



RESEARCH ARTICLE



In vitro effectiveness of chemical fungicides against *Curvularia eragrostidis* (Henn) J. A. Mey, causal agent of leaf spot disease in pineapple

Efectividad *in vitro* de fungicidas químicos contra *Curvularia eragrostidis* (Henn) J. A. Mey, agente causal de la mancha foliar en piña

Hugo Alberto García-Ordaz¹ , Wilberth Chan-Cupul¹ *, Marco Tulio Buenrostro-Nava¹ , Pedro Valadez-Ramírez ¹ 

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, C.P. 28930. México.

* Corresponding author: wchan@uacol.mx (W. Chan-Cupul).

Received: 19 May 2021. Accepted: 8 August 2021. Published: 20 August 2021.

Abstract

Curvularia eragrostidis (Ascomycota: Dothideomycetes) was recently reported as the causal agent of Pineapple Leaf Spot disease (MD2 hybrid) in Central Pacific Mexico. Therefore, the effectiveness of five chemical fungicides (System Cu[®], Tilt[®] 250 CE, Volley[®] 88OL, Tecto 60[®] and Mancozeb[®] 80WP) at four concentrations (1.0%, 0.5%, 0.25% and 0.125%) was evaluated through a doses response bioassay. The DGR of *C. eragrostidis* was 1.5 cm/day. The fungicides Volley[®] and Tilt[®] at the four evaluated concentrations did not allow the growth of *C. eragrostidis*. The lowest DGR for System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP and Tecto[®] 60 was found at the dose of 1% with 0.13, 0.0 and 0.39 cm / day, respectively. The %IMG for Volley[®] and Tilt[®] 250 CE were 100% at all evaluated doses. For System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP and Tecto[®] 60, the %IMG ranged from 65.2 (0.125%) - 78.2 (1.0%), 62.9 (0.125%) - 100.0 (1.0%) and 57.0 (0.125%) - 62.0% (1.0%), respectively. The Probit model suggested an LC₅₀ of 0.025%, 0.067% and 0.076% for System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP and Tecto[®] 60, respectively. In conclusion, the fungicides Volley[®] and Tilt[®] are highly effective against *C. eragrostidis*; on the other hand, the EC₅₀ for System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP and Tecto[®] 60 against *C. eragrostidis* are reported for the first time.

Keywords: *Ananas comosus*; chemical control; doses response bioassay, daily growth rate; mycelial growth inhibition percentage; mean lethal concentration.

Resumen

Recientemente se reportó a *Curvularia eragrostidis* (Ascomycota: Dothideomycetes) como el agente causal de la Mancha Foliar de la Piña (híbrido MD2) en el Pacífico Centro de México. Por lo tanto, se evaluó la efectividad *in vitro* de cinco fungicidas químicos (System Cu[®], Tilt[®] 250 CE, Volley[®] 88OL, Tecto 60[®] y Mancozeb[®] 80WP) a cuatro concentraciones (1,0%, 0,5%, 0,25% y 0,125%) sobre *C. eragrostidis*, a través de bioensayos dosis-respuesta. La tasa de crecimiento diaria (TCD) del hongo en el control (sin fungicida) fue de 1,5 cm/día, mientras que los fungicidas Volley[®] y Tilt[®], en las cuatro concentraciones, no permitieron el crecimiento de *C. eragrostidis*. La TCD más baja para System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP y Tecto[®] 60 se encontró en la concentración al 1,0% con 0,13, 0,0 y 0,39 cm/día, respectivamente. Los porcentajes de inhibición del crecimiento micelial (%ICM) para Volley[®] y Tilt[®] 250 CE fueron del 100% en todas las concentraciones evaluadas. Para System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP y Tecto[®] 60, el %ICM osciló en un rango de 65,2% (0,125%) - 78, % (1,0%), 62,9% (0,125%) - 100,0% (1,0%) y 57,0% (0,125%) - 62,0% (1,0%), respectivamente. Un modelo Probit sugirió una concentración efectiva media (CE₅₀) de 0,025%, 0,067% y 0,076% para System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP y Tecto[®] 60, respectivamente. En conclusión, los fungicidas Volley[®] y Tilt[®] son altamente efectivos contra *C. eragrostidis*; por otra parte, se reportan por primera ocasión las CE₅₀ para System Cu[®], Mancozeb[®] 80WP y Tecto[®] 60 contra *C. eragrostidis*.

