

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Principios Activos de Origen Botánico para el Control de Hongos y Algas de Importancia Agrícola

Por:

**URIEL GARCÍA VÁZQUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Principios Activos de Origen Botánico para el Control de Hongos y  
Algas de Importancia Agrícola

Por:  
**URIEL GARCÍA VÁZQUEZ**  
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor Principal



M.C. Gibran Jaciel Alejandro Rojas  
Coasesor



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México  
Mayo del 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a DIOS por darme la oportunidad de regalarme la vida, por guiarme en cada paso que doy, llenarme de fortaleza y salir adelante en todo momento, por cuidarme día tras día, por darme una familia tan maravillosa, por llenarme de conocimientos y darme la oportunidad de realizar una de mis metas.

Agradecer a mi querida “ALMA TERRA MATER”, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por aceptarme y ser mi segundo hogar, donde viví muchas emociones, darme la oportunidad de conocer personas maravillosas y una de mis mejores experiencias que fue cursar una carrera.

A mis profesores que, aunque hubo momentos buenos y malos, me brindaron los conocimientos y consejos para formarme en la vida profesional.

Dr. Ernesto Cerna Chávez por ser mi asesor principal.

M.C. Gibran Jaciel Alejandro Rojas por darme la oportunidad de trabajar con él, brindarme sus conocimientos habilidades y consejos para la elaboración de esta tesis.

Dr. Agustín Hernández Juárez y familia por brindarme su apoyo.

A todas las personas que participaron en a lo largo de la carrera gracias.

## DEDICATORIAS

A mis padres:

Nemorio García Gonzales

Florencia Vázquez Vázquez

Por brindarme su amor y apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme que la vida es una experiencia donde hay altas, bajas y aun así no rendirse, los que me enseñaron a caminar paso a paso hasta llegar a formarme y ser un hombre de provecho.

A mis hermanas:

Flor Mireya García Vázquez

Por ser una persona valiente y me ha enseñado a seguir adelante sin importar lo que pase, por brindarme sus consejos y apoyo incondicional a pesar de la distancia.

Lizeth Guadalupe García Vázquez

Por ser una persona fuerte, brindarme su apoyo incondicional y por darme fortaleza para seguir echándole ganas sin importar lo que pase.

A mis sobrinos Melissa y Carlitos.

A mis abuelos, tíos, primos que me apoyaron.

A mis amigos que me apoyaron, me aconsejaron y estuvieron ahí en todo momento y un amigo que se nos adelantó donde quiera que estés Celito.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
<b>DEDICATORIAS</b> .....	IV
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>RESUMEN</b> .....	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
Hipótesis .....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
<b><i>Fusarium oxysporum</i></b> .....	5
Características generales .....	5
Ciclo de patógeno .....	6
Sintomatología .....	7
<b><i>Rhizoctonia solani</i></b> .....	7
Características generales .....	7
Sintomatología .....	8
Manejo de la enfermedad .....	8
<b><i>Phytophthora cinnamomi</i></b> .....	9
Características generales .....	9
Ciclo de patógeno .....	9
Sintomatología .....	10
<b><i>Alternaria solani</i></b> .....	11
Características generales .....	11
Ciclo del patógeno .....	11
Sintomatología .....	12
Alternativas de control .....	13
<b><i>Pythium spp.</i></b> .....	14

Características generales .....	14
Sintomatología.....	14
Manejo de la enfermedad .....	15
<b><i>Phytophthium spp.</i></b> .....	16
<b>Características generales</b> .....	16
<b>Antecedentes Sobre el Uso de Extractos Vegetales Como Fungicidas.....</b>	17
<b>Grupos Químicos Presentes en los Extractos Vegetales.....</b>	17
<b><i>Eucaliptol (Eucalyptus spp.)</i></b> .....	18
Características generales .....	18
Metabolitos Secundarios.....	18
Usos.....	18
<b><i>Limonene</i></b> .....	19
Características generales .....	19
Usos.....	20
<b><i>Allyl isotiocianato</i></b> .....	20
Características generales .....	20
Usos.....	20
<b><i>β-Citronellol</i></b> .....	21
Características generales.....	21
Usos.....	21
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	23
<b>Localización del sitio experimental</b> .....	23
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	25
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	31
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	32

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1. Dosis ppm de los PAB sobre los hongos fitopatógenos usados en la investigación.....	24
2. Concentraciones inhibitorias de <i>β-Citronellool</i> contra el crecimiento micelial de hongos y algas.....	26
3. Concentraciones inhibitorias de <i>Allyl-isotiocianato</i> contra el crecimiento micelial de hongos y algas.....	27
4. Concentraciones inhibitorias de <i>Limonene</i> contra el crecimiento micelial de hongos y algas.....	29
5. Concentraciones inhibitorias d <i>Eucaliptol</i> contra el crecimiento micelial de hongos y algas.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Crecimiento micelial de <i>F. oxysporum</i> .....	6
2. Crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> .....	8
3. Crecimiento micelial de <i>Phytophthora cinnamomi</i> .....	10
4. Crecimiento micelial de <i>Alternaria solani</i> .....	12
5. Crecimiento micelial de <i>Pythium spp.</i> .....	15
6. Crecimiento micelial de <i>Phytopythium spp.</i> .....	16

## RESUMEN

Las plagas y enfermedades constituyen uno de los elementos limitantes dentro de la producción de cualquier cultivo. Entre las enfermedades de las plantas, los hongos son organismos que juegan un papel importante en la enfermedad de los cultivos, estos patógenos pueden causar considerables pérdidas económicas. Para el control, se utilizan plaguicidas químicos, los cuales causan daños a la biodiversidad de los ecosistemas donde se aplican, actualmente el uso de aceites y extractos de origen botánico son una buena alternativa para el control de estas plagas, teniendo en cuenta que son más nobles con el medio ambiente y la salud humana. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de los metabolitos secundarios *Eucalyptol*,  $\beta$ -*Citronellol*, *Limonene* y *Allyl-isotiocianato* en el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium amazonianum*, *Alternaria solani* y *Phytophthium Vexans*. Los PAB mostraron diferencias en los valores de porcentaje de inhibición en el crecimiento micelial de los seis hongos fitopatógenos. El extracto de citronelol fue el mejor producto que inhibió *R. solani*, *P. amazonianum*, *P. cinnamomi*, *P. vexans*, *F. oxysporum* y *A. solani* con 97.74, 97.85, 98.74, 93.21, 98.8 y 97.4%, respectivamente. A partir de los extractos utilizados, podemos considerar que algunos tienen un gran potencial para ser considerados como controladores de hongos fitopatógenos, también se pueden usar como controladores de enfermedades en cultivos de interés en la agricultura, aumentando los rendimientos de producción.

Palabras clave: Fitopatógenos, extractos, pesticida, hongos.

## INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades constituyen la principal limitante en la producción agrícola. Dentro de las enfermedades de las plantas, los hongos son los organismos que juegan un papel primordial en la afectación de los cultivos, estos agentes fitopatógenos pueden provocar pérdidas económicas considerables. Su control se ha basado, en el uso de productos químicos de origen sintético, muchos de los cuales han producido, como efecto secundario, problemas de desequilibrio ambiental, de salud humana y el surgimiento de plagas y enfermedades más agresivas y resistentes a ellos (Yengle, 2008).

Los plaguicidas son sustancias o mezclas de sustancias que se destinan a controlar plagas, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causan perjuicio o que interfieren con la producción agropecuaria y forestal (USEPA 2010). En México la superficie agrícola varía entre 20 y 25 millones de hectáreas (CONAGUA 2008).

En los últimos años el uso de plaguicidas se ha incrementado radicalmente, principalmente en los países desarrollados y subdesarrollados con esquemas de producción intensivos (Madeley 2002), el abuso de estos productos, su uso inadecuado y el desconocimiento han creado problemas serios a la salud. La población económicamente activa del sector agrario tiene mayor exposición, dado que utiliza el 85 % de estos productos (Altamirano *et al.*, 2004). Se ha demostrado que la exposición a plaguicidas produce intoxicaciones agudas (IAP), reportándose para países asiáticos entre 1,500 000 y 2,000 000 de casos. Según estimaciones anuales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a nivel mundial, en la década de los ochenta se presentaron un millón de casos graves no intencionales, de éstos el 70 % ocurrió por exposición laboral (García, 1998). De

tres millones de casos agudos, 220 mil fueron fatales (González *et al.*, 2001), reportándose para la década de los noventa de dos a cinco millones de envenenamientos. Para los países más pequeños de América Latina, se refieren de 1,000 a 2,000 intoxicaciones anuales (García, 1998); señalando que más del 50 % se presentan en países con menos desarrollo y el 3 % corresponde a trabajadores agrícolas expuestos (Henaó y Arbelaez, 2002).

Un gran número de acciones regulatorias se ha llevado a cabo en cuanto al uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos debido a todos sus efectos perjudiciales, y se han establecido límites máximos permisibles de residuos de plaguicidas en los alimentos para que puedan comercializarse y consumirse (Isman, 2006). Es por ello los países desarrollados demandan el uso de productos que promuevan una agricultura sustentable, por lo que se hace necesario buscar nuevas estrategias para el control de fitopatógenos que atacan los cultivos (Lira *et al.*, 2007).

El control de hongos fitopatógenos a través de fungicidas sintéticos continúa siendo la solución más usada con la finalidad de aumentar los rendimientos de los cultivos (Bernal *et al.*, 2005). Sin embargo, el uso desmedido e indiscriminado de estos productos ha ocasionado que algunas poblaciones de organismos Fitopatógenos creen algún tipo de resistencia a estos productos (Cooke *et al.*, 2003; Leroux, 2003; Guerrero *et al.*, 2007).

El marco de una agricultura sostenible ha llevado a investigadores de todo el mundo a buscar nuevos compuestos para el control de enfermedades cuya actividad y seguridad ambiental sea adecuada (Wilson *et al.*, 1999; Bautista *et al.*, 2004; Boyraz y Ozcan, 2006; Hernández *et al.*, 2007; Igbinosa *et al.*, 2009). En este sentido, se han desarrollado alternativas naturales, entre las cuales se encuentra el uso de extractos vegetales, con los que se han obtenido resultados prometedores. Además, los extractos vegetales tienen las ventajas de poseer un origen biológico, ser degradables y manifestar un mínimo impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente (Bravo *et al.*, 2000; Barrera y Bautista, 2008). Diversos autores han demostrado la actividad antimicrobiana de diferentes

extractos de plantas *in vitro* e *in vivo* (Rodríguez *et al.*, 2000; Bautista *et al.*, 2004; Cárdenas *et al.*, 2005, Alzate *et al.*, 2009; Garduño *et al.*, 2010).

