, la cual son las estructuras sexuales del hongo. El micelio no causa ningún daño al cultivo (Tsrer, 2010).

2.2.3.5. En tubérculos

En los tubérculos de papa, *Rhizoctonia* causa síntomas característicos denominados “costra negra”, en los cuales aparecen pequeños esclerocios negros y endurecidos sobre la superficie del tubérculo denominado “cancro”, que es difícil desprenderlos mediante el lavado, o bien un “arrosetamiento” o “sarna en roseta”, en el cual la cáscara del tubérculo se endurece de acuerdo con un modelo de entrecruzado que se asemeja a la sarna común de la papa (Agrios, 2005).

2.2.3.6. En plántulas

Las plántulas enfermas procedentes de semilla botánica son afectadas en estados de pre y postemergencia. Cuando las plántulas de papa que han desarrollado en bandejas o en camas de almácigos son trasplantadas al campo, son severamente afectadas por un complejo de patógenos, entre los cuales se encuentra *Rhizoctonia*. La muerte de plántulas trasplantadas, puede llegar en algunos casos hasta un 70% (Torres, 2002).

2.2.4. Diseminación

El hongo se disemina con la lluvia, el riego o por inundaciones, así como con los órganos de propagación infectados o contaminados (Agrios, 2005).

La forma más común de propagar el hongo es la siembra de tubérculos con esclerocios que en condiciones de humedad y temperatura óptima de 18°C empieza su infección sobre la superficie de los nuevos tubérculos (Garcés de Granada *et al.*, 2003).

El inóculo de *R. solani*, consta de esclerocios y micelio. El patógeno puede ser diseminado a otras áreas mediante el agua, y los esclerocios transportados por el viento y por la semilla infectada cuyo exterior también se puede encontrar el hongo (Beebe *et al.*, 1981).

2.2.5. Epidemiología

R. solani es un habitante del suelo que, en su condición de parásito facultativo por excelencia, puede vivir a expensas de la materia orgánica presente en el suelo y de plantas vivas. Otra característica de este hongo es que parasita un sin número de especies botánicas, incluso algunas gramíneas, y también puede ser un invasor secundario de tejidos vegetales en proceso de descomposición (López & Hermann, 2004).

La severidad de la enfermedad depende de: la humedad del suelo, la temperatura, el estado de nutrición del inóculo y los exudados de la planta y sus raíces de los cuales estimulan el crecimiento micelial (Beebe *et al.*, 1981).

2.2.6. Ciclo de la enfermedad

El patógeno sobrevive generalmente en forma de micelio o esclerocios en el suelo, plantas perennes infectadas o en órganos de propagación tales como tubérculos de papa (Figura 1). En hongo invade también a otros huéspedes tales como frijol, berenjena, pimiento y tomate, y puede incluso invadir la semilla. Está presente en la mayoría de los suelos y, una vez establecido en un campo, permanece allí indefinidamente. Para la mayoría de las razas de los hongos la temperatura óptima para la infección es de aproximadamente 15 a 18°C, pero algunas razas son más activas a temperaturas altas de hasta 35°C. La enfermedad es más severa en suelos que son moderadamente húmedos que en suelos inundados o secos. La infección en plantas jóvenes es más grave cuando el crecimiento de la planta es lento debido a condiciones ambientales adversas para la planta (Agrios, 2005).

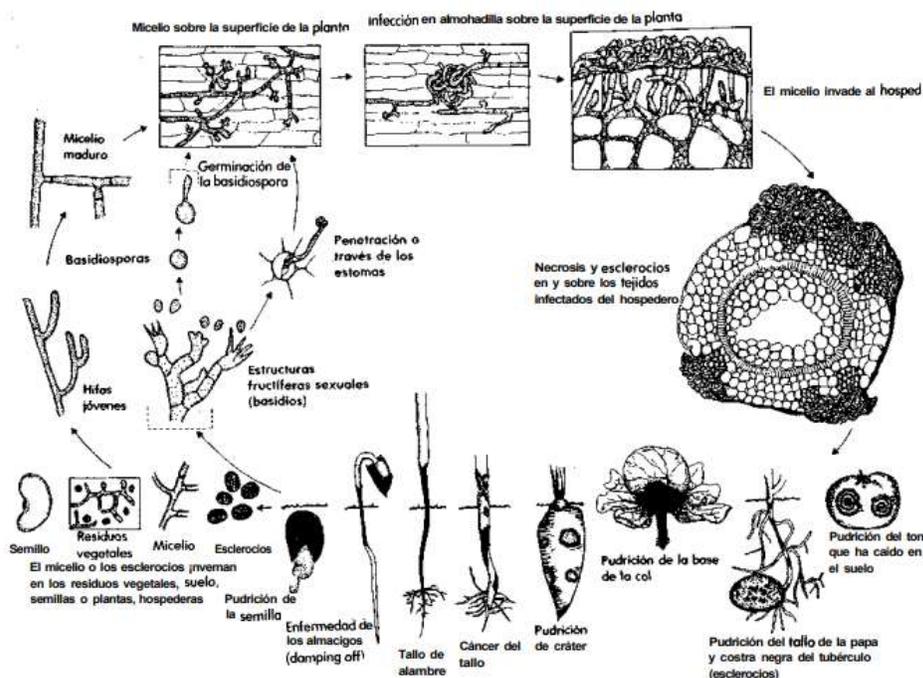


Figura 1. Ciclo de la enfermedad causado por *Rhizoctonia solani* (*Thanatephorus cucumeris*)

2.2.7. Importancia económica

En la agricultura mundial los hongos fitopatógenos son los causantes de las enfermedades en diferentes tipos de cultivos, siendo estos los responsables de pérdidas económicas cuantiosas que ocasionan pérdidas de producción biológica, alteran el crecimiento y el desarrollo de las plantas hospedantes atacados por esos microorganismos. *R. solani* está presente en todo el mundo y causa pérdidas en la mayoría de las plantas anuales, incluyendo a las malezas, casi en todas las hortalizas y plantas florales, varios cultivos mayores y también en las plantas perennes tales como pastos para césped, plantas de ornato perennes, arbustos y árboles (Agrios, 2005).

2.2.8. Manejo de *Rhizoctonia solani*

El manejo integrado para el control de *R. solani*, consideran todas las alternativas posibles para su control, dentro éstas se encuentra la rotación de cultivos, el uso de semilla certificada, variedades resistentes, prácticas culturales acordes, cosecha oportuna y una de las más utilizadas para el control es el uso de tratamientos químicos, por lo que la aplicación de agroquímicos se realiza principalmente, a la plantación, ya sea dirigido a los tubérculos, semillas o directamente al suelo. Algunos activos registrados para el tratamiento de *R. solani* son: azoxistrobin; fludioxonil, flutolanil, pencycuron, mancozeb-carbendazim, metil tiofanato + pyraclostrobina, sedaxano, fluoxastrobina, penflufen + protiocanazol, isopirazam + azoxistrobin, entre otros (Acuña *et al.*, 2021).

Otros ingredientes activos reportados para el tratamiento de tubérculos comprenden algunos compuestos inorgánicos a base de cobre y zinc, pero la mayor parte son de contacto como: captan, cloroneb, clorani, maneb, mancozeb, thiram y pentacloronitrobenceno e ingredientes sistémicos carboxina, benomyl, thiabendazole, metalaxyl, triadimenol y estreptomycin (Agrios, 2005).

2.3. Control biológico

El control biológico puede definirse como un método de mitigación de enfermedades de plantas que consiste en la utilización de microorganismos vivos, o de compuestos naturales que éstos producen, como antagonistas del agente fitopatógeno que se quiere controlar (Córdoba *et al.*, 2020). El control biológico de enfermedades agrícolas tiene como objetivo reducir el inóculo o la enfermedad producida por algún patógeno en su estado activo o latente mediante el uso de organismos, sus derivados y productos de plantas (Choudhary *et al.*, 2015).

El control biológico pretende el uso de organismos vivos (o de sus metabolitos o subproductos) con acción para plagas o patógenos, con la finalidad de controlar los efectos dañinos en las plantas o sus productos (Academia Mexicana de Ciencia, 2007).

Los extractos vegetales es uno de los métodos de control biológico y biorracional, dado que las plantas son un gran reservorio de compuestos que contienen propiedades antimicrobianas, siendo su principal ventaja que son biodegradables y no tóxicos a mamíferos (Choudhary *et al.*, 2015).

2.3.1. Extractos botánicos

Los extractos botánicos son una alternativa prometedora debido a sus principios activos, cuyos efectos son atribuidos a metabolitos secundarios (Nevárez *et al.*, 2021).

Una alternativa para el control de enfermedades es derivada de compuestos vegetales, como aceites esenciales y extractos, ya que son amigables para el medio ambiente, además de su uso eficaz contra patógenos resistentes a los plaguicidas. Estudios han demostrado la eficiencia de las plantas en el control de enfermedades causada por hongos, de estos se conoce que sintetizan gran variedad de

metabolitos secundarios, los cuales están implicados en los mecanismos de defensa. (Wilson *et al.*, 1999; Hernández *et al.*, 2007).

Las mezclas de compuestos con propiedades antifúngicas de las plantas pueden afectar a patógenos diferentes, ya sea de manera individual o por las mezclas en determinadas concentraciones o proporciones (Hanna *et al.*, 2011).

Las plantas contienen numerosos compuestos fitoquímicos que producen de manera natural, los cuales se aprovechan en el control de diferentes fitopatógenos que afectan los cultivos, su efecto protector y repelente va desde la toxicidad aguda, así como su poder para controlar el crecimiento y el desarrollo del patógeno, pero también su efecto inhibe la proliferación de bacterias y virus. La aplicación de biofungicidas derivados de la extracción de plantas, es una alternativa ecológica que se utiliza para el control de plagas y enfermedades (Celis *et al.*, 2008).

2.3.1.1. Metabolitos secundarios de las plantas

Los metabolitos secundarios de las plantas son aquellos en el que se producen sustancias biológicas, es un conjunto de reacciones que una planta realiza para sintetizar sustancias simples en complejas y viceversa. Las plantas producen distintos tipos de metabolitos secundarios, y no todas las plantas producen todos. Algunos compuestos del metabolismo secundario intervienen en la inhibición del desarrollo de patógenos en las plantas (Agroproductores, 2019).

Las plantas aportan una gran diversidad de compuestos químicos con carácter antimicrobiano (Domingo & López, 2003). Las plantas tienen la capacidad de sintetizar diversos mecanismos de defensa, dentro de los cuales se encuentran compuestos químicos como terpenos, fenoles, compuestos nitrogenados como alcaloides y compuestos azufrados, muchos de estos con actividades antimicrobianas (Cavaliere *et al.*, 2009).

2.4. *Hamelia patens* (Jacq, 1760) (Rubiales: Rubiaceae)

Es un arbusto que se encuentra en sitios en los trópicos húmedos. Es una planta ornamental y medicinal importante de los trópicos (Vibrans *et al.*, 2009). Se le conoce con diferentes nombres comunes tales como: coloradillo, coralillo, cordoncillo, hierba cancerina, viruela, entre otros (Centro de Investigación Científica de Yucatán, 2010).

2.4.1. Origen y distribución geográfica

El área de origen de *H. patens* es desde el sur de los Estados Unidos (Florida) hasta Argentina. En México hay registros de la presencia de *H. patens* en Campeche, Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (CONABIO, 2009).

2.4.2. Descripción morfológica

Es un arbusto de hasta 7.0 m, tiene hojas opuestas, sobre el tallo entre dos hojas contiguas se presentan las estípulas que son como hojillas triangulares, diminutas. De 2 a 4 hojas brotando del mismo nudo, elípticas y a veces más anchas hacia el ápice, de 5.0 a 23.0 cm de largo, puntiagudas, base variable; los peciolo de tamaño muy variable. La inflorescencia en la punta de las ramas; sus ejes están arqueados y generalmente se dividen en dos, sobre ellos se disponen las flores erguidas. Las flores son de color amarillo oscuro, anaranjado o rojo; el cáliz acampanado y terminado en cinco dientecillos triangulares muy pequeños; la corola largamente tubular y termina en cinco lóbulos, a veces cubierta con pelillos que pueden ser erguidos o reciclados. El fruto carnoso, globoso de color rojo, al madurar negro, de hasta 1.3 cm de largo. Las semillas son numerosas y angulosas (Vibrans *et al.*, 2009).

2.4.3. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae.

Superdivisión: Spermatophyta.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Asteridae.

Orden: Rubiales.

Familia: Rubiaceae.

Género: *Hamelia*.

Especie: *H. patens* Jacq.

(Stevens *et al.*, 2001).

2.4.4. Compuestos fitoquímicos de *Hamelia patens*

Las hojas de *H. patens* contienen alcaloides oxindólicos, saponosidos, esteroides, taninos, triterpenos (Cuadro 1). En la corteza contiene taninos. La raíz de esta planta contiene alcaloides, flavonoides y antocianinas (Morales, 2018).

Cuadro 1. Compuestos fitoquímicos de extractos metanólicos y acuosos de *Hamelia patens* Jacq (Rugiero, 2018).

Metabolitos secundarios		<i>Hamelia patens</i>			
		Hojas		Tallos	
		Metanol	Acuoso	Metanol	Acuoso
Alcaloides	Alcaloides	++++	±	+	±
	Saponinas	++++	+	+	-
Terpenos	Glucósidos cianogénicos	-	-	-	-
	Glucósidos cardiotónicos	+	++	-	±
	Triterpenos	++	+	-	-
Compuestos fenólicos	Taninos	+	+	+	+
	Flavonoides	++++	±	-	-
	Cumarinas	-	-	-	-

Abundante: +++++, Moderado: ++, Escaso: ±, Negativo: -.

Los extractos de las hojas de *Hamelia patens* contiene diferentes compuestos bioactivos tales como: terpenos, flavonoides, taninos, esteroides, cumarinas y polifenoles (Cuadro 2), que pueden estar relacionados con usos entobotánicos (Rubio *et al.*, 2018).

Cuadro 2. Composición fitoquímica de extractos etanólicos y metanólicos de hojas de *Hamelia patens* Jacq (Rubio *et al.*, 2018).

Compuestos	Solvente	
	Metanol (90%)	Etanol (90%)
Fenoles solubles (mg·mL ⁻¹)	132.33 ± 2.03	nd
Fenoles ligados a pared celular (mg g ⁻¹ masa seca)	80.40 ± 2.18	nd
Fenoles totales (mg g ⁻¹ masa seca)	212.73 ± 2.11	nd
Azúcares reductores (mg ml ⁻¹)	94.18 ± 2.98	109.79 ± 3.53
Flavonoides	+	++
Terpenos	++	+++
Antocianinas	-	-
Esteroides	+	+++
Saponinas	+	-
Taninos	++	+++
Cumarinas	-	++
Flobataninos	-	-
Glucósidos cardiotónicos	+	++
Antraquinonas	-	-
Emodinas	-	-

+++ = abundante, ++ = moderado, + = poco, - = ausencia, nd = no determinado

2.4.5. Actividad antifúngica de *Hamelia patens*

Rugerio (2018) evaluó el porcentaje de inhibición que presenta *H. patens* frente al hongo *Fusarium oxysporum* la inhibición del crecimiento micelial frente a los extractos de hojas de *H. patens*, con solventes hexano y diclometano presentaron un porcentaje de inhibición del 38 y 39% respectivamente. Las pruebas realizadas con el extracto metanólico de *H. patens* enriquecido con componentes de mayor polaridad, favoreció la inhibición del crecimiento micelial de *F. oxysporum*. En el caso del extracto acuoso de *H. patens* no favorece la inhibición, sino que incluso estimulan el crecimiento fúngico.