Palabras clave: *Ananas comosus*; control químico; bioensayo dosis-respuesta; tasa de crecimiento diaria; porcentaje de inhibición del crecimiento micelial; concentración letal media.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.047>

Cite this article:

García-Ordaz, H. A., Chan-Cupul, W., Buenrostro-Nava, M. T., & Valadez-Ramírez, P. (2021). Efectividad *in vitro* de fungicidas químicos contra *Curvularia eragrostidis* (Henn) J. A. Mey, agente causal de la mancha foliar en piña. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 429-434.

1. Introducción

La piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) (Bromeliaceae), originaria de América del Sur, es una de las frutas más populares por su capacidad nutraceutica dado su contenido de antioxidantes, vitamina C, carotenoides, minerales y polifenoles (Hajar et al., 2012; Septiembre-Malaterre et al., 2016). Sin embargo, a nivel mundial, se han reportado afecciones en follaje, raíces y fruto por diversos fitopatógenos, entre ellos, *Erwinia*, *Phytophthora*, *Pineapple mealybug wilt-associated virus 1*, 2 y 3, *Rotylenchulus reniformis* y hongos (Ochoa-Martínez et al., 2016; Rohrbach & Schmitt, 2003). De las enfermedades fungosas, son de especial interés, por su impacto económico, la pudrición basal por *Chalara paradoxa* (= *Thielaviopsis paradoxa*), Fusariosis por *Fusarium subglutinans* (= *F. moniliforme*) y la Mancha Foliar (MF) por *Curvularia eragrostidis* (Rohrbach & Schmitt, 2003; Korres et al. 2011; Gao et al., 2014; Ferreira et al., 2014; Kusai et al., 2015; Lan-Cheng et al., 2016).

Actualmente el cultivo de la piña está consolidado en la región del Pacífico Centro de México, por lo que resulta crucial el monitoreo de las enfermedades y la identificación de sus agentes causales, con la finalidad de generar programas de manejo eficientes. Gracias a esta estrategia fitopatológica, recientemente Maldonado-Michel et al. (2021) reportaron a *C. eragrostidis* como agente causal de la MF en plantaciones comerciales de piña "híbrido MD2" en Tecomán, Colima. Sin embargo, poco se conoce sobre su manejo bajo condiciones de campo, por lo que una primera selección *in vitro* de productos químicos, biológico y/o biorracionales con alta efectividad, es una actividad a considerar para establecer un manejo integrado de la MF (Gaviria-Hernández et al., 2013).

Aunado a ese desconocimiento, se suma que, en las prácticas agronómicas del cultivo de la piña, generalmente se emplean grandes volúmenes de agua (entre 2000 a 3000 L) para realizar aplicaciones foliares por hectárea para el manejo de fitopatógenos, lo que trae consigo problemas para definir una concentración correcta de aplicación de fungicidas químicos y/o biorracionales para el manejo preventivo o curativo de la MF por *C. eragrostidis*. Por ello, conocer las concentraciones adecuadas de aplicación para obtener una adecuada efectividad y costo beneficio es un factor por considerar en el manejo integrado de la MF. El cual se basa en el manejo cultural [labranza del suelo, uso de láminas de riego adecuadas y desinfección de herramientas (Bartholomew et al., 2002), control biológico [aplicaciones de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* sp., (Hernández-Mansilla et al., 2006; Sabando-Ávila et al., 2017) y como última instancia, el control químico [aplicación de fungicidas (Hernández-Mansilla et al., 2010)]. Especialmente, si se trata del control químico con fungicidas, estas concentraciones adecuadas permiten mitigar el desarrollo de la resistencia a fungicidas por parte de los agentes causales (Maldonado-Michel et al., 2021).

Curiosamente, a pesar de que la MF por *C. eragrostidis* no es una enfermedad reciente, para su manejo a través de fungicidas químicos, aún se desconoce la efectividad de los ingredientes (p. e. Metalaxil, Fosetyl-Al, Ácido sulfúrico, Bifloruro de Amonio, Amonio Cuaternario y Sulfato de

Cobre, Gluconato de Cobre, Propiconazol, Fenpropimorf, Tiabendazol y Ditiocarbamato) sobre esta especie. Sin embargo, como referencia pudieran emplearse algunos compuestos que se han evaluado contra otras especies de *Curvularia* aisladas de diferentes hospedantes. Por ejemplo, para *C. lunata*, agente causal de la Mancha Foliar en sábila (*Aloe vera* (L.) Burm.f.), se ha reportado una efectividad *in vitro* del 100% con Tebuconazol (0,2%) + Dithane M-45 (0,2%), Propiconazol 70 WP (0,1%) + Dithane M-45 (0,2%), Propiconazol 70WP + Tebuconazol (0,2%) y Carbendazim (0,1%) + Tebuconazol (0,2%). Mientras que otros fungicidas como Carbendazim (0,01%) + Dithane M45 (0,02%) han registrado una menor efectividad (85,43%) (Bahekar et al., 2017).

