

Ensayos

Evaluación de la sensibilidad *in vitro* ejercida por Azoxistrobin, Metalaxil-M, Tiabendazol, Trifloxistrobin, en *Colletotrichum* spp., agente causal de la antracnosis en frutos de papaya (*Carica papaya*)

Resumen

En la actualidad las prácticas de control químico que realizan los productores en los cultivos de papaya (*Carica papaya* L.) en la zona costa de Oaxaca, son en la mayoría de los casos, ineficientes, de alto riesgo por la gran variedad de compuestos químicos aplicados sin éxito en el control de la antracnosis. En base a la información proporcionada por los productores, se seleccionaron cuatro fungicidas que son los más comúnmente usados en el cultivo de papaya, con los ingredientes activos: Tiabendazol, Metalaxil-M, Trifloxistrobin, Azoxistrobin, se realizaron ensayos con el aislado de *Colletotrichum* spp., a diferentes concentraciones (50mg/L, 100 mg/L, 250mg/L, 500mg/L y 1000mg/L) con tres repeticiones, para determinar el ingrediente activo con mayor acción inhibitoria *in vitro* del crecimiento del patógeno, así como la concentración adecuada; para realizarlo, se utilizó el paquete estadístico SAS®, como variable de respuesta se evaluó el crecimiento micelial de manera radial (mm) con base al efecto del ingrediente activo, la concentración y periodo del ensayo, concluyendo que el ingrediente activo con mayor acción inhibitoria de crecimiento fue el Metalaxil-M. con una concentración de 1000 mg/L.

Abstract

In Oaxaca's coastal region, papaya (*Carica papaya*) producers carry out ineffectual chemical control practices on a regular basis which involve a high degree of risk due to the large variety of chemical compounds used which have no success in controlling anthracnose. According to data provided by papaya producers, four fungicides commonly used in papaya crops were selected to determine the active ingredient which had the greatest inhibitory impact on pathogen growth *in vitro*, as well as to establish the suitable concentration for this effect. Tiabendazol, Metalaxil-M, Trifloxistrobin and Azoxistrobin, were the active ingredients analyzed, tests were carried out with isolated *Colletotrichum* spp., at different concentrations (50mg/L, 100 mg/L, 250mg/L, 500mg/L and 1000mg/L), each one with three repetitions. The statistical software SAS® was used, taking the radial micelial growth as a response variable (mm), evaluating the effect of the active ingredient, concentration and experimental time. In conclusion, the active ingredient with the greatest inhibitory impact was Metalaxil-M. with a concentration of 1000mg/L.

Résumé

Actuellement, les pratiques de contrôle chimique réalisées par les producteurs de papaye (*Carica papaya*) dans la région côtière de Oaxaca sont inefficaces et à haut risque à cause de la grande variété de composés chimiques appliqués sans résultat sur le control de l'antracnose. D'après l'information proportionnée par les producteurs, on a sélectionné 4 fongicides qui sont les plus communément utilisés dans la culture de papaye, avec les ingrédients actifs : Tiabendazol, Metalaxil-M, Trifloxistrobin, Azoxistrobin. On a réalisé des essais en isolant *Colletotrichum* spp dans différents concentrations (50mg/L, 100 mg/L, 250mg/L, 500mg/L y 1000mg/L) à 3 reprises, pour déterminer l'ingrédient actif ayant la meilleure action inhibitrice *in vitro* sur la croissance du pathogène, ainsi que la concentration adéquate pour le réaliser. On a utilisé le logiciel statistique SAS® et comme variable de réponse on a évalué la croissance mycélienne de manière radiale (mm) en se basant sur l'effet de l'ingrédient actif, la concentration et la période d'essai. On a conclu que l'ingrédient de meilleure action inhibitrice de croissance a été le Metalaxil-M. à une concentration de 1000 mg/L.

Francisco Gumaro Ruíz Ruíz, Julieta Karina Cruz Vázquez, Narciso Ysac Ávila Serrano, Epifanio Santfz Rodríguez

Palabras Clave: Papaína, sistémico, testigo

Universidad del Mar campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es considerada como uno de los frutos tropicales de mayor producción y consumo a nivel mundial, en donde México ocupa el cuarto lugar (FAO, 2014). Siendo el estado de Oaxaca el principal productor de este fruto a nivel nacional (SIAP, 2014).

