

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación *In vitro* de Extractos Vegetales de *Proboscidea parviflora* W sobre
Pythium amazonianum de Aguacate

Por:

DANIELA TAPIA RODRÍGUEZ

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación *In vitro* de Extractos Vegetales de *Proboscidea parviflora* W sobre
Pythium amazonianum de Aguacate

Por:

DANIELA TAPIA RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor



M.C. Antonio Orozco Plancarte
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por estar conmigo por guiarme y darme la oportunidad de vivir cada día como si fuera el último.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, que me dio las bases para mi formación y así poder terminar una carrera profesional.

A la **Dra. Yisa María Ochoa Fuentes**, por su apoyo y dejarme ser parte de esta investigación, así como todas las facilidades que dio para su realización, por brindarme mucho de su conocimiento además de ser una excelente profesora y estar al pendiente de dicho proyecto.

Al **M.C Antonio Orozco Plancarte**, por permitirme ser parte de este proyecto por confiar en mí brindándome siempre su apoyo, comprensión, por todas las enseñanzas y conocimientos que me ha compartido, por ser una gran persona y sobre todo por brindarme su amistad.

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**, por su atención sus consejos y por ser un gran profesor y tutor gracias por todo su apoyo.

A los **Doctores, Maestros en Ciencias, Ingenieros** del Departamento de Parasitología que fueron parte de mi formación a lo largo de estos 4 años quienes me compartieron sus conocimientos y por supuesto de sus consejos muchas gracias profesores.

A mis compañeros de la **Generación CXXIV**, gracias a ustedes viví buenos momentos que nunca olvidare.

DEDICATORIAS

A mi hermano

José Napoleón Tapia Rodríguez, quien me dio la oportunidad de seguir estudiando, gracias hermano por mostrarme el camino del bien con tus consejos con tu amor gracias por brindarme la confianza por haber creído en mi por seguir creyendo en mi sin ti no lo hubiera logrado sabiendo todos los sacrificios que tuviste que hacer para que yo terminara y cumpliera el sueño de ser alguien en la vida, con todo mi cariño y gratitud soy quien soy gracias a ti te amo con todo mi corazón.

A mis padres

Toribio Tapia Pérez y Francisca Rodríguez Pérez

Gracias papas por confiar en mí por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, por estar siempre pendiente y no dejarme nunca, por su apoyo ante los problemas que tuve que enfrentar ayudándome siempre a levantarme y creyendo siempre en mi en que lo lograría, sé que también tuvieron que hacer bastantes sacrificios para que yo pudiera lograr mi sueño que también fue su sueño por eso hoy les digo mil gracias no pude haber tenido mejores papas que ustedes mi gran bendición los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas

Leticia Tapia Rodríguez, Lucero Tapia Rodríguez, Cristal Tapia Rodríguez, gracias por todo su apoyo incondicional alentándome en todo momento para seguir adelante, por confiar y creer en mí las quiero mucho.

(+) María de los Ángeles Tapia Rodríguez, a ti hermanita que no tuve la dicha de haberte conocido, pero sé que desde el cielo me cuidas y que te has de sentir muy orgullosa y feliz de mi por verme terminar mis estudios ten por seguro que algún día nos vamos a conocer te quiero mucho un abrazo hasta donde quiera que estés.

A mis abuelitos

(+) Venancio Tapia Pérez, sé que estas feliz porque logré mi sueño y que me estarás acompañando el día de mi graduación te quiero abuelito.

Tomasa Pérez Maya

Gracias mami por estar aquí le doy gracias a Dios por permitirnos tenerte aún en nuestras vidas te quiero mucho abuelita.

(+) Fernando Rodríguez Pérez y (+) María Pérez Flores

Sé que desde el cielo me cuidan y están muy felices al igual que yo de verme terminar una gran etapa de mi vida.

A mis sobrinos

Axel Yair Maya Tapia, Dulce Abril Maya Tapia e Iram Daniel Maya Tapia gracias chiquitos por su cariño pues también es por ustedes mis logros, esperando ser para ustedes un buen ejemplo y guiarlos para que en algún futuro ustedes también puedan cumplir sus sueños.

A **Miguel Ángel Montaña Balcázar** por haber formado parte de este proyecto ayudándome siempre en todo momento por ser mi guía dentro y fuera de la escuela enseñándome que si trabajas duro y te esfuerzas se consigue lo que uno desea mil gracias chaparro por haberme hecho muy feliz, por todo tu apoyo buscando siempre lo mejor para mí, eres una gran persona te quiero con todo mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	4
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen del Aguacate.....	5
Historia del Aguacate.....	5
Taxonomía del Cultivo.....	6
Importancia Económica del Aguacate.....	6
Propiedades Medicinales del Aguacate.....	7
Composición Química del Aguacate.....	8
Vitaminas y Minerales del Aguacate.....	8
Producción Mundial de Aguacate.....	9
Producción Nacional de Aguacate.....	10
Municipios Productores en Michoacán.....	11
Enfermedades Presentes en el Aguacate.....	12
Tristeza del aguacatero (<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands).....	13
Importancia.....	14

A nivel internacional	14
A nivel nacional.....	14
Taxonomía.....	14
Fase Asexual.....	15
Esporangióforo.....	15
Fase Sexual.....	17
Oogonio.....	17
Anteridio	17
Oospora	18
Síntomas y Hospederos	18
Síntomas.....	18
Hospederos	19
Epidemiología en el desarrollo de la enfermedad	19
Diseminación del oomycete	20
Proceso de infección.....	20
Condiciones que favorecen el desarrollo.....	20
Factores que influyen en la biología y patogenicidad.....	21
Ciclo de Vida	22
<i>Pythium</i> sp.	23
Hospederos	24
Síntomas.....	24
<i>Proboscidea parviflora</i> W	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Ubicación del Experimento	26
Microorganismo evaluado	26
Elaboración de Extractos	26

Recolecta de material vegetal	26
Desinfección de muestras.....	27
Preparación de extractos	27
Obtención de extractos crudos.....	27
Evaluación de Extractos.....	28
Pruebas preliminares.....	28
Prueba No. 1. Efecto de los extractos vegetales sobre el crecimiento micelial de <i>P. amazonianum</i>	28
Establecimiento del experimento	28
Pruebas de efectividad	29
Establecimiento de las pruebas	29
Diseño experimental	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Ventana biológica (pruebas preliminares)	31
Pruebas de efectividad de los extractos de <i>P. parviflora</i> sobre <i>P. amazonianum</i>	34
CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 . Características de la grasa cruda en pulpa de aguacate (en g por 100g de material fresco).....	8
Cuadro 2. Características de la fracción mineral en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).....	8
Cuadro 3. Características de las vitaminas en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).....	9
Cuadro 4. Estados productores de Aguacate.....	11
Cuadro 5. Principales municipios productores de aguacate en el estado de Michoacán (SIAP, 2014).....	12
Cuadro 6. Elaboración de extractos vegetales de <i>P. parviflora</i> W.....	31
Cuadro 7. .Efecto inhibitorio (%) de crecimiento de micelio de <i>Pythium amazonianum</i> por extractos vegetales de <i>Proboscide parviflora</i>	32
Cuadro 8. Concentraciones inhibitorias (<i>Ci</i> 50, <i>Ci</i> 70 y <i>Ci</i> 90) de los extractos de <i>P. parviflora</i> W. sobre el crecimiento de micelio de <i>P. amazonianum</i>	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales Países productores de Aguacate en el Mundo.	10
Figura 2. Micelio típico de <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands (Waterhouse, 1963).....	15
Figura 3. Diagrama del ciclo de vida de <i>Phytophthora cinnamomi</i> que causa la tristeza del aguacatero tomado de (Mora <i>et al.</i> , 1994).	23
Figura 4. Ubicación del experimento.....	26
Figura 5. Comportamiento inhibitorio (%) de <i>P. amazonianum</i> por extractos de <i>P. parviflora</i> W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la Ci50.....	35
Figura 6. Comportamiento inhibitorio (%) de <i>P. amazonianum</i> por extractos de <i>P. parviflora</i> W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la Ci70.....	36
Figura 7. Comportamiento inhibitorio (%) de <i>P. amazonianum</i> por extractos de <i>P. parviflora</i> W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la Ci90.....	37

RESUMEN

Recientemente han asociado a *Pythium amazonianum* como otro de los agentes causales de la enfermedad tristeza del aguacatero, la contaminación del medio ambiente se debe a los productos químicos que utilizan para su control, es por eso que la presente investigación se desarrolló con el objetivo de realizar un producto más amigable con el medio ambiente utilizando extractos vegetales de *Proboscidea parviflora* W., que puedan controlar el crecimiento del patógeno en condiciones *in vitro*. Los extractos fueron elaborados en el laboratorio de toxicología perteneciente al departamento de parasitología de la UAAAN, se determinaron los porcentajes de inhibición, las concentraciones inhibitorias y los tiempos de inhibición, utilizando la técnica del medio envenenado en donde se evaluaron varias concentraciones de los extractos. Obteniendo como resultados que los extractos de *P. parviflora* W., presentan control, inhibiendo el desarrollo del micelio de *P. amazonianum*.

Palabras clave: *Pythium amazonianum*, *Proboscidae parviflora* W, Extractos.

INTRODUCCIÓN

México es el principal productor y exportador de aguacate en el mundo, cada año se producen alrededor más de un millón 644 mil toneladas. Michoacán es el estado de la República Mexicana que más aguacates produce aporta además cuatro quintas partes del total nacional de la producción de este fruto (SIAP-SAGARPA, 2014).

En el 2015 México reportó exportaciones de aguacate por 774,600 toneladas valuadas en 1,500 millones de dólares, un crecimiento del 13% en un año, nuestro país es el primer productor y exportador mundial del llamado “oro verde” el cual es comercializado con mucho éxito, principalmente en Estados Unidos y Canadá. Otros países a donde se exporta son Japón, Francia, Taiwán, El Salvador, Holanda, España, Honduras, Rusia, Bélgica, Canadá, Costa Rica, Alemania, China, Corea, Dinamarca, Australia, Inglaterra y Nueva Zelanda (SAGARPA, 2016).

Cabe recordar que México, además de ser el principal productor y exportador, es el consumidor número uno de aguacate en el mundo. En el estado de Michoacán se cultivan más de 127 mil hectáreas de aguacate de la variedad Hass. El cultivo del aguacate genera aproximadamente 250 mil empleos directos e indirectos. Esta actividad, por lo tanto, ha contribuido significativamente en la generación de empleo (SAGARPA, 2016).