Algunos compuestos pertenecientes a los grupos de alcaloides, los terpenoides, y los fenilpropanoides, participan activamente eliminando directamente al microorganismo patógeno y/o restringiendo su invasión al resto de la planta. Al mismo tiempo, otros metabolitos secundarios contribuyen a destruir las especies activas de oxígeno que son tóxicas para la misma célula vegetal, las cuales se sintetizan durante las etapas tempranas de la respuesta de defensa a patógenos (Sepúlveda *et al.*, 2003). La producción de estos metabolitos secundarios por parte de las plantas está ligada a diferentes vías metabólicas. La cantidad y diversidad de estos es muy variable y depende del tipo de tejido, edad de la planta, hábitat, tipo de suelo, entre otros (Alcalá *et al.*, 2005). Muchos de estos compuestos son producidos y almacenados en tejidos jóvenes, como hojas, flores y semillas (Cruz De Matos, 2000; Costa Mauro *et al.*, 2001).

### **Objetivo general**

- ❖ Evaluación de la acción biocida de principios activos botánicos sobre hongos y algas de interés que afectan cultivos hortícolas comerciales.

### **Objetivos específicos**

- ❖ Evaluar la acción fúngica de los PAB, sobre algunas especies de hongos de interés agrícola.
- ❖ Determinar las  $CI_{50}$  de los PAB sobre los patógenos de interés

## **Hipótesis**

Los principios activos tendrán efecto biocida, matando e inhibiendo el desarrollo de micelio de hongos y algas que atacan a los cultivos de interés comercial.

## REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo con Brechelt (2004) la agricultura convencional en su afán de producir más, debido al incremento de la población y a la necesidad alimenticia, ha llevado a la implementación de monocultivos, que han provocado problemas, de enfermedades resistentes y especializadas en las plantas cultivadas. La utilización de plaguicidas de origen químico de manera excesiva, sin previa asistencia técnica, ha producido fuertes daños al medio ambiente, así como un desequilibrio en el agroecosistema de los organismos benéficos.

### ***Fusarium oxysporum***

#### **Características generales**

De las enfermedades causadas por hongos del suelo destacan por su potencial destructivo *F. oxysporum*, que es un patógeno cosmopolita de distribución mundial y causante de la enfermedad llamada "Marchitez vascular". Este patógeno ha sido reportado en las principales regiones productoras de jitomate de más de 32 países (Cait, *et al.*, 2003). Las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad llegan a ser del 60 % del rendimiento, además de mermar la calidad de los frutos (Ascencio-Álvarez, *et al.*, 2008). *F. oxysporum* produce tres tipos de esporas asexuales. Los microconidias (conformados por una o dos células) son las más frecuentes y las únicas que se pueden producir en el interior de los haces vasculares de las plantas afectadas (Garcés *et al.*, 2001).

## Ciclo de patógeno

El ciclo de la enfermedad se inicia con la presencia del inoculo en el suelo o residuos de cosecha del inoculo constituido por hifas, esporas o clamidosporas que germinan cuando son activadas por los exudados producidos en las raíces fibrosas del tomate; los tubos germinativos del hongo penetran la epidermis de la raíz directamente o por las heridas, pasan a la corteza y a la endodermis, y una vez dentro del hospedante se mueven por colonización de los vasos del xilema produciendo la oclusión del sistema vascular de la planta. Su diseminación en el campo se produce a través de material de propagación infectado, fragmentos de plantas enfermas y movimientos de suelo infectado con clamidosporas de *F. oxysporum* las cuales pueden sobrevivir en este por más de 10 años (Haglund y Kraft, 2001).



**Imagen 1.** Crecimiento micelial de *F. oxysporum*

## **Sintomatología**

Los síntomas de las plantas pueden aparecer en la etapa de plántula, al inicio de la floración o durante la formación de los primeros frutos, observándose amarillamiento en las hojas inferiores generalmente unilaterales, o en las hojas inferiores y superiores de un solo lado de la planta, seguido de un marchitamiento y finalmente la muerte de la misma (Agrios, 2001).

Para Bernal (1999), la marchitez vascular del clavel causada por el hongo *Fusarium oxysporum* es la más seria amenaza para los cultivos de clavel.

En Sinaloa se conocen al menos 10 enfermedades radiculares vasculares del tomate, la más importante en la actualidad por su impacto y distribución, es el marchitamiento vascular o fusariosis (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*) (Ramírez, 1998).

## ***Rhizoctonia solani***

### **Características generales**

Es uno de los hongos más importantes reconocido como patógeno de las plantas. Por lo general causa enfermedades en una amplia gama de hospederos, afectando tanto en partes aéreas como subterráneas, usualmente se le conoce como hongo estéril, debido que durante muchos años se pensó que era incapaz de producir algún tipo de espora, ya fuera sexual o asexual. Actualmente se sabe que *Rhizoctonia solani* produce basidiosporas que hacen que esta especie sea un basidiomiceto (Agrios, 2004).

## Sintomatología

La rizoctoniasis es una de las enfermedades que presenta una gran variedad de síntomas, dependiendo de la severidad del daño y de la parte de la planta que se vea afectada. Este patógeno afecta a la planta en todas sus etapas fisiológicas, los brotes del tubérculo semilla son afectados en pre y post emergencia y muestran en la base lesiones necróticas de color marrón, que cuando son profundas los estrangulan. Sin embargo, en este estado la planta puede desarrollar brotes nuevos desde la parte inferior del tallo estrangulado, mismos que de no ser afectados emergen finalmente del suelo (Torres, 2002).



**Imagen 1.** Crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*

## Manejo de la enfermedad

Para reducir los problemas ocasionados por *R. solani* se recomienda usar semilla certificada, sembrar densidad adecuada, fertilización balanceada y sobre todo considerar la cantidad adecuada de potasio, realizar rotación de cultivos cuando sea posible, arar profundamente el suelo para enterrar los propágulos del hongo, inundar el suelo por dos semanas luego del arado, mantener bajo el nivel

del agua para impedir infecciones en las partes altas de las plantas, usar fungicidas específicos y probados como eficaces para el control de la enfermedad (Espinoza, 2007).

El cultivo de frijol al igual que muchos otros cultivos, tiene limitantes en la producción; las más importantes son, las pudriciones de raíz y del hipocotilo causadas por *R solani*, (Pedroza, 2001).

### ***Phytophthora cinnamomi***

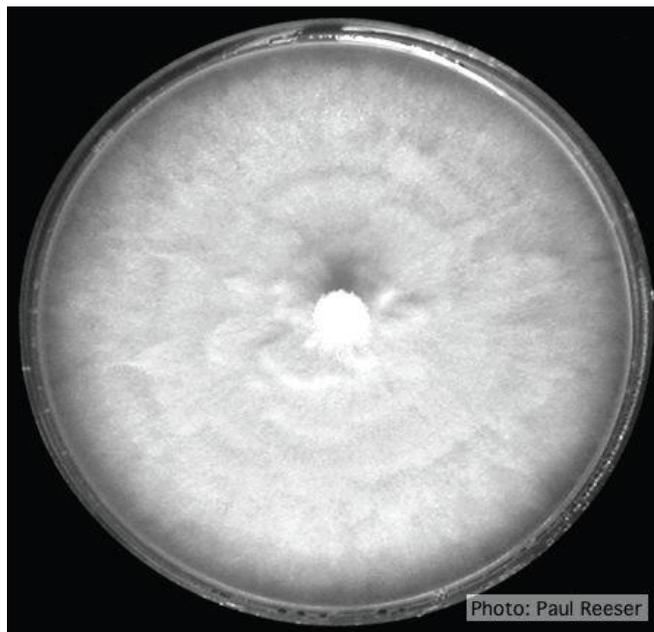
#### **Características generales**

Es considerado uno de los patógenos más destructivos para el cultivo del aguacate, que afecta a especies de plantas en ecosistemas agrícolas y forestales a nivel mundial (Pérez-Jiménez, 2008; García *et al.*, 2009). Puede desarrollarse como un saprófito y permanecer como clamidospora o, en menor grado, como oospora por largos periodos en el suelo. Cuando las condiciones son favorables, el ciclo de esporulación asexual inicia. De esta forma, puede permanecer hasta por seis años en el suelo con presencia de humedad constante, factor clave para su establecimiento, diseminación y longevidad (Hardham, 2005).

#### **Ciclo de patógeno**

Cuando las condiciones ambientales son favorables (hay humedad en el suelo), las masas vegetativas o micelio del Oomiceto en el interior de la raíz infectada producen esporangios, que a su vez liberarán zoosporas al suelo. Éstas se mueven tanto de forma activa como pasiva y son atraídas por exudados radicales de las plantas susceptibles. Una vez que entran en contacto con la raíz y la infectan, el patógeno invade la raíz absorbente. El Oomiceto se diseminará mediante múltiples ciclos de esporulación desde las raíces infectadas, produciendo más esporangios y zoosporas, hasta que las condiciones ambientales

del suelo no sean favorables (baja humedad) o bien la raíz infectada muera. En ese momento, las estructuras de supervivencia se forman en el micelio (clamidosporas), son liberadas bien al suelo o bien permanecen en fragmentos de raíces no degradadas. Estas estructuras de supervivencia, que pueden tener una viabilidad de varios meses (Jung *et al.*, 2013), germinarán para producir nuevos esporangios y zoosporas infectivas una vez que las condiciones del suelo vuelvan a ser favorables (nuevo periodo húmedo).