La planta entera de papaya presenta múltiples usos en la medicina, nutricional (Krishna, Paridhavi, Patel, 2008) e industrial (Rajkapoor, Jayakar, Kavimani, Muruges, 2002). La hoja contiene tiamina (B₁), riboflavina (B₂), ácido ascórbico, y iones como calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y manganeso (Mn) (Ayoola, Adeyeye, 2010). En cuanto a la pulpa del fruto se ha demostrado tener cantidades considerables de carotenoides como licopeno, β-caroteno y vitamina C (Gayosso, Yahia, González, 2011), los cuales sus propiedades antioxidantes son benéficas para la salud humana (Nurul, Asmah, 2012). Además, es común que las semillas se descartan al consumir el fruto, esto ha despertado el interés de realizar un aprovechamiento integral extrayendo aceite de la semilla por medio de extracciones con solventes o por métodos enzimáticos, dicho aceite está constituido principalmente por ácido oleico, palmítico, esteárico y linoleico (Puangsri, Abdulkarim, Ghazali, 2005). En cuanto a la papaína es la de mayor uso, es una enzima proteolítica que se utiliza como suavizador de carne, aclarador de cerveza y en la producción de goma de mascar (Monti, Basilio, Trevisan, Contiero, 2000). En cuanto a la rama energética, se tiene reportes en cuanto a la producción de alcohol mediante fermentación como alternativas de combustible (Sharma, Ogbeide, 1982).

Por lo antes mencionado la papaya es un cultivo de interés económico para los productores, pero tienen que enfrentar diversos problemas derivado de las enfermedades que causan afectaciones a sus plantaciones, una de las principales enfermedades es la antracnosis (Da Silva, Rashid, Nhut, Sivakumar, Gera, Souza, Tennant, 2007), La antracnosis es la enfermedad causada por *Colletotrichum* spp., afectando a los frutos de papaya en estado de madurez de consumo y se considera la enfermedad de post-cosecha de mayor importancia en muchas regiones tropicales, incluyendo México (Casarrubias, Cárdenas, Nieto, Gutiérrez, 2002). Es importante mencionar que es posible encontrar otras especies de *Colletotrichum* spp., causando enfermedades similares en un mismo culti-

vo (Santamaría, Díaz, Gutiérrez, Santamaría, Larqué, 2011). La antracnosis, así como el resto de los patógenos de la papaya, son enfermedades potencialmente perjudiciales y requieren de fungicidas eficaces que se apliquen desde el inicio de la fructificación hasta obtener el producto final (Ventura, Costa, Silva, 2004).

Dinámica de la infección

El hongo se puede establecer inicialmente en la flor, penetrando por medio de los estigmas. Los síntomas de la enfermedad son: tejido necrótico hundido (Péres, Kuramae, Dias, De Souza, 2002). La antracnosis, además de diseminarse a través de los conidios puede llegar a los frutos a través de ascosporas de su forma perfecta, *Glomerella* sp., al ser liberadas por los peritecios se diseminan principalmente a través del viento (Durán, Mora, Ramírez, 2000).

En la actualidad los productores de papaya de la región Costa cuentan con una amplia variedad de fungicidas disponibles para combatir microorganismos fitopatógenos, haciendo uso de varios productos sin tener los resultados esperados en la mayoría de las veces; es por esta razón que se realizó el presente trabajo de investigación para la evaluación de la sensibilidad a los principios activos que contienen los diversos fungicidas que presenta el género *Colletotrichum* spp.

Materiales y métodos

Cepa de estudio

La cepa de *Colletotrichum* spp., utilizada en la presente investigación fue obtenida de un estudio previo realizado en la localidad Río Grande, perteneciente al municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo

Tabla 1. Fungicidas, ingredientes activos: empleados para las pruebas de inhibición de crecimiento de *Colletotrichum* spp.

Fungicida	Ingrediente activo	Marca
Mertec 340-F	Tiabendazol	Arysta LifeScience-Syngenta
RidomilGold Bravo SC	Metalaxil-M	Syngenta
Tega	Trifloxistrobin	Bayer CropScience
Amistar	Azoxistrobin	Syngenta

*La información fue obtenida de las etiquetas de cada envase.