Pudrición de la raíz también conocida como tristeza del aguacatero., es la enfermedad más importante del aguacate, es causada principalmente por el hongo *Phytophthora cinnamomii*. El hongo causante ataca la base del tallo y lo coloniza totalmente, evita la absorción de agua y su transporte al follaje, produce marchitez, secamiento y muerte repentina del árbol, las pérdidas anuales atribuidas a esta enfermedad has sido estimuladas e US \$ 30.000.000. (Coffey, 1992).

Una vez que las plantaciones se infectan con *Phytophthora cinnamomi*, no es usual que las técnicas de cultivo proporcionen un control completo para la pudrición de raíces, por lo que se pueden requerir productos químicos para reducir la severidad de la enfermedad. Durante los años 80, se pudo disponer de fungicidas efectivos para el control de la pudrición de raíces por *Phytophthora*. El Metalaxyl (Ridomil)(R) fue el primero de esta nueva generación de fungicidas e inicialmente proporcionó un buen control para la pudrición de raíces. Sin embargo, después de un uso continuado en una misma plantación durante tres años, este fungicida perdió su efectividad (Whiley, 1990). Esto se debió aparentemente a la biodegradación acelerada del metalaxyl en el suelo.

El grupo de fosfatos que incluye Aliette-Ca(R) y Fosject- 200(R) han resultado ser productos químicos más exitosos, y actualmente se usan para ayudar al control de la pudrición de raíces. Ambos se recomiendan para ser inyectados en troncos y se utilizan con un fin restaurador del árbol y como protector ante la enfermedad (PEGG *et al.*, 1987). Esto se refiere al tiempo de aplicación del fungicida inyectado en relación a la fenología del árbol (Whiley, 1990).

Ante la creciente preocupación social relacionada con los efectos sobre el ambiente y la seguridad alimentaria, planteada por el uso excesivo de los productos de síntesis química para el control de plagas y enfermedades de los cultivos; surge un nuevo término conocido como “Biopesticida”. Etimológicamente un biopesticida es cualquier pesticida de origen biológico, es decir, los organismos vivos o las sustancias de origen natural sintetizadas por ellos y minerales. Los pesticidas de origen vegetal o fitopesticidas se conocen y se han usado desde hace más de un siglo, sin embargo, a mediados del siglo pasado con la llegada de las moléculas de síntesis química de mayor eficacia, acción prolongada, persistencia y facilidad de empleo; su uso disminuyó fuertemente. Actualmente la preocupación por el ambiente y la seguridad alimentaria ha motivado el interés por el descubrimiento y la utilización de agentes naturales en la protección de cultivos, enfocando numerosas investigaciones a caracterizar extractos de plantas y sus compuestos secundarios (Tello *et al.*, 2010).

Los extractos vegetales o biopreparados son sustancias y mezclas de origen vegetal, animal o mineral presentes en la naturaleza que tienen propiedades nutritivas para las plantas o repelentes y atrayentes de insectos para la prevención y control de plagas y/o enfermedades (Riquelme, 2008).

A lo largo de la historia, los biopreparados se han desarrollado a partir de la observación empírica de los procesos y efectos de control que realizan dichos productos. Por este motivo, la mayor parte de los biopreparados no tienen un autor definido y, en muchos casos, ni siquiera se conoce con precisión la ciudad o el país de origen. En los últimos años, estos procesos de observación que han realizado principalmente los agricultores, han comenzado a interesar a los investigadores, empresas e instituciones gubernamentales que han planteado su uso extensivo y comercial para la agricultura de pequeña y gran escala (Riquelme, 2008).

El extracto de ajo tiene efecto inhibitorio sobre siete especies de hongos (*Penicillium italicum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.* y *Pythium sp.*) (Stauffer *et al.*, 2000).

Extractos: Se elaboran extrayendo el líquido a las flores con propiedades insecticidas, repelentes de insectos o controladoras de enfermedades. Se utilizan flores frescas, en lo posible recién abiertas. Se cortan, humectan, empastan con la ayuda de algún mezclador. El extracto se debe conservar en un frasco preferentemente oscuro. Un ejemplo muy común es el extracto de Manzanilla (*Matricaria chamomilla*) que protege a las plantas de hongos e insectos chupadores (Riquelme, 2008).

Stauffer *et al.* (2000), evaluaron los extractos de 98 especies vegetales pertenecientes a 46 familias botánicas para determinar su posible efecto fungicida o bactericida. Nueve de los extractos evaluados (ajo, cebolla, quebracho colorado, agríal, palo santo, chirca, guayaba, eucalipto y pino) demostraron inhibición de crecimiento de la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. La inhibición del crecimiento fungoso solo se obtuvo con extractos de ajo y cebolla. El extracto de ajo tuvo efecto inhibitorio sobre siete especies de hongos (*Penicillium italicum*,

Aspergillus flavus, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.* y *Pythium sp.*). El efecto de la cebolla fue menor en intensidad y afectó sólo a *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.* y *Pythium sp.*

Justificación

Debido a que en la actualidad entro en vigor la Ley sobre la Modernización de la Inocuidad Alimentaria que establece los requisitos para poder exportar aguacate a los Estados Unidos (Food Safety Modernization Act / FSMA) y sin ellos no sería posible la exportación, además del uso ineficiente de los químicos para el control de enfermedades, contaminación del medio ambiente y a la fauna benéfica, se busca realizar y evaluar un producto biorracional a través de extractos vegetales ya que en México no se ha trabajado con extractos como alternativa del control de la tristeza del aguacatero.

Objetivo

Evaluar extractos Vegetales Acuósos, Etanólicos, Hexanólicos de diferente parte de la planta de *P. parviflora* W., sobre *P. amazonianum* en condiciones de laboratorio.

Hipótesis

Se espera que por lo menos un extracto de los evaluados muestre un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de *P. amazonianum* superior al 70%.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Aguacate

El aguacate es un árbol originario de Mesoamérica, su origen tuvo lugar en la parte centro de México y en algunas partes altas de Guatemala, donde ya se cultivaba con anterioridad a la llegada de los españoles. El nombre del aguacate proviene del náhuatl (Ahuacatl), palabra que significa “testículos del árbol”. Su nombre científico es *Persea americana* y proviene de la familia laurácea (SAGARPA, 2011).

Historia del Aguacate

La historia del aguacate en México, de acuerdo a los antecedentes podemos mencionar que en un inicio en el México precolombino ya realizaban selección de frutos de aguacate encaminados a obtener los de mayor tamaño y de semilla pequeña, sin embargo, desde el descubrimiento de América permaneció desconocido hasta finales del siglo XIX, cuando se produjo el acontecimiento que marcó la expansión de la primera industria productora de aguacate con la introducción de la variedad Fuerte a California en 1911, con material procedente de Atlixco Puebla, México (Bergh, 1972).

México es uno de los países con amplia diversidad de tipos de aguacate y existen en el país al menos 20 diferentes especies relacionadas con el aguacate. Esta gran variabilidad puede ser debida a diferentes condiciones ambientales presentes a lo largo y ancho del territorio nacional y a la naturaleza que le ha conferido al aguacate, mecanismos que hacen maximizar el cruzamiento con otros tipos, y por lo tanto incrementa la variabilidad genética y por ende ampliar la adaptación a un mayor número de ambientes (Bergh, 1992).

Taxonomía del Cultivo

Fersini (1975), describe al aguacate dentro de la siguiente clasificación.

Clase: Dicotiledoneas

Subclase: Diapétales

Orden: Ranales

Familia: *Lauraceae*

Género: *Persea*

Especie: *P. americana*

Importancia Económica del Aguacate

En el estado de Michoacán se cultivan más de 127 mil hectáreas de aguacate de la variedad Hass. El cultivo del aguacate genera aproximadamente 250 mil empleos directos e indirectos. Esta actividad, por lo tanto, ha contribuido significativamente en la generación de empleo (SAGARPA, 2017).

En el segundo trimestre de 2016 la producción experimentó un crecimiento negativo de 43% respecto al mismo trimestre del 2015. Entre las causas de la reducción en la producción se encuentra el factor estacional y las condiciones climatológicas observadas a principios del 2016. Lo anterior se tradujo en un considerable incremento en los precios del aguacate al mayoreo, los cuales en el segundo trimestre de 2016 crecieron 37% respecto al mismo periodo del 2015. En específico, se encontró que en junio de 2016 el precio del aguacate Hass de mayoreo procedente de Michoacán y vendido en la central de abastos de la Ciudad de México alcanzó los 42 pesos por kilo, lo que se tradujo en un precio al menudeo de 57 pesos por kilo (SAGARPA, 2017).

Propiedades Medicinales del Aguacate

De acuerdo con el Instituto de Nutraceuticos (The Nutraceuticals Institute) los nutraceuticos (compuestos a los que comúnmente también se les conoce como fitoquímicos o alimentos funcionales) son compuestos químicos bioactivos naturales que tienen propiedades medicinales o que promueven la salud o previenen la enfermedad (Wildman, 2001).

En este sentido, la pulpa de aguacate contiene antioxidantes, como la vitamina E o tocoferoles así como glutatión, los cuales actúan como estabilizador de las membranas celulares y neutralizan los radicales libres causantes del estrés oxidativo celular (envejecimiento, enfermedades degenerativas, cáncer) de acuerdo con (Gómez, 1991., Calderón, 2006).

Por otra parte, también se ha mencionado que es fuente considerable de luteína (248 mg/100 g), carotenoide que ayuda a proteger el ojo de enfermedades como cataratas. La cantidad de β - sitosterol en esta fruta es similar al encontrado en la soya y olivas (aceitunas), el cual se ha relacionado con la inhibición de tumores cancerosos (Gómez, 1991).

En otros estudios se ha señalado que el aguacate es una fruta libre de colesterol a pesar de ser una importante fuente de energía. De acuerdo con la Comisión Californiana del Aguacate, éste contiene más potasio que un plátano, y aporta aproximadamente el 10% de los requerimientos diarios de hierro de un adulto; además de proveer altas cantidades de β - carotenos y vitaminas B6, C, E, ácido fólico y cobre (Bautista y Ortega, 2002).

También es ampliamente empleado en cosmetología para la preparación de cremas hidratantes, geles de baño, acondicionadores del cabello, lápices labiales, lociones bronceadoras y protectores solares (Human, 1987).