El extracto metanólico de *H. patens* a una concentración de 20000 ppm (20 mg·ml⁻¹), tiene un efecto inhibitorio en el crecimiento de *F. oxysporum* con 57% de inhibición y con 63% de inhibición en el caso de otras especies de *Fusarium* sp. Por lo que el extracto metanólico tiene actividad antifúngica frente a este hongo fitopatógeno (Ruggerio, 2013).

2.5. *Solanum elaeagnifolium* (Cav, 1794) (Solanales: Solanaceae)

La especie de *S. elaeagnifolium* es una planta perenne, originaria del centro-sur de América, puede ser una maleza dañina para muchos cultivos, es reconocida como una seria amenaza en la cuenca del Mediterráneo y todo el mundo. Pero también es un componente atractivo de la vegetación de orillas de carretera en las regiones áridas. Los nombres comunes por lo que se conoce son: trompillo, buena mujer, pera, tomatito de buena mujer, entre otros (Vibrans *et al.*, 2009; Sistema Integral de Comunicación, 2022).

2.5.1. Origen y distribución geográfica

La distribución de *S. elaeagnifolium* parte del centro de Estados Unidos al centro de México y también en Sudamérica (Argentina, Chile, Uruguay) y las Antillas. No hay certeza que se originó en el Norte o en Sudamérica, pero lo más probable es que es nativa del norte de México y sur de E.U.A. En México se ha registrado presencia en los siguientes estados: Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Vibrans *et al.*, 2009).

2.5.2. Descripción morfológica

Es una planta robusta perenne alcanza hasta los 60 a 100 cm de altura, y en zonas secas entre 20 a 40 cm. El sistema radicular puede alcanzar los dos metros de profundidad. El color de la planta es grisáceo o plateado. Tiene hojas enteras y, en algunas plantas los tallos presentan espinas de hasta un centímetro de largo, aunque no todas se pueden mostrar las espinas. Sus flores son muy viscosas, de color lila, azulado, normalmente intenso, pero, en ocasiones de color blanquecino. El fruto es de color verde claro, con estrías oscuras, que pasan a ser amarillos cuando están maduros y pardos cuando están secos tienen forma esférica brillantes (bayas) de entre 0.5 – 1.0 cm de diámetro. La planta produce hasta 60 frutos por planta, que puede contener más de 100 semillas por cada uno, cuando las condiciones son ideales para la planta (Pueyo *et al.*, 2018).

2.5.3. Clasificación taxonómica

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (2020):

Reino: Plantae.

División: Tracheophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *S. elaeagnifolium* Cav.

2.5.4. Compuestos fitoquímicos de *Solanum elaeagnifolium*

López *et al.* (2016) realizaron la extracción de los compuestos fitoquímicos para determinar el contenido total de fenoles y flavonoides que presenta el extracto etanólico y metanólico de *S. elaeagnifolium*. Los fenoles totales en el extracto

etanólico fue de 771.14 ppm y en los flavonoides fue de 217.42 ppm. En el extracto metanólico en los fenoles totales fue 653.22 ppm y en los flavonoides de 187.36 ppm. Los metabolitos secundarios como fenólicos y flavonoides son considerados de gran interés debido a sus múltiples propiedades antioxidantes, ya que presenta actividades antimicrobianas.

La obtención del extracto metanólico crudo del fruto maduro de *S. elaeagnifolium* contiene metabolitos secundarios como alcaloides, flavonas, flavonoides, cumarinas, lactonas (Cuadro 3), que incluyen en sus estructuras químicas la presencia de oxidrilos fenólicos e insaturaciones (Leyva *et al.*, 2016).

Cuadro 3. Compuestos fitoquímicos del extracto metanólico crudo del fruto de *Solanum elaeagnifolium* (Leyva *et al.*, 2016).

Extracto metanólico crudo del fruto					
Metabolitos secundarios	Presente	Ausente	Metabolitos secundarios	Presencia	Ausente
Flavonoides	x		Triterpeno		x
Chalconas		x	Esteroides		x
Quinonas		x	Cumarina	x	
Flavonas	x		Lactona	x	
Sesquiterpenlactonas		x	Azúcares		x
Alcaloides	x		Oxidrilos fenólicos	x	
Insaturaciones	x				

2.5.5. Actividad antifúngica de *Solanum elaeagnifolium*

No existe registro de *S. elaeagnifolium* como control biológico de hongos fitopatógenos, pero hay reportes de especies perteneciente a la misma familia Solanaceae que tienen propiedades antifúngicas sobre hongo fitopatógenos, por ejemplo:

Al-Reza *et al.* (2010) reportaron que el extracto de *Cestrum nocturnum* L tiene un efecto potencial para inhibir el crecimiento micelial de *R. solani*.

De la Cruz (2006), realizó un estudio relacionados con el extracto *Nicotiana glauca*, reportando ligero efecto inhibitorio sobre el hongo *Penicillium digitatum*.

Por lo tanto, *S. elaeagnifolium* puede considerarse como una especie con propiedades antifúngicas.

2.6. *Argemone mexicana* (Carlos Linneo, 1753) (Ranunculales: Papaveroideae)

En México se ubica el centro de origen de varias especies. Es una planta que crece de forma silvestre, por lo que generalmente es considerada una maleza. Se encuentra en los trópicos de todos los continentes, y puede ser bastante molesta. Es conocida de manera común como: chicalote, cardo santo, adormidera o amapola mexicana (Vibrans *et al.*, 2009; Escobedo *et al.*, 2020).

2.6.1. Origen y distribución geográfica

El origen de *A. mexicana* es Mesoamérica. Hoy distribuida desde E.U.A. hasta Perú y Paraguay y a nivel mundial se encuentra en las regiones tropicales de todos los continentes. En México se han registrado en Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán (Vibrans *et al.*, 2009).

2.6.2. Descripción morfológica

A. mexicana es una hierba anual que puede medir hasta 150 cm de altura, tiene una raíz tipo pivotante ligeramente ramificada. Tallo erecto, ramificado, generalmente espinoso, de color verde azulado pálido y al cortarlo exuda una savia amarilla de olor desagradable. Las hojas son alternas, sin pecíolos, más o menos envainando el tallo, de hasta 15 cm de largo, profundamente lobuladas con márgenes

irregularmente dentados y espinosos; las nervaduras de color blanco grisáceo son conspicuas en la superficie de color azulado de las hojas. Flores solitarias de 2.5 a 4.5 cm de diámetro, sustentadas por 1 a 2 brácteas frondosas; 3 sépalos espinosos; pétalos 4 a 6, de color amarillo a naranja pálido, glabros; estambres numerosos. El fruto encapsulado, espinosa, de 2.5 a 5.0 cm de largo y 2.0 cm de ancho, con 4 a 5 valvas. Las semillas de color negro pardusco, casi esféricas, de aproximadamente 1.0 mm de diámetro, cubierto por una fina red de venas, aceitosas (Vélez-Gavilán, 2016).

2.6.3. Clasificación taxonomía

Obtenido en el Sistema Integrado de Información Taxonómica (2020):

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ranunculales

Familia: Papaveraceae

Género: *Argemone*

Especie: *A. mexicana* L.

2.6.4. Compuestos fitoquímicos de *Argemone mexicana*

Algunas investigaciones han realizado la determinación de los compuestos fitoquímicos presentes en la planta de *A. mexicana*. Por la técnica de tamizaje de extractos de esta especie, se determinó la presencia de fitoquímicos, como los esteroides y esterolés, triterpenoides, flavonoides, saponinas, taninos y sustancias fenólicas, gomas y mucilagos, carbohidratos y proteína. En extracto metanólico hay presencia de alcaloides, compuestos fenólicos, taninos y saponinas (Dash & Murthy, 2011).

Mendoza (2013) realizó un análisis fitoquímico de *A. mexicana* para lograr identificar grupos de metabolitos secundarios presentes en los extractos y fracciones de semillas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis fitoquímico preliminar de los extractos y fracciones de las semillas de *Argemone mexicana* (Mendoza, 2013).

Especie	<i>Argemone mexicana</i>			
	Ex. crudo de AcOEt	Fracción metanólica	Fracción I-II	Fracción I-III
Alcaloides	+	+	+	+
Flavonoides	+	+	+	+
Cumarinas	+	+	+	+
Saponinas	-	+	+	+
Fenoles, esteroides fenólicos	+	+	+	+
Derivados antracénicos libre, antroquininas	+	+	+	+

+ = presente, - = no detectado, AcOEt = Acetato de etileno

2.6.5. Actividad antifúngica de *Argemone mexicana*

Hay reportes de que los metabolitos secundarios de *A. mexicana* presentan actividad antifúngica en diferentes patógenos, entre estos los alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenoles o compuesto alifáticos de cadena larga y poco compuestos aromáticos (Cantrell *et al.*, 2012).

Los metabolitos secundarios desarrollan diversas estrategias de defensas contra hongos fitopatógenos, como es el caso del extracto acuoso de *A. mexicana* en concentraciones de 2000 ppm tiene una mayor efectividad para el control del hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, por lo que el uso del extracto acuoso puede ser una alternativa para prevenir la podredumbre algodonosa (Hernández *et al.*, 2020).

De acuerdo a Hernández (2005) el efecto inhibitorio del extracto etanólico de *A. mexicana* sobre diferentes hongos fitopatógenos como *F. oxysporum* y *Phytophthora infestans* es una alternativa para el control de estos patógenos. En el

caso de *F. oxysporum*, con una concentración de 2640 ppm del extracto de *A. mexicana* inhibió la formación de conidias en un 80%. Para *P. infestans* se muestra que el mejor efecto de inhibición para este hongo es a una concentración de 660 ppm del extracto acuoso de *A. mexicana* alcanzado 14.16% de inhibición.

Las investigaciones sobre el control *in vitro* del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* a base del extracto de *A. mexicana*, es una alternativa potencial para inhibir el crecimiento micelial contra este patógeno (Bautista *et al*, 2020). En otro contexto, la evaluación del extracto alcohólico de la raíz de *A. mexicana* tiene actividad antifúngica contra el patógeno *F. solani* (ICFRE, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) unidad Saltillo. Posteriormente se realizó un ensayo en el invernadero perteneciente al Departamento de Parasitología.

3.2. Obtención del Material

El material vegetativo de *S. elaeagnifolium* y *A. mexicana* fue recolectado dentro de la UAAAN y *H. patens* se recolectó en la Huasteca Veracruzana, México. Se seleccionaron ramas maduras con hojas sin daño por plagas o enfermedades. Las muestras fueron trasladadas en bolsas de papel al laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la UAAAN. El fitopatógeno se obtuvo de tubérculos de papa encontrados en un supermercado localizado en la zona centro de Saltillo. Además de que se adquirieron muestras de tubérculos con signos de *R. solani* y fueron conservadas hasta su utilización.

3.3. Aislamiento del Fitopatógeno

El inóculo del hongo se obtuvo a partir de cortes de pequeños fragmentos de pseudoesclerocios del tubérculo de la papa, para después desinfectarlos con hipoclorito de sodio durante tres minutos, enseguida se les aplicó un triple lavado con agua destilada estéril durante un minuto entre cada lavado.

Una vez obtenido los esclerocios ya desinfectados se dejó secar en sanitas estériles en la campana de flujo laminar por dos horas, posteriormente se sembró en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y por último se incubó a 26 ± 2 °C por siete días.

3.3.1. Purificación del fitopatógeno

La purificación de la cepa se realizó de los inóculos provenientes del aislado de la etapa anterior mediante la técnica de punta de hifa; se tomó un fragmento de la punta de la hifa del hongo y se colocó a un nuevo medio PDA, después se incubó a 26 ± 2 °C.

3.3.2. Identificación del fitopatógeno

Para la identificación del hongo se realizó una caracterización morfológica, basado en las claves reportadas por Sneh *et al.* (1991) y Wantanabe (2002).

3.4. Obtención de los Extractos Botánicos

Para obtener los extractos de las plantas de *H. patens*, *S. elaeagnifolium* y *A. mexicana* se realizó un lavado con agua y jabón de las muestras colectadas, después se colocaron en papel estroza para su secado. Una vez ya secas, se prosiguió a triturarlas en una licuadora hasta ser pulverizada a una partícula de tamaño pequeño. Las muestras fueron conservadas en frascos ámbar hasta su utilización.

La preparación de los extractos de *H. patens*, *S. elaeagnifolium* y *A. mexicana* a base de solventes como agua, etanol y metanol, se obtuvieron al pesar 40 g del pulverizado de las plantas en 400 mL del solvente, que fueron colocados en matraces Erlenmeyer de 1000 mL. Enseguida a los matraces se le colocó un papel de aluminio en la parte superior (boca), y fueron cubiertos con papel estroza para posteriormente ser almacenados y reposados durante siete días. Cabe recalcar que estas preparaciones fueron cubiertos dado a que la luz puede oxidar las muestras y estropearlas.

Después de haber reposado de siete días se prosiguió a filtrar los extractos con ayuda de un embudo Buchner y papel filtro Whatman número 2, una vez filtrados se etiquetaron los matraces y se guardó en el refrigerador para mantenerlos en conservación.

3.5. Efecto Antifúngico de los Extractos Acuoso, Etanólicos y Metanólicos de *Solanum elaeagnifolium*, *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* en el Desarrollo de *Rhizoctonia solani*.

Con los extractos crudos se llevaron a cabo pruebas de la actividad antifúngica contra el hongo *R. solani* mediante medio de cultivo PDA envenenado (Ochoa *et al.*, 2012). Se prepararon medios en matraces Erlenmeyer con capacidad para 125 mL, se le agregó 2.73 g de PDA y 70 mL de agua destilada, fue agitado y calentado para evitar la formación de grumos y para así tener una mezcla homogénea. Posteriormente fueron esterilizados en la olla de presión por 20 min a 15 libras de presión; ya esterilizados se llevaron a la cámara de flujo laminar donde se agregaron los extractos acuoso, etanólicos y metanólicos, dos especies *H. patens* y *S. elaeagnifolium* se evaluaron a concentraciones de 11 428.57, 14 285.71, 21 428.47, 35 714.28, 50 000 y 71 428.57 ppm mientras que para *A. mexicana* se utilizaron concentraciones acuoso con los siguientes valores: 25, 125, 250, 425, 750, 1 400, 2 200, y 3 700 ppm.

Una vez realizado la mezcla de PDA, con los extractos a sus diferentes concentraciones, se procedió a vaciar en las cajas Petri, y se etiquetaron con el tratamiento correspondiente. Preparados los medios de cultivo envenenados se colocaron explantes en el centro de las cajas Petri de 0,5 cm de diámetro del fitopatógenos a evaluar con ayuda de un sacabocado y una aguja de disección bajo condiciones de asepsia, se incubaron a una temperatura ambiente 26 ± 2 °C, y posteriormente se realizaron mediciones del crecimiento micelial durante seis días, hasta que el testigo lleno por completo la caja Petri. El crecimiento micelial se determinó diariamente para después obtener el porcentaje de inhibición el cual se

obtiene, utilizando la formula señalada por (Salazar *et al.*, 2012), que se adecua mejor al modelo del experimento establecido en esta investigación:

$$\% \text{ inhibición} = \frac{(\text{crecimiento micelial del testigo} - \text{crecimiento del tratamiento})}{\text{crecimiento micelial del testigo}} \times 100$$

La distribución del experimento se estableció mediante un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones para los extractos *H. patens* y *S. elaeagnifolium*. Para el caso de la especie *A. mexicana* se establecieron ocho tratamientos, con tres repeticiones, esto difirió entre especies debido a las concentraciones obtenidas para la evaluación, previamente durante la preparación de los extractos.