(Cruz, Santíz Lozoya, Ruíz 2016), en el estado de Oaxaca (INEGI 2015). Los siguientes fungicidas se emplearon debido a que son los más comúnmente usados entre los productores de papaya de la región (Tabla 1).

RidomilGold Bravo SC es un fungicida sistémico utilizado para combatir enfermedades fitopatógenas. Contiene Metalaxil-M (también conocido como Mefenoxam) pertenece a la familia de las Fenilamidas. El mecanismo de acción de Metalaxil-M es inhibir la síntesis de RNA ribosomal; teniendo acción específica en la RNA polimerasa en la incorporación de la base nitrogenada uridina (Fernández, Navia, Gandarillas 1999; García, García, 2004).

Tega es un fungicida mesosistémico (afinidad con las superficies) cuyo ingrediente activo es el Trifloxistobin, su lugar de acción son las mitocondrias de los hongos. El producto actúa inhibiendo la respiración mitocondrial y por ello los procesos bioquímicos son severamente afectados, el crecimiento se detiene y el hongo muere (Bayercropscience, 2015).

Mertec 340-F es un fungicida sistémico y de contacto cuyo ingrediente activo es el Tiabendazol, que pertenece a la familia de los benzimidazoles. El mecanismo de acción es unirse a la β -tubulina con polimerización de microtúbulos con pérdidas de vesículas secretorias, alterando el desarrollo del hongo, mostrando efectos secundarios relacionados a la inhibición de la síntesis de DNA (Leen 1986).

Finalmente, Amistar cuyo ingrediente activo es el Azoxistrobin, es un fungicida con actividad curativa, preventiva y erradicante, inhibiendo el crecimiento micelial y la germinación de las esporas. Tiene propiedades de mesosistémicas y sistémicas (López, 2010). Además actúan a nivel celular inhibiendo la respiración mitocondrial uniéndose al sitio Q_0 del citocromo b, bloqueando de esta manera el flujo de electrones entre el citocromo b y el citocromo c_1 (Karadimos, Karaoglanidis, Tzavella, 2005).

Metodología

Pruebas in vitro de fungicidas sobre crecimiento micelial de Colletotrichum spp.

Se seleccionó un cultivo axénico de *Colletotrichum* spp., de la colección del cepario, el criterio de selección fue debido a la severidad de las lesiones que presentó el fruto de papaya de donde fue original-

mente aislado el patógeno. Para realizar el estudio de inhibición se preparó medio (PDA) suplementado con las diversas concentraciones de los fungicidas (50, 100, 250, 500 y 1000 mg/L) los cuales fueron inoculados con discos de micelio del cultivo monospórico colocados en la parte central de la caja Petri, se incubaron a temperatura de 27 ± 1 °C con luz continua durante ocho días junto con un control positivo que consistió en un disco de micelio de *Colletotrichum* spp., sembrado en medio PDA con ausencia del ingrediente activo, el diámetro de las cajas Petri empleadas en este estudio fue de 45 mm. El experimento se llevó a cabo con tres repeticiones, las mediciones de radio del crecimiento micelial se reportan en milímetros durante ocho días.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para evaluar el efecto que tienen los ingredientes activos y la concentración de los fungicidas, así como el tiempo de medición sobre la inhibición del crecimiento de *Colletotrichum* spp. (radio, mm), se realizó el presente estudio mediante un diseño factorial teniendo como fuentes de variación a los principios activos, la concentración y tiempo de medición. El análisis estadístico de la información se realizó con un análisis de varianza y comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) usando el software estadístico SAS V9.0® (SAS, 2003).