**Imagen 2.** Crecimiento micelial de *Phytophthora cinnamomi*

### **Sintomatología**

El fitopatógeno vive en el suelo y pudre las puntas de raíces con diámetro menor de 5 mm produciendo una coloración café negruzca. Las raíces dañadas se quiebran fácilmente. La absorción del agua y transporte ascendente se reduce y este es el síntoma del follaje. La falta de agua también reduce la capacidad de las hojas para formar la clorofila, que les da el color verde y esto es causa de la clorosis o amarillamiento de las hojas. El fruto que se infecta por salpique de agua

o de contacto con el suelo infectado presenta una pudrición firme de coloración de café o negro (Teliz, 2000). Los síntomas externos son: decaimiento progresivo del árbol, las hojas son pequeñas pálidas o amarillentas y a menudo se marchitan. Ocurre una defoliación progresiva de los árboles, con carencia de nuevos crecimientos y disminución en la producción de frutos, los cuales son pequeños y de mala calidad; las ramas se secan y se defolian en la copa. Las raíces primarias y secundarias se vuelven quebradizas con coloraciones rojizas-castañas, por lo que la destrucción lenta del sistema radicular lleva finalmente a la muerte del árbol (Ochoa, 2005).

En México, los primeros reportes de *P. cinnamomi* fueron realizados por Zentmyer en 1952, causando daños severos en áreas productoras de aguacate y pérdidas de hasta 90 % (Pérez, 2008; Téliz y Mora, 2007; Tamayo, 2007).

### ***Alternaria solani***

#### **Características generales**

Es una de las enfermedades más importantes del cultivo de tomate, debido a que puede afectarlo en cualquier etapa de desarrollo, y es capaz de infectar cualquier órgano aéreo de la planta desde la base del tallo, peciolos, hojas, flores y frutos, además, la enfermedad se encuentra bien establecida que su presencia y peligro potencial se puede manifestar prácticamente durante casi todo el ciclo de desarrollo de la planta (Sánchez, sf).

#### **Ciclo del patógeno**

El hongo puede sobrevivir como conidia y micelio por más de un año en los residuos de las plantas atacadas o en ocasiones sobre la semilla, es más probable que la infección primaria sea causada por el hongo que está en el suelo, contribuyendo a ella días lluviosos o húmedos y las temperaturas del aire de 24

°C. Es diseminado por las corrientes de aire ocasionalmente por insectos masticadores, agua de lluvia, trabajadores y herramientas. El hongo penetra en los tejidos de la hoja y del tallo directamente a través de la epidermis y produce ácido alternárico, toxina causante de los efectos patológicos en el hospedante. En condiciones favorables de temperatura y humedad, las manchas son visibles al cabo de dos a tres días, y pueden aparecer esporas dentro de los tres y cuatro días siguientes. La producción de esporas se inicia, por lo general cuando las manchas foliares tienen un diámetro aproximado de 3 mm, las esporas y conidias son liberadas y esparcidas por el viento re infectando a las plantas e infectando a plantas sanas, también caen sobre el suelo sirviendo este como reservorio de propágulos para futuras infecciones en tallos, hojas y frutos (Walker, 1965; Mendoza y Pinto, 1985).



**Imagen 3.** Crecimiento micelial de *Alternaria solani*

### **Sintomatología**

En las hojas se ven manchas circulares con anillos concéntricos de color pardo oscuro, alrededor se puede observar un halo clorótico amarillento, sobre el

tejido necrosado se puede observar las conidiosporas del hongo semejante a un polvillo de color negruzco. La infección comienza por las hojas más viejas y pueden extenderse a todo el follaje, causando la defoliación total de la planta, las hojas fuertemente atacadas se tornan amarillas y se caen. Cuando ataca en estado de plántula, estas presentan una pudrición del cuello en el tallo al nivel del suelo. El hongo es más activo a temperaturas suaves o templadas y tiempo lluvioso. Es más severo en plantas afectadas por nemátodos o deficiencia de nitrógeno (Martínez *et al.*, 2007). En el tallo y las ramas aparecen manchas de color negro profundas que pueden extenderse por toda el área y llegar a producir la muerte de la planta. Los frutos cuando son atacados presentan lesiones similares a las de las hojas y tienen consistencia de cuero y se cubren de esporas negras (Martínez *et al.*, 2007).

### **Alternativas de control**

Para controlar la enfermedad se deben realizar precauciones higiénicas por medio de controles preventivos y técnicas culturales, se recomienda la eliminación de malezas, plantas y frutos enfermos; manejo adecuado de la ventilación y el riego; utilización de semillas sanas o desinfectadas, así como de trasplantes sanos y fertilización equilibrada. En los últimos años el control biológico de plagas y enfermedades en la agricultura ha adquirido gran importancia frente a los problemas fitosanitarios ocurridos por el uso indiscriminado de plaguicidas químicos en la agricultura, lo cual ha traído como consecuencia severos problemas de contaminación y ha generado la resistencia de plagas y enfermedades, así como la presencia de nuevas especies de microorganismos fitopatógenos con un grado de afectación más virulento (Bravo *et al.*, 2006).

La enfermedad está considerada con característica endémica en tomate ya que año tras año se presenta en los distintos cultivares que se siembran en Sinaloa, afecta todos los órganos aéreos de este cultivo en cualquier estado de desarrollo (Agrios, 1991; Romero, 1988; Cruz *et al.*, 1998).

## ***Pythium spp.***

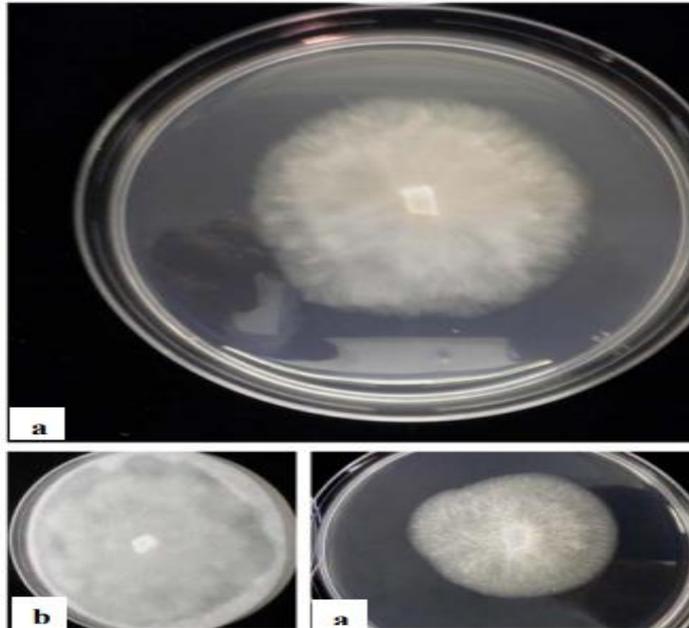
### **Características generales**

Existen varias especies de *Pythium* que pueden atacar plantas de tomate durante los estados tempranos de crecimiento, causando podredumbre de semillas, muerte de plántulas (damping off) en preemergencia y postemergencia, o podredumbre del tallo. El ataque puede causar grandes pérdidas y crecimiento desigual del cultivo. Las pérdidas ocurren tanto en invernadero como al aire libre (Jones *et al.*, 2001).

### **Sintomatología**

El ataque de *Pythium spp.* puede ocurrir en cualquier estado de germinación de la semilla o en estados iniciales de desarrollo de la planta. En semillas infectadas se desarrolla una podredumbre blanda, pulposa y húmeda (acuosa) antes de que emerja la radícula. La muerte de plantas en preemergencia afecta a plántulas que han sido atacadas en los primeros estados de germinación, pero con anterioridad a la emergencia. Una lesión castaño-oscura o negra se desarrolla rápidamente y afecta toda la plántula.

La muerte de plántulas en preemergencia es el síntoma más común asociado a un ataque de *Pythium*; la enfermedad inicia con una lesión oscura y acuosa en la raíz que se extiende a lo largo del tallo o por encima de la línea del suelo. Cuando esta lesión oscura y blanda se desarrolla alrededor de una porción grande del tallo (ahogamiento) o en su totalidad, la planta se dobla, marchita y muere. En la parte de la planta afectada sometidas a una alta humedad puede generarse un crecimiento de micelio de color blanco algodonoso (BC Greenhouse Growers Association, 2007; Roberts y French-Monar, 2007; Persley *et al.*, 2010).



**Imagen 4.** Crecimiento micelial de *Pythium spp.*

### **Manejo de la enfermedad**

La enfermedad puede ser manejada por medio de prácticas culturales y productos químicos. Se debe utilizar semilla certificada y las plantas deben cultivarse en condiciones óptimas de temperatura, humedad y nutrición. Se recomienda evitar riegos excesivos y el uso de zonas bajas poco drenadas. En invernadero se debe esterilizar el suelo con algún producto o vapor de agua. En cultivos al aire libre, el tratamiento con un fumigante de amplio espectro (autorizado) suele ser efectivo contra *Pythium* y otros patógenos. La semilla debe ser tratada con algún fungicida para combatir patógenos del suelo y transmitidos por semilla (Roberts y French-Monar, 2007).

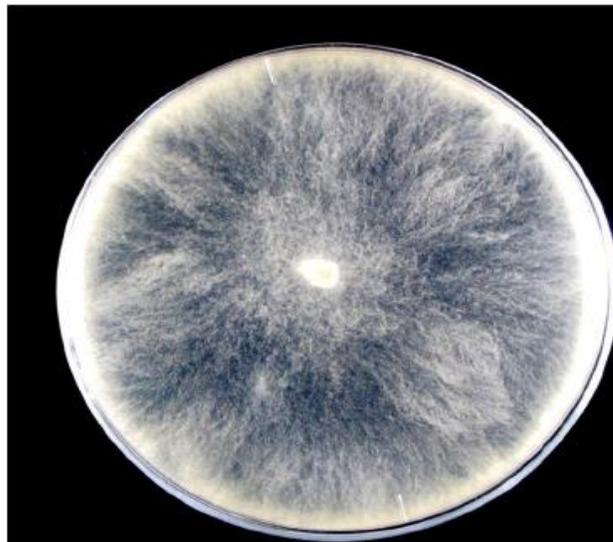
Preferentemente son atacados los tejidos jóvenes, con humedad, órganos suculentos de vegetales en contacto con el suelo, como frutos de zapallo, pepino (Cucurbitaceae), chaucha, poroto (Leguminosae) y tubérculos como la papa (Solanaceae) (Frezzi, 1956).