Complementariamente, en *C. lunata* aislado de cóleo (*Plectranthus rotundifolius* (Poir.) Spreng. (= *Solenostemon rotundifolius* (Poir.) J.K.Morton), Tekade et al. (2017) encontraron que Propiconazol 0,1% y Tricyclozol + Mancozeb 0,2% registraron 100% de inhibición en la germinación del hongo; mientras que Tridemorph 0,1% y Dithane M-45 0,2% tuvieron 96,54% y 93,51% de inhibición de la germinación de esporas. Los valores mínimos se registraron para Carbendazim 0,1%, Clorotalonil 0,2% y Tiofanato M 0,2%, con 30,06%, 35,09% y 49,42% de inhibición, respectivamente.

Es de esperar que los fitopatógenos posean diferente respuesta ante la presión química de los fungicidas. Con base en esto, para el caso de *C. eragrostidis* se requiere generar la información sobre la efectividad y concentraciones óptimas de aplicación para el control de la MF con fungicidas químicos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad *in vitro* de cinco fungicidas químicos contra *C. eragrostidis* bajo condiciones de laboratorio.

2. Materiales y métodos

2.1 *Curvularia eragrostidis*

El hongo fitopatógeno se reactivó en agar papa dextrosa (APD) y se obtuvo de la colección de hongos fitopatógenos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima. La especie fue identificada morfológicamente y molecularmente por Maldonado-Michel et al. (2021). Además, fue evaluada a través de los postulados de Koch con el fin de determinar su habilidad patogénica en el híbrido de piña "MD2" (Maldonado-Michel et al., 2021).

2.2 Fungicidas químicos

Los fungicidas químicos evaluados se describen en la Tabla 1 y fueron adquiridos en tiendas agropecuarias en Tecomán, Colima, México.

2.3 Bioensayos dosis respuesta

Las concentraciones que se evaluaron de los fungicidas [1,0%, 0,5%, 0,25% y 0,125% (v/v o p/v)], se seleccionaron con base en su viabilidad económica. La inoculación del hongo en las cajas de Petri se realizó a través de un disco de micelio (8 días de edad, 6 mm de diámetro). Las cajas de Petri inoculadas se incubaron a temperatura de laboratorio (25,0±3,0 °C). Para la preparación de las concentraciones se calcularon las cantidades necesarias de los diferentes fungicidas, teniendo en cuenta el

volumen final de medio a preparar por caja de Petri (20 mL de ADP+ fungicida). Los productos químicos requeridos se expresaron en g/L para los productos sólidos y en mL/L para los líquidos. Con el fin de evitar que las cajas con el medio más el fungicida se contaminaran, la mezcla se realizó en la cámara de flujo laminar (Labconco, E.U.A). Por último, se mezcló hasta lograr la homogeneización completa del medio de cultivo con los fungicidas.

Tabla 1

Características de fungicidas químicos evaluados contra *Curvularia eragrostidis* agente causal de la mancha foliar en piña híbrido "MD2"

Producto	Ingrediente activo	Dosis	Concentraciones (%) i. a.
System Cu	Cobre + Gluconato de cobre	4,0 mL/L	14 y 35,6
Tilt 250 CE	Propiconazol	0,5 L/ha	25,5
Volley® 88 OL	Fenpropimorf	1,0 L/ha	93
Tecto® 60	Tiabendazol	700 g/ha	60
Mancozeb 80 WP	Ditiocarbamato	2,0 L/ha	80

i. a. Ingrediente activo.

2.4. Variables de respuesta

La tasa de crecimiento diaria del micelio (TCD) se calculó a partir del crecimiento diametral de la colonia, el cual se midió cada 24 h por siete días. El crecimiento diametral se sustituyó en la fórmula: $TCD = [(R1 - R0) / (T1 - T0) / n]$, donde n= número de evaluaciones, R1 y R2 fueron el crecimiento diametral del hongo (mm) en los tiempos T1 y T2 (días) (Baldrian & Gabriel, 2002). El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (%ICM) se determinó con la ecuación: $\%ICM = [(C-T)/C] \times 100\%$, donde C= diámetro del micelio en la caja de Petri del tratamiento testigo (mm) y T= diámetro del micelio en la caja del tratamiento con fungicida (mm) (Bahekar et al., 2017). La concentración efectiva media (CE₅₀) y concentración efectiva noventa (CE₉₀) se calculó empleando los porcentajes de inhibición en cada concentración de cada producto por medio de un análisis Probit, a través del software Statistical Analysis System (SAS, 2002) versión 9,0 para Windows (Manzo-Sánchez et al., 2018).