Resultados y discusión

Pruebas in vitro de crecimiento micelial

Los resultados de la variable respuesta radio indica que existe efecto significativo ($P < 0.05$) del ingrediente activo (tabla 2), resaltando que el ingrediente activo Metalaxil-M es aproximadamente 200% más efectivo comparándolo con Tiabendazol y 300% superior en relación al Trifloxistobin, Azoxistrobin o al testigo los cuales son estadísticamente similares. Resultados similares fueron encontrados por Gutiérrez y Gutiérrez, en 2003 al analizar la acción del Tiabendazol y Azoxistrobin en diversos aislados de *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en frutos de guayaba, mencionan que algunas cepas presentaron mayor sensibilidad al Tiabendazol con respecto al Azoxistrobin, este comportamiento concuerda con lo reportado en 1982

por Spalding en donde la mayoría de los aislados de *Colletotrichum gloeosporioides* presentaron resistencia a los dos compuestos activos antes mencionados.

Por otro lado el efecto de la variación de la concentración del ingrediente activo no presentó efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la variable respuesta radio (Tabla 3). Sin embargo el valor más bajo matemáticamente se presenta en la concentración de 1000 mg/L, al incorporar los datos de concentración y la variable respuesta a un gráfico se puede destacar que después del valor de 250 mg/L la pendiente se comportó sin cambios significativos.

Tabla 2. Análisis de varianza de los tratamientos a diversas concentraciones, días e ingredientes activos

Ingrediente activo	Número de Observaciones	Radio mm	Coficiente de variación (%)
Tiabendazol	160	12.54±0.65 ^b	65.56
Trifloxistrobin	160	16.10±0.84 ^a	65.81
Azoxistrobin	160	16.21±0.89 ^a	69.78
Metalaxil-M	160	4.14±0.34 ^c	103.79
Testigo	32	16.18±1.91 ^a	66.89

^{a,b,c} medias en la misma columna con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
Los datos mostrados se encuentran en mm y representan la media de todas las observaciones

La fuente de variación tiempo (días) presentó efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el crecimiento de micelio de *Colletotrichum* spp., (tabla 4) en el día uno corresponde una media de 0.7 mm y en el segundo de 3.05 teniendo un incremento entre esos días de 2.35 mm; del mismo modo el incremento del segundo al tercer día se calcula un incremento de 3.38 mm, realizando las diferencias de los incrementos entre los días restantes y llevando a cabo una interpolación lineal se puede determinar que conforme los días transcurren el crecimiento del micelio en la caja Petri se comporta de manera lineal con un pendiente de 3.66 mm y un factor de correlación (r^2) de 0.995.

Tabla 3. Análisis de varianza de los tratamientos a diversas concentraciones, e ingredientes activos

Concentración mg/L	Número de Observaciones	Radio mm	Coficiente de variación (%)
0.0 (TESTIGO)	32	16.18±1.91 ^a	66.88
50	128	13.28±0.89 ^a	75.98
100	128	12.75±0.88 ^a	78.33
250	128	11.81±0.90 ^a	86.93
500	128	11.84±0.92 ^a	87.97
1000	128	11.54±0.93 ^a	91.66

^a medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 4. Análisis de varianza de los tratamientos a los diferentes días

Día	Número de Observaciones	Radio mm	Coficiente de variación (%)
1	84	0.70±0.06 ^g	79.18
2	84	3.05±0.184 ^g	55.34
3	84	6.43±0.31 ^f	45.36
4	84	9.99±0.46 ^e	42.6
5	84	13.82±0.61 ^d	41
6	84	17.73±0.78 ^c	40.31
7	84	21.85±0.94 ^b	39.56
8	84	25.86±1.08 ^a	38.45

^{a,b,c,d,e,f,g} medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Considerando la efectividad del ingrediente activo Metalaxil-M en la medición del radio del crecimiento del micelio de *Colletotrichum* spp., de acuerdo a la tabla 2, se procedió a realizar el análisis de varianza considerando la concentración y el tiempo, encontrando efecto significativo ($P < 0.05$) de ambos factores sobre el desarrollo del micelio de *Colletotrichum* spp. (Tabla 5).

En base a la tabla 5 se puede inferir que a partir del cuarto día el crecimiento de micelio fue diferente en las diversas concentraciones realizadas, dicho comportamiento de desarrollo del patógeno fue similar en la columna de concentración de 1000 mg/L ya que a partir del cuarto día la media de micelio desarrollado en la caja Petri fue diferente en los posteriores días.