## ***Phytopythium spp.***

### **Características generales**

*Phytopythium*, es un género relativamente nuevo que se describió por primera vez en 2010 (Lodhi *et al.*, 2010). *Phytopythium* esta morfológicamente entre los géneros *Pythium* y *Phytophthora* (Bala *et al.*, 2010). Morfológicamente, *Phytopythium* es papilado y globoso a ovoide en forma similar a *Phytophthora*; sin embargo, los esporangios muestran proliferación interna, que es no característico de los esporangios papilados de las especies de *Phytophthora* (de Cock *et al.*, 2015). Zoospora de la descarga es de tipo *Pythium*, con el esporangio formando un tubo de descarga y una vesícula desde la cual las zoosporas biflageladas son descargadas (Bala *et al.*, 2010). Además, la mayoría de las especies tienen lisas, oosporas de paredes gruesas y anteridios lobulados. Las especies de *Phytopythium* comprenden lo que era anteriormente conocido como *Pythium clade K* especies de acuerdo con la filogenia molecular presentado por Lévesque y de Cock (2004).

Se ha determinado por primera vez a *Phytopythium spp.* asociado a raíces del cultivo de soja y posteriormente pudo encontrarse también a *Phytopythium helicoides* (Grijalba *et al.*, 2014).



**Imagen 5.** Crecimiento micelial de *Phytopythium spp.*

## **Antecedentes Sobre el Uso de Extractos Vegetales Como Fungicidas**

Montes *et al.*, (2000) mencionan que se han estudiado alrededor de 206 especies de plantas contra 26 especies de hongos fitopatógenos, observándose que algunas de ellas tienen efecto durante la germinación de esporas, desarrollo del micelio y esporulación tanto en pruebas de invernadero como de campo. Así mismo, mencionan que se ha logrado formular productos orgánicos a partir de las plantas en presentación de extractos acuosos y hexámicos, polvos, aceites esenciales y metabolitos secundarios antifúngicos. En términos generales, mencionan que, entre 21 y 32 % de las plantas probadas interactúan con los hongos y las respuestas de los patógenos varían desde la estimulación biológica hasta su total inhibición.

## **Grupos Químicos Presentes en los Extractos Vegetales**

La inhibición del crecimiento micelial exhibida por los extractos vegetales se debe a la presencia de algunos metabolitos secundarios como; alcaloides, taninos, flavonoides, quinonas y lactonas, los cuales son un grupo de compuestos de amplio rango de actividad biológica, que incluye la actividad antimicrobiana, antiviral, repelente y antioxidante (Montejo *et al.*, 2009; Piacentea *et al.*, 2002; Camargo *et al.*, 2008, Juárez *et al.*, 2010, Hernández *et al.*, 2011).

La enorme diversidad de metabolitos secundarios y propiedades biológicas presentes en los vegetales, todavía son materia de estudio sumamente amplia. El conocimiento limitado que se tiene actualmente al respecto da lugar a comenzar 13 ensayos con plantas de casi cualquier tipo (Montes, 1996). Algunas familias de plantas pueden ser más viables para su estudio, como es el caso de las Solanaceae con alto contenido de alcaloides o las Mimosaceae con muchas especies ricas en taninos, u las Lamiaceae y Meliaceae con amplia diversidad de terpenoides (Domínguez, 1970).

## ***Eucaliptol (Eucalyptus spp.)***

### **Características generales**

Los extractos de eucalipto (familia Myrtaceae) parecen una buena opción, ya que las diversas especies de esta planta son ampliamente conocidas por producir sustancias con actividad biocida frente a hongos, bacterias, insectos e incluso oomicetes. (Pattnaik *et al.*, 1996; Ramezani *et al.*, 2002; Delaquis *et al.*, 2002; Schelz *et al.*, 2006; Batish *et al.*, 2008).

### **Metabolitos Secundarios**

Las hojas y las raíces de las especies del género *Eucalyptus* contienen los ácidos: clorogenico, elagico, cafeinico, ferulico, galico, gentisico. También contienen aceites esenciales ricos en: pineno, alfa-pineno, alfa-felandreno, beta-pineno, gamma-terpineno, canfeno, pineol, citriodorol, globulol y linalol. El aceite esencial está constituido principalmente por taninos y flavonoides (Celis *et al.*, 2008).

### **Usos**

Hay trabajos que demuestran la actividad repelente del aceite esencial de eucalipto y sus principales componentes para diferentes especies de áfidos *M. persicae* y *Brevycorine brassicae* (Ricci *et al.*, 2010).

Figuroa (1996), indica que realizada la evaluación Biológica del aceite esencial extraído del *Eucalyptus globulus* presenta actividad antibacteriana sólo contra bacterias Gram positiva, también se ha registrado actividad antifúngica contra dermatofitos y moho saprófito. Tiene una elevada dosis letal media de 60 ppm contra la *Artemia salina* y no evidencia actividad insecticida, en relación con su alta sensibilidad contra bacterias Gram positivas, confirmándose entonces que

el aceite esencial del eucalipto tiene propiedades antibacterianas, coincidiendo además en el hallazgo de que el principal agente responsable de dicha actividad es el 1.8-Cineol. Por otro lado, la ausencia de *E. globulus* para su posible uso como insecticida agrícola natural para otro tipo de plagas, debido a su elevado grado de toxicidad contra el camarón salino.

## ***Limonene***

### **Características generales**

La naranja dulce pertenece a la familia de las Rutáceas, una familia muy amplia que contiene unas 1700 especies de plantas que crecen en países de clima cálido y templado. De la anterior familia, las plantas más conocidas son los cítricos, especies que están incluidas en el género *Citrus*, al cual pertenecen la naranja común (*Citrus sinensis*), la naranja china (*Citrus japonica*), la naranja amarga (*Citrus aurantium*), la mandarina (*Citrus reticulata*), el limón (*Citrus limon*), el pomelo (*Citrus paradisi*), la lima (*Citrus aurantifolia*) o la toronja (*Citrus medica*) (WEISS, 1997).

De la naranja, no solamente se aprovechan los jugos alimenticios, sino que de la cáscara de la naranja se pueden obtener aceites que se utilizan como aromatizantes en diferentes industrias. Su aceite esencial es uno de los ingredientes básicos en las industrias de perfumería, alimentos, agronómica y farmacéutica (DÍAZ, 2002).

Los aceites esenciales se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización o para repeler a los insectos nocivos, acción antifúngica o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio (LÓPEZ, 2005).

## Usos

Un estudio realizado sobre el aceite esencial de la naranja cajera, recuperado de la piel del fruto, el cual es usado en la industria de saborizantes, agentes de limpieza, cosmética y perfumes reporta un mayor rendimiento de aceite mediante la extracción con vapor de agua, especialmente a medida que se aumenta el flujo y la presión. Además, mediante cromatografía de gases, identificaron como principales componentes de los extractos: benzaldehído, terpineno, limoneno, linalol, canfor, acetato de benzilo, nerol, acetato de linalilo y acetato de geranilo (GROSSE et al, 2000).

Componentes como limoneno mostraron una fuerte actividad larvica contra *Aedes aegypti* (Park et al., 2011).

## ***Allyl isotiocianato***

### **Características generales**

Alil isotiocianato es un compuesto que se encuentra en crucíferas y presenta eficacia antibacterial contra contaminantes de alimentos (Park et al., 2012), además de tener efectos sobre la calidad de la fruta, suprimiendo los contenidos fenólicos y antocianinas en mora (*Morus alba*) (Chen et al., 2015).

## Usos

El isotiocianato de alilo se utiliza como especia y conservante en la industria alimentaria y se clasifica como generalmente seguro (GRAS) por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos (Isshiki et al., 1992; Mari et al., 2003; Dhingra et al., 2004). En las ciencias agrícolas, AITC fue efectivo cuando se utilizó como fumigante en el control de plagas de insectos *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: *Anobiidae*), *Tribolium confusum* (Coleóptera: Tenebrionidae) (Worfel et al., 1997), *Ryzopertha dominica* (Coleoptera:

*Bostrichidae*) (Tsao *et al.*, 2002), *Sitophilus zeamais*) (Coleoptera: *Curculionidae*) y *Liposcelis entomophila* (Psocoptera: *Liposcelididae*) (Wu *et al.*, 2009).

Componentes como el isotiocianato de alilo mostraron una fuerte actividad larvívica contra *A. aegypti* (Park *et al.*, 2011).

## ***β-Citronellol***

### **Características generales**

La citronella perteneciente al género *Cymbopogon* y familia Poaceae, es una planta arbustiva que crece en macollas compactas, hasta de dos metros de alto, formadas por muchos tallos rígidos y cortos que salen de rizomas pequeños. Las hojas miden de 20 a 100 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho, tienen los bordes duros y el nervio central fuerte en la sección basal; las inflorescencias son largas, hasta de 60 cm y pendientes, con espigas grandes en la base de los grupos de espiguillas (Jorge León, 1987). Su consistencia casi de papel, de color verde intenso - azulado y pendientes hacia abajo; su tallo y hojas emanan un agradable perfume a cítricos (Fonnegra, 2007).

### **Usos**

Esta planta es utilizada de forma medicinal, como antiespasmódico, carminativo, febrífugo, analgésico, antidepresivo, antiséptico, astringente, antibacteriana, fungicida, repelente, sedante y tónico; es utilizada por su fragancia y valor medicinal hace siglos en todo el mundo. Además, es comercializada fundamentalmente en Sri Lanka, la India, Birmania e Indonesia (Sharapin, 2000).

Los extractos de la gramínea Citronella han sido descritos en la literatura como controladores de hongos (Dikshit & Husain, 1984), nemátodos (Sangwain *et al.*, 1985) e insectos coleópteros y lepidópteros (Srivastava *et al.*, 1988; Singh & Chaudhary 1988; Roychoudhury *et al.*, 1989; Marimuthu *et al.*, 1997). Más

recientemente, Alves *et al.* (2000) cita que la “Mosca del Cuerno” (*Haematobia irritans Linnaeus*), fue controlada por el uso de extractos de la Citronella de Java.

Los extractos a base de plantas botánicas son una alternativa para combatir y controlar hongos fitopatógenos por ello se tiene que llevar a cabo el uso racional de fungicidas, esto ayudaría mucho a cuidar el medio ambiente y evitar contaminación.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Para determinar el rango de concentraciones a emplear los principios activos botánicos (PAB): *Eucaliptol*, *d-Limonene* y *Allyl isotiocianato* (Sigma Aldrich), se realizaron ventanas biológicas mediante bioensayos, bajo el método de medio de cultivo PDA envenenado con un testigo absoluto, las concentraciones comprendidas de 20-4500 ppm con 5 repeticiones para cada agente fitopatógeno: *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium amazonianum*, *Alternaria solani*, y *Phytophthora vexans*, estos fueron proporcionados por el Departamento de Parasitología Agrícola, incubadas a 27 °C ±1 en condiciones de oscuridad total, las medidas de los diámetros de crecimiento micelial se tomaron cada 24h con ayuda de un vernier digital hasta que el testigo absoluto de cada patógeno cubriera la superficie total de la caja Petri.