3.5.1. Variables evaluadas

La variable a medir fue el crecimiento micelial del fitopatógeno en presencia de los extractos botánicos a diferentes concentraciones para ver el potencial biológico.

Formación de esclerocios en condiciones *in vitro*. Para medir la capacidad de sobrevivencia de las estructuras de resistencias de *R. solani* en presencia de los extractos botánicos se pesó la masa producida (esclerocios) de *R. solani* a los 30 días después de la última medición del crecimiento micelial.

3.5.2. Análisis estadístico

Los datos del porcentaje de inhibición usados en cada tratamiento se analizaron bajo el uso del software SAS 9.0 para Windows y las pruebas de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$).

3.6. Ensayo Experimental en Invernadero

Una vez acreditados los resultados del efecto antifúngico obtenido con los extractos botánicos en el laboratorio, se implementó el uso de un diseño especializado y panificado para el invernadero en cultivo de papa *Solanum tuberosum*.

Por consiguiente, se tomó a consideración el porcentaje de inhibición más adecuado para evaluar la eficiencia en el control de *R. solani*. La siguiente tabla, indica los tratamientos y la dosificación.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos y la dosis calculada para desarrollar el experimento de invernadero

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1 (Testigo)	Testigo absoluto	-
T2 (Patógeno)	Patógeno (<i>R. solani</i>)	-
T3 (Hp-Met)	Extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i>	14285.71 (1.4 mL·100cc ⁻¹ agua)
T4 (Hp-Et)	Extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i>	35714.28 (3.55 mL·100cc ⁻¹ agua)
T5 (Se-Met)	Extracto metanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	21428.57 (2.1 mL·100cc ⁻¹ agua)
T6 (Se-Et)	Extracto etanólico de <i>Solanum elaeagnifolium</i>	50000 (5.0 mL·100cc ⁻¹ agua)
T7 (Arg-H ₂ O)	Extracto acuoso de <i>Argemone mexicana</i>	3700 (0.5 mL·100cc ⁻¹ agua)
T8 (<i>Trichoderma</i>)	<i>Trichoderma</i> spp.	1 L·Ha ⁻¹
T9 (Químico)	ExodusMax	1 L·Ha ⁻¹

3.6.1. Establecimiento del experimento en invernadero

Para llevar a cabo el experimento en el invernadero, lo primero que se realizó fue la preparación del sustrato en una relación de peat moss (50%), perlita (30%) y suelo esterilizado (20%). Después se llenaron 45 bolsas para vivero 20 x 35 cm con el sustrato ya preparado. Posteriormente se colocaron las bolsas de vivero en dos filas y se etiquetaron con los tratamientos.

La preparación del inóculo consistió en moler siete cajas con crecimiento de *R. solani* y alta presencia de esclerocios en un litro de agua destilada para posteriormente inocular los tubérculos de papa. Se prosiguió a la siembra de un tubérculo con brotes germinados y con signos de *R. solani* (esclerocios) en el centro de cada bolsa. Una vez ya sembrado se inocularon los tubérculos con el patógeno a una dosis de 20 ml por tubérculo a excepción del testigo absoluto. Asimismo, a cada tubérculo sembrado se le aplicó su respectivo tratamiento a la dosis que indica el Cuadro 5. Se preparó 100 ml de cada uno de los tratamientos y se aplicó 20 ml por repetición.

La primera aplicación de los tratamientos fue al momento de la siembra, la segunda aplicación fue a los cinco días después de la primera, la tercera a los siete días posteriores a la segunda y la última se aplicó a los siete días después de la tercera.

3.6.2. Variables evaluadas

3.6.2.1. Efecto de control sobre la incidencia de *R. solani* en tubérculos de papa a la cosecha.

Se determinó el porcentaje de tubérculos con esclerocios que fue cuantificado por cada tratamiento, hasta el día de la cosecha. Para la incidencia de *R. solani* primeramente se seleccionaron los tubérculos sanos cosechados de cada tratamiento (sin esclerocios) y enfermos (con esclerocios). Para posterior contar el número de tubérculos tanto sanos como enfermos. Los datos se transformaron en por ciento (%) de tubérculos dañados.

3.6.2.2. Parámetros agronómicos

3.6.2.2.1. Altura de planta

Fue determinada y expresada en cm, medida desde la base del tallo hasta el punto de crecimiento con ayuda de una cinta métrica. Los datos se registraron a partir de los 10 días después de la siembra, cada 15 días, durante tres meses.

3.6.2.2.2. Diámetro de tallo

El diámetro se midió en cm con la ayuda de un calibrador de Vernier por arriba de 5.0 cm de la base de tallo. Estos datos se empezaron a contabilizar a partir de los 10 días después de la siembra, cada 15 días, durante tres meses.

3.6.2.2.3. Rendimiento del cultivo

Luego de cosechar los tubérculos, se cuantificó su peso, haciendo uso de una balanza para determinar la cantidad expresada en ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), con estos datos se determinó la rentabilidad de cada tratamiento.

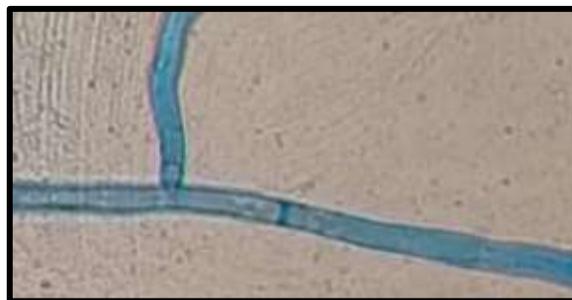
3.6.3. Análisis estadístico

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (SAS 9.0 para Windows), con 9 tratamientos incluido el testigo, en cinco repeticiones y para comparar las medias entre tratamientos, se empleó una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación del Fitopatógeno

La cepa del hongo fitopatógeno *R. solani*, fue identificada por características morfológicas. Se observó micelio incoloro a los primeros tres días de su desarrollo, después de dos semanas de edad se volvió de amarillento a color marrón claro con células alargadas y ramificadas que crecieron en ángulos rectos a la hifa principal, estando ligeramente constreñidos en la unión y con una pared trasversal cerca de la unión (Sneh *et al.*, 1991; Wantanabe, 2002).



4.2. Efecto Antifúngico de los Extractos Acuoso, Etanólicos y Metanólicos de *Solanum elaeagnifolium*, *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* en el Desarrollo de *Rhizoctonia solani*

4.2.1. Efecto antifúngico del extracto acuoso de *A. mexicana* en el desarrollo de *R. solani*

El análisis de varianza mostró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 6 de Anexos). La prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$), indican que en todos los

tratamientos con el extracto botánico acuoso presentó una inhibición estadísticamente diferente al compararlo con el testigo.

En la Figura 2, se observa que el extracto acuoso inhibió el crecimiento de *R. solani* a partir de la concentración mínima de 25 ppm con un porcentaje arriba del 70%. El mayor porcentaje de inhibición fue a la concentración de 3 700 ppm con 90% de inhibición. Estudios realizados por Singh *et al.* (2010) demuestran que a la concentración de 3 000 ppm de *A. mexicana* inhibió en un 100% a *Ustilago cynodontis* y *Sphaerotheca* sp., seguido de *Cercospora* sp., *Alternaria cajani* que muestran inhibición del 100% en la germinación de esporas a 5 000 ppm. Otro estudio semejante de por Juárez *et al.* (2020) en el cual el extracto de *Argemone ochroleuca* presenta propiedades antifúngicas a concentraciones de 23 y 31%, inhibiendo al 100% el crecimiento de *Fusarium oxysporum*.

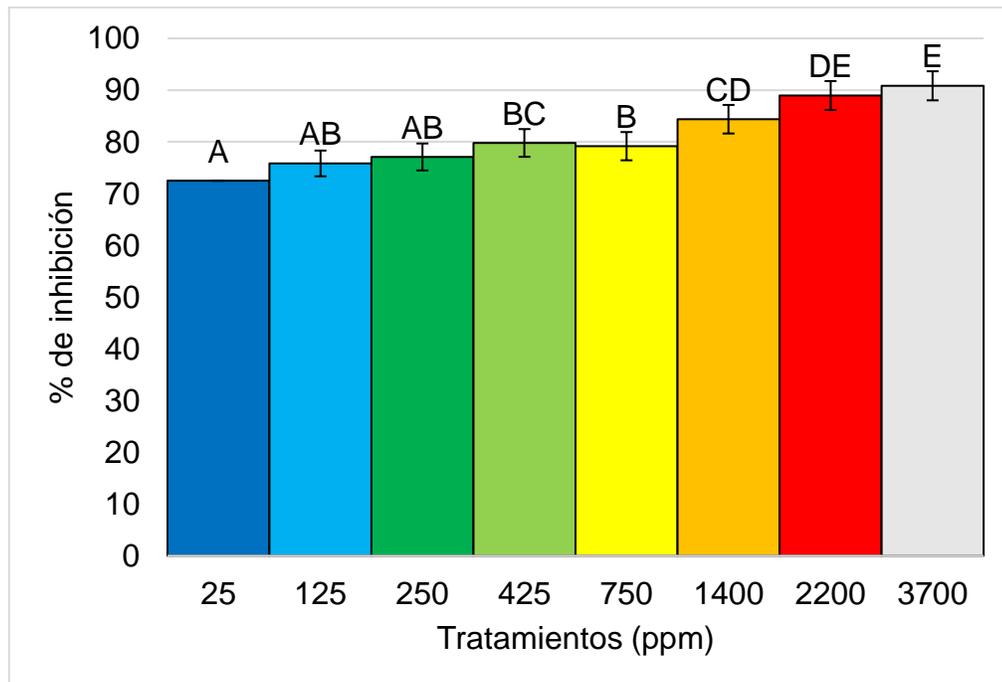


Figura 2. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto acuoso de *Argemone mexicana* sobre *Rhizoctonia solani*.

En la Figura 3 se observa el efecto inhibitorio del extracto acuoso de *A. mexicana* con las diferentes concentraciones en comparación con el testigo. A partir de

concentraciones bajas, existe un alto porcentaje de inhibición lo cual resulta prometedor en esta investigación. Resultados similares obtenidos por Hernández *et al.* (2020) al aplicar el extracto acuoso de *A. mexicana* a una concentración baja de 2 000 ppm presentó el mayor porcentaje de inhibición ($27,24 \pm 0,01\%$) para el control *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum*.



Figura 3. Efecto del extracto acuoso de *Argemone mexicana* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*.

4.2.2. Efecto antifúngico del extracto acuoso de *S. elaeagnifolium* contra *R. solani*

De acuerdo con el análisis de variancia (Cuadro 7 de Anexos) en el porcentaje de inhibición del extracto acuoso de *S. elaeagnifolium* el $(Pr > F) = 0.1133 > \alpha$, indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En la Figura 4 se aprecia mínima diferencia en los tratamientos, a una concentración de 71 428.4 ppm del extracto, el efecto inhibitorio fue de 22.5% sobre *R. solani*. Mientras que las demás concentraciones inhibieron menos de 20% lo que nos indica que el extracto acuoso de *S. elaeagnifolium* no produce efecto significativo sobre el crecimiento del patógeno. Siendo efecto de comparación con el trabajo realizado por De la cruz

(2006) llevando a cabo análisis y experimentación con el extracto etanólico de *Nicotiana glauca* para determinar el efecto inhibitorio sobre *Penicillium digitatum* resultando en un ligero efecto a la concentración de 2 160 ppm con un 20.06%.

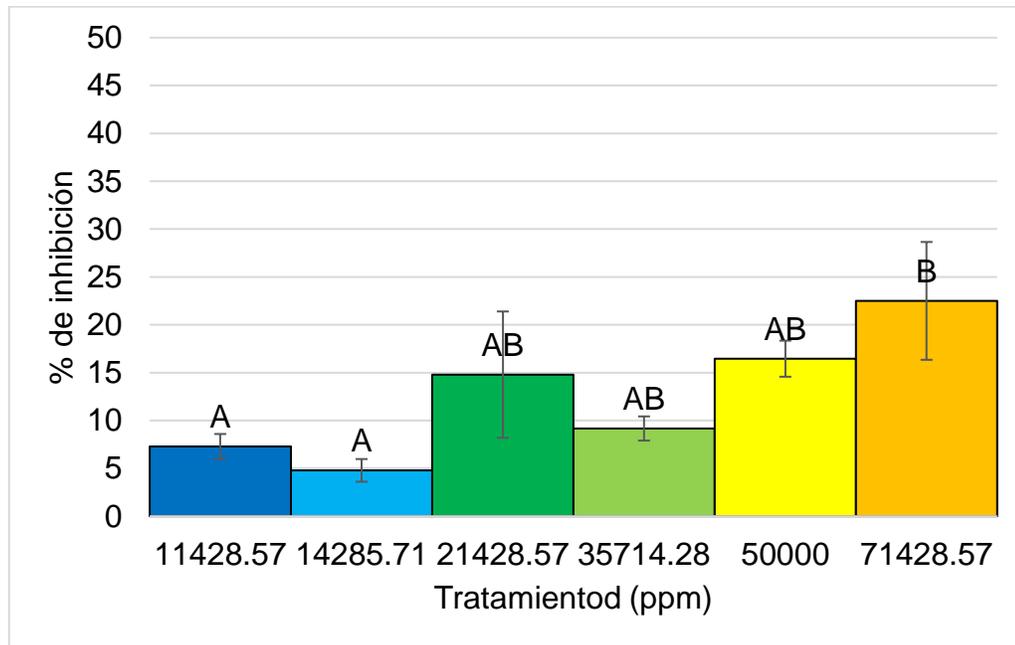


Figura 4. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum elaeagnifolium* sobre *Rhizoctonia solani*.

Al visualizar la Figura 5 notamos que el hongo *R. solani* tiene alto potencial de crecimiento, lo que significa que los metabolitos secundarios del extracto acuoso de *S. elaeagnifolium* no son competentes para inhibir el crecimiento micelial del hongo. Efecto similar a Carranza (2017) el extracto de *Datura ferox* perteneciente a la familia de las solanáceas no tuvo efecto inhibitorio para el control *in vitro* de *Colletotrichum* spp., dado que el porcentaje de inhibición fue de 19.6%, es decir que el extracto no tiene la capacidad antifúngica.



Figura 5. Efecto del extracto acuoso de *Solanum elaeagnifolium* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*

4.2.3. Efecto antifúngico del extracto etanólico de *S. elaeagnifolium* sobre *R. solani*

Por otro lado (Cuadro 8 del Anexos), el porcentaje de inhibición del extracto etanólico de *S. elaeagnifolium* ($Pr > F = 0.0001$) $< \alpha$, por lo que se declara que los tratamientos son altamente diferentes a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$. En la Figura 6, se puede apreciar que los tratamientos son diferentes. A partir de la concentración 14 285.71 ppm ya existe alta inhibición superior al 59% sobre el patógeno, mientras que a una concentración del 71 428.57 ppm el patógeno fue inhibido al 100%. Al respecto, Al-Reza *et al.* (2010) determinaron el efecto inhibitorio del extracto de *Cestrum nocturnum* a una concentración de 1 000 ppm obteniendo un potencial efecto inhibitorio favorable (80.5%) sobre el crecimiento del hongo *R. solani*.