Por otra parte, se ha mencionado que la cáscara del aguacate permite hacer un laxante casero de mucha utilidad para aquellas personas de digestión lenta y con síndrome de colon irritable (Calderón, 2006).

Composición Química del Aguacate

De acuerdo con datos de valor nutritivo de alimentos, informados por Muñoz y Ledezma (2002), se puede observar que los aguacates poseen un alto porcentaje de grasas totales.

Cuadro 1 . Características de la grasa cruda en pulpa de aguacate (en g por 100g de material fresco).

Concepto	Valor
Grasas totales	13.0
Colesterol, mg	
Ácidos grasos	
Saturados totales	2.44
Mono insaturados	8.97
Poliinsaturados	1.84

(Muños y Ledesma, 2002)

Vitaminas y Minerales del Aguacate

Cuadro 2. Características de la fracción mineral en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco)

Concepto	Valor
Calcio	24.00
Fósforo	42.00
Hierro	0.50
Magnesio	45.00
Sodio	4.00
Potasio	604.00
Zinc	0.42

(Muños y Ledesma , 2002)

La pulpa de aguacate contiene la mayoría de las vitaminas hidrosolubles, así como retinol. Sin embargo, no se ha informado la presencia de cobalamina en la pulpa de aguacate.

Cuadro 3. Características de las vitaminas en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).

Concepto	Valor
Retinol	20.00
Ácido ascórbico	14.00
Tiamina	0.09
Riboflavina	0.14
Niacina	1.90
Piridoxina	0.28
Ácido fólico	62.00
Cobalamina	-

(Muños y Ledesma, 2002)

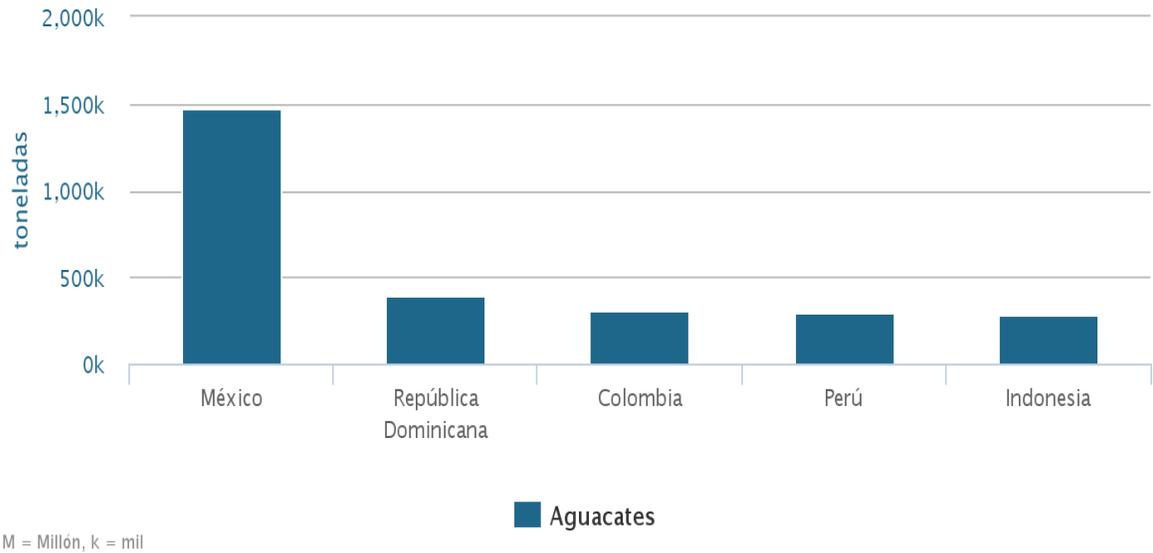
Producción Mundial de Aguacate

A nivel mundial, México es el principal productor de aguacate: en 2012 concentró 30.19% de la producción mundial, seguido de Indonesia y de República Dominicana (6.75% y 6.65% respectivamente) (FAOSTAT, 2016).

Lo que resalta el peso que tiene México en la producción de aguacate y su papel como país fijador de precios.

En México la producción de aguacate ha crecido de manera importante en los últimos años, entre 2002 y 2015 la tasa de crecimiento promedio anual fue del 4.2%, mientras que entre 2011 y 2015 el crecimiento promedio fue del 8.7% (SIAP, 2016).

Figura 1. Principales Países productores de Aguacate en el Mundo.



Fuente;(FAOSTAT 2013)

México ha crecido de manera constante, lo que se debe en gran medida a la mayor aceptación y popularidad del producto mexicano en el mercado mundial. En el 2015 se obtuvieron en total un millón 624 mil toneladas de aguacate, en tanto que hasta julio del 2016 la producción alcanzó las 986 mil toneladas (SIAP, 2016).

Producción Nacional de Aguacate

Cabe destacar que la producción de aguacate en México está muy concentrada. Michoacán es la entidad federativa con la mayor producción, la cual ha oscilado entre el 85 y 80% del total nacional siendo los últimos años los de menor participación (SIAP, 2016).

Hasta julio del 2016 Michoacán ha producido 808 mil toneladas de las 986 mil producidas en el país. Después de Michoacán, las entidades que más producen aguacate son Jalisco y el Estado de México, pero la diferencia respecto del líder es demasiado amplia (SIAP, 2016).

A partir del 2011 el estado de Jalisco ha incrementado su participación en la producción nacional: en el 2016 ha producido casi el 10% del total nacional,

mientras que en el 2011 sólo produjo el 3.3%. Cabe resaltar que el Estado de México también ha ganado participación respecto de la producción nacional (SIAP, 2016).

Por su parte, en Michoacán la superficie sembrada creció 36% durante el mismo periodo. Otro dato interesante es el de las toneladas obtenidas por hectárea sembrada. Mientras que en el 2011 Jalisco obtenía 6.52 toneladas por hectárea (ton/ha), Michoacán obtuvo 10.42 ton/ha. Para lo que va del 2016, los datos son muy diferentes, Jalisco obtuvo 6.1 ton/ha y Michoacán 6.53 ton/ha (SIAP, 2016).

Lo anterior muestra que hubo una reducción en el rendimiento por hectárea en Michoacán. Aunque la participación de Michoacán en la producción nacional de aguacate ha disminuido en los últimos años, sigue siendo el mayor productor. De manera que las fluctuaciones en la producción nacional obedecen en gran medida a la producción de Michoacán (SIAP, 2016).

Cuadro 4. Estados productores de Aguacate

Estados Productores	Producción Toneladas 2013	Producción Toneladas 2014
Michoacán	1,193,751.21	1,219,553.58
Jalisco	87,367.78	100,250.33
México	56,672.94	64,928.13
Nayarit	34,345.10	36,691.01
Morelos	27,485.98	27,656.05
Guerrero	14,164.57	14,827.79
Puebla	12,856.08	11,758.05
Yucatán	11,478.10	10,980.00
Chiapas	7,084.51	7,547.55
Oaxaca	4,802.94	5,484.48
Durango	3,417.62	3,442.72
Hidalgo	2,357.85	3,040.30
Nuevo León	2,040.54	3,466.03

(SIAP, 2015)

Municipios Productores en Michoacán

Siendo el estado de Michoacán el principal productor, con una aportación de 1,219,553.58 ton, lo que representa un 80.19% de la producción total del país (SAGARPA-SIAP, 2014). Representan el 60.2% de la superficie total plantada en el estado, es

decir 127, 048.07 ha, con un rendimiento de 10.28 t/ha, un valor de producción 17, 452,759.26 miles de pesos (SAGARPA-SIAP, 2014).

Cuadro 5. Principales municipios productores de aguacate en el estado de Michoacán (SIAP, 2014).

Municipio	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Tancítaro	21,600.00	21,600.00	206,812.00	9.58	2,707,457.89
Tacámbaro	14,232.00	13,760.00	140,782.18	10.23	2,134,622.28
Salvador E.	14,194.00	12,793.00	141,822.00	11.09	1,992,804.88
Uruapan	14,030.00	14,030.00	141,107.80	10.06	2,012,418.50
Ario	12,536.00	11,445.00	128,058.50	11.19	1,782,663.96
Peribán	12,393.00	12,378.00	137,268.22	11.09	2,179,778.26
Nuevo Parangaricutiro	6,500.00	6,500.00	63,339.00	9.74	911,208.32
Ziracuaretiro	3,770.00	3,770.00	34,935.50	9.27	496,220.73
Los Reyes	3,769.60	2,890.00	33,166.00	11.48	512,555.05
Tingambato	3,036.00	3,036.00	29,259.00	9.64	388,929.76

Enfermedades Presentes en el Aguacate

Las enfermedades están entre los factores que más limitan la productividad y la longevidad del árbol. La importancia de un organismo fitopatógeno varía dependiendo del país, región productora y el tipo de mercado (nacional o internacional) y puede estar dada por la distribución y severidad de daños que los patógenos ocasionan o por su importancia cuarentenaria para un país importador (Téliz y Mora, 2007).

En general, el establecimiento y diseminación de enfermedades en un huerto de aguacate obedece a un mal manejo del cultivo.

Tristeza del aguacatero (*Phytophthora cinnamomi* Rands)

Es una enfermedad causada por *Phytophthora cinnamomi* R., descubierta por Rands en 1922 en Sumatra aislándola de árboles de canela *Cinnamomun burmanii*, siendo el patógeno más importante en arboles forestales, pero también es destructivo en plantas ornamentales leñosas (Rododendros y otras Ericáceas) y en huertos de cultivo de aguacate (Robin *et al.*, 2012). Esta enfermedad es una de las más destructivas del árbol de aguacate (Zentmyer, 1980).

Sin embargo, este oomicete es un patógeno de una gran amplia variedad de plantas herbáceas, frutales, hortalizas y de un buen número de plantas ornamentales (Zentmyer, 1980). Este pseudohongo se considera como uno de los patógenos más ampliamente distribuidos y más notorios que existen, además de que tiene un potencial destructivo muy elevado (Zentmyer, 1980). La enfermedad considerada como de gran importancia, causada por este patógeno, es la pudrición de raíces de aguacate, conocida como “la tristeza del aguacatero”. El primer reporte publicado de esta enfermedad fue en Puerto Rico en 1927, pero fue hasta 1942 cuando *Phytophthora cinnamomi* se aisló del aguacate (Marais *et al.*, 2002). En México se ha detectado en las zonas aguacateras de Michoacán, Puebla, Chiapas, Veracruz, Nayarit y Morelos (Téliz *et al.*, 1992). En Querétaro, Qro y Comonfort, Gto. *P. cinnamomi* causó la desaparición casi completa del cultivo del aguacate (Téliz *et al.*, 1992).