2.5. Diseño experimental

Se empleó un experimento dosis respuesta con cinco fungicidas y cuatro concentraciones de cada uno y un control (sin fungicida) empleando un diseño completamente al azar (Manzo-Sánchez et al., 2018). Cada concentración y control se estableció con seis repeticiones con un total de

126 unidades experimentales. Una unidad experimental, consistió en una caja de Petri con 20 mL de ADP con la concentración de fungicida a evaluar.

2.6. Análisis de datos

Para la TCD y el %ICM se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias empleando la diferencia mínima significativa (DMS) con 0,05 de significancia para ambas pruebas. Los datos del %ICM se transformaron con la ecuación: $\arcsen (\% ICM/100)^{1/2}$ para lograr una distribución aproximada a la normal y su posterior análisis. Además, se determinó un análisis de regresión lineal ($Y=mX+b$) entre la concentración de los productos (X) y los porcentajes de inhibición (Y) con una significancia de 0,05, para conocer su relación directa (Manzo-Sánchez et al., 2018).

3. Resultados y discusión

3.1 Tasa de crecimiento diaria (TCD)

El análisis de varianza mostró efecto de los fungicidas evaluados comparado al control sobre el crecimiento de *C. eragrostidis* obteniendo diferencias altamente significativas ($P=0,0001$). El control exhibió una TCD de 1,59 cm/día a los cinco días de incubación (Tabla 2). Los productos Volley® y Tilt® registraron en las cuatro concentraciones evaluadas nulo crecimiento, sin diferencias significativas entre las concentraciones evaluadas. Para System Cu®, las concentraciones de 0,25 (0,19 cm/día), 0,5 (0,16 cm/día) y 1,0% (0,13 cm/día) presentaron las menores TCD en comparación con la concentración 0,125 (0,55 cm/día) y el control (1,59 cm/día). En cuanto al Mancozeb® 80WP, las TCD estadísticamente más bajas se encontraron en las concentraciones de 0,5 (0,02 cm/día) y 1,0% (0,0 cm/día), mientras que las concentraciones de 0,25 y 0,125% permitieron TCD de 0,31 y 0,54 cm/día, respectivamente; todas estas, estadísticamente menores al control (1,59 cm/día). Para el Tecto® 60, la TCD más baja se encontró en la concentración al 1,0% (0,39 cm/día), similar a la TCD en la concentración al 0,5% (0,44 cm/día), pero estadísticamente diferente a las TCD de las concentraciones 0,25 y 0,125% con 0,49 y 0,56 cm/día, respectivamente.

El presente estudio reporta concentraciones de fungicidas químicos y su efecto en la TCD de *C. eragrostidis*. Este fitopatógeno no se ha estudiado ampliamente [como agente causal de la MF en la producción de piña (híbrido MD2) en el Pacífico Centro de México. Sin embargo, *C. eragrostidis* se ha reportado en cultivos de piña en Brasil (Ferreira et al., 2014). Mientras que en otros países como en Nicaragua (García-Osorio and Orozco-Gómez, 2016) y China (Lan-Cheng et al., 2016) se ha reportado a *Curvularia clavata*, como agente causal de la MF en piña.

Tabla 2

Tasa de crecimiento diaria (cm/día) *in vitro* de *Curvularia eragrostidis* bajo diferentes concentraciones de fungicidas químicos

Productos	Concentración porcentual					F=	P-valor
	0	0,125	0,25	0,5	1,0		
System Cu®	1,59±0,07a	0,55±0,015b	0,19±0,007c	0,16±0,011c	0,13±0,01c	300,40	0,0001
Mancozeb® 80WP	1,59±0,07a	0,54±0,013b	0,31±0,026c	0,02±0,025d	0,0±0,0d	290,29	0,0001
Volley® 88OL	1,59±0,07a	0,0±0,0b	0,0±0,0b	0,0±0,0b	0,0±0,0b	433,77	0,0001
Tilt® 250 CE	1,59±0,07a	0,0±0,0b	0,0±0,0b	0,0±0,0b	0,0±0,0b	433,77	0,0001
Tecto® 60	1,59±0,07a	0,56±0,016b	0,49±0,011bc	0,44±0,010cd	0,39±0,018d	189,89	0,0001

Medias (±error estándar) entre columnas con literales diferentes son significativamente diferentes entre sí (DMS, $P \leq 0,05$).