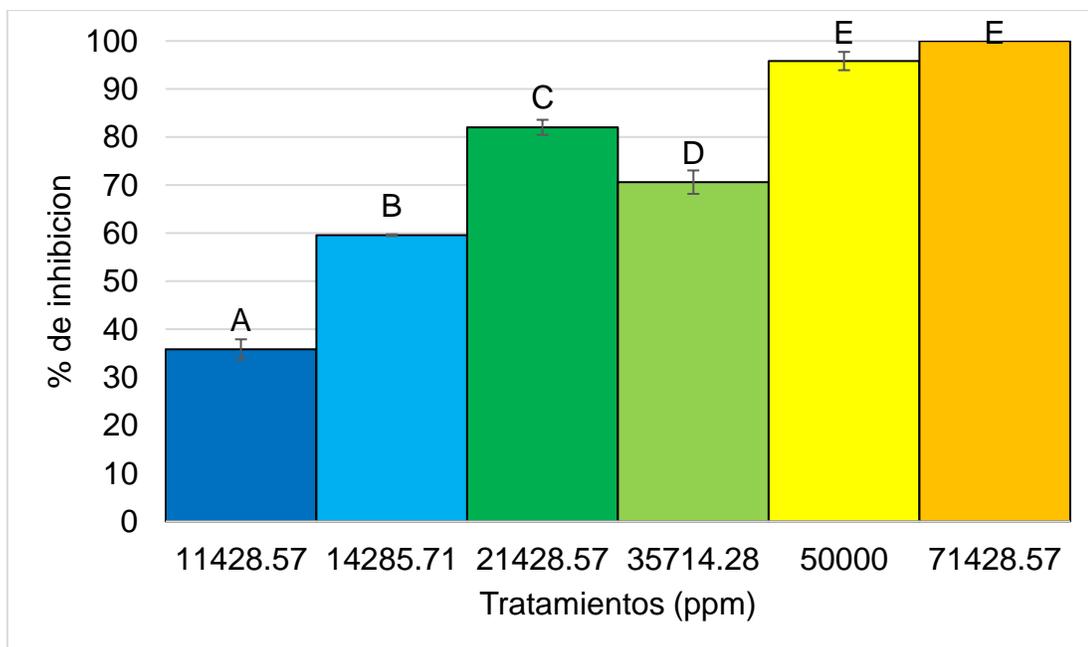


Figura 6. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto etanólico de *Solanum elaeagnifolium* sobre *Rhizoctonia solani*.

En comparativa, el extracto etanólico de *S. elaeagnifolium* contra el uso del solvente acuoso, la función inhibitoria presento mejores resultados evaluados para el extracto etanólico.

En general todos los tratamientos con el extracto etanólico de *S. elaeagnifolium* muestran actividad antifungica sobre el hongo *R. solani*. Observamos en en la Figura 7, que conforme aumentemos la concentración del extracto se reduce el crecimiento micelial del hongo hasta el nivel cero. Con base en Hernández (2015) en la evaluación *in vitro* de los extractos etanólicos de *Carya illinoensis* y *Pithecellobium dulce* inhibieron el crecimiento del micelio de hongo *R. solani* con un 60 y 58% respectivamente. Por lo tanto, comparando los extracto, se deduce que el uso de los extractos botanicos son una alternativa para inhibir el crecimiento del hongo *R. solani*.

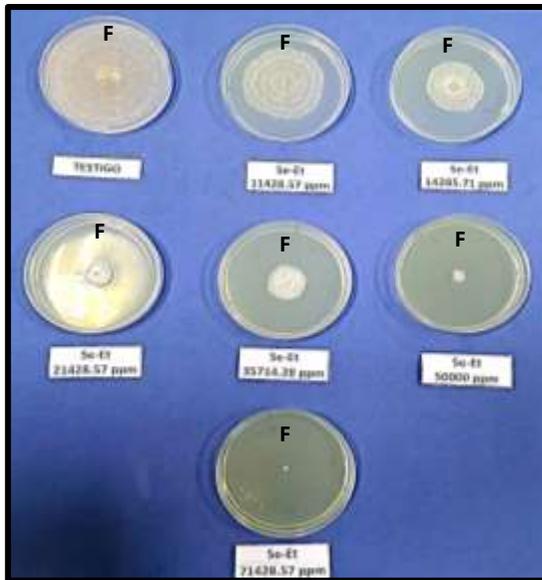


Figura 7. Efecto del extracto etanólico de *Solanum elaeagnifolium* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*.

4.2.4. Efecto antifúngico del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* sobre *R. solani*

Con respecto (Cuadro 9 de Anexos) al porcentaje de inhibición del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* ($Pr > F = 0.0001$) $< \alpha$, de modo que a menos uno de los tratamientos es diferente. En la Figura 8 se observa que tratamientos son diferentes, además de que a una concentración de 14 285.71 ppm el porcentaje de inhibición fue mayor al 50%. En los tratamientos con las siguientes concentraciones 21 428.57, 35 714.28, 50 000 y 71 428.57 ppm no hubo diferencia entre tratamiento, counun alto potencial de inhibición de los cuatros tratamientos sobre el crecimiento micelial del hongo *R. solani*, que va desde el 89.375% hasta 100% de inhibición. Rodríguez *et al.* (2020) reporta que los extractos metanólicos de las especies *Larrea tridentata* inhibe el crecimiento micelial de *R. solani* hasta 100% y en caso de *Rosmarinus officinalis* el porcentaje de inhibición fue de 56 y 48% a las 144 h y 240 h respectivamente.

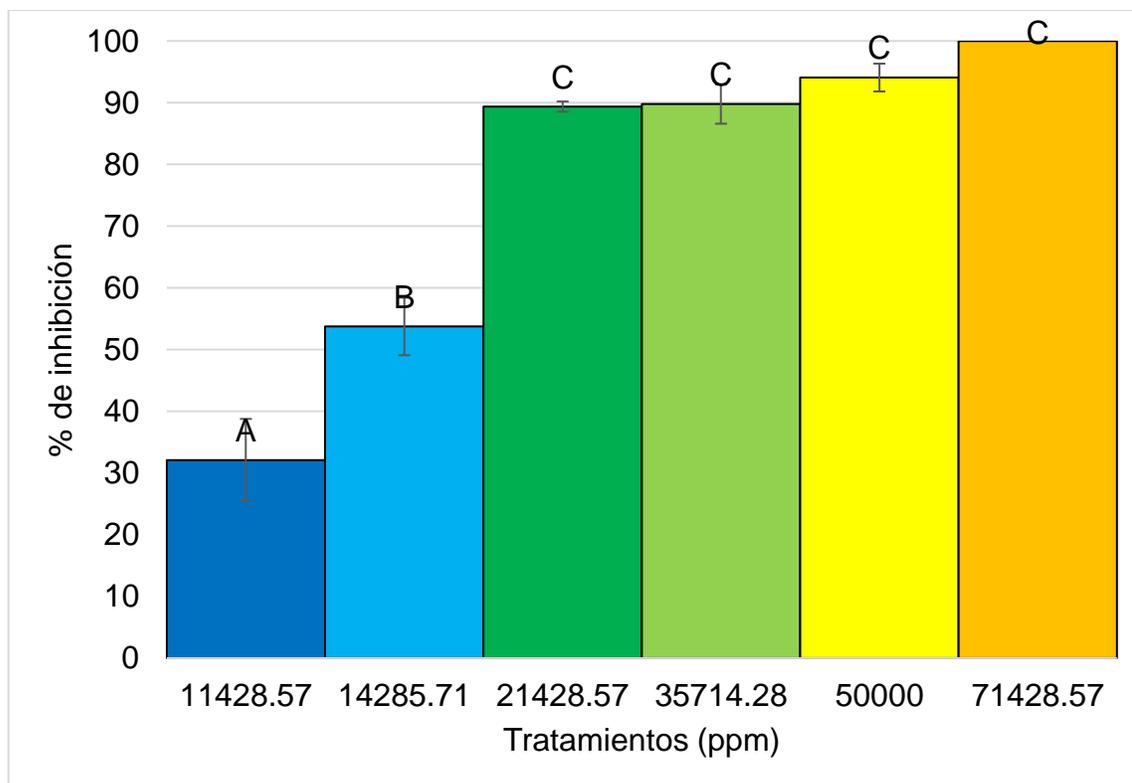


Figura 8. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto metanólico de *Solanum elaeagnifolium* sobre *Rhizoctonia solani*.

Cabe recalcar que al aumentar la concentración se obtienen un mejor porcentaje de inhibición del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* sobre el hongo, de la misma manera que el extracto etanólico.

El crecimiento del hongo en presencia del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* muestra un comportamiento favorable con respecto al día de inicio hasta los seis días de evaluación, en la Figura 9 se puede observar que el efecto del extracto tiene capacidad para inhibir al hongo, incluso hasta el 100%. Gamboa *et al.* (2003), al realizar pruebas *in vitro* del extracto *Flourensia cernua*, donde expresan que conforme se aumente la dosis del extracto, se reduce significativamente el crecimiento micelial de *R. solani*. Además, obtuvieron que con el extracto inhibieron a *R. solani* en un 86.2 y 83.7% a las 48 y 96 h a una concentración de 20000 ppm.



Figura 9. Efecto del extracto metanólico de *Solanum. elaeagnifolium* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*.

4.2.5. Efecto antifúngico del extracto acuoso de *H. patens* sobre *R. solani*

El análisis estadístico (Cuadro 10 de Anexos) en el porcentaje de inhibición del extracto acuoso de *H. patens* nos arrojó que entre los tratamientos existen diferencias significativas ($Pr > F = 0.0201$) $< \alpha$, por tal motivo, al menos uno de los tratamientos es diferente. Al realizar la prueba de rango múltiples de Duncan, se determinó que al menos un tratamiento es diferente de los demás, presentado un 1.4% de inhibición que fue el que menor efecto tuvo sobre el hongo. En caso contrario de los demás tratamientos no existe diferencia significativa, pero, aun así, el porcentaje de inhibición del extracto no fue efectivo para contrarrestar el crecimiento micelial del hongo, obteniendo un promedio general del 4.5% de inhibición (Ver Figura 10). Comparando los resultados obtenidos con Tito *et al.* (2018), el extracto acuoso de *Ovidia andina* no presentó un efecto antifúngico en el control del crecimiento micelial de *R. solani*, obteniendo un porcentaje de inhibición del 5%.

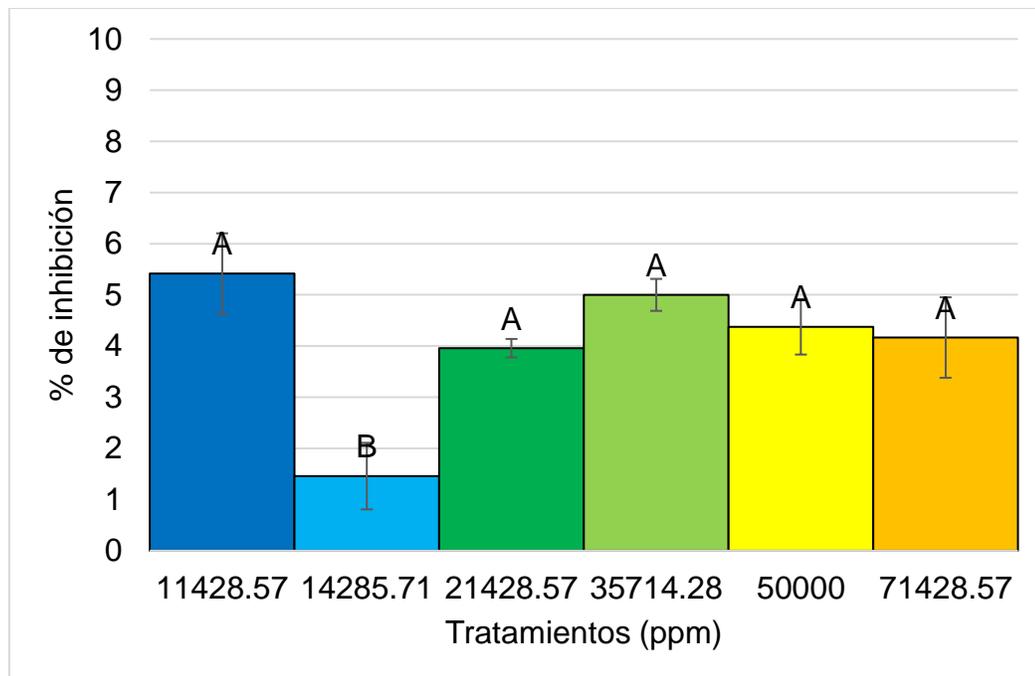


Figura 10. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto acuoso de *Hamelia patens* sobre *Rhizoctonia solani*

El crecimiento micelial del hongo en medio PDA con los distintos tratamientos acuosos de *H. patens* no mostraron actividad antifúngica inhibitoria contra *R. solani*. Esto se puede notar en la Figura 11 donde el efecto del extracto es casi nulo para reducir el crecimiento micelial. Rugerio (2018) realizó una evaluación del efecto antifúngico del extracto *Bouvardia ternifolia* sobre cepas de *Fusarium* spp., donde mostraron inhibición en el crecimiento micelial con valores menores a un 13%.



Figura 11. Efecto del extracto acuoso de *Hamelia patens* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*

4.2.6. Efecto antifúngico del extracto etanólico de *H. patens* sobre *R. solani*

Los resultados del experimento del extracto etanólico de *H. patens* pueden afectar el crecimiento normal *in vitro* de *R. solani*, de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 11 de Anexos) existe diferencia significativa ($Pr > F = 0.0001$) $< \alpha$. Al realizar la prueba de medias de Duncan se puede observar que los tratamientos con el mismo grupo estadístico (A) son iguales, en niveles de alrededor de 46% de inhibición contra el hongo, por otra parte, las medias con la letra (B) de igual manera son iguales inhibiendo al hongo con 73.9 y 74.7%. En el caso de la media (C), el extracto tiene un efecto inhibitorio del 90.6%. Por último, la media (D) alcanzo a inhibir al hongo a su totalidad (100%) (Figura 12). Zapata *et al.*, (2003), utilizaron el extracto etanólico de *Cereus deficiens* sobre el crecimiento micelial del hongo *R. solani*, donde el resultado fue positivo, obteniendo ente 45 y 75% de inhibición, indicando la baja susceptibilidad de *R. solani* al extracto *C. deficiens*.