Se calculó el porcentaje de inhibición de crecimiento mediante la siguiente fórmula: % inhibición = (diámetro del testigo – diámetro del tratamiento) / diámetro del testigo \* 100. Una vez conocidas las concentraciones, se realizaron los bioensayos con el mismo método. A los resultados de inhibición, se realizó una regresión Probit, mediante el método de la máxima verosimilitud para determinar la concentración inhibitoria media (CI<sub>50</sub>) y sus límites fiduciales usando el programa SAS ver. 9.0.

**Cuadro 1.** Dosis ppm de los PAB sobre los hongos fitopatógenos usados en la investigación

<b>PAB</b>	<b>R.</b> <i>solani</i>	<b>P.</b> <i>cinnamomi</i>	<b>P.</b> <i>amazonianum.</i>	<b>P.</b> <i>vexans</i>	<b>F.</b> <i>oxysporum</i>	<b>A.</b> <i>solani</i>
	4500	4000	4500	3000	4500	2000
	4000	3500	4000	2500	4000	1500
<i>Eucaliptol</i>	3500	3000	3500	2000	3500	1000
	3000	2500	3000	1500	3000	750
	2500	2000	2500	1000	2500	500
	3600	3600	1500	3000	3000	3600
	2400	2500	1250	2500	2500	2600
<i>Allyl</i>	1400	1500	1000	2000	2000	1500
	1000	1000	750	1500	1500	1000
	600	600	500	1000	1000	500
	2500	2500	4500	1500	4500	3000
	2000	2000	4000	1200	4000	2500
<i>Limonene</i>	1500	1500	3500	900	3500	2000
	1000	1000	3000	600	3000	1500
	500	500	2500	300	2500	1000
	80	120	100	100	100	100
<i>Citronellol</i>	60	90	75	75	75	75
	40	60	50	60	50	50
	20	30	25	25	25	25

PAB: Principios activos botánicos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

$\beta$ -Citronellol presento la mayor inhibición sobre los agentes fitopatógenos, inhibiendo un 97.74, 97.85, 98.74, 93.21, 98.8 y 97.4 % a *R. solani*, *Phythium sp.*, *P. cinnamomi*, *Phytophythium sp.*, *F. oxysporum* y *A. solani*, a concentraciones de 80, 120, 100, 100, 100, 100 ppm respectivamente, cabe mencionar que estas concentraciones fueron las más bajas con respecto a los otros extractos. El patógeno más susceptible a la acción de control de  $\beta$ -Citronellol fue *F. oxysporum* con una dosis de 5.44 ppm, seguido de *R.solani* con 6.25 ppm (cuadro 2), similares a los estudios de Vaillant *et al.* (2009) quienes reportan el aceite esencial de citronelol , inhibe el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, aislado de cultivos de papa. Por su parte *Phytophythium sp.*, es cepa de hongo con mayor heterogenidad, dado que requiere una mayor concentración para inhibir un 95 % (187.31 ppm) respecto a los demás patógenos, además de ser reportado por su actividad antifúngica, los *Oomycetes* (*Phytium sp.*, *P. cinnamomi* y *Phytophythium sp.*) representan relativamente mayores  $Cl_{50}$  pero no significativos respecto a los hongos fitopatógenos.

Citronelol es un monoterpeno acíclico identificado en en *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus* (Poaceae), *Lippia alba* (Verbenaceae) y *Pelargonium graveolens* (Geraniaceae) (Brito *et al.*, 2012, Elsharif y Buettner, 2017), inicialmente se utilizó como atrayente para control de ácaros (Vanhaelen *et al.*, 1978), algunos derivados presentan propiedades repelentes contra el control de ácaros (Vanhaelen *et al.*, 1978), algunos derivados presentan propiedades repelentes contra mosquitos (*Aedes aegypti*, *Anopheles quadrimaculatus* y *Anopheles albimanus*) (Taylor y Schreck, 1985) así como de estadios inmaduros de la garrapata de ganado *Amblyomma americanum* (Tabanca *et al.*, 2013)

actualmente es utilizado para tratar enfermedades causadas por microorganismos patógenos de las vías respiratorias (Vasconcelos *et al.*, 2016).

**Cuadro 2.** Concentraciones inhibitorias de  $\beta$ -Citronellol contra el crecimiento micelial de hongos y algas.

Patógeno	CI <sub>50</sub>	LFI	LFS	CI <sub>05</sub>	CI <sub>95</sub>	Ec. Pred.	P-valor
<i>R. solani</i>	6.25	1.25	11.38	0.61	63.51	y= -1.301+1.634	<.0001
<i>Phytium spp.</i>	11.02	3.21	17.23	1.41	85.87	y= -1.926+1.848	<0.064
<i>P. cinnamomi</i>	7.68	1.002	15.17	0.84	69.81	y= -1.519+1.716	<0.001
<i>Phytopythium sp.</i>	8.5	0.79	17.53	0.38	187.31	y= -1.138+1.224	<0.0003
<i>F. oxysporum</i>	5.44	0.17	13.34	0.34	85.45	y= -1.013+1.376	<0.001
<i>A. Solani</i>	6.89	0.13	15.4	0.62	75.77	y= -1.325+1.580	<0.0036

CI: Concentración inhibitoria, ppm: partes por millón, LFI y LFS: limite fiducial inferior y superior respectivamente, Ec. Pred.: Ecuación de predicción.

Respecto a las evaluaciones con *Allyl-isotiocianato*, *Phytium sp.*, es el patógeno más susceptible a este principio botánico, por otra parte *R. solani* el que presenta mayor tolerancia ya que su CI<sub>95</sub> es de 20715 ppm y para el resto de los patógenos ninguno supera los 4500 ppm (cuadro 3), distinto a lo reportado por Dinora *et al.* (2004) reportan que el aceite esencial de mostaza fue efectivo en el control de damping-off en frijol causado por *Rhizoctonia solani*, cabe mencionar que *allyl-isotiocianato* esta purificado, en forma de aceite esencial pudiera presentar otros componentes que potencialicen su efecto, además *R. solani* produce esclerocios, estructuras de resistencia que reducen la penetración en las membranas, por lo que contra este hongo no se recomienda como un agente de control.

En nuestro estudio, para el caso en *F. oxysporum*, se requieren concentraciones menores a 4000 ppm para tener una buena acción de control, este principio botánico puede ser incluido en el manejo integrado de enfermedades, debido a que reduce el contenido de micotoxinas: aflatoxinas, fumonisinas, zerenonas y tricotecenos producidos por *Aspergillus parasiticus*, *Fusarium tricinctum*, *Fusarium verticillioides*, *Alternaria alternata* y *Gibberella zea* en el almacenamiento de granos de maíz a concentraciones de 500 ml/L (Tracz *et al.*, 2017) así como la reducción de *Beauvericinas*, compuesto bioactivo producido por el metabolismo secundario de varias cepas de *Fusarium* (Meca *et al.*, 2012), otros estudios reportan su uso como agente de control de malezas, ya que reduce significativamente la viabilidad de los tubérculos de *Cyperus rotundus* (Bangarwa y Norsworthy, 2016).

**Cuadro 3.** Concentraciones inhibitorias de *Allyl-isotiocianato* contra el crecimiento micelial de hongos y algas.

Patógeno	CI <sub>50</sub>	LFI	LFS	CI <sub>05</sub>	CI <sub>95</sub>	Ec. Pred.	P-valor
<i>R. solani</i>	1632	883.89	3580	128.52	20715	y= -4.788+1.490	<.0001
<i>Phytium spp.</i>	716.01	469.22	889.71	273.64	1874	y= -11.241+3.937	<.0001
<i>P. cinnamomi</i>	1342	1223	1467	420.31	3614	y= -10.206+3.263	<.0001
<i>Phytophythium sp.</i>	1260	211.65	1728	357.15	4448	y= -9.312+3.003	0.0001
<i>F. oxysporum</i>	1384	899.32	1712	497.93	3847	Y= -11.637+3.705	<.0001
<i>A. Solani</i>	1022	704.93	1341	273.59	3817	Y= -8.649+2.874	<.0001

CI: Concentración inhibitoria, ppm: partes por millón, LFI y LFS: limite fiducial inferior y superior respectivamente, EC. Pred.: Ecuación de predicción.

Respecto a *Limoneno* el patógeno más susceptible fue *Phytophthium sp.*, siendo *F. oxysporum* el que requirió una concentración más alta en su  $Cl_{50}$ , al considerar que el rango de las concentraciones inhibitorias medias van de 940 a 4040 ppm, estas concentraciones son relativamente bajas (cuadro 4), por lo que el uso de terpeno puede ser una alternativa de manejo de estos agentes patógenos y ser incluidos como fungicida de uso agrícola para producción de cultivos orgánicos, debido a su nula toxicidad en humanos, incluso los primeros estudios se realizaron para estudiar su actividad anticarcinogénica (Elson *et al.*, 1988), también es ampliamente utilizado en la preservación de alimentos por su actividad antibacteriana (Espina *et al.*, 2013). Similar a los estudios de Marei *et al.* (2012) mencionan que tres monoterpenos (timol, (S)-limoneno y 1,8-cineol) poseen propiedades antifúngicas, que inhiben el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* y *F. oxysporum*, por otra parte, Alzate *et al.* (2009) menciona que un extracto de la cascara de cítricos a una concentración 12000 ppm no presentó ningún efecto sobre *F. oxysporum*, esto pudiera deberse a que *Limoneno* se encuentra mezclado con diferentes metabolitos que pudieran interferir su acción fúngica. Aún se desconoce los sitios de acción en hongos y Oomicetes, sin embargo, se ha reportado su actividad antibacteriana debido a que sus componentes tienen la capacidad de incorporarse en algunas estructuras de las membranas además de alterar el sistema lipídico, dependiendo de las concentraciones aplicadas (Wydro *et al.*, 2017).