Por otra parte, existen estudios similares bajo condiciones *in vitro* contra *Curvularia lunata*, agente infeccioso del follaje de *Zea mays*, *Aloe vera* y *Solenostemon rotundifolius*. Por lo general, *C. lunata* tiene un rápido crecimiento micelial en condiciones *in vitro* con un diámetro promedio de las colonias a los siete días de edad de 8,4 cm (Bahekar et al., 2017). Otros reportes, indican un crecimiento menor de *C. lunata* con 5,78 cm de diámetro a los 7 días (Tekade et al., 2017), por el contrario, *C. eragrostidis* posee un crecimiento de 8,6 cm de diámetro a los 7 días.

3.2 Porcentaje de inhibición

Los productos con mayor inhibición sobre *C. eragrostidis* fueron Volley® y Tilt® al presentar 100% en todas las (Tabla 3, Figura 1). System Cu® (F=6,76, P=0,0025) resultó efectivo para la inhibición del crecimiento de *C. eragrostidis*, las inhibiciones oscilaron entre 65,2 y 78,2% en las cuatro concentraciones evaluadas. Mancozeb® 80WP (F=70,59, P=0,0001) registró inhibición en todas las concentraciones, la más alta registró 90% (1%) y la más baja presentó 62,99% (0,125%). Tecto® 60 (F=14,15, P=0,0001) presentó un bajo porcentaje de inhibición, el valor más alto fue en la concentración del 1,0% con 62,01% de inhibición, mientras que el valor más bajo que mostró fue 57,06% de inhibición (Tabla 3, Figura1).

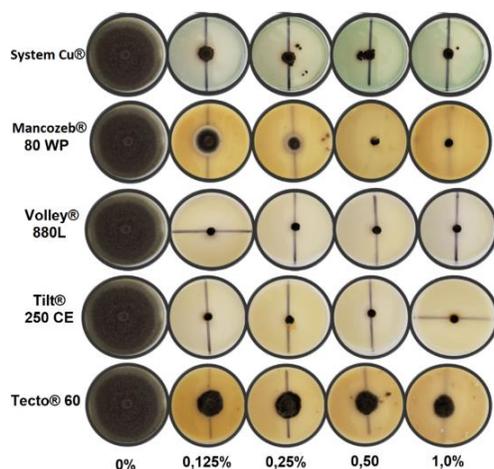


Figura 1. Crecimiento de las colonias de *Curvularia eragrostidis* en medio de cultivo ADP con cuatro concentraciones (0,125, 0,25, 0,5 y 1,0%) de cinco fungicidas químicos.

En estudios previos, Cristóbal-Alejo et al. (2013) evaluaron la efectividad de los fungicidas sistémicos Azoxystrobin, Benomyl, Fosetil Aluminio (Fosetil Al), Tiabendazole, Imazalil y Procloraz con un testigo sin aplicación de fungicida contra *C. lunata*. El ingrediente activo que presentó el mayor porcentaje (100%) de inhibición fue Imazalil, mientras que los tratamientos con el Fosetil-Al y Procloraz inhibieron del 75 al 100%. Estos valores son similares a los obtenidos con Tecto® 60 (Tiabendazole) al presentar inhibiciones entre 57,06 y 62,01%. Tekade et al. (2017) evaluaron la eficacia de fungicidas contra *C. lunata*, agente causal del tizón del coleo (*Solenostemon rotundifolius*) en condiciones de laboratorio. Los autores encontraron que todos los productos químicos evaluados fueron efectivos en la reducción de la germinación y significativamente superiores al control. El Propiconazole 0,1% y Tricyclozole

+ Mancozeb 0,2% fueron efectivos y registraron 100% de inhibición. En cuanto a Tridemorph 0,1% y Dithane M-45 0,2% registraron el 96,54% y 93,51% de inhibición del hongo. En comparación con los productos químicos que se evaluaron, como Volley® 880L (Fenpropimorf) y Tilt® 250 CE (Propiconazol) estos fungicidas obtuvieron en todas sus concentraciones a 1, 0,5, 0,25 y 0,125% el 100% de inhibición. Por lo tanto, estos fungicidas son candidatos para futuros estudios en campo.