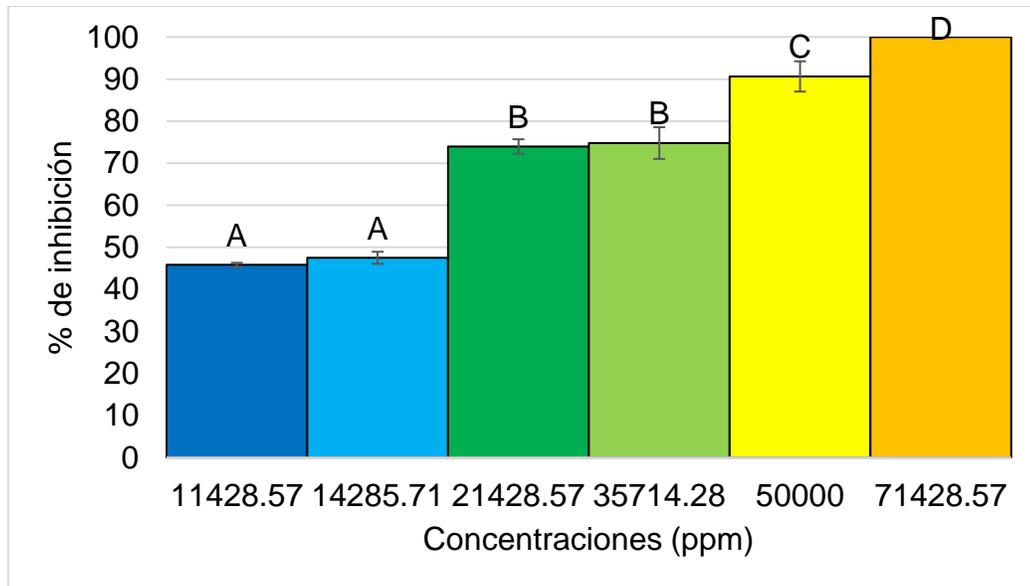


Figura 12. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto etanólico de *Hamelia patens* sobre *Rhizoctonia solani*

Observamos como el extracto etanólico de *H. patens* presenta un alto contenido de metabolitos secundarios, ya que el efecto inhibitorio que ejerce en contra del hongo es potencialmente alto, incluso inhibiendo hasta un 100% (Figura 7). De manera que el extracto botánico permite controlar bajo condiciones *in vitro* a *R. solani*. Him de Fréitez *et al.* (2006) realizaron un ensayo *in vitro* para ver efecto del extracto etanólico de *Zingiber officinale* sobre *R. solani* y comprobaron que el extracto etanólico fue efectivo a concentraciones del 10% contra el hongo.



Figura 13. Efecto del extracto etanólico de *Hamelia patens* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*

4.2.7. Efecto antifúngico del extracto metanólico de *H. patens* contra *R. solani*

Asimismo, para el extracto metanólico de *H. patens* (Cuadro 12 de Anexos) los tratamientos tienen diferencia significativa ($Pr > F = 0.001$) $< \alpha$. De manera que al observar las concentraciones evaluadas (Figura 14) para la inhibición del crecimiento micelial de *R. solani*, estos presentaron porcentajes arriba de 80% a excepción de la concentración de 11 438.57 ppm con 34.5% de inhibición. Las concentraciones metanólicas de *H. patens* a partir de 14 285.71 ppm tiene un efecto promisorio para inhibir el crecimiento micelial del hongo. El control *in vitro* del crecimiento micelial de *R. solani* a base del extracto *H. patens* se puede comparar con las pruebas realizadas por Sarubbi y Aquino (2002), donde empleo del extracto de *Allium sativum* a una concentración de 30000 ppm inhibió el crecimiento micelial de *R. solani* en un 100%.

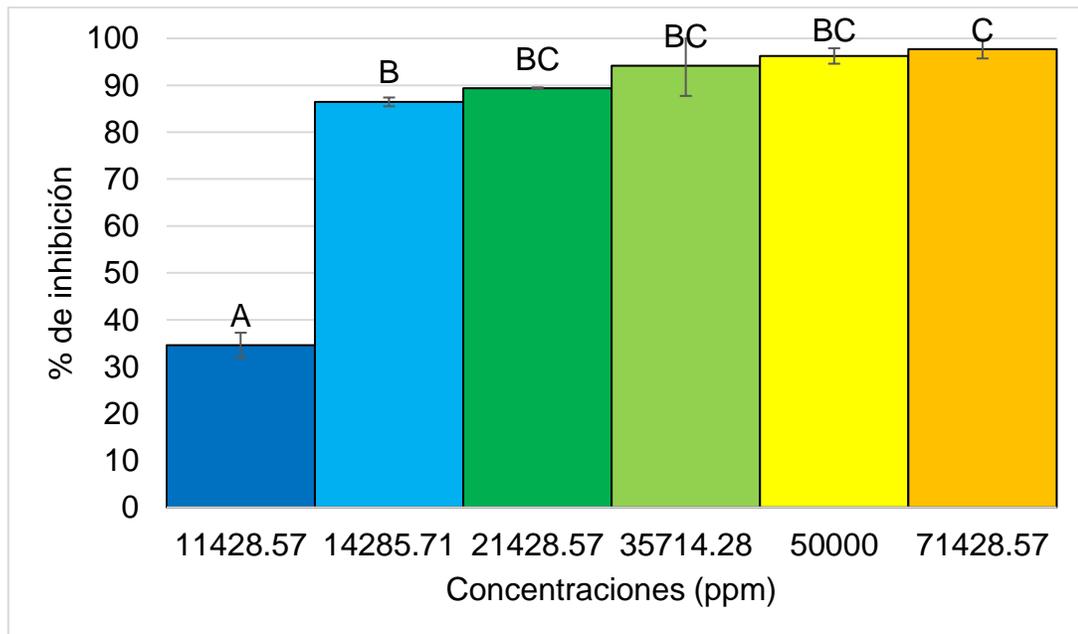


Figura 14. Porcentaje de inhibición *in vitro* del extracto metanólico de *Hamelia patens* sobre *Rhizoctonia solani*

En la Figura 15, se muestra el crecimiento en la confrontación de la especie de *H. patens*, sobre el hongo *R. solani* en donde se aprecia diferencia en el crecimiento micelial a las diferentes concentraciones. Comparando los tratamientos con el

testigo el efecto del extracto metanólico tuvo un porcentaje de inhibición favorable. Ohileobo *et al.* (2014), demuestra que el extracto de *Oryza sativa* al 1%, *in vitro*, inhibe el crecimiento micelial de *R. solani* al 100%.

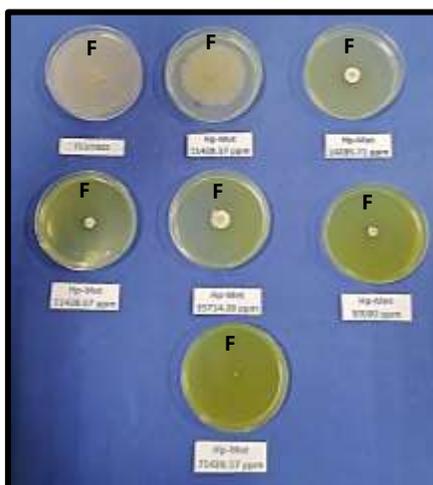


Figura 15. Efecto del extracto metanólico de *Hamelia patens* sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*

4.3. Efecto del Extracto Acuso de *A. mexicana* Sobre la Formación de Estructuras de Supervivencia de *R. solani* en Condiciones *in vitro*

La evaluación del análisis de varianza (Cuadro 13 de Anexos) en la masa de los esclerocios en cada uno de los tratamientos con extracto acuoso de *A. mexicana* no presentó diferencia significativa entre los tratamientos con respecto al testigo ($Pr > F = 0.3621$) $> \alpha$. Al realizar la prueba de medias múltiples de Duncan se corroboró que la formación de los esclerocios en cada uno de los tratamientos del extracto acuoso de *A. mexicana* dio valores menores en comparación con el testigo, pero con una mínima diferencia; presentándose efectos menores a partir de la concentración más alta (Ver Figura 16). Alcalá *et al.* (2005) también observaron baja formación de esclerocios al preparar extracto acuoso de *Allium sativum* sobre el hongo *Sclerotium rolfsii* a los 21 días después de incubación.

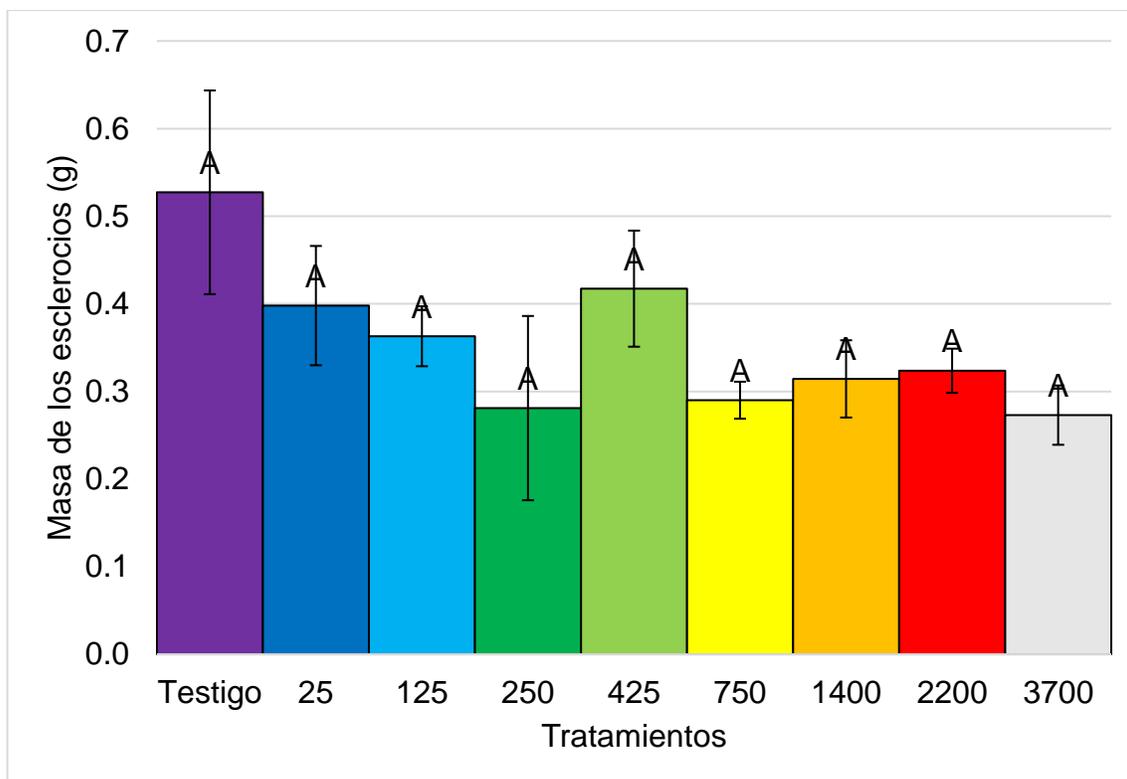


Figura 16. Medias de la masa de los esclerocios (g), en el tratamiento acuoso de *Argemone mexicana*

4.4. Efecto del Extracto Acuoso, Etanólico y Metanólico de *S. elaeagnifolium* Sobre la Formación de Estructuras de Supervivencia de *R. solani* en Condiciones *in vitro*

Por otro lado, en el extracto acuoso de *S. elaeagnifolium* (Cuadro 14 de Anexos), en la formación de los esclerocios no mostraron diferencia estadística significativa de acuerdo con el ANOVA ($Pr > F = 0.1485$) $> \alpha$. Mientras que la comparación de medias por la prueba de Duncan resultó, que, hay diferencia entre dos tratamientos, en donde la menor formación de esclerocios fue en los tratamientos con las siguientes concentraciones, 14 285.71, 21 428.57 y 35 714.28 ppm con 0.3, 0.4 y 0.3 gramos respectivamente (Figura 17). Cabe mencionar que *S. elaeagnifolium* promovió en mayor grado la formación de esclerocios que el testigo. Silva y Romero (2019) reportaron que el extracto acuoso de *Solanum nigrum* tuvo poca o casi

ninguna eficiencia en el control *in vitro* de *Sclerotium rolfsii*, llegando a presentarse el caso que *S. nigrum* supera al testigo en la formación de esclerocios.

Caso contrario, con el extracto etanólico de *S. elaeagnifolium* (Cuadro 15 de Anexos) donde hubo diferencia significativa ($Pr > F = 0.011$) $< \alpha$. Una vez realizado la prueba de medias como se muestra en la Figura 17, podemos observar que existe diferencia entre tratamientos respecto con el testigo. La formación de esclerocios a una concentración de 71 428.57 ppm fue nula, seguido de la concentración de 50 000 ppm con una masa de 0.2 g. En los demás tratamientos que van de la concentración de 11 428.52 a 35 714.28 ppm el promedio general de la masa producida es de 0.31 g con una mínima diferencia comparado con el testigo.

De la misma manera, con el extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* (Cuadro 16 de Anexos) existe diferencia significativa ($Pr > F = 0.0032$) $< \alpha$, y una vez realizado la prueba de medias múltiples nos arroja que los tratamientos son diferentes con respecto al testigo con una masa producida de 0.5 g. Al ver la Gráfica 17 el tratamiento Se-Metanol tiende a reducir la formación de estructuras de sobrevivencia, aumentando la concentración del extracto. Por ende, a partir de la concentración de 11 428.57 ppm la masa formada por los esclerocios fue de 0.4 g, hasta reducirse a un 0.03 g con una concentración de 71 428.57 ppm.

Cabe destacar que los extractos etanólicos y metanólicos de *S. elaeagnifolium* favorecieron la reducción de las estructuras de supervivencia, caso contrario al extracto acuoso que mostró efecto positivo. Chávez y Aquino (2012) reportaron que el extracto de *Allium sativum* inhibe la formación de esclerocios en un 100% sobre el hongo *Sclerotium* sp.

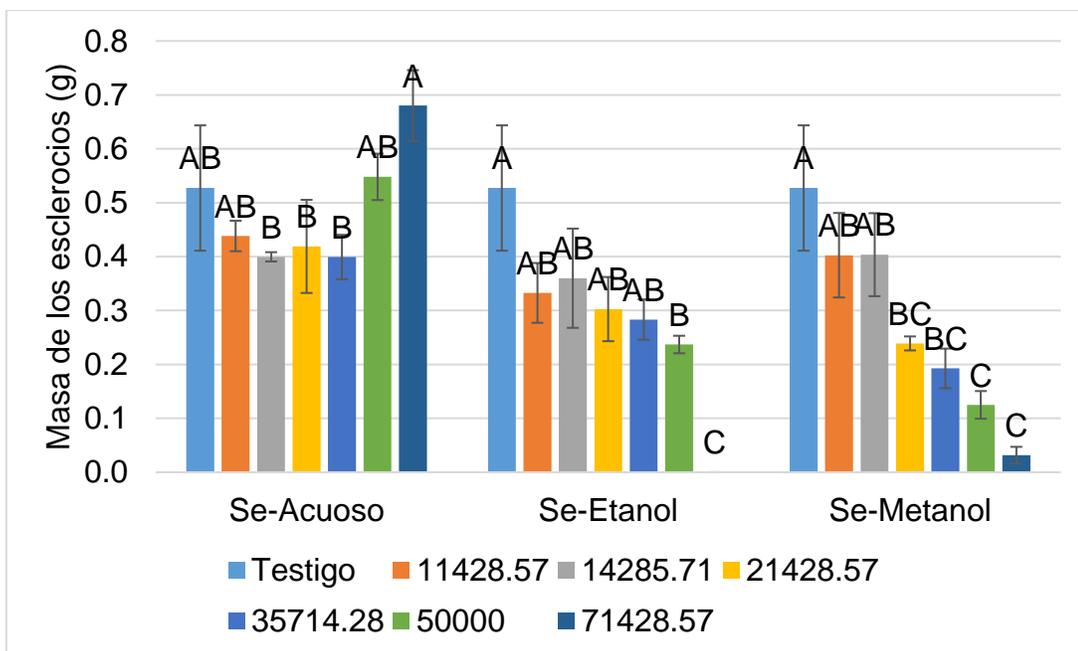


Figura 17. Medias de la masa de los esclerocios (g), en los tratamientos acuosos, etanólicos y metanólicos de *Solanum elaeagnifolium*.

4.5. Efecto del Extracto Acuoso, Etanólico y Metanólico de *H. patens* Sobre la Formación de Estructuras de Supervivencia en Condiciones *in vitro*

Para el caso del efecto en la formación de los esclerocios en presencia del extracto acuoso de *H. patens*, en el análisis de varianza (Cuadro 17 de Anexos) los tratamientos son iguales ($Pr > F = 0.0788$) $> \alpha$.