Haciendo las comparaciones por días a diversas concentraciones, tenemos que en el octavo día la inhibición del crecimiento en relación al testigo con una media de 33.40 mm y la concentración de 50mg/L que presentó una media radial 16.56 mm se puede calcular un incremento de un 200% aproximadamente, realizando el mismo análisis con la concentración de 100 mg/L tenemos un incremento del

257% con respecto al testigo, si analizamos las concentraciones restantes hasta llegar a la de 1000 mg/L del octavo día, el comportamiento de las diferencias entre el testigo y su respectiva concentración es incrementarse paulatinamente esa diferencia hasta un valor aproximado de 850% (Figura 1).

Tabla 5. Análisis de varianza de los tratamientos a diversas concentraciones, días del ingrediente activo Metalaxil-M

DÍA	TESTIGO	CONCENTRACIÓN 50MG/L	CONCENTRACIÓN 100MG/L	CONCENTRACIÓN 250MG/L	CONCENTRACIÓN 500MG/L	CONCENTRACIÓN 1000MG/L
1	^A 1.40±0.03 _H	^B 0.0±0.0 _G	^B 0.0±0.0 _G	^B 0.0±0.0 _G	^B 0.0±0.0 _G	^B 0.0±0.0 _F
2	^A 4.34±0.13 _G	^B 0.45±0.14 _G	^B 0.42±0.09 _G	^{BC} 0.062±0.06 _G	^{BC} 0.062±0.04 _{FG}	^C 0.0±0.0 _F
3	^A 8.71±0.06 _F	^B 2.81±0.13 _F	^B 2.5±0.11 _F	^C 1.21±0.06 _F	^D 0.78±0.12 _F	^E 0.27±0.05 _F
4	^A 13.0±0.15 _E	^B 5.15±0.08 _E	^C 4.31±0.15 _E	^D 2.73±0.10 _E	^E 1.66±0.15 _E	^F 0.71±0.05 _E
5	^A 17.75±0.31 _D	^B 7.71±0.09 _D	^C 6.37±0.26 _D	^D 4.43±0.11 _D	^E 2.73±0.17 _D	^F 1.26±0.08 _D
6	^A 22.90±0.24 _C	^B 10.34±0.09 _C	^C 8.46±0.14 _C	^D 5.85±0.12 _C	^E 3.90±0.19 _C	^F 2.03±0.03 _C
7	^A 27.93±0.23 _B	^B 13.56±0.08 _B	^C 10.9±0.12 _B	^D 7.34±0.21 _B	^E 4.84±0.16 _B	^F 2.93±0.08 _B
8	^A 33.40±0.43 _A	^B 16.56±0.12 _A	^C 12.96±0.22 _A	^D 9.53±0.43 _A	^E 6.78±0.28 _A	^F 3.87±0.11 _A

a,b,c,d,e,f medias con diferente literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes (P<0.05)

a,b,c,d,e,f,g,h medias con diferente literales en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