Importancia

A nivel internacional

La tristeza es la enfermedad más importante del aguacatero en el mundo y es causada por el oomycete *P. cinnamomi* Rands uno de los patógenos más destructivos que ocasiona la muerte de los árboles (Weste, 1994). En Australia el patógeno se ha encontrado como parte de la micro flora de sus suelos forestales y en 1965 se le considero el problema más fuerte. Perú 1950, se calcularon 50 mil árboles enfermos. También se le ha encontrado en Brasil, Trinidad, Cuba, Puerto Rico, Hawái, Honduras y Argentina (Vidales, 1999).

A nivel nacional

En México se ha encontrado en Tamaulipas, Puebla, Chiapas, Veracruz, Nayarit, Morelos.

En Michoacán, se detectó en 1977 y se encontraron 13 mil árboles enfermos. En el año de 1999 se estimaron unos 350 mil árboles enfermos en los municipios de: Uruapan, San Juan Nuevo, Tancítaro, Tinguindín, Los Reyes y Ziracuaretiro (Vidales, 1999).

Taxonomía

Dominio: Protista

Phyllum: Heterokontophyta

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Phythiaceae

Género: *Phytophthora*

Especie: *P. cinnamomi*

Phytophthora cinnamomi Rands presentan dos tipos de reproducción: asexual (con la formación de clamidosporas y esporangios, que contienen las zoosporas) y sexual (mediante la formación de oosporas (Waterhouse, 1963).

Micelio

Posee un micelio hialino, continuo, de paredes paralelas o irregularmente calibradas, donde pueden observarse abundantes gotas oleaginosas. El micelio es cenocítico, toruloso, observándose solo raramente la presencia de algunos tabiques que normalmente se encuentran separando las partes viejas carentes de protoplasma (Figura 2) (Waterhouse, 1963).



(Figura 2. Micelio típico de *Phytophthora cinnamomi* Rands (Waterhouse, 1963).

Fase Asexual

Esporangióforo

El esporangióforo no se diferencia normalmente de las hifas, aunque en algunas ocasiones este puede ser más ancho o delgado que estas y puede presentar hinchamientos. La presencia de esporangios es común, son incoloros o de color amarillo tenue y de manera general se insertan terminalmente en el esporangióforo, aunque también puede estar intercalado. El esporangio muchas veces presenta vacuolas y al microscopio se observa un aspecto gránulos en su interior (Goodwin,

1997). Existen características del esporangio que son muy importantes para la taxonomía de las especies como su forma y tamaño, la presencia o no de la papila y sus dimensiones, de la manera en que estos se producen, así como la mayor o menor facilidad de este para desprenderse del esporangióforo, siendo también importante desde el punto de vista taxonómico la longitud del pedicelo que va unido al esporangio cuando este se desprende del esporangióforo (Zentmyer y Mitchell, 1986).

En la mayoría de las especies los esporangios se producen más abundantemente en presencia de luz, aunque el efecto de la misma es muy variable, llegando a estimularla en algunos casos e inhibiéndola en otros. La temperatura óptima para la producción de esporangios es de diferente y específica para cada especie, por lo que juega un papel destacado en la taxonomía, las mismas están comprendidas entre los 20 y los 28 °C (Zentmyer y Mitchell, 1986). Las especies de este género presentan además una forma de germinación directa, en la cual el tubo germinativo se origina, principalmente, a partir de la papila del esporangio, este a su vez puede dar lugar rápidamente al micelio o producir un nuevo esporangio, todo lo cual depende de las condiciones del medio de cultivo (Zentmyer y Mitchell, 1986). Las zoosporas son las estructuras primarias que causan una nueva infección de las raíces. Estas esporas pueden nadar cortas distancias en el suelo con elevada humedad, así como también pueden ser transportadas grandes distancias en el agua de irrigación o por las lluvias. Además de esta forma de dispersión *Phytophthora cinnamomi* pueden dispersarse en la naturaleza por el aire o siendo transportadas por la actividad de los humanos y algunos invertebrados (Ristaino y Gumpertz, 2000).

Los miembros de este género producen además clamidosporas, las cuales constituyen un órgano de conservación y supervivencia (Fernández y Martínez, 1987). Generalmente son de forma redondeada con una pared bien definida (más de 2 micras de espesor), siendo comúnmente intercalares aunque también pueden encontrarse en el extremo terminal de la hifa. Al principio las clamidosporas son hialinas, tornándose de un color amarillo o ligeramente marrón con la edad. Es

importante señalar que no se forman en todas las especies, por lo cual su presencia es importante para la taxonomía de las mismas (Fernández y Martínez, 1987). En cuanto a la influencia de la temperatura se plantea que un rango entre 18-30 °C es óptimo para que ocurra la germinación de las clamidosporas, aunque también se ha producido germinación entre 9-12 °C y a 33 °C. El pH óptimo para que ocurra este proceso está comprendido entre 5-7, aunque a valores de pH de 3-9 también se ha producido germinación de las clamidosporas (Zentmyer y Mitchell, 1986). Además es importante mencionar que las clamidosporas que persisten en el suelo constituyen también unidades infectivas (Gallo *et al.*, 2001).

Fase Sexual

Los órganos sexuales constituyen el elemento taxonómico más constantes y por tanto son de gran valor en la clasificación de las especies. No todas las especies los producen o se muestran inconstantes en cuanto a su formación, por lo que en algunos casos se requieren medios de cultivo especiales. Incluso en la naturaleza existen casos, donde no se ha observado la producción de estos órganos de reproducción (Ho, 1990).

Oogonio

Es de forma esférica o ligeramente ahusada, usualmente se encuentra en el ápice de una hifa, aunque también puede aparecer intercalado, separado del resto de la hifa por un grueso tabique. En cultivos jóvenes es hialino pero posteriormente, con el envejecimiento, se torna amarillo o ligeramente marrón. En la mayoría de las especies es suave y puede presentar ligeras protuberancias o verrugas en algunos casos (Zentmyer y Mitchell, 1986).

Anteridio

Presenta una forma variable, puede ser esférico, oval, en forma de clavo o cilíndrico. Observándose de manera habitual solitario, hialino y con una pared externa delgada. Su disposición respecto al oogonio puede ser anfigino o paragino, o ambas

a la vez, siendo importante tener en cuenta esta disposición para realizar la clasificación taxonómica de las especies (Zentmyer y Mitchell, 1986).

Oospora

Esta especie es heterotálica, las oosporas se forman cuando los tipos A1 y A2 se aparean (Zentmyer *et al.*, 1983). Las esporas se pueden formar sin fertilización en cultivos de tipo A2, cuando es incubado en extracto de raíces o en granos de avena (Zentmyer *et al.*, 1983). Siempre se presenta de manera individual, ocupando relativamente toda la cavidad del oogonio. Es de forma esférica, lisa o moderadamente verrugosa, y su coloración puede ser hialina o ligeramente amarillo oscuro (Zentmyer *et al.*, 1983). La formación de la oospora es el resultado de la fertilización de una oosfera uninucleada, la cual tiene lugar de diferentes formas según la posición del anteridio. Una vez que se ha formado la oospora está entra en un período de reposo en el cual se distinguen dos estados: Latencia constitutiva y Latencia exógena. Una vez terminado este período la oospora germina dando lugar a un tubo germinativo, que a su vez deriva en la formación de un esporangio, o con la formación del talo micelial (Zentmyer y Mitchell, 1986).

Síntomas y Hospederos

Síntomas

El pseudohongo vive en el suelo y pudre las puntas de las raíces con diámetro menor a 5mm produciendo una coloración café negruzca. Las raíces dañadas se fragmentan fácilmente. La absorción de agua y su transporte ascendente se reducen y este es el origen de los síntomas en follaje. Incluso, es interesante observar que los arboles sanos, debido a que esa agua no es absorbida por las raíces, no se logra enviar hacia arriba y transpirada por las hojas (Téliz *et al.*, 1993).

Las raíces presentan una pudrición con el centro de coloración oscura y consistencia quebradiza. La absorción de agua y su transporte ascendente se reduce, lo que produce el origen de los síntomas en el follaje. Cuando el árbol pierde más agua por transpiración que la absorbida por un sistema radical podrido por el

hongo, empieza a mostrar signos de síntomas de marchitamiento de hojas o tristeza, (Mora *et al.*, 2007).

Los síntomas que presenta esta enfermedad en el árbol son: muerte descendente, clorosis en el follaje, defoliación de ramas, pudrición de raíces, las raíces quebradizas y de color café oscuro (Ochoa, 2006). La enfermedad puede atacar árboles en cualquier edad, en las plantas enfermas se observa un decaimiento general de la parte aérea, una clorosis progresiva en todo el follaje, las hojas presentan un color amarillo y al mismo tiempo, el árbol produce gran cantidad de frutos pequeños que son generalmente abortados antes de llegar a su madurez. Los árboles pierden progresivamente su vigor con el avance de la enfermedad, posteriormente se presenta una defoliación y el árbol termina por morir (Zentmyer, 1985).

Hospederos

P. cinnamomi es un parasito facultativo y cosmopolita, es decir, es un habitante natural de la mayoría de los suelos de todo el mundo; se alimenta de restos de cosechas en descomposición, pero bajo condiciones favorables puede atacar las raíces vivas y el cuello de más de 600 plantas de interés económico para el hombre incluyendo piña, durazno, manzano, mango, papaya, azalea, aguacate, castaño, encinos, vid, cacao, eucaliptos, pinos, juníperos, cupresus, entre otras (Zentmyer, 1980).

Epidemiología en el desarrollo de la enfermedad

El microorganismo puede sobrevivir como clamidosporas en ausencia de hospederos o bajo condiciones desfavorables. Las raíces de plantas hospederas secretan sustancias químicas que estimulan la germinación de las clamidosporas y orientan el crecimiento del oomycete hacia la zona subapical de las raíces. El oomycete penetra y pudre las raíces afectando la absorción de agua. La cantidad de raíces absorbente disminuida a través del tiempo (Téliz *et al.*, 1993). El patógeno

continúa su desarrollo vegetativo en la raíz en forma de micelio, esporula en forma de esporangios, los cuales germinan e infectan directamente nuevas raíces.