Se puede observar que a concentraciones altas por arriba de 50 000 ppm el comportamiento en el desarrollo se presentó como un inductor en la formación de las estructuras de resistencia del hongo en estudio. Sin embargo, para las concentraciones que van desde 11 000 ppm hasta 35 000 ppm se obtuvieron valores menores al testigo (Cuadro 18).

De acuerdo con el ANOVA (Cuadro 18 de Anexos), al menos uno de los tratamientos es diferente ($Pr > F = 0.0136$) $< \alpha$. En la prueba de medias por Duncan

los resultados del efecto de los extractos a base de etanol sobre la formación de esclerocios, demuestran ser superiores al testigo arrojando valores que van desde los 0.05 hasta los 0.32 g. Es importante mencionar que a la concentración más alta se obtuvieron las masas más bajas en comparación al resto de los tratamientos (Cuadro 18). Caso contrario a los resultados obtenidos en los extractos acuosos.

Mientras que para el extracto metanólico el efecto generado en la formación de esclerocios al efectuar el ANOVA (Cuadro19 de Anexos) nos resulta que al menos uno de los tratamientos es diferente ($P > F = 0.0121$) $< \alpha$. Algo similar a los resultados del extracto etanólico, por lo que aumentando la concentración del extracto metanólico la formación de esclerocios disminuye en comparación al testigo, reduciendo la formación de esclerocios desde 50, 62, 70 y 80% a concentraciones de 21 428.57, 35 714.28, 50 000 y 71 428.57 ppm respectivamente. (Cuadro 18). De esta forma, dado que los esclerocios son estructuras de sobrevivencia que les permite sobrevivir y reproducirse, desde el punto de vista epidemiológico, con aplicaciones de extractos etanólicos y metanólicos de *H. patens*, se pudiera romper el ciclo biológico de *R. solani*.

Flores *et al.* (2011) realizaron pruebas con el extracto *Zingiber spp.* para inhibir la formación de esclerocios del hongo *R. solani*, reportando nula formación de estructuras de sobrevivencia.

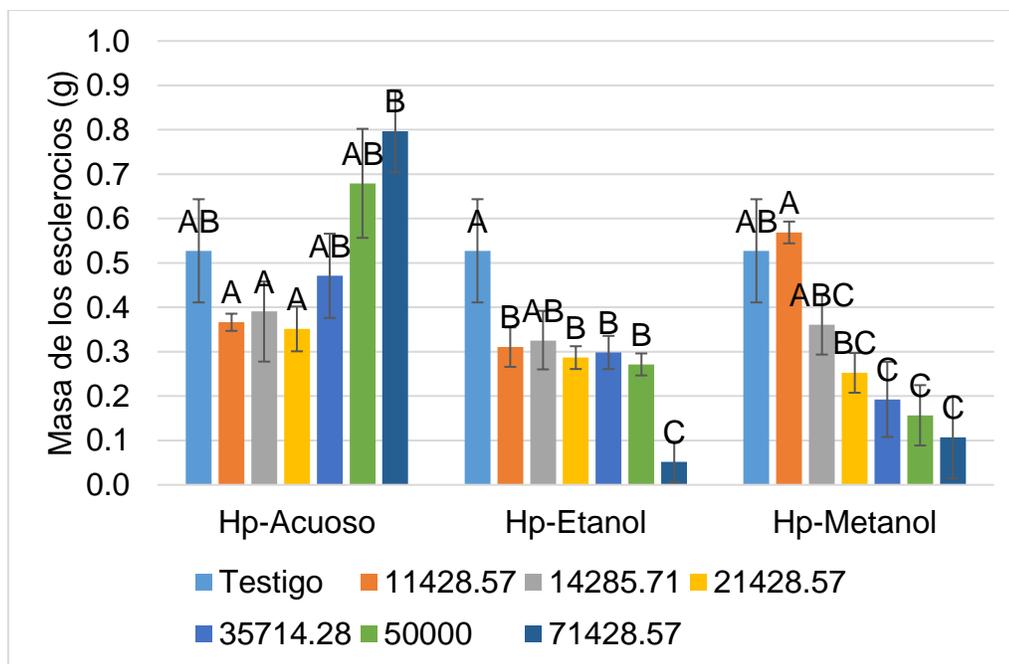


Figura 18. Medias de la masa de los esclerocios (g), en los tratamientos acuosos, etanólicos y metanólicos de *Hamelia patens*.

4.6. Efecto de Control Sobre la Incidencia de *R. solani* en Tubérculos de Papa a la Cosecha

Con respecto a esta variable, en la Figura 19 se presentan los resultados para el control de *R. solani*. La efectividad del extracto etanólico de *H. patens* y el extracto acuoso de *A. mexicana* presentó valores que redujeron hasta un 80% la formación de esclerocios. Se puede mencionar que, al realizar la transformación de las concentraciones utilizadas a litros por hectárea, se lograron dosis efectivas de 1 L·ha⁻¹ de *A. mexicana* y de 7.1 L·ha⁻¹ de *H. patens*. Por lo que *A. mexicana* presenta potencial efecto sobresaliendo más que el extracto de *H. patens* y así mismo se cuenta con la ventaja de que es elaborado a base de agua y esto resulta promisorio y está fácilmente al alcance de los productores. Cruz (2004), llevó a cabo una evaluación de la incidencia de tubérculos con presencia de *R. solani*, utilizando el extracto de *Larrea tridentata*, y reportando un 70% de efecto sobre *R. solani*.

Además, para el caso del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* y *Trichoderma* alcanzaron a controlar en un 60% la formación de esclerocios. Obteniendo dosis recomendada de 4.2 L·ha⁻¹ del extracto metanólico de *S. elaeagnifolium* y 1 L·ha⁻¹ de *Trichoderma* transformando estas concentraciones a litro por hectárea. De manera que se recomienda *Trichoderma* para su uso, por la baja dosis que se aplica por hectárea. Alarcón y Gustavo. (2019) usaron 0.3 Kg·ha⁻¹ de *Trichoderma harzianum* obteniendo una efectividad de 92.5% sobre el control de *R. solani*.

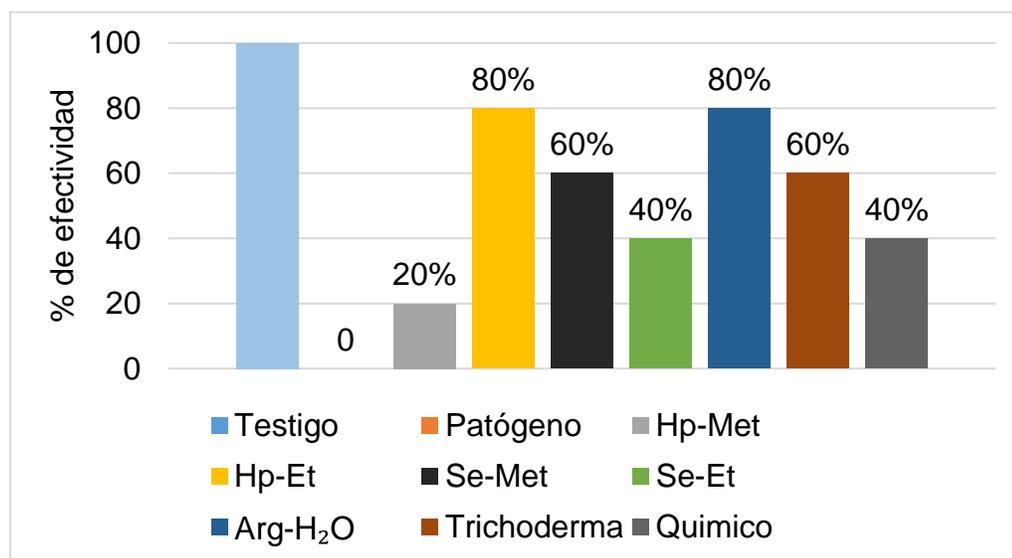


Figura 19. Porcentaje de efectividad de extractos vegetales contra *Rhizoctonia solani* en invernadero.

4.7. Parámetros Agronómicos

4.7.1. Altura de planta

Al analizar los datos de la altura de planta, el ANOVA arrojó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 20 de Anexo). En la Figura 20 se observa el comportamiento que presentó la variable altura de planta. Los tratamientos Se-Et y Arg-H₂O aplicados a las plantas de papa promovió el crecimiento vegetal en comparación con el testigo y el patógeno (inoculado, sin tratar) con un valor de 153 cm de altura. El tratamiento químico a pesar de no mostrar diferencia estadística

respecto al testigo (112 cm), obtuvo un efecto promotor de crecimiento con 150 cm de altura. Tucuch *et al.* (2021) compararon la actividad biológica de extractos vegetales contra el hongo *Fusarium oxysporum* en el cultivo de tomate, analizando el crecimiento de la planta y obtuvieron que con el uso del extracto *Lippia graveolens* mostró una altura mayor de 80.5 cm respecto al testigo. De la misma manera Peñuelas *et al.* (2017) emplearon el extracto metanólico de *Larrea tridentata* en el control de *F. oxysporum* en plantas de tomate, reportando valores positivos como un inductor de crecimiento de la planta, y promoviendo una altura de 101.5 cm superior al testigo.

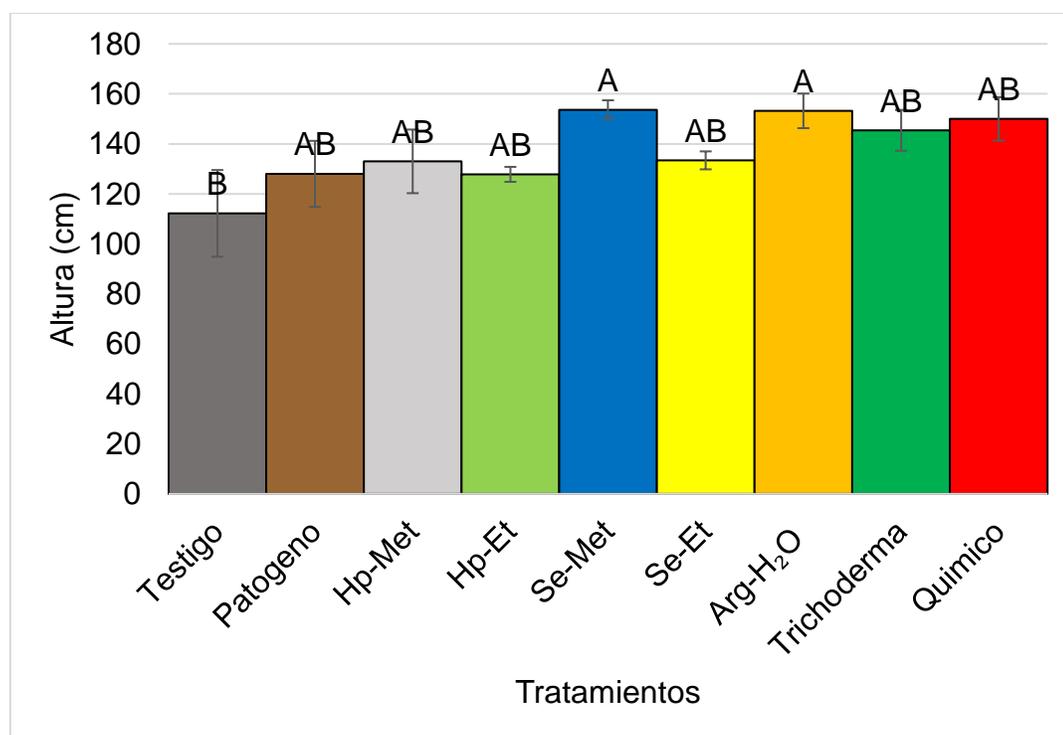


Figura 20. Comportamiento de la variable altura de planta durante el crecimiento del cultivo evaluada en presencia de *Rhizoctonia solani*.

4.7.2. Diámetro de tallo

Para la variable diámetro de tallo se encuentra diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 21 de Anexos), el tratamiento Se-Met fue el que tuvo mayor valor en este parámetro con 9.44 cm con respecto al testigo (6.92 cm). Los demás

tratamientos no mostraron diferencia estadística respecto al testigo, pero hay un ligero crecimiento alcanzado un valor promedio de 1.6 cm de los tratamientos por encima del testigo. En caso particular el tratamiento patógeno a pesar de ser inoculado con el hongo *R. solani* y sin aplicar un control, el diámetro de su tallo (8.4 cm), similar al demás tratamiento. (Figura 21). Tucuch *et al.* (2021) utilizaron como referencia el parámetro agronómico diámetro de tallo para comparar la efectividad de diferentes extractos botánicos en el cultivo de tomate, reportando mayor grosor en el tallo con 10.15 mm haciendo uso del extracto *Agave lechuguilla*.

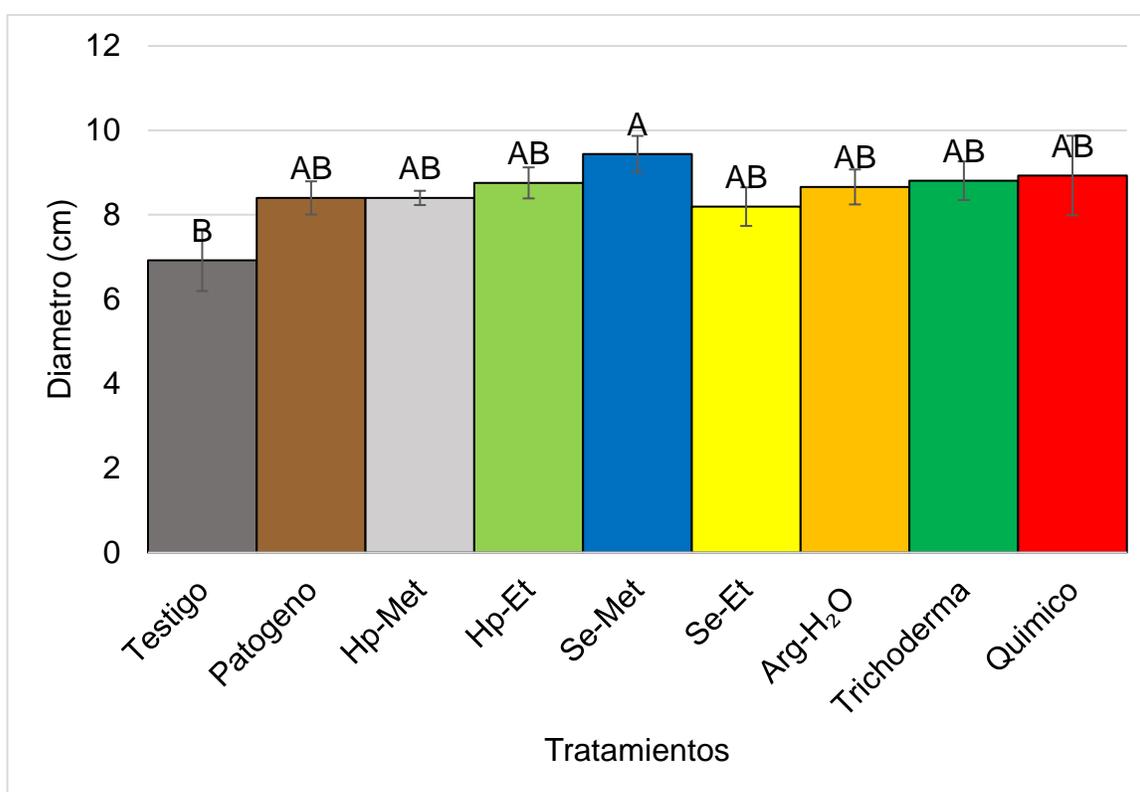


Figura 21. Comportamiento de la variable diámetro de planta durante el crecimiento del cultivo evaluada en presencia de *R. solani*

4.7.3. Rendimiento del cultivo

Los valores correspondientes al rendimiento (Figura 22), para cada tratamiento en estudio, se observó que el tratamiento químico tuvo un rendimiento estimado de 8 545.8 Kg·ha⁻¹, seguido del testigo con 7 540.4 Kg·ha⁻¹. Dos de los extractos

botánicos muestra el mayor rendimiento, el primero fue el Hp-Et cosechado 7 370.4 Kg·ha⁻¹ y el segundo Arg-H₂O con 6 904 Kg·ha⁻¹. En general los tratamientos a base de extractos botánicos presentaron un nivel balanceado contra los demás tratamientos, obteniendo un rendimiento promedio de 6 765.7 Kg·ha⁻¹.