porcentaje de sensibilidad inducido por METALAXIL-M

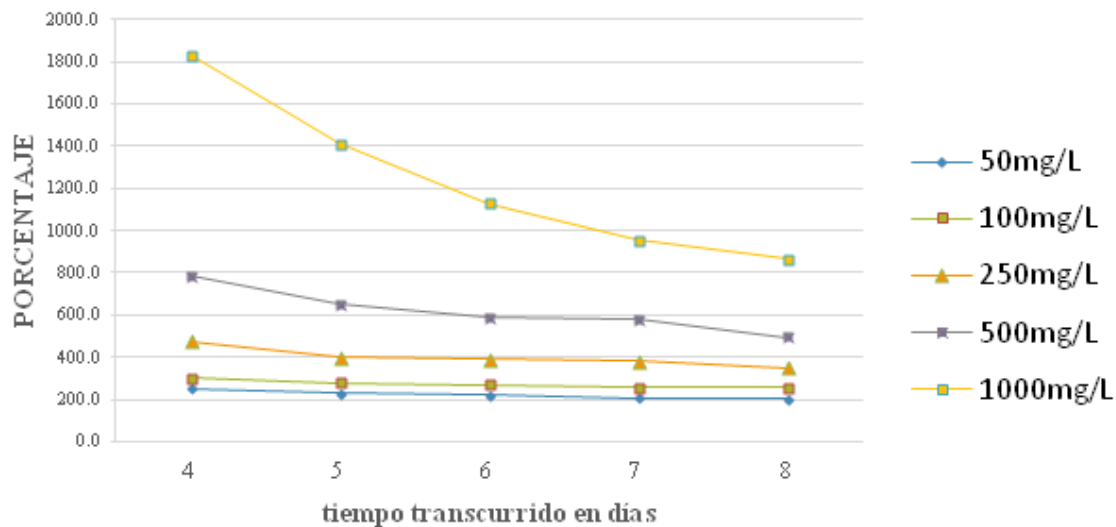
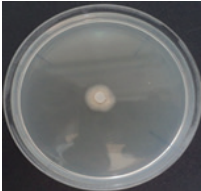
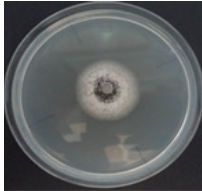
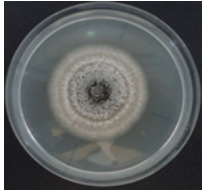
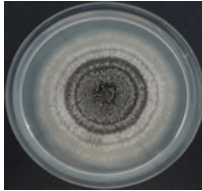
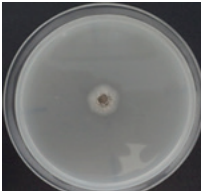
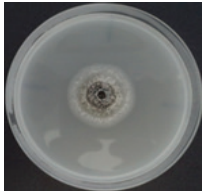
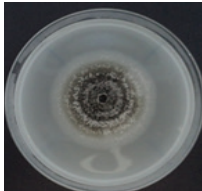
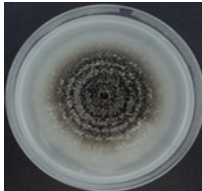
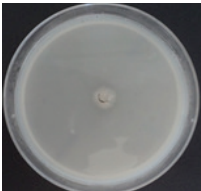
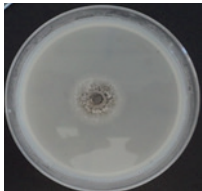
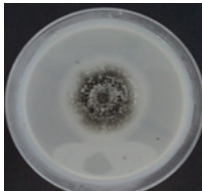
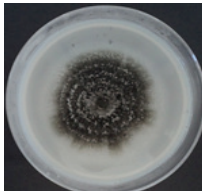
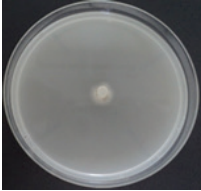
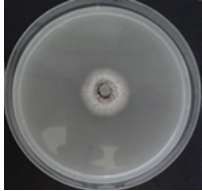
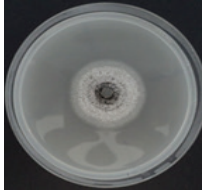
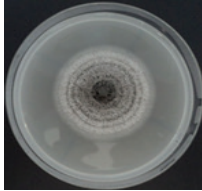
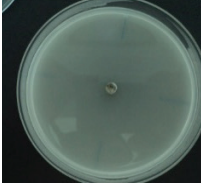
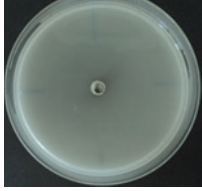
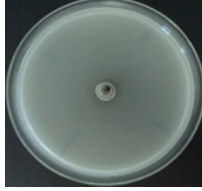
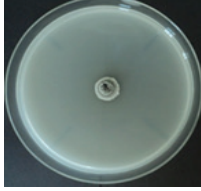


Figura 1. Gráfico que representa las diferencias de las medias en porcentajes del desarrollo del micelio de *Colletotrichum* spp., con respecto al testigo en base a los datos proporcionados de la tabla 5, se puede apreciar una mayor diferencia expresado en porcentaje con la concentración de 1000 mg/L.