**Cuadro 4.** Concentraciones inhibitorias de *Limoneno* contra el crecimiento micelial de hongos y algas.

Patógeno	Cl <sub>50</sub>	LFI	LFS	Cl <sub>05</sub>	Cl <sub>95</sub>	Ec. Pred.	P-valor
<i>R. solani</i>	2336	2079	2736	632.54	8626	$y=-9.765+2.899$	<.0001
<i>Phytium spp.</i>	3205	2993	2993	1389	3395	$y=-15.886+4.531$	<.0001
<i>P. cinnamomi</i>	1559	1029	2896	322.56	7535	$y=-7.675+2.403$	<.0001
<i>Phytophythium sp.</i>	939.32	803.62	1128	97.5	9052	$y=-4.970+1.192$	<.0001
<i>F. oxysporum</i>	4040	3826	4347	1994	8187	$y=-19.337+5.362$	<.0001
<i>A. Solani</i>	1435	1268	1633	250.36	8222	$y=-6.848+1.670$	<.0001

Cl: Concentración inhibitoria, ppm: partes por millón, LFI y LFS: limite fiducial inferior y superior respectivamente, EC. Pred.: Ecuación de predicción.

Referente a las evaluaciones de *Eucaliptol*, el rango de las Cl<sub>50</sub>, están comprendidas entre 1173 y 3565 ppm, siendo las concentraciones mínima y máxima, para *A. solani* y *F. oxysporum* respectivamente (cuadro 5). En el caso de *A. solani*, a pesar de ser el patógeno con menor Cl<sub>50</sub>, es el que presenta mayor Cl<sub>95</sub>, esto se debe a la heterogeneidad en la tolerancia a este principio activo, algo similar a los estudios de Cazar *et al.* (2015) mencionan que el extracto de *Eucalyptus globulus* inhibe el crecimiento micelial de *Alternaria sp.*, en concentraciones de 300 mg/L presento una eficiencia comparable con un tratamiento testigo de control químico. El mecanismo de acción de *Eucaliptol* estudiado en bacterias como en hongos, esta mediado por la pérdida de integridad de la membrana y la inhibición de la respiración celular y por lo tanto reduce la capacidad para mantener la homeostasis (Carson *et al.*, 2006), recientemente han

sido incluidos a la agricultura como pesticidas verdes, debido a que son considerados como antimicrobiales de amplio espectro, inhibiendo completamente el desarrollo de hongos fitopatógenos como *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* y *Pyrenophora graminea* a concentraciones del 2 % (Terzi *et al.*, 2007), incluso diferentes fracciones de aceites esenciales de eucalipto cuando son mezclados con otros principios activos botánicos resulta en un efecto aditivo, sinergismo o efectos antagónicos (Delaquis *et al.*, 2002).

**Cuadro 5.** Concentraciones inhibitorias de *Eucaliptol* contra el crecimiento micelial de hongos y algas.

Patógeno	CI <sub>50</sub>	LFI	LFS	CI <sub>05</sub>	CI <sub>95</sub>	Ec. Pred.	P- valor
<i>R. solani</i>	3168	3008	3313	1687	5950	y= -21.034+6.998	<.0001
<i>Phytium spp.</i>	3551	3367	3759	1663	7579	y= -17.731+4.994	<.0001
<i>P. cinnamomi</i>	2748	2604	2887	1376	5491	y= 18.820+5.472	<.0001
<i>Phytopythium sp.</i>	1712	1546	1877	460.08	6373	y= -9.319+2.882	<.0001
<i>F. oxysporum</i>	3565	3238	3552	1886	6739	Y= -21.125+5.947	<.0001
<i>A. Solani</i>	1173	1025	1371	165.28	8324	Y= -5.932+1.932	<.0001

CI: Concentración inhibitoria, ppm: partes por millón, LFI y LFS: limite fiducial inferior y superior respectivamente, EC.Pred.: Ecuación de predicción.

## CONCLUSIÓN

En base a los resultados de nuestra investigación podemos mencionar que los extractos de *Citronellol* y de mostaza (*Allyl isotiocianato*) presentaron porcentajes de inhibición alto sobre los hongos fitopatógenos estudiados, por lo que son buenas opciones para competir con fungicidas químicos comerciales, por otro lado no podemos descartar al *Eucaliptol* y al *Limoneno* que presentaron porcentajes de inhibición mas bajo no se pueden descartar en un esquema de manejo biorracional.

## LITERATURA CITADA

- Agrios G. 2004. Fitopatología. Editorial Limusa. Noriega Editores 838 pp.
- Agrios, G.N. 2001. Fitopatología. Ed. Noriega. México. 833 pp.
- Agrios, G.N. (1991). Fitopatología (traducción del inglés por Manuel Guzmán O.). Edit. LIMUSA. México. 756 p.
- Alves, F.P.J. et al. Atividade de repelência do extrato de Citronela nas infestações por *Haematobia irritans* em bovinos. Anais do XI Seminário Brasileiro de Parasitologia Veterinária, p.123, 2000.
- Alcalá, M. D.; Vargas, N. y Pire A. 2005. “Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*”. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 22: 315-323.
- Altamirano J.E., Franco R. y Bovi M. M.G. (2004). Modelo epidemiológico para el diagnóstico de intoxicación aguda por plaguicidas. Rev. Toxicol. 21, 98–102.
- Alzate, N.; V. López, H. Marín y A. Murillo. 2009. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, *Myrtaceae*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, *Rutaceae*) sobre algunos hongos Filamentoso. Revista Tumbaga 4: 59-71.
- Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F. y Rodríguez Herrera, A. 2008. Marchitez Vascular del Tomate: I. Presencia de Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersicum* (Sacc.) Snyder y Hansen

en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 26(2):114- 120.

Bala, K.; Robideau, G.P.; Lévesque, A.; Cock, A.W.A.M. de; Abad, Z.G.; Lodhi, A.M.; Shahzad, S.; Ghaffar, A.; Coffey, M.D. 2010. *Phytophythium* Abad, de Cock, Bala, Robideau & Levesque, gen. nov. and *Phytophythium sindhum* Lodhi, Shahzad & Levesque, sp. nov.. *Persoonia*. 24:136-137.

Bangarwa, S.K. y Norsworthy, J.K. 2016. Effect of phenyl, allyl, and methyl isothiocyanate on *Cyperus rotundus* tubers under LDPE and VIF mulch. *Crop Protection* 84:121-124

Barrera, L. y S. Bautista. 2008. Actividad antifúngica de polvos, extractos y fracciones de *Cestrum Nocturnum* L. sobre el crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26 (1): 27-31.

Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K. & Kaur, S. (2008) *Eucalyptus essential oil* as a natural pesticide. *Forest Ecol. Manage.* 256: 2166-2174.

Batt, C. , Solberg, M. y Ceponis, M. ( 1983 ) Efecto de los componentes volátiles del aceite de semilla de zanahoria sobre el crecimiento y la producción de aflatoxinas por *Aspergillus parasiticus* . *Journal Food Science* 48 , 762 - 768 .

Bautista Baños, S., M. Hernández and E. Bosquez. 2004. Growth inhibition of select fungi by chitosan and plant extracts. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22 (2): 178-186.

BC Greenhouse Growers' Association. 2007. Management Strategies for *Pythium* Diseases of Greenhouse Vegetable Crops in British Columbia. Disponible en <http://www.agf.gov.bc.ca/cropprot/pythium.htm> (revisado 28 de julio. 2011).

- Bernal, A.; J. F. Zamora, G. Virgen y R. Nuño. 2005. Actividad biológica in vitro de extractos de *Lupinus* spp. sobre hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23 (2): 140-146
- Bernal J. 1999. Efecto de algunos tratamientos de desinfestación del suelo, de aplicaciones de materia orgánica y de hongos antagonistas sobre la marchitez vascular del clavel *Dianthus caryophyllus* causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi*. 26 de septiembre de 2007. <http://www.fao.org/agris/search/display.do>
- Bravo, L. L.; T. Bermúdez y B. Montes. 2000. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas* 57: 29-34.
- Bravo Alejandra; Ibarra J.; María Cristina del Rincón Castro; Galindo E.; Patiño M.; Serrano L.; García R.; Pereyra Alférez B.; Andrea Alcázar Pizaña; Luna Olvera H.;
- Brechelt, A. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina RAP-AL. 2004. {En línea}. {3 mayo de 2016} disponible en: [http://www.rapal.org/articulos\\_files/Manejo\\_Ecologico\\_de\\_Plagas\\_A.Brechelt.pdf](http://www.rapal.org/articulos_files/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Brechelt.pdf)
- Brito, R. G., Guimaraes, A G., Quintans, J. S. S., Santos, M. R. V., Sousa, D. P., BadauePassos, D... Quintans, L. J. (2012). Citronellol, a monoterpene alcohol , reduces nociceptive and inflammatory activities in rodents. *Journal of Natural Medicines*, 66(4), 637-644.
- Boyraz, N. and M. Ozcan. 2006. Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil, hidrosol, ground material and extract of summer savory (*Satureja hortensis* L.) growing wild in Turkey. *Journal Food Microbiology* 107: 238-242.

- Cait, G., Gale, I.R., Schneider, R.W., Kistler, H.C., Davis, R.M., Elias, K.S y Miyao, E.M. 2003. Origin of 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* at a single site in California. *Phytopathology*. 93:1014-1022.
- Camargo, E.E. y Vilegas, W. 2008. Control de calidad de los extractos polares de *Turnera diffusa* Willd. Schult, Turneraceae. *Scielo*. 15: 213-222.
- Carson, C.F., Hammer, K.A. y Riley, T.V. 2006. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clin Microbiol Rev* 19: 50-62.
- Cárdenas, N.; M. Zavala, R. Aguirre, C. Pérez and S. Pérez. 2005. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Chrysactinia mexicana* gray. *Journal of Agricultural and food chemistry* 53: 4347-4349.
- Cázar, M. E., Villena, P., Parra, J., Espinoza, V., Larriva, G., & Caldas, A. (2015). Eficacia de extracto etanólico de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el control de *Alternaria* sp. en cultivos de col y patata. *Maskana*, 5(1), 33-41.
- Celis, A., Mendoza, C, Pachón, M, Cardonal, J., Delgado, W. y Cuca, L.E. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la Familia Piperaceae. *Agronomía Colombiana*. 26(1):97-106.
- Chen,H,Gao, H., Fang, X. Ye, L., Zhou, Y. & Yang, H. 2015. Effects of allyl isothiocyanate treatment on postharvest quality and the activities of antioxidant enzymes of mulberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 108:61-67.
- Cooke, D. E. L.; V. Young, P. R. J. Birch, R. Thoth, F. Gourlay, J. P. Day, S. F. Carnegie and J. M. Duncan. 2003. Phenotypic and genotypic diversity of *Phytophthora infestans* populations in Scotland (1995-97). *Plant Physiology* 52:181-192.