Los esporangios producen zoosporas en su interior, las cuáles migran hacia la región subapical de nuevas raíces. Las clamidosporas son la fuente de inóculo primario, el micelio, esporangios y zoosporas causan infecciones secundarias repetidas (Téliz *et al.*, 1993). Si las condiciones del suelo favorecen al patógeno, habrá una pudrición abundante de raíces y una disminución en la absorción de agua y nutrimentos que el árbol necesita para mantener la turgencia, vigor y crecimiento del follaje y para la producción del fruto. Bajo estas condiciones se manifestarán síntomas de marchitamiento de hojas, defoliación y disminución de cantidad y calidad de frutos (Téliz *et al.*, 1993).

Diseminación del oomycete

En el campo puede efectuarse de diversas maneras, siendo más efectiva a través del movimiento del suelo, agua de riego (Zentmyer *et al.*, 1994) y plantas de vivero; esta última es la más importante en el movimiento del patógeno a zonas libres del problema como ha sucedido en el área aguacatera del estado de Michoacán (Vidales, 1999).

Proceso de infección

Las oosporas y clamidosporas junto con el micelio saprófito pueden ser transportados por el agua, en la tierra donde se encuentran, por el hombre en las labores agrícolas, animales, etc. dispersando la enfermedad hacia otras zonas. Cuando las condiciones de humedad y temperatura del suelo son favorables (15-30 °C) las oosporas y clamidosporas germinan, produciendo zoosporas que continúan el ciclo (Vidales, 1999).

Condiciones que favorecen el desarrollo

Las condiciones del suelo que predisponen a la planta al ataque del oomycete, son la compactación y la poca aireación en suelos pesados y arcillosos. El riego por

aspersión aumenta más la incidencia que cuando es aplicado por goteo debido al exceso de humedad. El patógeno requiere un pH de 6.5 para desarrollarse rápidamente y con las labores normales de cultivo puede desplazarse en el suelo (Gallo *et al.*, 2001). El ciclo asexual puede ser muy rápido en condiciones húmedas. Los esporangios se producen en esporangióforos y éstos liberan entre 20 a 30 zoosporas. La formación de zoosporas se altera por disminución de la temperatura, resultando en cambios en la expresión de un gran número de genes (Hardham, 2005). La germinación ocurre rápidamente después del enquistamiento y los tubos germinativos penetran la epidermis de la raíz. El tejido del hospedante es colonizado progresivamente y en tejidos susceptibles, la esporulación ocurre dentro de los tres días (Hardham, 2005).

Morfológicamente, el citoplasma se delimita en compartimientos uninucleados, con membranas formándose alrededor de cada uno, y éstos a su vez desarrollan flagelos y vacuolas de agua para la expulsión. En *P. cinnamomi*, pero no en todas las especies de *Phytophthora*, el material de la pared celular en el ápice del esporangio se expande dentro de una vesícula extra-esporangial dentro de la cual las zoosporas se liberan. La vesícula es efímera y las zoosporas se liberan rápidamente en el ambiente. Estas pueden viajar distancias que van desde varios centímetros y son atraídas hacia los potenciales sitios de infección en donde se enquistan. Posteriormente, un material mucilaginoso es secretado sobre la superficie que le sirve para fijarse (quiste) a la superficie del hospedante a pocos minutos del arribo e inmediatamente forma una pared celular (Hardham, 2005).

Factores que influyen en la biología y patogenicidad

La temperatura del suelo óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 20 °C. El micelio se desarrolla entre 7.5 y 28 °C con un óptimo entre 17.5 y 19.5 °C. Los esporangios se producen a temperaturas de 12 a 30 °C éstas zoosporas al estar libres nadan a través del agua e infectan a raíces sanas del huésped (Zentmyer, 1985). La curva de crecimiento de *P. cinnamomi* es similar a la del aguacatero, excepto a 35 °C, temperatura a la cual el aguacate puede crecer y el patógeno no. La humedad en el suelo es el principal factor ambiental que influye en el desarrollo

de *P. cinnamomi*. Las zoosporas y clamidosporas no sobreviven cuando la humedad es menor del 3% por dos semanas. El agua del suelo influye en el crecimiento de las hifas, formación de esporangios y movimiento de zoosporas. Por otra parte le permite al oomiceto sobrevivir cuando no está en contacto con la raíz del hospedero (Aveling y Rijkenberg, 1991).

Ciclo de Vida

El hongo sobrevive en el suelo por varios años en forma de clamidosporas u oosporas en raíces o residuos de aguacate y de otras plantas cultivadas o en la maleza (en México no se forman oosporas debido a la ausencia de cepa compatible del hongo) (Téliz, 2000). Las clamidosporas actúan como “semillas” de propagación y son resistentes a condiciones adversas del ambiente como sequía, temperaturas bajas, falta de alimento, etc. Cuando la temperatura sube y hay humedad excesiva por efecto de riegos pesados, lluvia abundante o por inundación o cuando hay mal drenaje, las clamidosporas germinan y dan origen al cuerpo del hongo que tiene aspecto de telaraña y se conoce como micelio. El micelio origina otras estructuras especializadas en forma de “cantaros” llamadas esporangios que contienen en su interior un tipo de “semilla” llamadas zoosporas; estas tienen movimiento propio y se desplazan con agilidad sobre la superficie del agua e infectan raíces nuevas y el cuello del árbol o contagian árboles vecinos (Téliz, 2000).



Figura 3. Diagrama del ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi* que causa la tristeza del aguacatero tomado de (Mora *et al.*, 1994).

***Pythium* sp.**

El género *Pythium* consta de más de 120 especies (Dick, 1990), que se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo. *Pythium* puede vivir como saprófito sobre restos de plantas muertas o puede ser patógeno. En sistemas de producción tales como invernaderos, viveros, campos agrícolas y bosques ocasiona pudrición de semillas, ahogamiento de plántulas, pudrición de raíces, frutos y otros órganos vegetales que se encuentran en contacto con el suelo (Mac Donald *et al.*, 1994; Agrios, 2005). También se asocia con una reducción en el vigor de plantas adultas, ya que daña la raíz; pero generalmente no las mata (Martin, 2009).

Los estudios sobre *Pythium* son escasos, a diferencia del taxón *Phytophthora* (perteneciente también a la familia *Pythiaceae*) que destruye una gran cantidad de plantas. La identificación de especies del género *Pythium* está basada en características morfológicas, como forma y tamaño de los esporangios, tamaño y ornamentación del oogonio, el número de anteridios y la forma en que están unidos (Van der Plaats-Niterink, 1981; Martin, 2009).

En árboles de aguacate (*Persea americana* Mill) afectados por *P. cinnamomi* en Atlixco, Puebla, por ejemplo, se aislaron en mayor cantidad y con mayor frecuencia diferentes especies de *Pythium*, tanto de raíces aparentemente sanas como dañadas (Rodríguez, 1986).

87 especies reconocidas de las (120 descritas), algunas especies son saprófitos facultativos y actúan también como Fito patógenos; otras son especies saprófitas estrictas; una especie entomoparásita: una especie patógena de mamíferos; cuatro especies microparásitas (Farr *et al.*, 1989; Martin, 1992).

Pythium se estableció en el sistema radical, su característica fue micelio cenocítico y presencia de vesículas. Estos hongos pueden vivir saprofitamente en suelos con alto nivel de materia orgánica, asimismo son patógenos de muchos cultivos (Romero, 1989).

Hospederos

Un amplio rango de hospedantes: hortalizas, frutales, gramíneas, ornamentales, y forestales, tanto cultivadas como silvestres.

Síntomas

Ahogamiento pre y postemergentes en individuos jóvenes; ahogamientos y marchiteces en raíces jóvenes, raíces alimenticias y ápices radicales de plantas adultas (Farr *et al.*, 1989; Martin, 1992).

***Proboscidea parviflora* W**

Es una planta herbácea conocida como uña de gato o garra del diablo, considerada como maleza perteneciente a la familia Martyniaceae (Bretting y Nabhan, 1986). El fruto de la uña de gato; mide 2 cm de diámetro y 15 cm de longitud, posee dos cuernos que doblan la longitud de su cuerpo y una cresta angulada de color negro opaco fuertemente tuberculada y verrugosa, el tamaño y forma de la semilla varía dependiendo el acomodo dentro del fruto (Ortega *et al.*, 2003).

P. parviflora se ha utilizado para la obtención de extractos para el control de hongos fitopatógenos y bacterias fitopatógenas. Los extractos etanolicos y metanolicos de *P. parviflora*, poseen efectos fungicida inhibiendo el crecimiento de *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansus*, *Fusarium poae* y *Fusarium moniliforme* (Tequida *et al.*, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de toxicología, perteneciente al Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Figura 4. Ubicación del experimento



Microorganismo evaluado

La cepa de *Pythium amazonianum* fue aislada, purificada e identificada y proporcionada por Hernández, (2016) en el laboratorio de toxicología dicha cepa se incrementó en cajas de Petri con medio de cultivo Papa-Dextroza-Agar (PDA), colocando en el centro un explante de 5 mm de diámetro. Las cajas fueron incubadas en obscuridad a una temperatura de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Elaboración de Extractos

Recolecta de material vegetal

Se recolecto la maleza *P. parviflora* en Calera y Villa de Coss, Zacatecas México y de ahí se llevaron al laboratorio de toxicología de la UAAAN para realización de los extractos.

Desinfección de muestras

Una vez colectadas las muestras se procedió a la desinfección de estas, se lavaron con agua de la llave se desinfectaron con hipoclorito de sodio, después se colocaron en papel estroza a que se secan a temperatura ambiente posteriormente se maceraron en licuadora convencional.

Preparación de extractos

Los extractos fueron hechos de diferente parte de la planta, raíz, tallo, hoja, flores y frutos o vainas verdes como se muestra en la siguiente figura. Se utilizaron 3 solventes Etanol, Hexano y Agua destilada, se prepararon en una proporción de 200 g de material vegetal fresco y macerado con 200 ml de agua destilada estéril en una licuadora convencional, esto se realizó para cada parte de la planta (Raíz, Tallo, Hojas, Flores, y Frutos o Semillas).

Una vez molido se depositó en un contenedor o frasco de vidrio de aproximadamente 3 L forrados con papel estroza, agregando el macerado más 800 mL de solvente, dejándolos reposar en una bodega bajo oscuridad y con agitaciones periódicas por 30 días a temperatura ambiente.