Se analizó de la misma manera el comportamiento de los días restantes, a partir del cuarto día por haber mostrado diferencia con respecto a los primeros días (tabla 5); la concentración de 1000 mg/L presenta diferencias notables en base a la medición radial del crecimiento de hongo, en el intervalo del cuarto al octavo día con respecto al testigo. El valor más alto de inhibición se alcanza cuando el factor de la concentración es de 1000 mg/L siendo el octavo día más representativo en base a la sensibilidad presentada

por el patógeno; por lo tanto el ingrediente activo con mayor efectividad con el que fue afectado *Colletotrichum* spp., en su desarrollo y posiblemente su diferenciación fue el Metalaxil-M a una concentración de 1000 mg/L como se pueden comprobar en los bioensayos mostrados en la tabla 6. Estos resultados obtenidos pueden haberse dado debido a la capacidad sistémica que posee el fungicida que presenta el ingrediente activo: Metalaxil-M, aumentando la capacidad de inhibir el crecimiento del hongo. Además, es

Tabla 6. Bioensayo de crecimiento micelial de *Colletotrichum* spp. Colección de fotografías que indica el desarrollo del cultivo de *Colletotrichum* spp., en medio PDA suplementado con los diferentes ingredientes activos, donde el mayor grado de inhibición de su crecimiento es logrado por Metalaxil-M a una concentración de 1000 mg/L. CONCLUSIONES

TIEMPO	SEGUNDO DÍA	CUARTO DÍA	SEXTO DÍA	OCTAVO DÍA
INGREDIENTES ACTIVOS				
<i>CONTROL</i>				
<i>TRIFLOXISTROBIN</i> (1000 MG/L)				
<i>AZOXISTROBIN</i> (1000 MG/L)				
<i>TIABENDAZOL</i> (1000 MG/L)				
<i>METALAXIL-M</i> (1000 MG/L)				

importante enfatizar los mecanismos de acción, ya que estos actúan en la síntesis de DNA, cuyo resultado es la inhibición de todo metabolismo tanto de degradación de sustrato y la utilización de ATP (López, 2010).


En cuanto al resto de los ingredientes activos es notable su baja efectividad para evitar el crecimiento del hongo *Colletotrichum* spp., posiblemente por su mecanismo de acción.

Conclusiones

En las pruebas de inhibición realizadas a diferentes concentraciones de sus ingredientes activos, el aislado de *Colletotrichum* spp., presentó una mayor sensibilidad al Metalaxil-M a una concentración de 1000 mg/L.

A partir del cuarto día, el ingrediente activo Metalaxil-M fomentó una diferencia estadísticamente diferente de crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., en relación a los primeros días, así mismo con en bioensayo con una concentración de 1000 mg/L tuvo el mismo comportamiento a partir del cuarto día.

El porcentaje de inhibición del tratamiento con 1000 mg/L de Metalaxil-M con respecto al testigo fue mucho mayor tomando en cuenta desde el cuarto día en donde los valores de crecimiento micelial son estadísticamente diferentes a diferencia de las concentraciones 50 mg/L, 100 mg/L, 250mg/L y 500mg/L.

Con este estudio se podrá dar paso a futuras investigaciones donde se podrá comparar el efecto de la inhibición del Metalaxil-M hacia *Colletotrichum* spp reportado en la presente investigación, desarrollando un análisis *in vivo* con frutos de papaya inoculados con esporas de *Colletotrichum* spp., para así poder validar los resultados *in vitro* aquí presentados. Cabe destacar que no solamente el cultivo de papaya es susceptible a la antracnosis, otros cultivos de interés económico de la zona Costa de Oaxaca suelen ser propensos a esta enfermedad como es el caso del mango (*Mangifera indica* L.) 

Bibliografía

Ayoola, P., Adeyeye, A. (2010). Phytochemical and nutrient evaluation of *Carica papaya* (pawpaw) leaves. *IJRRAS*. Vol. 5(3). 325-328.

Bayercropscience, (2015). Disponible en: <http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/AE3052664A17924FC125>

762D0052A697/\$file/ind_tega.pdf Consultado 5 Abril 2015

Casarrubias, U., Cárdenas, E., Nieto, D., Gutiérrez, J. (2002). Histopatología de Frutos de Papaya (*Carica papaya* L.) Infectados por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol. 20(1). 88-93.