- CONAGUA (2008). *Estadísticas del agua en México*. Actualizado al mes de agosto de 2009. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. CD-ROM.
- Cruz de matos, O. 2000. "Uso de sustancias naturais de origen vegetal com actividade biológico na proteccao das cultural agrícolas". *Agronomía Lusitana*. 48 (Suplemento 2) 1-44.
- Cruz, O.J. E., R. S. García, E. y J.A. Carrillo, F. (1998). *Enfermedades de las hortalizas*. Universidad Autónoma de Sinaloa. 257 p.
- De Cock, A.W.A.M., Lodhi, A.M., Rintoul, T.L., Bala, K., Robideau, G.P., Abad, Z.G., Coffey, M.D., Shahzad, S., and Lévesque, C.A. 2015. *Phytophthium*: Molecular phylogeny and systematics. *Persoonia* 34:25-39.
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B. & Mazza, G. (2002) Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int. J. Food Microbiol.* 74: 101-289.
- Dhingra, O. D.; M.L.N. Costa; G.J. Silva Jr.;E.S.G. Mizubuti:Essential Oil of Mustard to Control *Rhizoctonia solani* Causing Seedling Damping-off and Seedlin Blight in Nursery, *Fitopatologia Brasileira* 29:683-686, 2004
- Dikshit, A.; Husain, A. Antifungal action of some essential oils against animal pathogens. *Fitoterapia*, v.55, n.3, p.171-6, 1984
- Dhingra, OD; Costa, MLN; Silva, GJ; Mizubuti, ESG Aceite esencial de mostaza para controlar el *deshoje de las*plántulas de *Rhizoctona solani* y el tizón de las plántulas en el vivero. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, p.683-686, 2004.
- Díaz J A (2002). Análisis del mercado internacional de aceites esenciales y aceites vegetales. Instituto Alexander Von Humboldt-Biocomercio Sostenible. Bogotá.

- Domínguez, X. A., Gómez, E., Villareal, A.P. y Rombold N.A. 1970. Physical data on the essential oils of five compositae plants. *Revista de Plantas Medicinales*. 19: 52-54.
- Elsharif, S.A. y Andrea Buettner. 2017. Influence of the chemical structure on deodor characters of B-citronellol and its oxygenated derivatives. *Food Chemistry* 232:704-711.
- Elson, C:E, Maltzman, Boston, L.J, Tanner A.M. y Gould, N.M. 1988. Anticarcinogenic activity of d-limonene during the initiation and promotion/progression stages of DMBA-induced rat mammary carcinogenesis. *Carcinogenesis*. 9(2):331-332.
- Espina, L., de Gelaw, T.K, Lamo-Castellvi, S., Pagan, F., & Garcia-Gonzales, D. 2013. Mechanism of bacterial inactivation by (+)-limonene and its potential use in food preservation, combined processes. *PLoS One*, 8(2) e56769.
- Espinoza, A. 2007. Enfermedades Fungosas del arroz. *Manual del Cultivo de Arroz*. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). EC. p 75 – 89.
- Figueroa, N. 1996. Evaluación Antibacteriana, Antifúngico, Insecticida y Caracterización Química de los Aceites esenciales Extraídos de especies Vegetales Aromáticas con valor comercial. Tesis. Lic. Bioquímicas y Fármacos. La Paz, Bolivia. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Mayor San Andrés, p.118-125.
- Fonnegra, R. (2007) *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Segunda Edición. Ed. Universidad de Antioquía. Medellín – Colombia
- Frezzi MJ. 1956. Especies de *Pythium* fitopatógenas identificadas en la República Argentina. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 10: 113-241.

- Galán Wong L.; Liliana Pardo; Muñoz Garay C.; Isabel Gómez y Soberón M. (2006): Los microorganismos en el control de insectos y patógenos. Cuernavaca, México. Revista, Latinoamericana de Microbiología. 48(2). 113 -120 pp.
- Garcés, E. G., Amézquita, M. O., Bautista, G.R. y Valencia H. 2001. *Fusarium oxysporum*, el hongo que nos falta conocer. Acta biológica Colombiana. 6: 93-98.
- Garduno, C.; L. Barrera and Y. Rios. 2010. Evaluation of the fungicidal activity of leaves powders and extracts of fifteen mexican plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. *gadioli* (Massey) Snyder and Hansen. Plant Pathology Journal 9: 103- 111
- García J.E. (1998). Intoxicaciones agudas con plaguicidas: Costos humanos y económicos. Rev. Panam. Salud Publica/ Pan Am. J Pub. Health. 4, 383–385.
- García E, Benezer M, Gutiérrez A, Rangel G, Arreola A, Castro E. 2009. Regulation of defence responses in avocado roots infected with *Phytophthora cinnamomi* (Rands). Plant Soil. 331(1):45-46
- Grijalba, P.; M. Steciow y A.dC. Ridao. 2014a. *Pythium catenulatum* y *Phytophthora helicoides* asociados a plántulas de soja. Tercer Congreso Argentino de Fitopatología. 4-6 de junio. San Miguel de Tucumán. Pg 187.
- González V.M., Capote M.B. y Rodríguez D.E. (2001). Mortalidad por intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. Rev. Cubana Hig. Epidemiol. 39, 136–143.
- Grosse R et al (2000). Extracción del Aceite Esencial de Naranja Cajera citrus. Acta Científica Venezolana 51(2), 200-208.

- Haglund, W.A.; Kraft, J. M. 2001. Fusarium wilt.. En: Kraft, J. M.; Pfleger, F.L. (ed.). Compendium of Pea Diseases and Pests. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. 14-16-84pp.
- Hardham AR. 2005. Phytophthora cinnamomi. Mol Plant Pathol. 6(6):589-604.
- Henao S. y Arbelaez M.P. (2002). Situación epidemiológica de las intoxicaciones agudas por plaguicidas en el Istmo Centroamericano, 1992–2000. OPS/OMS. En: Boletín Epidemiológico, 23.
- Hernández, A. N.; S. Bautista y M. G. Velázquez. 2007. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 119-123.
- Hernández, C.F.D., Castillo, R.F., Gallegos, M.G., Rodríguez, H.R y Aguilar, N.C. 2011. Plant Extracts from Mexican Native Species; An Alternative for Control Of Plant Pathogens. In; RaumjitNokkoul. Organic Farming. Ed. Intech. Croatia. 139-156 pp.
- Igbinosa, O. O.; E. O. Igbinosa and O. A. Aiyegoro. 2009. Antimicrobial activity and phytochemical screening of stem bark extracts from Jatropha curcas (Linn). African Journal of Pharmacy and Pharmacology 3 (2): 58-62.
- Isman, M. B.: «Botanical Insecticides, Deterrents and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World», Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66, EE. UU., 2006.
- Isshiki, K .; Tokuora, K .; Mori, R .; Chiba, S. Examen preliminar del vapor de isotiocianato de alilo para la conservación de alimentos. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, v.56, p.1476-1477, 1992.
- Jones, J.B., R. E. Stall, T. A. Zitter. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones MundiPrensa. 74 p.

- Juárez, G.A., Meseguer, P.J., Aranda, S.R., Cavazos, S.M, y Torres, W.N. 2010. Desarrollo y validación de métodos analíticos para estandarización de fitofármacos con *Turnera difusa* (Damiana). *Redalyc*. 8(4):397-404.
- Jung, T., Colquhoun, I. J., and Hardy, G. E. St.J. 2013. New insight into the survival strategy of invasive soilborne pathogen *Phytophthora cinnamomi* in different natural ecosystems in Western Australia. *For. Path.* 43:266-288.
- Lévesque, C.A. and de Cock, A.W.A.M. 2004. Molecular phylogeny and taxonomy of the genus *Pythium*. *Mycological Research* 108: 1363–1383.
- Lira-Saldivar, R.H., Hernández-Suarez, M., Chavez-Betancurt, C., Hernández Carrillo, F.D. y Cuellar-Villareal, E. 2007. *Bioplaguicidas y Control Biológico*, CIQA- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Serna Impresos, Monterrey, México. pp. 13-29 .
- Lopez J B, Jean F, Gagnon H, Collin G, Garneau F, Pichette A (2005). *J. Essent. Oil Res.* 17: 1-7.
- Madeley J. (2002). Paraquat el controvertido herbicida de Syngenta. Informe para Berne Declaration. Foro Emaús.
- Martínez E.; Barrios G.; Rovesti L. y Santos R. (2007): Manejo Integrado de Plagas. Editorial Grup Bou. Tarragona, España. 330-357 pp.
- Marei G, Rasoul MA, Abdelgaleil SA. Comparative antifungal activities and biochemical effects of monoterpenes on plant pathogenic fungi. *Pestic Biochem Physiol.* 2012; 103:56-61.
- Mari, M .; Bertolini, P .; Pratella, GC Métodos no convencionales para el control de enfermedades de las peras postcosecha. *Journal of Applied Microbiology*, v.94, p.761-766, 2003.
- Marimuthu, S.; Gurusubramanjan, G.; Krishna, S.S. Effect of exposure of eggs to vapours from essential oils on egg mortality, development and adult emergence in *Earias vittella* (F) (Lepidoptera: noctuidae). *Biological Agriculture & Horticulture*, v.14, n.4, p.303-7, 1997.