Obtención de extractos crudos

Una vez transcurridos los 30 días del proceso de macerado, se procedió a filtrar las muestras cada preparado se filtró en matraces kitazato de aproximadamente 1 litro, posteriormente dicho filtrado se concentró en un rotavapor (Buchii R-200, Heating Bath B-490) a una temperatura de 90°C para agua, 70°C para etanol y 60°C para hexano, separando el extracto del solvente.

Los extractos fueron depositados en contenedores de vidrio color ámbar de 30 mL y se llevaron a refrigeración con temperaturas de 4°C para su conservación.

Evaluación de Extractos

Pruebas preliminares

Una vez que se obtuvieron los extractos se realizó una ventana biológica por extracto, como prueba preliminar utilizando la técnica de bioensayos *in vitro* (medios envenenados) tomando un rangos de concentraciones partiendo de 0.05, 0.1, 1, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 400, 800, 1000, 2000, 6000 y 10000 ppm para conocer la concentración inhibitoria (C_i) en la cual estaría oscilando la $C_i 50$, $C_i 70$ y $C_i 90$.

El crecimiento se midió diariamente con un vernier digital, los cuales fueron usados para calcular los porcentajes de inhibición mediante la fórmula utilizada por (Ochoa *et al.*, 2012).

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

Prueba No. 1. Efecto de los extractos vegetales sobre el crecimiento micelial de *P. amazonianum*

Se evaluaron los extractos vegetales arriba mencionados, sobre *P. amazonianun*. Para ello, se utilizó la metodología del medio de cultivo envenenado, utilizando las dosis mencionadas.

Establecimiento del experimento

En la cámara de flujo laminar se prepararon las concentraciones de cada extracto, para la obtención de la dosis se tomó el extracto a una concentración del 100%, y luego se calcularon las dosis en mililitros para 100 mL de medio de cultivo PDA a envenar, pesando 3.9 g de PDA depositados en matraces Erlenmeyer de 250 mL y disueltos en 100 mL de agua destilada posteriormente se esterilizaron en una olla de presión a 15 psi – 121°C por 15 minutos, se dejó enfriar para añadir la cantidad de extracto calculada por dosis respectivamente hasta obtener las concentraciones deseadas y vaciando en cajas de Petri, las cajas se agitaron suavemente dejando

solidificar por 24 h. Para cada concentración se establecieron cuatro repeticiones y un testigo.

Una vez transcurridas las 24 h se procedió a la colocación de explantes colocando en el centro un explante de 5 mm de diámetro. Las cajas fueron incubadas en obscuridad a una temperatura de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Pruebas de efectividad

Una vez conocidas las concentraciones anteriores se procedió a realizar la prueba de efectividad biológica con las concentraciones antes mencionadas para cada extracto.

Establecimiento de las pruebas

En la cámara de flujo laminar se prepararon seis diluciones de cada extracto, en concentraciones antes mencionadas, para la obtención de la dosis se tomó el extracto a una concentración del 100%, y luego se realizaron diluciones utilizando como solvente el medio de cultivo PDA a medio solidificar hasta obtener las concentraciones deseadas, las cajas se agitaron suavemente. Para cada concentración se establecieron cinco repeticiones y un testigo.

Se comenzó a medir el crecimiento de cada uno de los hongos con un Vernier cada 24 horas hasta llegar a las 120 horas y se determinó el porcentaje de inhibición de *P. amazonianum*.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental al azar con cuatro tratamientos con cuatro repeticiones para cada tratamiento y el testigo que fue solo de PDA. La variable a evaluar fue el efecto inhibitorio de los extractos de *Proboscidea parviflora* sobre el crecimiento micelial *P. amazonianum*, utilizando el programa estadístico SAS

System, versión 9.0 las medidas fueron comparadas con la prueba de Tukey $p=0.05$ de significancia así mismo se graficaron en el sistema estadístico R versión 3.3.2.

Por otro lado se obtuvieron las concentraciones inhibitorias mediante el programa estadístico SAS System, versión 9.0 análisis Probit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de extractos

Se elaboró un total de 15 extractos de diferentes partes de la planta con el solvente utilizado, tiempo de reposo, agitación y temperatura utilizada para su concentración en el rotavapor denominando a cada tipo de extracto como se muestra en el (cuadro 6).

Cuadro 6. Elaboración de extractos vegetales de *P. parviflora* W.

Planta	Partes de la planta	Solvente	Tiempo de reposo y agitación	Temperatura
<i>Proboscidea parviflora</i> W	Raíz, Tallo, Hojas, Flores y Vainas verdes	Agua	30 días	90°C
		Etanol	30 días	70°C
		Hexano	30 días	60°C
		Filtrado Acuoso	30 días	Temperatura ambiente
		Filtrado Etanolico	30 días	Temperatura ambiente
		Filtrado Hexanolico	30 días	Temperatura ambiente

Ventana biológica (pruebas preliminares)

Determinación de concentraciones inhibitorias

De los 15 extractos vegetales de *Proboscidea parviflora*. Únicamente cuatro extractos presentaron efecto inhibitorio sobre *P. amazonianum* a diferentes concentraciones y con su porcentaje de inhibición resultado de la aplicación de la fórmula de % de inhibición (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto inhibitorio (%) de crecimiento de micelio de *Pythium amazonianum* por extractos vegetales de *Proboscidea parviflora*.

Fitopatógeno	Extracto	Concentración ppm	Inhibición %
<i>Pythium amazonianum</i>	E.F.P.p	2000	4.43
		2104.75	92.60
		2265.76	92.60
	E.R.P.p	211.59	15.93
		691.6	48.93
		1000	93.75
	F.A.V.v.P.p	1	25.68
		2	67.5
		4	70.06
	H.V.v.P.p	264.62	13.65
		725.67	54.31
		2935	93.75

Nota: (E.F.P.p) Etanol Flor *Proboscidea parviflora*, (E.R.P.p) Etanol Raíz *Proboscidea parviflora*, (F.A.V.V P.p) Filtrado Acuoso Vaina verde *Proboscidea parviflora*, (H.V.v.P.p) Hexano Vaina verde *Proboscidea parviflora*.

Con respecto a las ventanas biológicas se encontró que el extracto que inhibe mejor a concentraciones bajas es F.A.V.v.P.p, ya que las concentraciones para inhibir al 70% son inferiores a 10 ppm, en cambio el que controla a dosis más altas fue el extracto E.F.P.p, ya que la concentración más alta utilizada para inhibir el 90% fue de 2265.76 ppm un efecto similar ocurrió con H.V.v.P.p y en lo que respecta a E.R.P.p alcanza dicho porcentaje con solo aplicar 1000 ppm, por lo que nuestros resultados difieren por lo propuesto por Gamboa *et al.* (2003) donde evaluaron un extracto metanólico de *Origanum mejorana* L. utilizaron concentraciones de 8,000 ppm y un producto sintético (Metalaxil a 750 ppm) para inhibir hasta un 100% a

Phytophthora infestans, por lo que al comparar las concentraciones utilizadas con los extractos de *P. parviflora* contra la concentración de *O. mejorana*, nuestro extracto logra controlar al oomiceto *P. amazonianum* a concentraciones más bajas teniendo en cuenta que ambos patógenos pertenecen a la misma clase de los oomicetes.

Con los datos anteriores de inhibición se procedió a realizar el cálculo de las concentraciones inhibitorias Ci_{50} , Ci_{70} y Ci_{90} , mediante el sistema estadístico R versión 3.3.2 por regresión Probit (Cuadro 8).

En el (cuadro 8) se muestran las concentraciones inhibitorias Ci_{50} , Ci_{70} y Ci_{90} en ppm propuestas por el análisis Probit, para cada extracto y los límites superiores e inferiores en donde al utilizar esa concentración aún se tiene el efecto inhibitorio para *P. amazonianum*.

Para la Ci_{50} , Ci_{70} y Ci_{90} el extracto que inhibe mejor a concentraciones bajas es el de F.A.V.v.P con concentraciones que van de 1.77, 7.27 y 55.57 ppm nuestros resultados coinciden al ser comparados con los resultados de reportados por Milagrosa *et al.* (2007), donde mencionan que utilizando vinaza de vino a concentraciones de 50 y 70 ppm inhiben el crecimiento de *Pythium aphanidermatum* y *Phytophthora parasítica* en 100% y nuestros resultados arrojan que con una concentración de 50 ppm obtenemos un 70% de inhibición contra *Pythium amazonianum*, en comparación al extracto que inhibe a concentraciones más altas siendo el E.R.P.p siendo de 1443, 7430 y 7920.3 ppm respectivamente., esto nos indica que al utilizar el extracto F.A.V.v.P.p a una concentración un poco más arriba de 50 ppm podremos obtener hasta un 90% de inhibición contra *Pythium amazonianum*.

Por otro lado en investigaciones hechas por Asait *et al.* (2011), indican que en un análisis de exudados de tricomas glandulares de *Proboscidea louisiana* contiene un 47% de triterpenos y 38% de glucosiloxi-acidos grasos; ya que los triterpenos poseen efectos fungicidas (Rodríguez *et al.*, 2000).

Cuadro 8. Concentraciones inhibitorias (Ci_{50} , Ci_{70} y Ci_{90}) de los extractos de *P. parviflora* W. sobre el crecimiento de micelio de *P. amazonianum*.