En otro estudio, Bahekar et al. (2017) evaluaron grupos de fungicidas a diferentes concentraciones para la inhibición *in vitro* de *C. lunata* aislada del cultivo de sábila (*Aloe vera*). La combinación de ingredientes activos mostró más eficiencia para inhibir al fitopatógeno, Tebuconazol (0,2%) + Dithane M-45 (0,2%), Propiconazol 70 WP (0,1%) + Dithane M-45 (0,2%), Propiconazol 70WP + Tebuconazol (0,2%) y Carbendazim (0,1%) + Tebuconazol (0,2%) mostraron 100% de inhibición. Estos resultados son similares a los encontrados en este estudio con Tilt® 250 CE (Propiconazol) y Volley® 880L, al mostrar 100% de inhibición en todas las concentraciones evaluadas. Asimismo, Kotramma et al. (2018) realizaron la evaluación de diferentes fungicidas contra *C. lunata*, aislado de maíz, a diferentes concentraciones (0,1, 0,2 y 0,3%), Mancozeb® mostró 100% de inhibición en la concentración más alta (0,3%). Este resultado se asemeja a lo encontrado con *C. eragrostidis*, al inhibir su crecimiento en un 100% por efecto de Mancozeb® al 1,0%.

3.3 Concentración efectiva media (CE₅₀) y noventa (CE₉₀)

La CE₅₀ representa la concentración de los productos químicos que se requiere para inhibir el 50% y CE₉₀ corresponde a la concentración requerida para inhibir el 90% del crecimiento de *C. eragrostidis* bajo las condiciones evaluadas. La CE₅₀ y CE₉₀ para Volley® 880L y Tilt® 250 CE no fueron calculadas por el software ya que no existió crecimiento del hongo, por lo tanto, estos fungicidas son ideales para usarse en las concentraciones más bajas para la reducción del crecimiento del fitopatógeno. La CE₅₀ para System Cu®, Mancozeb® 80WP y Tecto® 60 fue de 0,02494, 0,06695 y 0,07623%, respectivamente (Tabla 4). El producto químico que mostró la CE₅₀ y CE₉₀ más baja fue System Cu® con 0,02494% y 5,39%, respectivamente (Tabla 4). Mancozeb® registró efecto sobre el hongo mostrando una CE₅₀ de 0,06695% y CE₉₀ de 0,85715%. Por otro lado, Tecto® 60 fue el que registró menor efecto contra el hongo ya que se obtuvo una CE₅₀ 0,07623% y CE₉₀ 32,55750%. Si se desea tomar los valores de CE₅₀ para aplicaciones en campo, teóricamente para los productos: System Cu®, Mancozeb® 80WP y Tecto® 60 se requiere 0,049 L/ha, 0,133 kg/ha y 0,1524 kg/ha, respectivamente, para observar un efecto significativo (visual) en el control del hongo. En cuanto a la CE₅₀ son escasos los estudios para los diversos fitopatógenos en piña, incluyendo a *C. eragrostidis*. Lo más cercano para el Tilt® 250 CE es su alta eficacia contra hongos anamorfos, al respecto Arahana et al. (2012) reportaron una CE₅₀ menor a 1,15x10⁻⁵ µg/mL para inhibir la germinación de *Monilinia* sp., agente causal de la pudrición en durazno. En otro reporte, Adaskaveg et al. (2005) reportaron la eficacia del Tilt® 250 CE para deducir la incidencia de la pudrición café del durazno en postcosecha (> 5%).

3.4 Correlación lineal: inhibición vs concentración

Mancozeb® 80WP mostró un coeficiente de determinación (r) alto a comparación de los demás fungicidas con un valor de $r = 0,7123$ y $P = 0,0001$, esto quiere decir que existe una fuerte relación entre la concentración de Mancozeb® 80WP y la inhibición del hongo, por lo que, a mayor concentración empleada, se encontrará una mayor inhibición (Figura 2). Por otra parte, el Tecto® 60 mostró un coeficiente de determinación de $r = 0,4493$ y $P = 0,0003$, sugiriendo que no existe una fuerte relación lineal entre el incremento en la inhibición de *C. eragrostidis*

respecto a la concentración del fungicida, es decir se obtiene el mismo porcentaje de inhibición al emplear las concentraciones 1%, 0,5%; 0,25% y 0,125%. Mientras que System Cu® mostró un coeficiente de determinación bajo con un valor de $r = 0,4094$ y $P = 0,0008$ existiendo una baja relación entre la concentración y la inhibición del fitopatógeno. Mientras que Volley® 88OL y Tilt® 250 CE no presentaron significancia en el modelo lineal en la determinación del coeficiente de regresión, por lo que sugiere que las cuatro concentraciones poseen el mismo porcentaje de inhibición del hongo.