- Meca, G. Luciano, F.B., Zhou, Tsao, F.B., y Mañes, J. 2012. Chemical reduction of the mycotoxin beauvericin using allyl isothiocyanate. *Food and Chemical Toxicology* 50: 1755-1762.
- Mendoza, C. Y Pinto, C. 1985 Principios de Fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. Pág. 256-257.
- Montes, B.R., Cruz, C.V., Martínez, M.G., Sandoval., G.G., García, L.R., Zilch, D.S., Bravo, L.L., Bermúdez, T.L. y Flores, M.H.E. 2000. Propiedades anti fúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 18(2) 125-131.
- Montejo, J.F.E., Cruz, C.L., Pazos, D.G y Siciliano, L.S. 2009. Efecto hipolipidémico de Damiana (*Turnera diffusa*). Tesis de Maestría. Centro de investigación en Biotecnología Aplicada, IPN. Tlaxcala, Tlaxcala. 83 p.
- Montes, B.R. 1996. Productos naturales de origen vegetal para el combate de fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 14(1):9-14.
- Ochoa, F. Y. M., Hernández, F. D., Landeros, J., Olalde, V., Cerna, E., Morales, J. L., y Flores, A. 205. Compatibilidad Sexual de *Phytophthora cinnamomi* Rands en Michoacán. *International Journal of Experimental Botany*. 79-85.
- Park, H.M.; Kim, J.; Chang, K.S.; Kim, B. S.; Yang, Y.J.; Kim, G.H.; Shin, S.C. & Park, K.I.L. 2011. Larvicidal Activity of Myrtaceae Essential Oils and Their Components against *Aedes aegypti*, Acute Toxicity on *Daphnia magna*, and Aqueous Residue. *Journal of Medical Entomology*, 48 (2): 405-410.
- Park, S.Y., Barton, M. y Pendleton, P. 2012. Controlled release of allyl isothiocyanate for bacteria growth management. *Food Control* 23 :478-484.

- Paranagama, PA ( 1991 ) *Análisis de los aceites esenciales de Sri Lanka por cromatografía de gases y espectroscopía de masas* ed. Senanayake, UM Colombo, Sri Lanka: Instituto de Tecnología Industrial.
- Pattnaik, S., Subramanyam, V. R. & Kole, C. (1996) Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils in vitro. *Microbios* 86: 237-246.
- Pedroza, S.A 2001. Evaluación patogénica de diferentes hongos asociados a la pudrición de la raíz en dos variedades de frijol y distintos contenidos de humedad edáfica. Memorias del XXVIII Congreso nacional de fitopatología
- Persley, D., T. Cooke, S. House. 2010. *Diseases of Vegetable Crops in Australia*. CSIRO Publishing. 304 p.
- Pérez-Jiménez RM. 2008. Significant avocado diseases caused by fungi and oomycetes. *Eur J Plant Sci Biotechnol*. 2(1):1-24.
- Pérez M, 2008. Significant Avocado Diseases Caused by Fungi and Oomycetes. The European J Plant Sci Biotechnol 2(1):1-24. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0806/EJPSB\\_2\(1\)/EJPSB\\_2\(1\)1-24o. pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0806/EJPSB_2(1)/EJPSB_2(1)1-24o.pdf)
- Piacentea, S., Camargob, E.E.S., Zampepellia, A y Graciosoc, J.S. 2002. Flavonoids and Arbutin from *Turnera diffusa*. *Z. Naturforsch.* 57:983-985.
- Pulgar, V. J. 1955. *El Eucalipto*. Ministerio de agricultura de Colombia. Tomo 1. Publicación N. 4. Bogotá, Colombia. 188p.
- Ramezani, H., Singh, H. P., Batish, D. R. & Kohli, R. K. (2002) Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. *Fitoterapia* 73: 261-262.
- Ramírez, V.J. 1998. Enfermedades de la raíz en tomate. pp. 29-49. En: O.J. Cruz, R. García E. y A. Carrillo F. (eds.). *Enfermedades de las Hortalizas*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 255 p.

- Ricci, E.M.; Padin, S.B.; Henning, C.; Ringuelet, J. & Kahan A. 2010. Cineol para el manejo integrado de *Myzus persicae* y *Brevicoryne brassicae* en repollo. Bol. San.Veg. Plagas. 36: 37-43.
- Rzedowski, J y Calderón, G. R. 2002. Verbenaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 100. Instituto de Ecología, A. C. Centro regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. 145 p.
- Roberts, P. D., and R. D. French-Monar. 2007. Disease management: *Pythium* Damping-off, Root Rot and Stem. Disponible en [http://ipm.ifas.ufl.edu/resources/success\\_stories/T&PGuide/pdfs/Chapter5/Pythium.pdf](http://ipm.ifas.ufl.edu/resources/success_stories/T&PGuide/pdfs/Chapter5/Pythium.pdf). (revisado 21 de julio. 2011).
- Rodríguez, A. T.; D. Morales y M. A. Ramírez. 2000. Efecto de extractos vegetales in vitro sobre el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos. Cultivos Tropicales 21 (2): 79-82.
- Roig J.T. 1965.
- Romero, C.S. (1988). Hongos fitopatógenos. U.A.CH. y Dirección del Patronato Universitario, A.C. México. 361 p.
- Roychoudhry, R.; Jain, R.K.; Raychaudhuri, S.P. Effect of neem oil and citronella oil on the development of white fly (*Bemisia tabaci*) and virus transmission. Recent advances in medicinal, aromatic and spice crops In: International Conference Held, 1989, New Delhi, India. Proceedings ... New Delhi, 1989. v.1, p.159-61, 1989.
- Sánchez, M., sf, Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa" 28-30. 50 pg.
- Sangwain, N.K. et al. Nematicidal activity of essential oils of *Cymbopogon grasses*. Nematológica, v.31, n.1, p.93-9, 1985.
- Schelz, Z., Molnar, J. & Hohmann J. (2006) Antimicrobial and antiplasmodial activities of essential oils. Fitoterapia 77: 279-285.

- Srivastava, S.; Gupta, K.C.; Agrawal, A. Effect of plant product on *Calosobruchus chinensis* L. infection on redgram. *Seed Research*, v.16, n.1, p.98-101, 1988.
- Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos*. Bogotá D.C.: CYTED.
- Sepúlveda, G; Porta, H.; Rocha, M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de fitopatología*. Vol. 21. No. 1. 355-363 p.
- Singh, R.; Chaudary, J.P. Effect of plant species on post-embryonic development and survival of armyworm (*Mythimna separata*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v.58, n.11, p.873-5, 1988.
- Soto R, Vega G, Barrios A. Método para el cálculo del área foliar en Caña santa (*C. citratus*). *Rev Ciencia Técn MINIL* 1984;2(5):39-41.
- Tabanca, N., Wang, M., Avonto, C., Chittiboyina, A G., Parcher, J. F., Carroll, J. F., Khan, I. A. (2013). Bioactivity-guided investigation of geranium essential oils as natural tick repellents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(17), 4101-4107.
- Tamayo P J .2007. Enfermedades del aguacate. *Revista Politécnica* 4:52-71.
- Taylor WG, Schereck CE.1985. Chiral-phase capillary gas chromatography and mosquito repellent activity of some oxazolidine derivatives of (+)-and(-)-citronellol. *J Pharm Sci*. 74(5):534-539.
- Teliz, D. 2000. *El aguacate y su manejo integrado*. 1ª. Edición. edición Mundi-Prensa. México. 219 p.
- Téliz O D y Mora A J A. 2007. El manejo integral del aguacate. In Téliz,O D; Mora A. *El aguacate y su manejo integral* 2a. ed(Eds).Editorial Mundi-Prensa, Méx.D.F., p 287-306.
- Terzi, V., Morcia, C., Faccioli, P., Vale, G., TacconiG. Y Malnati, M. In vitro antifungal activity of the tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oil and its major components against plant pathogens. *Letters in Applied Microbiology* 44: 613-618.

- Tracz, B.L., Bordin, K., Nazaneth, T, Costa, L.B., Macedo, R., Meca,G. y Luciano, F. 2017. Assessment of allyl isothiocyanate as a fumigant to avoid mycotoxin production during corn storage. *LWT-Food Science and Technology* 75: 692-696
- Tsao, R .; Peterson, CJ; Coats, JR Productos de descomposición de glucosinolato como fumigantes de insectos y su efecto sobre la emisión de dióxido de carbono de los insectos. *BioMed Central Ecology*, v.2, p.1-7, 2002.
- Torres, H. 2002. Rizoctoniasis; Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro internacional de la papa (CIP). pg 19-22.
- Usepa (2010). Types of Pesticides. United States Environmental Protection Agency [en línea]. <http://www.epa.gov/pesticides/about/types.htm>. 12/03/2010.
- Vaillant Flores, D., Romeu Carballo, C., Ramos Ramos, E., Gonzales Garcia, M., Ramirez Ochoa, R., & Gonzalez Peton, J. (2009). Efecto inhibitorio in vitro de cinco monoterpenos de aceites esenciales sobre un aislado de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad*, 13(3),197-200.
- Vanhaelen M, Vanhae-Fastre R, Geeraerts J. 1978. Volatile constituents of *Trichothecium roseum*. *Sabouraudia* 16: 141-150.
- Vasconcelos, TB, Ribeiro-Filho, HV, Lucetti, LT,& Magalhaes,PJC. 2016. B-Citronelol, un monoterpeno alcoholico con propiedades inhibitoras sobre la contractilidad de la traquea de rata. *Revista Brasileira de Investigacion Medica y Biologica*, 49(2), e4800.
- Walker, J. CH. 1965. *Patología Vegetal*. Tercera Edición. Ediciones OMEGA. Barcelona. Pág. 321,322, 323.
- Weiss E A (1997). *Essential Oil Crops*. Cab International: New York, USA, pp. 417-511.

- Wilson, C. L.; A. El Ghaouth and M. E. Winiewski. 1999. Prospecting in nature's storehouse for biopesticide. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17: 49-53.
- Wydro, K., Flasiński, M. y Romanczuk, Carolina. 2017. Essential oils as food eco-preservatives: Model system studies on the effect of temperature on limonene antibacterial activity. *Food Chemistry* 235: 127-135.
- Wydro, K. y Szydło K. 2016. The influence of environmentally friendly pesticide-Eucalyptol- alone and in combination with terpinen-4-ol – on model bacterial membranes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 146:918-923
- Worfel, RC; Schneider, KS; Yang, TCS Efecto supresor del isotiocianato de alilo en la población de plagas de insectos almacenados. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.21, p.9-19, 1997.
- Wu, H .; Zhang, G .; Zeng, S .; Lin, K. La extracción de isotiocianato de alilo a partir de rábano picante (*Armoracia rusticana*) y su actividad insecticida fumigante en cuatro plagas de productos almacenados de arroz. *Pest Management Science*, v.65, p.1003-1008, 2009.
- Yengle, M., Palhua, R., Lescano, P., Villanueva, E., Chachi, E., Yana, E., ... & Gutiérrez, C. (2008). Prácticas de utilización de plaguicidas en agricultores en el distrito de Huaral-Perú, noviembre 2008. *Revista Peruana de Epidemiología*, 12(1), 2.