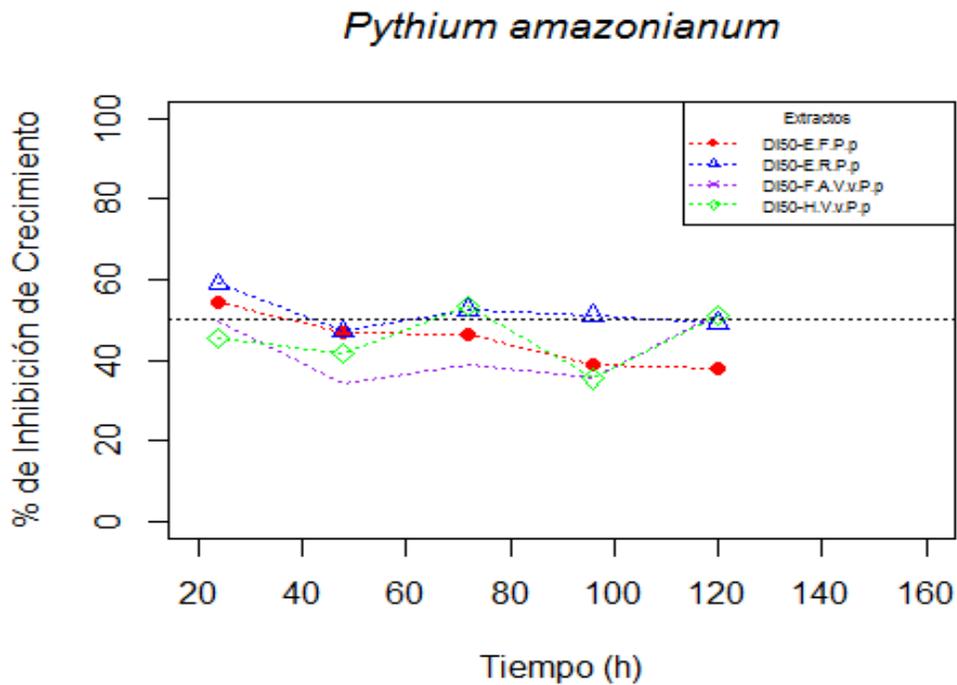
EXTRACTO	C_i	Concentración ppm	Limites fiduciales 95%	Limites fiduciales 95%
E.F.P.p	Ci_{50}	2002.50	1953.39	2058.96
	Ci_{70}	2064.02	2014.16	2146.48
	Ci_{90}	2156.19	2089.74	2296.35
E.R.P.p	Ci_{50}	1443	643.29	7259
	Ci_{70}	7430	2238	98586
	Ci_{90}	7920.3	1279.7	4508.994
F.A.V.v.P.p	Ci_{50}	1.77	0.55	29.41
	Ci_{70}	7.27	1.66	582.02
	Ci_{90}	55.57	6.89	50838
H.V.v.P.p	Ci_{50}	566.52	478.46	663.35
	Ci_{70}	766.52	654.86	924.27
	Ci_{90}	1186	975.96	1575

Pruebas de efectividad de los extractos de *P. parviflora* sobre *P. amazonianum*.

Para la Ci_{50} , se observa en la Figura 5 que el extracto E.R.P.p mostro mejor comportamiento manteniendo un porcentaje de inhibición del 50% a partir de las 48 h hasta las 120 h, esto no significa que los demás extractos no hayan funcionado mejor pues se debe a que se utilizaron diferentes concentraciones para cada uno de ellos, si comparamos en la Figura 5 al extracto F.A.V.v.P.p observamos que a las 24 h tenemos un 46% de inhibición a las 48 h podemos decir que el extracto se pudo degradar permitiendo que la adaptación del patógeno, pero llegando a las 72 h obtenemos arriba de un 50% de inhibición, a las 96 h vuelve adaptarse el patógeno al extracto permitiendo su desarrollo y una vez llegando a las 120 h se obtiene el 50% de inhibición tomando en cuenta que en el extracto F.A.V.v.P.p se utilizó una concentración muy baja de 1.77 ppm en comparación de E.R.P.p la cual se utilizó una concentración de 1443 ppm para obtener un 50% de inhibición, con esto

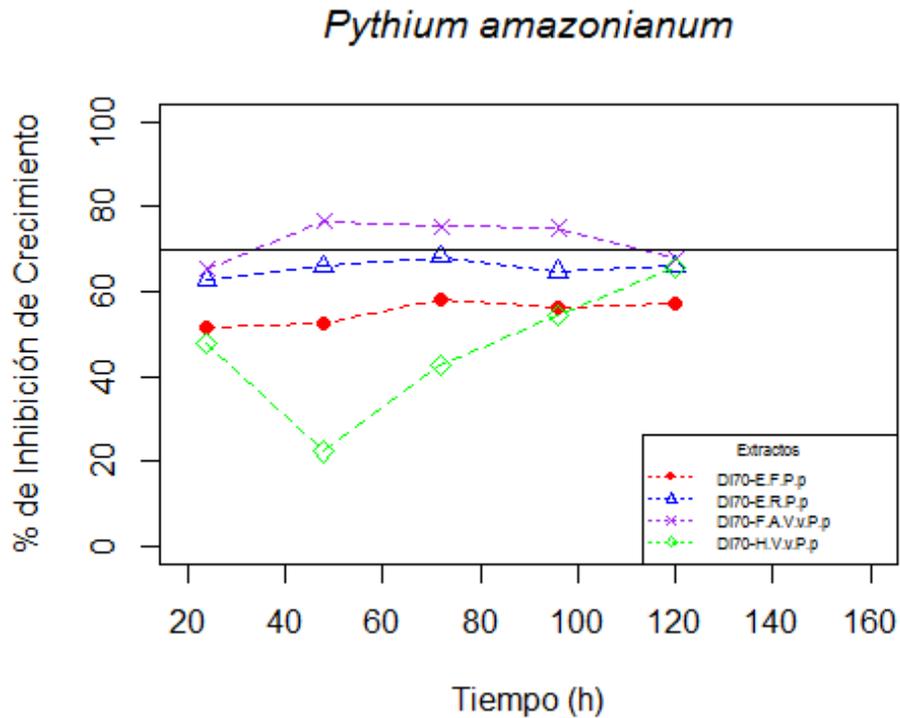
podemos decir que si utilizamos una concentración más alta que 1.77 ppm del extracto F.A.V.v.P.p podemos obtener más de un 50 % de inhibición.

Figura 5. Comportamiento inhibitorio (%) de *P. amazonianum* por extractos de *P. parviflora* W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la *Ci50*.



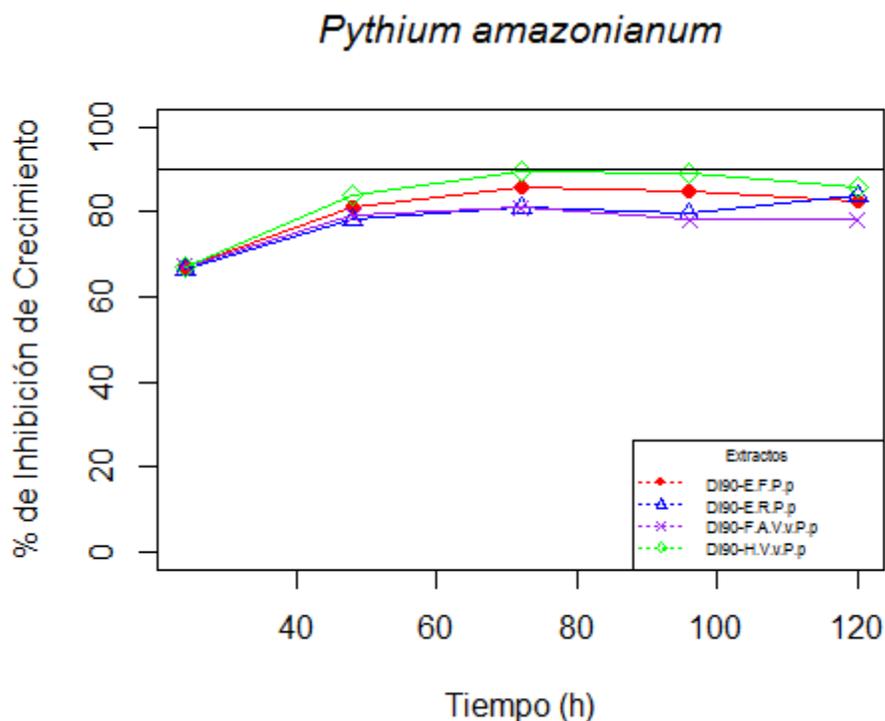
Para la *Ci70*, sigue siendo el extracto E.R.P.p que mostro mejor porcentaje de inhibición al transcurrir el tiempo alcanzando un 70% de inhibición a una concentración de 7,430 ppm contra *Pythium amazonianum*, cabe resaltar que el extracto que mostro un comportamiento bueno fue el H.V.v.P.p ya que a 776.52 a ppm a partir de las 48 h hasta las 120 h fue incrementado su porcentaje de inhibición, esto no quiere decir que los otros dos extractos (E.F.P.p y F.A.V.v.P.p), no sean buenos ya que ellos inhiben de 50 a 60 % pero a diferentes concentraciones.

Figura 6. Comportamiento inhibitorio (%) de *P. amazonianum* por extractos de *P. parviflora* W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la *Ci70*.



Para el caso de *Ci90*, el extracto con mejor efecto sigue siendo el E.R.P.p con una concentración de 7,920 ppm ya que a partir de las 48 h tiene un 70% de inhibición hasta las 120 h en donde mostró una inhibición del 80% seguido por el extracto F.A.V.v.P.p con una concentración de 55.57 ppm a partir de las 48 h hasta las 120 h mantiene un 70% de inhibición en cuanto a los extractos de E.F.P.p y H.V.v.P.p a partir de las 72 horas mostraron un 90% pero al paso de las horas va decreciendo su inhibición.

Figura 7. Comportamiento inhibitorio (%) de *P. amazonianum* por extractos de *P. parviflora* W. cada 24 h hasta 120 h con respecto a la *Ci90*.



En lo que respecta a los resultados obtenidos en la pruebas de efectividad biológica el extracto que mostro mejor efecto inhibitorio fue E.R.P.p ya que en las concentraciones inhibitorias *Ci50*, *Ci70*, *Ci90* sigue el mismo patrón de inhibición en forma ascendente con forme pasa el tiempo. Los extractos de *P. parviflora*: F.A.V.v.P.p y H.V.v.P.p mostraron un comportamiento decreciente en las primeras 24 h pero al paso del tiempo al llegar a las 120 h obtuvieron porcentajes de inhibición muy cercanos a los esperados, efecto que podría deberse a la adaptación del patógeno al medio de cultivo bajo la presencia de compuestos que inhiben su desarrollo como menciona Asait *et al.* (2011), que los tricomas de *Proboscidea* contienen hasta un 47% de triterpenos y estos compuestos poseen efectos fungicidas (Rodríguez *et al.*, 2000).

Con respecto a E.F.P.p este extracto requieren dosis más altas para poder inhibir un 90% del patógeno, pudiéndose deber a las características genéticas del patógeno sin olvidar el posible nivel de resistencia que posee. Por lo que los resultados anteriores difieren por lo reportado por Tequida *et al.* (2002), donde reportan porcentajes de inhibición de crecimiento (86.6%) de *Fusarium poae* bajo los efectos de extractos etanolicos de *P. parviflora*, elaborados a una concentración de 6%, lo cual explica los requerimientos de dosis bajas.