Cruz, J., Santíz, E., Lozoya, E., Ruíz, F. (2016). Viabilidad en la detección de *Phytophthora palmivora* en frutos de papaya (*Carica papaya*) en la zona Costa de Oaxaca. *Temas de Ciencia y Tecnología*. Vol. 20(59). 15-21.

Da Silva, T., Rashid, Z., Nhut, D., Sivakumar, D., Gera, A., Souza M., Tennant, P. (2007). Papaya (*Carica papaya* L.) Biology and Biotechnology. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*. Vol. 1(1). 47-73.

Durán, A., Mora, D., Ramírez, L. (2000). Los peciolos de la papaya como fuente de inóculo de la antracnosis y su eliminación como práctica de control. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 11(2). 7-14.

FAO (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations. [en línea] Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> [Acceso 6 Jun. 2016].

Fernández, E., Navia, O., Gandarillas, A. (1999). Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa*. Vol. 11. 1-25.

García, R., García, A. (2004). Evaluación de estrategias para el control químico del tizón tardío de la papa en dos localidades del Estado Mérida, Venezuela. *Bioagro*. Vol. 16(2). 77-83.

Gayosso, L., Yahia, E., González, G. (2011). Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. *Food Research International*. Vol. 44(5). 1284-1291.

Gutiérrez, O., Gutiérrez, J. (2003). Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin para el control de antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en frutos de guayaba (*Psidium*

- dium guajava* L.) en postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol. (21). 228-232.
- INEGI (2015). Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Octubre 2015. Revisado 12 marzo 2016 <http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/catalogo.jsp>
- Karadimos, D., Karaoglanidis, G., Tzavella, K. (2005). Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin against *Cercospora beticola*. *Crop protection*. Vol. 24(1). 23-29.
- Krishna, K., Paridhavi, M., Patel, J. (2008). Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of Papaya (*Carica papaya* Linn.). *Natural product radiance*. Vol. 7(4). 364-373.
- Leen, D. (1986) Benzimidazole fungicides: Mechanism of action and biological impact. *Annual Review of Phytopathology*. Vol. 24. 43-65
- López M. (2010). Tratamientos postcosecha en el control de la antracnosis y calidad de frutos de papaya "maradol". (Tesis de maestría especialista en Fruticultura). Colegio de postgraduados. México
- Monti, R., Basilio, C., Trevisan, H., Contiero, J. (2000). Purification of papain from fresh latex of *Carica papaya*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol. 43(5). 501-507.
- Nurul, S., Asmah, R. (2012). Evaluation of antioxidant properties in fresh and pickled papaya. *International Food Research Journal*. Vol. 19(3). 1117-1124.
- Peres, N., Kuramae, E., Dias, M., De Souza, N. (2002). Identification and characterization of *Colletotrichum* spp. affecting fruit after harvest in Brazil. *Journal of Phytopathology*. Vol. 150(3). 128-134.
- Puangri, T., Abdulkarim, S., Ghazali, H. (2005). Properties of *Carica papaya* L. (papaya) seed oil following extractions using solvent and aqueous enzymatic methods. *Journal of Food Lipids*. Vol. 12(1). 62-76.
- Rajk Kapoor, B., Jayakar, B., Kavimani, S., Muruges, N. (2002). Effect of dried fruits of *Carica papaya* Linn on hepatotoxicity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. Vol. 25(12). 1645-1646.
- Santamaría, F., Díaz, R., Gutiérrez, O., Santamaría, J., Larqué, A. (2011). Control de dos especies de *Colletotrichum* causantes de antracnosis en frutos de papaya maradol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 2(5). 631-643.
- SAS (2003). Statistical Analysis System. SAS/JMP Statistical Discovery Software. Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Sharma, V., Ogbeide, O. (1982). Pawpaw as a renewable energy resource for the production of alcohol fuels. *Energy*. Vol. 7(10). 871-873.
- SIAP (2014). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [en línea] Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> [Acceso 6 Jun. 2015].
- Spalding, D. (1982). Resistance of mango pathogens to fungicide used to control postharvest diseases. *Plant Disease*. Vol. 66. 1185-1186.
- Ventura, J., Costa, H., Silva, J. (2004). Papaya diseases and integrated control. *Diseases of Fruits and Vegetables*: Vol. 2. 201-268.