Tabla 3

Porcentaje de inhibición *in vitro* de *Curvularia eragrostidis* bajo diferentes concentraciones de fungicidas químicos

Productos químicos	Concentración porcentual				F=	P-valor
	0,125	0,25	0,5	1,0		
System Cu®	65,29±0,87c	70,51±1,57bc	75,95±2,43ab	78,23±3,27a	6,76	0,0025
Mancozeb® 80WP	62,99±0,91c	72,05±1,20b	87,35±2,64a	100,0±0,0a	70,59	0,0001
Volley® 88OL	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a	433,77	0,0001
Tilt® 250 CE	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a	433,77	0,0001
Tecto® 60	57,06±0,71c	59,64±0,69b	61,97±0,52a	62,01±0,54a	14,15	0,0001

Medias (±error estándar) entre columnas con literales diferentes son significativamente diferentes entre sí (DMS, $P \leq 0,05$).

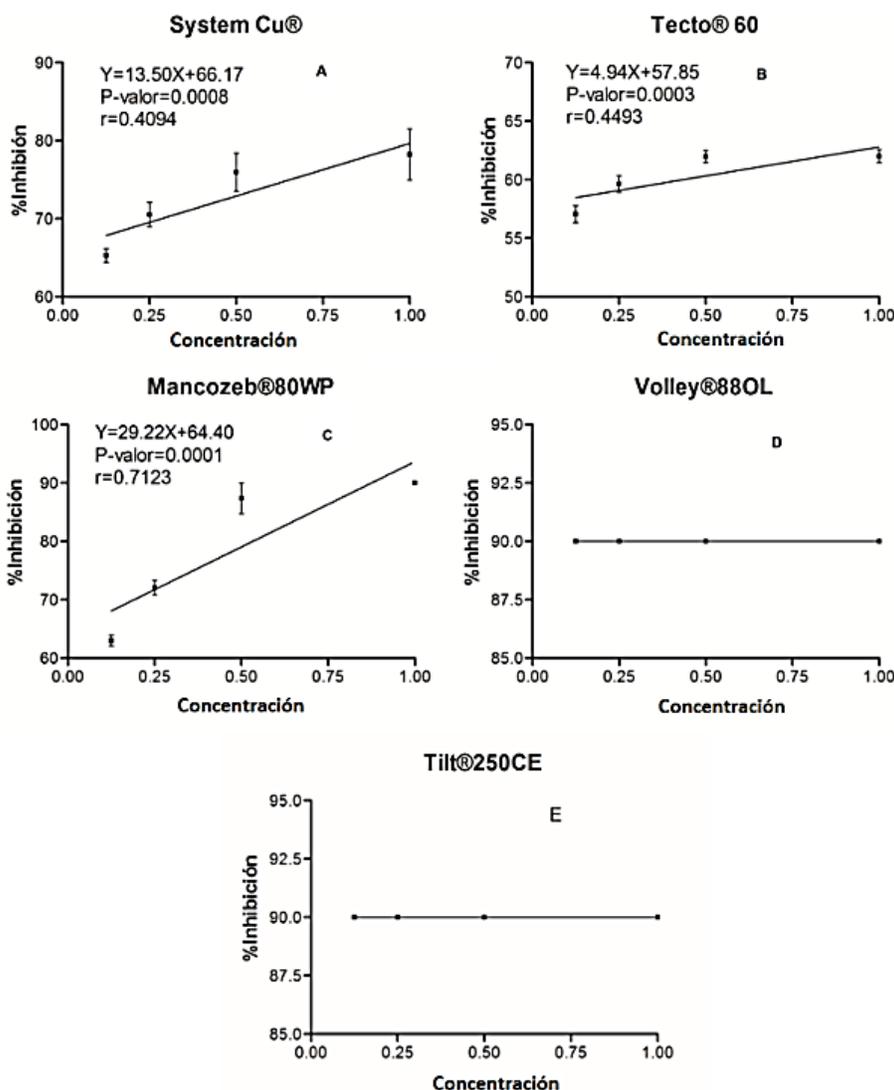


Figura 2. Regresión lineal entre la inhibición (%) del crecimiento de *Curvularia eragrostidis* y las concentraciones de productos químicos: A) System Cu®, B) Mancozeb® 80WP, C) Tecto® 60, D) Volley® 88OL y E) Tilt® 250 CE.