La evaluación del rendimiento, permite deducir, que, la aplicación de los extractos botánicos, produjeron buenos resultados, al observarse en general rendimientos balanceados entre sí, a pesar de estar infestada por *R. solani*. Por tanto, podemos decir que los extractos estudiados tienen un efecto favorable en el rendimiento del cultivo de papa. Mora (2016) evaluó el rendimiento del cultivo de arroz en presencia del hongo *Pyricularia grisea* con el extracto Kevaa, arrojando una producción de 4 659 Kg·ha⁻¹.

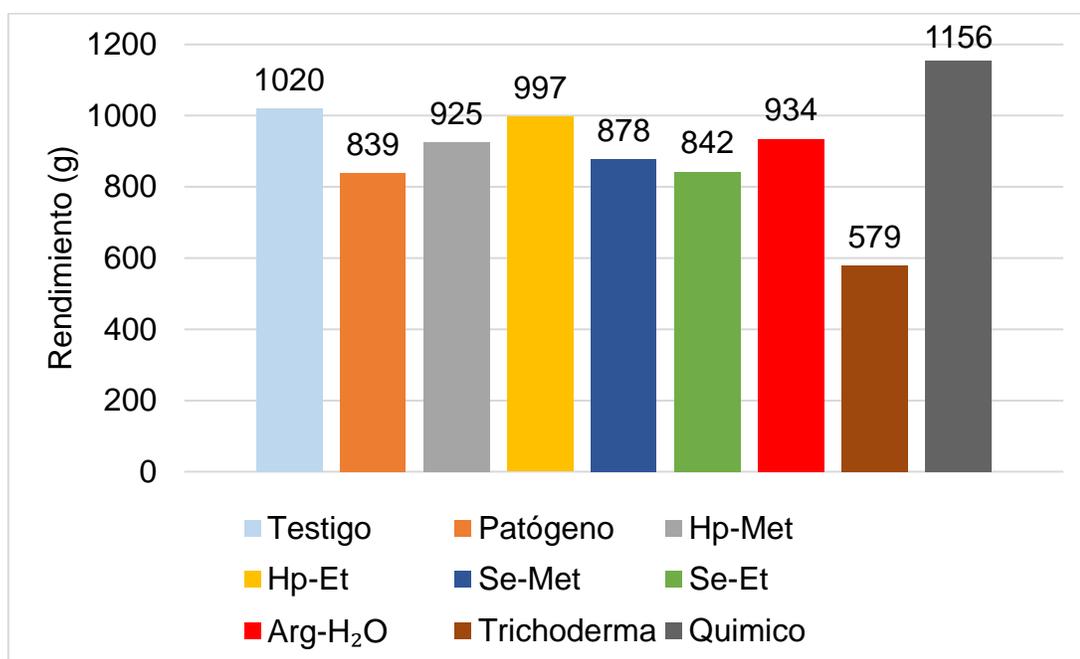


Figura 22. Comportamiento de la variable rendimiento durante la cosecha en presencia de *Rhizoctonia solani*

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados anteriores expuestos en este trabajo nos permite establecer las siguientes conclusiones.

El extracto acuoso de *Argemone mexicana* en condiciones *in vitro* tiene un alto potencial biológico, mostrando efecto en la reducción del crecimiento micelial a concentraciones bajas sobre *Rhizoctonia solani*.

Bajo condiciones *in vitro*, los extractos etanólicos y metanólicos de *Solanum elaeagnifolium* y *Hamelia patens* fueron los que mostraron efectos inhibitorios en el crecimiento micelial frente a al hongo *R. solani* a partir de 14285 ppm.

En las estructuras de sobrevivencia en condiciones *in vitro* en el tratamiento acuoso de *A. mexicana* a una concentración alta redujo la formación de esclerocios significativamente. Caso similar para los tratamientos etanólicos y metanólicos de *S. elaeagnifolium* y *H. patens* que hubo nula formación de estructuras de sobrevivencia.

La variable evaluada en el experimento de invernadero arrojó que el extracto etanólico de *H. patens* y el extracto acuoso de *A. mexicana* como principales controladores biológico para reducir el daño ocasionado por el hongo *R. solani*.

Por lo tanto, es recomendable el uso de los extractos botánicos para el control de *R. solani*, como una alternativa biorracional para disminuir el uso de ingredientes activos sintéticos. Esto representa un gran potencial y objeto de estudio para realizar más pruebas del efecto que tienen estos extractos contra otras enfermedades de plantas.

VI. LITERATURA CITADA

- Academia Mexicana de Ciencia. (2007). Control biológico de organismos fitopatógenos: un reto multidisciplinario. <https://revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/36-vol-58-num-1-enero-marzo-2007/comunicaciones-libres34/81-control-biologico-de-organismos-fitopatogenos-un-reto-multidisciplinario#:~:text=El%20control%20biol%C3%B3gico%20es%20el,las%20plantas%20o%20sus%20productos.>
- Acuña, I.; Sandoval, C.; Sepúlveda, C.; Parra, C. y Vallejos E. (2021) Enfermedades de la papa: Plataforma de evaluación de riesgo sanitario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Chile. <http://enfermedadespapa.inia.cl>.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2015). Plagas y enfermedades de la papa. <https://cipotato.org/es/lapapa/plagas-y-enfermedades-de-la-papa/>.
- Agrios, G. (2005). Plant pathology. 5th edition. [file:///C:/Users/HP/Downloads/Plant%20Pathology,%20Fifth%20Edition%20\(%20PDFDrive%20\)%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Plant%20Pathology,%20Fifth%20Edition%20(%20PDFDrive%20)%20(2).pdf)
- Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). (2010). Flora de la península de Yucatán. [https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=2036#:~:text=Tax%C3%B3n%3A%20Hamelia%20patens%20Jacq.&text=Bas%C3%B3nimo%3A%20NA.,k'anan%20\(maya\).](https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=2036#:~:text=Tax%C3%B3n%3A%20Hamelia%20patens%20Jacq.&text=Bas%C3%B3nimo%3A%20NA.,k'anan%20(maya).)
- Agroproductores. (2019). Metabolismo secundario. <https://agroproductores.com/metabolismo-secundario/>
- Alarcón, F. & Gustavo, A. (2019). Evaluación de tres dosis de *Trichoderma harzianum* para el control de costra negra (*Rhizoctonia solani*) en papa en Huari-Ancash. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio unjpsc.

- Alcalá, D.; Vargas, N. & Pire, A. (2005). Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 315-323.
- Al-Reza, S.; Rahman, A.; Ahmed, Y. & Kang, S. (2010). Inhibition of plant pathogens in vivo and in vitro with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. *Pesticide Bio,chemistry and Physiology*, 96: 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.09.005>.
- Antezana, O & Montellano, E. (2020) Rizoctoniasis costra negra en papa. <https://www.plantwise.org/FullTextPDF/2012/20127801098.pdf>.
- Bautista, S.; Fernández, S.P.; Ávila, G.D. & Vargas, L.B. (2020). Revista Mexicana de Fitopatología, Vol. 38 (Supl. 2020), ISSN-2007-8080. https://www.smf.org.mx/rmf/suplemento/suplemento382020/Suplemento_2020_RMF_FINAL.pdf.
- Beebe, S.; Ospina H. & Flor, C. (1981). Pudriciones radicales del frijol y su control. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://books.google.com.mx/books?id=UqQXAYK7dDIC&pg=PA19&lpg=PA19&dq=epidemiologia+de+rhizoctonia+solani&source=bl&ots=1ebt5T30Rr&sig=ACfU3U31nefle4xO87OwL1Lf9lgFQrww&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwin1N75yN78AhUbl0QIHZ2bAck4PBDoAXoECBQQAw#v=onepage&q=epidemiologia%20de%20rhizoctonia%20solani&f=false>.
- Borba, N. (2008). La papa un alimento básico. Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica. https://www.rapaluruaguay.org/sitio_1/transgenicos/Papa/Papa.pdf
- Cantrell, C.L.; Dayan, F.E. & Duke, S.O. (2012). Natural products as sources for new esticides. *Journal of natural products*, 75(6): 1231-1242. <https://doi.org/10.1021/np300024u>.
- Carranza, G.E. (2017). Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de cinco extractos vegetales (ev) contra *Colletotrichum* spp. aislado de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Universidad Técnica de Ambato (Tesis de licenciatura).

- Carreras, N., Hernández, E.E. & Sánchez, D. (2017). Conociendo a los hongos fitopatógenos. Consultado el 03 de enero del 2023. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1042-conociendo-a-los-hongos-fitopatogenos#:~:text=En%20la%20sociedad%2C%20los%20hongos,son%20de%20los%20m%C3%A1s%20importantes.>
- Cavaliere, C.; P, Rea., Lynch M. & M, Blumenthal. (2009). Herbal supplement sales experience slight increase in 2008. *American Botanical Council*, 1(1): 58-61. [https://www.researchgate.net/publication/288892101_Herbal_supplement_sales_experience_slight_increase_in_2008.](https://www.researchgate.net/publication/288892101_Herbal_supplement_sales_experience_slight_increase_in_2008)
- Celis, A.; Mendoza, C.; Pachon, M. & Cordona, J. (2008). Plant extracts used as biocontrol with emphasis on Piperaceae family. A review. *Agronomía Colombiana* 26(1), 97-106. [https://www.researchgate.net/publication/317511891.](https://www.researchgate.net/publication/317511891)
- Chávez, A. & Aquino, A. (2012). Control de los hongos del suelo *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Sclerotium* sp. con extractos vegetales. *Investigación Agraria*, 14 (1), 17-23. [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832012000100003&lng=en&tlng=es.](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832012000100003&lng=en&tlng=es)
- Córdova, L.; Zelaya, L.; Ávila, N.; Valenzuela, V.; Cortes, N.; Parra, F.; Burgos, Y.; Chavez, I.; Fajardo, M. & Santos, S. (2020). Potencial de las ciencias ómicas en la bioprospección de agentes microbianos de control biológico: el caso de la agro-biotecnología mexicana. *Mexican Journal of Phytopathology* 39(1): 147-184. DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2009-3>
- Cruz, L. (2004). Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L). [Maestría en ciencias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN.

- Dash, G.K & Murthy, P.N. (2011). Evaluation of *Argemone mexicana* Linn. Leaves for wound healing activity. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 1 (1), 46-56. <http://www.scholarsresearchlibrary.com/>
- De la Cruz, R. (2006). Efecto Inhibitorio de Extractos Vegetales Sobre *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler., *Colletotrichum gloesporioides* Penz. y Saccardo., y *Penicillium digitatum* Saccardo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Tesis de licenciatura). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4222/T15416%20%20%20CRUZ%20PASCUAL%2c%20RONULFO%20DE%20LA%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Domingo, D. & López M. (2003). Plantas con acción antimicrobiana. *Revista Española de Quimioterapia*, 16 (4): 385-393. <https://seq.es/seq/0214-3429/16/4/385.pdf>.
- Escobedo, H.; Alvarado, C. & Castolo, E. (2020). El chicalote y su utilidad agrícola. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <https://idp.cimmyt.org/el-chicalote-y-su-utilidad-agricola/>.
- Dongyun. Q. (2022). Duplicar la producción mundial de papa en 10 años es posible. [Congreso]. XI Congreso Mundial de la Papa, Dublín, Irlanda. <https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/es>.
- Flores, Y.; Pacheco, A. & Mújica, Isaac. (2011). Evaluación *in vitro* de tres fungicidas y tres extractos vegetales sobre el crecimiento micelial y la formación de esclerocios de *Rhizoctonia solani*. *Revista AGROLLANÍA*, 8: 47-52. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2011/vol8/7.pdf>.
- Gamboa, R.; Hernández, F.; Guerrero, E.; Sánchez, A. & Lira, R. (2003). Inhibición del crecimiento micelial de *rhizoctonia solani* kühn y *phytophthora infestans* mont. (de bary) con extractos vegetales metanólicos de hojaseñ (flourensia cernua d.c.), ... *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21 (1): 13-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221102>

- Garcés de Granada, E.; Orozco, M. & Arbeláez, G. (2003). Utilización de microorganismos del suelo para el control de enfermedades de plantas. 1-26.
- García, J. (2008). Evaluación de tres métodos de aplicación del fungicida flutolanil 50 WP para el control de rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*: Deuteromycetes) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*: Solanaceae) en Patzun, Chimaltenango. Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala. 43 p.
- Hanaa, R. F., Abdou, Z. A., Salama, D. A., Ibrahim, M, A. & Srour, H, A. M. (2011). Effecto of neem and willow aqueos extracts on *Fusarium* Wilt disease in tomato seedlings: Induction of antioxidant defensive enzymes. *Annals of Agricultural Sciencies*, 56(1), 1-7 p.
- Haro, L. (2019). Importancia de la producción de papa en México. El Sol de México | Noticias, Deportes, Gossip, Columnas. <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/importancia-de-la-produccion-de-papa-en-mexico-3433659.html>
- Hernández, A.N., Bautista, S., Velázquez, M. G & Hernández, A. (2007). Uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades postcosecha en fruto. *Revista mexicana de fitopatología*, 25(1), 66-74 pp.
- Hernández, I.; Prieto, J.; Madariaga, A.; Campos, G.; Jiménez, R. & Hernández, A. (2020). Biological activity *in vitro* of the aqueous extract of *Argemone mexicana* L. in a phytopathogenic fungus: *Sclerotinia sclerotiorum*. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 6 (12): 12-14. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/view/5925/7124>
- Hernández, J. R. (2005). Efecto inhibitorio de extractos de; *Azadirachta indica* A. Juss, *Argemone mexicana* L., *Nicotiana glauca* Grah., Y *Agave lecheguilla* Torr. sobre *Fusarium oxysporum* Schelchi, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. *In vitro*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Tesis de licenciatura). Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4199/T14>

838%20HERNANDEZ%20LOPEZ%2C%20JOSE%20ROSELIN%20TESIS.pdf?sequence=1.

Leyva, C.; González, N.; González, J., Durán, T.; Perera, M. & Benitez, M. (2016). Evaluación de un extracto metanólico crudo del fruto de *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles. En Milan, B.; Aguilar, S & Centro Universitario del Petén (eds), Avances y Perspectivas en Biotecnología y Ciencias Agropecuarias. Capitulo XX. https://archivos.ujat.mx/2016/div_rios/publicaciones/Biotecnologia-y-Ciencias-Agropecuarias.pdf.

Him de Fréitez., Y., Rodríguez, D. & Rodríguez, J. L. (2006). Efecto de los extractos etanólicos de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) sobre el crecimiento micelial in vitro de *Rhizoctonia solani* AG1-1A. VII Congreso SEAE Zaragoza. 196.