CONCLUSIONES

Al evaluar extractos Acuicos, Etanolicos y Hexanolicos de *P. parviflora* se obtuvieron porcentajes de inhibición de 50, 70 y 85%.

El extracto que mostro mejor efecto inhibitorio fue E.R.P.p ya que en las concentraciones inhibitorias *Ci50*, *Ci70*, *Ci90* mantuvo un incremento ascendente de inhibición con forme trascurió el tiempo, mencionando que en este extracto se utilizaron concentraciones altas (1443, 7430 y 7920.3 ppm) logrando observar dicho efecto.

En el caso de F.A.V.v.P.p y H.V.v.P; logran un efecto semejante a E.R.P.p, pero a concentraciones menores de 1200 ppm lo cual nos indica que al utilizar estos extractos en la agricultura contra *Pythium amazonianum*, se logra un control exitoso.

BIBLIOGRAFÍA

- Aveling T. S, y Rilkenberg J.F.H., 1991. Aquantitative study of *Phytophthora cinnamomi* zoospore encystment and germination on the roots of four avocado cultivars. *Phytophylactia* 23: 229-231.
- Abdo G. y Riquelme H. (2008). Las aromáticas en la huerta orgánica y su rol en el manejo de los insectos. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria. Salta (Argentina)
- Asai T., T. Sakai, K. Ohyama y Y. Fujimoto, 2011. N-Ocetyl a-L-Rhamnopyranosyl-(1-2) –B-D-glucopyranoside derivaties from the glandular trichome exudate of *Geranium carolinianum*. *Chem. Pharm. Bull.* 59 (6) 747-752.
- Bautista R.O. y Ortega C.R., 2002. El aguacate mexicano frente a la apertura del mercado norteamericano. *Revista Claridades Agropecuarias (México)*, p 3-20
- Bergh, B. 1992. The origin, nature and genetic improvement of the avocado. *California Avocado society yearbook* 76: 61-75.
- Bretting P. K. y Nabhan G.P., 1986. Ethobotany of Devil`s Claw (*Proboscidea parviflora* ssp. *Parviflora*: Martyniaceae in the Greater Southwest. *Journal of California and Basin Anthropology* 8(2): 226-237.
- Calderón M.C., 2006. Un aliado para la salud y la belleza: la palta (aguacate). Versión electrónica disponible en el sitio: www.cicalmo.wordpress.com/2006.
- Dick W. M. 1990. Keys to *Pythium*. Ed. Dick, M. W. Department of Botany. School of Plant Sciences. University of Reading. Reino Unido. 64 p.
- FAOSTAT. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://faostat.fao.org/> (consulta:20/Mayo/2017).
- Fernández N., V. J., y B. Martinez. R. 1987. Control químico de *P. cinnamomi* Rands (tristeza del aguacero) en la region de Tingambato, Michoacán. *Memorias*

del XIV Congreso Nacional de Fitopatología realizado en Morelia, Michoacán México del 15-17 Julio.

Gallo L. L. H., Hernández J. y Vega j.S., 2001. Enfermedades del aguacate presentes en canarias con especial referencia a *Phytophthora cinnamomi*, Rands (podredumbre de la raíz). II Congreso de Fitopatología. Departamento de Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. 7-19 p.

Gamboa R., F.D. Hernández, E. Guerrero, A. Sánchez, y R. H. Lira, 2003. Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora infestans* Mont. (De Bary) con extractos vegetales metanólicos de hojaseñ (*Flourensia cernua* DC.), mejorana (*Origanum majorana* L.) y trompetilla [*Bouvardia ternifolia* (Ca.) Schlecht.]. Revista Mexicana de Fitopatología 21:13-18.

Goodwin S., B. 1997. The populations genetics of *Phytophthora*. Phytopathology 87:462-473.

Gómez, C. 1991. Cowpea: Post-harvest Operations. In: Compendium on Post-harvest Operations (D. Mejía y E. Parrucci, editores). FAO, Rome, 23.

Hernández A., Y. M. Ochoa, E. Cerna, J. C. Delgado, M. Beltrán, U. Flores y L. M. Tapia, 2016. *Pythium* sp. *amazonianum* como agente causal de la tristeza del aguacate en Peribán, Michoacán. Memoria de congreso, Revista Mexicana de Fitopatología, Vol. 34: 112. ISSN-2007-8080.

Ho H., 1990. Taiwan *Phytophthora*. Bot Bull Academia Sinica (31): 89 – 106. Artículo *Phytophthora*: Características, diagnóstico y daños que provoca en algunos cultivos tropicales. Medidas de control. Características, diagnóstico y daños que provoca en algunos cultivos tropicales. Medidas de control.

Human T.P. 1987. Oil as a byproduct of the avocado. In: Proceedings of the First World Avocado Congress. South African Avocado Growers' Association Yearbook, 10:159-162.

- Martin, F. 2009. *Pythium* Genetics, In: oomycete genetics and genomics: diversity, interactions, and research tools. Lamour, K. and Kamoun, S. (eds.).Wiley Blackwell. Estados Unidos de América. 213-239 pp.
- Marais L. J., J. A. Menge, G. S. Bender, B. Feber. 2002. *Phytophthora* root rot. Avoresearch a California avocado commission publication volumen 2.
- Milagrosa V. N., N. Vicente, F. Diáñez, M. De Cara y J. C. Tello, 2007. Vinazas y hongos del suelo. Agroecología. 2: 39-45.
- Mora A., D. Téliz, G. Mora. y J. Etchevers. 2007. Tristeza del aguacatero (*Phytophthora cinnamomi* Rands) p: 192-202. In: Téliz D. y A. Mora, El aguacate y su manejo integral parcial. 2ª ed. Editorial Mundi- Prensa. México. 321p.
- Mora A., D. Téliz, J. Etchevers y A. Huerta. 1994. Manejo integrado del aguacate (*Persea americana*). Validación tecnológica en Puebla, México. Revista Mexicana de Fitopatología 12: 51-62.
- Muñoz Ch., M. y Ledesma, S.J.A. 2002. Los alimentos y sus nutrientes. In: Tablas de Valor Nutritivo de Alimentos. Editorial McGraw-Hill, Interamericana. México, p 51-52.
- Ortega M., M. R. Robles y L. Vázquez, 2003. Evaluación nutricional y sensorial del aceite de *Proboscidea parviflora* (uña de gato). Grasas y Aceites. 54(1): 48-52.
- Ochoa F. Y. M., (2006). Variabilidad Genética y Patogénica de (*Phytophthora cinnamomi* rands) en Michoacán, México. Tesis doctoral. UAAAN. 104 pp.
- Ristaino J. B., and M. Gumpertz L. 2000. New frontiers in the study of dispersal and spatial analysis of epidemics caused by species in the genus *Phytophthora*. Ann. Rev.Phytopathology 38: 541-576.
- Robin C., I. Smith and E.M. Hansen, 2012. *Phytophthora cinnamomi*. Forest Phytophthoras 2(1). doi: 10.5399/osu/fp.2.1.3041.

- Rodríguez A., D. Morales y M. A. Ramírez, 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales* 21 (2): 79-82.
- SAGARPA-SIAP. 2014. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo social, pesca y alimentación. Sistema de agroalimentaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Fecha de consulta 10 de octubre de 2015.
- SAGARPA-SIAP. 2016. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo social, pesca y alimentación. Sistema de agroalimentaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Fecha de consulta 10 de octubre de 2017.
- Stauffer B.A., Orrego, F.A. y Aquino, J.A. 2000. Selección de extractos vegetales con efecto fungicida y/o bactericida. *Revista de Ciencia y Tecnología (Universidad Nacional de Asunción, Paraguay)* 1:29-33.
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <https://www.siap.gob.mx/> (Consulta; 20/Agosto/2017).
- SIAP, 2015. Atlas agroalimentario 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 1ª edición, México.
- SIAP, 2016. “Resumen nacional por estado” Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (18 de agosto de 2016.)
- SIAP, 2016. “Márgenes de Comercialización: Aguacate Hass, junio de 2016” Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (18 de agosto de 2016.)
- Téliz D. y F. Marroquín., 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. *In: El aguacate y su manejo integral parcial*. Segunda Edición. Mundi-Prensa. México, D. F. pp: 3-28.
- Téliz D., O. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi- Prensa, México, S.A de C.V.
- Tequida M., M. Cortez, E. C. Rosas, S. López y C. Corrales, 2002. Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento

- de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium 52 expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. Rev. Iberoam. Micol. 19: 84-88.
- Téliz O., D., B. Etchevers L., A. Mora A., G. Mora A. 1993. La tristeza del aguacate. VI Curso de actualización frutícola. Coatepec Harinas México.
- Téliz D., A. Mora, C, Vélazquez, R. Garcia, G. Mora, P. Rodríguez., J. Etchevers and S. Salazar. 1992. Inegrated managemet of *Phytophthora* root rot of avocado in Atlixco, Puebla, México. Proc. of Second World Avocado Congress. Riverside. California. pp: 79-87.
- Tello M. J.C., Palmero, L. D.; García, R. A.; De Cara, G. M. 2010. Biopesticidas obtenidos de las plantas, un resultado más de la coevolución: Actualidad y Utilidad. En: Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Ed. Fundación Cajamar. España. 81 – 105 pp.
- Vidales F. 1999. Acción de la solarización y de la materia orgánica en el control de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi* Rands) del aguacate (*Persea americana* Mill cv Hass). Revista Chapingo serie Horticultura. 5: 225-259.
- Waterhouse G. M., 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Mycological Papers. No 92.
- Weste G. 1994. Impact of *Phytophthora* species on native vegetation of Australia and Papua, New Guinea. Austr. Plant Pathol. 23: 190-209.
- Wildman R.E.C. 2001. Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods. CRC Series in Modern Nutrition. CRC Press, Westport.
- Zentmyer G., A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and diseases it causes. Monograph No. 10. The American Phytopathological Society. Minnesota. U.S.A. pp 96.
- Zentmyer G., A. 1985. Origen and distribution of *Phytophthora cinnamomi* Rands. Calif. Avocado Society Yearbook. 69:89-94.
- Zentmyer G., A., H. Ohr D., y J. Menge A, 1994 Compendium of tropical fruit. Diseases The American Phytopathological Society. 76p.

Zentmyer G., A., A. Zaki I., J. Sims J., and N. Keen N. 1983. Stimulation of sexual reproduction in the A2 mating type of *Phytophthora cinnamomi* Rands by oleic acid and lipids from avocado roots. *Phytopathology* 73 (2): 199-203.