ICFRE (Consejo Indio de Investigación y Educación Forestal). (2010). Forest Protection. https://www.icfre.org/UserFiles/File/Annual-Reports-English/Annual-Report-2011-12_26Mar15/Forest-Protection.pdf. Fecha: 01 de febrero de 2023.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2018). Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el control de enfermedades en el cultivo de papa 1. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/285.pdf>.

Iqbal, M., Ijaz-Ul-Hassan, S., Hussain, M. M., Siddiq, S. and Qureshi, M. A. (2019). Studies on potato cyst nematode (*Globodera* spp.) detection and soil health status in potato core area of punjab, pakistan. *Plant Protect*, 03 (1): 21-28. DOI: 10.33804/pp.003.01.0114.

Leveratto, C. (2015). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. El cultivo de Papa. <https://inta.gob.ar/noticias/el-cultivo-de-papa#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%3A%20Solanum%20tuberosum%20es%20una,hasta%201%20m%20de%20altura>.

- López, G. & Herman, M. (eds.). (2004). El cultivo de ulluco en la sierra central de Perú. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos; Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No. 3. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Centro, Instituto Vida en los Andes, Universidad Nacional Agraria La Molina, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. 133 p.
- López, R.; Silva, S.; López, L.; Cruz, M. & González, M. (2016). Análisis fitoquímico preliminar y evaluación del efecto antimicrobiano de hoja de *Solanum elaeagnifolium*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (1): 226-231. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/2/38.pdf>.
- Luján, C. L. (1996). Historia de la Papa Origen – Culturas Andina, Esclarecimiento de tres hechos. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32448/39453_23340.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Méndez, P. & Gaete, N. (2003). Principales enfermedades que afectan al cultivo de papa. <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/inia%20carillanca%20-%20principales%20enfermedades%20que%20afectan%20el%20cultivo%20de%20la%20papa.pdf>
- Mesa, V, A.; Marín, P. A.; Ocampo, O.; Calle, J. & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45 (1), 23-30.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2021). Papa. Importancia económica de la papa. <https://gestionparticipativa.pe.iica.int/Procesos/Marco-Orientador-Cultivos/Presentacion/Analisis-economico-por-cultivo-priorizado/Papa.aspx>.
- Mora, D.A. (2016). Efecto de la aplicación de extractos vegetales sobre algunas enfermedades y componentes en rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza*

- sativa*). Universidad de los Llanos (Tesis de licenciatura). <https://core.ac.uk/download/pdf/287326827.pdf>.
- Morales, D. (2018). Toxicidad subaguda del extracto acuoso de hojas de chichipince *Hamelia patens* Jacq (Rubiaceae) en ratones cepa NIH de laboratorio. Universidad de el Salvador (Tesis de licenciatura). <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19734/1/13101691.pdf>.
- Nevárez, L. O.; Rocha, B. A.; Néder, D.; Córdova, M. T.; Ayala, J. G.; Salazar, M. I.; Ruiz, T. J. & Hernandez, L.R. (2021). The genus Fouquieria: description and review of ethnobotanical, phytochemical, and biotechnological aspects. *Tecnociencia. Revisión de Ciencia y Tecnología*, 15(3): 186-220.
- Ochoa Fuentes Y. M., E. Cerna Chávez, J. Landeros Flores, S. Hernández Camacho, J.C. Delgado Ortiz, (2012). Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de *Fusarium* spp. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 81(1): 69-73. http://revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol81/9-OCHOA_FUENTES.pdf.
- Ohileobo, V.; Omowunmi, O.; Ayodele, M. & Kumar, L. (2014). Efficacy of *Oryza sativa* husk and *Quercus phillyraeoides* extracts for the *in vitro* and *in vivo* control of fungal rot disease of white yam. *Discorea rotundata* Poir, 3:711. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-711>.
- Olusola, L.; Oluwdurotimi, S.; Marget, I.; Onyemaechi H.; Oluwakemi B.; Olubunmi, M.; Ayodele, A.; Jacob, O. & Olawole, O. (2021). Impacto y Manejo de Enfermedades de *Solanum tuberosum*. *IntechOpen*, DOI: 10.5772/intechpen.98899.
- Peñuelas, O.; Arellano, M.; Verdugo, A.; Chaparro, L.; Hernández, S.; Martínez, J. & Vargas, I. (2017). Extractos de *Larrea tridentata* como una estrategia ecológica contra *Fusarium oxysporum* radices-lycopersici en plantas de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista mexicana de fitopatología*, 35 (3). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1703-3>.

- Pueyo, J.; Marí, A.; Cirujeda, G.; Aibar, J. & Aguado, A.M. (2018) Descripción de la especie invasora: *Solanum elaeagnifolium* Cav. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. <https://chil.me/download-doc/251047>
- Reyniers, S.; Ooms, N.; Gomand, S. and Delcour, J. A. (2020). What makes starch from potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers unique: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19: 2588–2612. doi: 10.1111/1541-4337.12596
- Rodríguez, A.; Torres, S.; Domínguez, A.; Romero, A. & Silva, M. (2020). Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. *Revista Abanico Agroforestal*, 2:1-13. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.7>
- Romero, C. (1988). Hongos fitopatógenos. UACH. Chapingo, México. 347 p.
- Rubio, Y., Valdivia, A., Camacho, C., Matos, Madyu., Sola del Castillo, M & Péres, Y. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extracto de hoja de *Hamelia patens* Jacq. *Bioteología Vegetal*, 18 (1): 37-45. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/574>.
- Rugero, C. (2013). Evaluación del efecto antifúngico y potencial antioxidante de plantas medicinales. Instituto Politécnico (Tesis de maestría). <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/30082/CATALINA%20RUGERIO%20ESCALONA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rugero, C. (2018). Potencial biológico de *Hamelia patens* Jacq. Y *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltld. en el control de *Fusarium oxysporum* y el tratamiento de diabetes. Instituto Politécnico Nacional (Tesis de doctorado). <http://rdcb.cbg.ipn.mx/bitstream/20.500.12273/720/1/CATALINA%20RUGERIO%20ESCALONA.pdf>.
- Salazar, E.; R. Hernández, A; Tapia, A. & L. Gómez-Alpízar. (2012). Identificación molecular del hongo *Colletotrichum* spp., aislado de banano (*Musa* spp) de altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas

- poscosecha. *Agronomía Costarricense*, 36 (1): 53-68.
doi:10.15517/racv36i1.9964
- Silva, R. & Romero, G. (2019). Evaluation of aqueous extracts from nine tropical plants in the in vitro growth of the phytopathogenic fungus *Sclerotium rolfsii* Sacc. *ResearchGate*, 31: 271 - 282.
<https://www.researchgate.net/publication/348786254>.
- Sarubbi, H. J. & Aquino, A. S. (2002). Control alternativo de *Rhizoctonia solani* Kühn *In vitro*. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/286/260>
- SIAP (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2019). La papa un alimento con historia y cultura. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-papa-un-alimento-con-historia-y-cultura#:~:text=Todo%20comienza%20hace%208%2C000%20a%C3%B1os,frontera%20de%20Bolivia%20y%20Per%C3%BA>.
- SIAP (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2022). Agroalimentaria (Senasica) y la Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana (Conpapa) acordaron estrategias conjuntas en beneficio del sector. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/supervisaran-agricultura-y-productores-cumplimiento-de-protocolos-sanitarios-en-comercializacion-de-papa?idiom=es>.
- Singh, S.; Singh, A.; Jaiswal, J.; Singh, T., Singh, V.; Pandey, V. & Singh, U. (2010). Antifungal activity of the mixture of quaternary alkaloids isolated from *Argemone Mexicana* against some phytopathogenic fungi. *Phytopathology and Plant Protection*, 43(8): 769-774. DOI: 10.1080/03235400802176159
- Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) (2020). *Hamelia patens* Jac.q. Consultado el 22 de febrero de 2023. <https://www.itis.gov/>.
- Sistema Integral de Comunicación (SIC). (2022). La invasión de *Solanum elaeagnifolium* afecta a la comunidad de nematodos del suelo. <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=19355>.

- Sneh, B.; Burpee, L. & Ogoshi, A. C. (1991). Identificación de especies de *Rhizoctonia*. (No. 581 Sn26iEj. 1 004809). APS Prees.
- Stevens, W. D.; Ulloa, U.; Pool, A. & Montiel, O. M. (2001). Flora de Nicaragua. Vol. 85, tomos I, II y III. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, M
- Tecnológico Nacional INATEC. (2018). Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. Manual del protagonista raíces y tubérculos. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Raices_y_Tuberculos.pdf.
- Tito, J., Tarcaya, V., Cufre, I., Fabrizio, M., Wright, E., Broussalis, A. & Rivera, M. (2018). Control of *Rhizoctonia solani* with extracts from *Ovidia andina*. *Revista de la Facultad de Ciencia Agrarias*, 50(2): 355-368. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/4086>.
- Torres, H. (2002). Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2002/05/002485-1.pdf>
- Tsrer, L. (2010). Biology, Epidemiology and Managment of *Rhizoctonia solani* on Potato. *Journal of Phythopathology*, 158(10): 649-658. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01671.x>
- Tucuch, M.A.; Bojórquez, J. J.; Arrendando, R.; Hernández, F. D. & Anguiano, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2745>
- Uppala, S. & Zhou, X. (2018). Rice Sheath Blight. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2018-0403-01
- Vélez-Gavilán, J. (2022) '*Argemone mexicana* (amapola mexicana)', Compendio CABI. CABI Internacional. doi: 10.1079/cabicompendium.6878.
- Vibrans, H.; Hanan, A. & Mondragón, J. (2009). Malezas de México. *Solanum elaeagnifolium* Cav. Trompillo. [Fecha de acceso: 25 de enero del 2023]. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/solanum-elaegnifolium/fichas/ficha.htm>

- Vibrans, H; Hanan, A; Mondragón, J & Lezama, T. (2009). Rubiaceae. *Hamelia patens* Jacq, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/hamelia-patens/fichas/ficha.htm>. [Fecha de acceso: 15 de enero de 2023]
- Vibrans, H; Modragón J & Lezama, T. (2009). *Argemone mexicana* L. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/papaveraceae/argemone-mexicana/fichas/ficha.htm>
- Wantanabe, T. (2002). Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphogies of Cultures Fungi and Key to Species. Second edition. CRC Press. New York Washington, D.C. 500 p.
- Wilson, C. L., El Glaouth, A. & Wisniewski, E. (1999). Prospecting nature's store house for biopesticides. *Rev. Mex, Fitopatol.* 17:49-53 pp.
- Zapata, R.; Sanabria, María. & Rodríguez, D. (2003). Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extracto de cardón lefaria (*Cereus deficiens* Otto & diert). *Interciencia*, 28(5), 302-307. Recuperado en 09 de marzo de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000500011&lng=es&tIng=es.

ANEXOS

Cuadro 6. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto acuoso de *Argemone mexicana*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	7	871.4680990	124.4954427	17.58	<.0001
Error	16	113.2812500	7.0800781		
Total	23	984.7493490			

Coeficiente de variación: 3.282246%

Coeficiente de determinación: 0.884964

Media: 81.06771

Cuadro 7. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto acuoso de *Solanum elaeagnifolium*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	655.729167	131.145833	2.23	0.1185
Error	12	522.786458	58.832465		
Total	17	705.989583			

Coeficiente de variación: 61.36186%

Coeficiente de determinación: 0.481545

Media: 12.5

Cuadro 8. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto etanólico de *Solanum elaeagnifolium*

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	8681.879340	1736.375868	158.44	<.0001
Error	12	131.510417	10.959201		
Total	17	8813.389757			

Coeficiente de variación: 4.474026%

Coeficiente de determinación: 0.985078

Media: 73.99306

Cuadro 9. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto metanólico de *Solanum elaeagnifolium*

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	11082.77778	2216.55556	40.16	<.0001
Error	12	662.28125	55.19010		
Total	17	11745.05903			

Coeficiente de variación: 9.709354%

Coeficiente de determinación: 0.943612

Media: 76.51389

Cuadro 10. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto acuoso de *Hamelia patens*

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	28.84114583	5.76822917	4.15	0.0201
Error	12	16.66666667	1.38888889		
Total	17	45.50781250			

Coeficiente de variación: 29.00951%

R-cuadrado: 0.633763

Media: 4.0625

Cuadro 11. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto etanólico de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	7282.139757	1456.427951	67.38	<.0001
Error	12	259.375000	21.614583		
Total	17	7541.514757			

Coeficiente de variación: 6.446581%

Coeficiente de determinación: 0.965607

Media: 72.11806

Cuadro 12. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* por el extracto metanólico de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	5	8739.952257	1747.990451	46.75	<.0001
Error	12	448.697917	37.391493		
Total	17	9188.650174			

Coeficiente de variación: 7.359295%

Coeficiente de determinación: 0.951168

Media: 83.09028

Cuadro 13. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso de *Argemone mexicana*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	8	0.16365541	0.02045693	1.18	0.3621
Error	18	0.31160467	0.01731137		
Total	26	0.47526007			

Coeficiente de variación: 37.14799%

Coeficiente de determinación: 0.344349

Media: 0.354185

Cuadro 14. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso de *Solanum elaeagnifolium*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.19508781	0.03251463	1.91	0.1485
Error	14	0.23776533	0.01698324		
Total	20	0.43285314			

Coeficiente de variación: 26.73617%

Coeficiente de determinación: 0.450702

Media: 0.487429

Cuadro 15. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de *Solanum elaeagnifolium*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.45041190	0.07506865	4.34	0.0111
Error	14	0.24223467	0.01730248		
Total	20	0.69264657			

Coeficiente de variación: 45.06961%

Coeficiente de determinación 0.650277

Media: 0.291857

Cuadro 16. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto metanólico de *Solanum elaeagnifolium*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.55893181	0.09315530	5.82	0.0032
Error	14	0.22415133	0.01601081		
Total	20	0.78308314			

Coeficiente de variación: 46.08412

Coeficiente de determinación: 0.713758

Media: 0.274571

Cuadro 17. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.51868724	0.08644787	2.45	0.0788
Error	14	0.49484733	0.03534624		
Total	20	1.01353457			

Coeficiente de variación: 36.73016%

Coeficiente de determinación: 0.511761

Media: 0.511857

Cuadro 18. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.34433724	0.05738954	4.12	0.0136
Error	14	0.19492200	0.01392300		
Total	20	0.53925924			

Coeficiente de variación: 39.88910%

Coeficiente de determinación: 0.638537

Media: 0.295810

Cuadro 19. Análisis de varianza del crecimiento de esclerocios de *Rhizoctonia solani* en medio de cultivo PDA con el extracto metanólico de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	6	0.59723848	0.09953975	4.25	0.0121
Error	14	0.32803133	0.02343081		
Total	20	0.92526981			

Coeficiente de variación: 49.52236%

Coeficiente de determinación: 0.645475

Media: 0.309095

Cuadro 20. . Análisis de varianza de la altura de la planta de papa *Solanum tuberosum*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	8	7928.8000	991.10000	2.58	0.0243
Error	36	13808.00000	383.55556		
Total	44	21736.80000			

Coeficiente de variación: 14.25369%

Coeficiente de determinación: 0.364764

Media: 137.4

Cuadro 21. Análisis de varianza del diámetro del tallo del cultivo de papa *Solanum tuberosum*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	8	19.29104444	2.41138056	2.16	0.0547
Error	36	40.14820000	1.11522778		
Total	44	59.43924444			

Coefficiente de variación: 12.42242%

Coefficiente de determinación: 0.324551

Media: 8.5