Tabla 4
Concentración efectiva media (CE₅₀) y noventa (CE₉₀) de cinco fungicidas químicos

Productos químicos	CE ₅₀ (%)	IC (%)	Pendiente	Ecuación Probit	Chi-X ²	P>Chi-X ²
System Cu®	0,02494	0,00778-0,04695	0,5487	Y=0,5487x+0,8797	292,61	<0,0001
Mancozeb® 80WP	0,06695	0,04937-0,08409	1,1573	Y=1,1573x+1,3590	516,91	<0,0001
Volley® 88OL	NC	NC	-0,0000	Y=-0,0000x+1,2816	425,55	<0,0001
Tilt® 250 CE	NC	NC	-0,0000	Y=-0,0000x+1,2816	425,55	<0,0001
Tecto® 60	0,07623	NC	1,1970	Y=1,1970X+1,3642	600,10	<0,0001
Productos químicos	CE ₉₀ (%)	IC (%)	Pendiente	Ecuación Probit	Chi-X ²	P>Chi-X ²
System Cu®	5,39953	2,68705-19,65853	0,5487	Y=0,5487x+0,8797	292,61	<0,0001
Mancozeb® 80WP	0,85715	0,71049-1,09616	1,1573	Y=1,1573x+1,3590	516,91	<0,0001
Volley® 88OL	0	NC	-0,0000	Y=-0,0000x+1,2816	425,55	<0,0001
Tilt® 250 CE	0	NC	-0,0000	Y=-0,0000x+1,2816	425,55	<0,0001
Tecto® 60	32,55750	NC	1,1970	Y=1,1970X+1,3642	600,10	<0,0001

IC=Intervalo de confianza. NC=No calculado por el software.

4. Conclusiones

Los fungicidas Volley® 88OL y Tilt® 250 CE redujeron el crecimiento de *C. eragrostidis* en todas las concentraciones estudiadas. El modelo Probit se ajustó solo para tres fungicidas, la CE₅₀ más baja la obtuvo el System Cu®, seguido del Mancozeb® y Tecto® 60. Los cinco fungicidas estudiados fueron capaces de inhibir el crecimiento de *C. eragrostidis* en diferente porcentaje; por lo tanto, se deben realizar estudios epidemiológicos de la MF en Piña ante la aplicación de estos fungicidas para definir su efectividad en campo.

ORCID

H. A. García-Ordaz  <https://orcid.org/0000-0002-6801-7162>
 W. Chan-Cupul  <https://orcid.org/0000-0001-8634-3618>
 M. T. Buenrostro-Nava  <https://orcid.org/0000-0003-3526-8667>
 P. Valadez-Ramírez  <https://orcid.org/0000-0002-2837-3808>

Referencias bibliográficas

- Adaskaveg, J. E., Förster, H., Doug-Gubler, W., Teviotdale, B. L., & Thompson, D. F. (2005). Reduced-risk fungicides help manage brown rot and other fungal disease of stone fruit. *California Agriculture*, 59, 109-114.
- Arahana, V., Borja, E., Salgado, C., Tobar, J., & Torres, M. L. (2012). Evaluación *in vitro* de fungicidas para el control de *Monilinia* spp. que afecta el cultivo de durazno (*Prunus persica*) en provincia de la Sierra Ecuatoriana. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4, 5-10.
- Bahekar, A. M., Ingle, R. W., & Kendre, V. P. (2017). Efficacy of fungicides and bioagent against fungal pathogens of *Aloe vera*. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 1540-1543.
- Baldrian, P., & Gabriel, J. (2002). Intraspecific variability in growth response to cadmium of the wood-rotting fungus *Piptoporus betulinis*. *Mycological Society of America*, 94(3), 428-436.
- Bartholomew, D. P., Rohrbach, K. G., & Evans, D. O. (2002). Pineapple cultivation in Hawaii. *Fruits and Nuts*, 7, 1-8.
- Cristóbal-Alejo, J., Navarrete-Mapen, Z., Herrera-Parra, E., Mis-Mut, M., Tun-Suárez, J. M., & Ruiz-Sánchez, E. (2013). Hifomicetos asociados a plantas tropicales del estado de Yucatán, México: Identificación genérica y evaluación de fungicidas para su control. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 138-144.
- Ferreira, A. P. S., Pinho, D. B., Machado, A. R., & Pereira, O. L. (2014). First report of *Curvularia eragrostidis* causing postharvest rot on pineapple in Brazil. *Plant Disease*, 98(9), 1277.
- Gao, S., Li, Y., Gao, J., Suo, Y., Fu, K., Li, Y., & Chen, J. (2014). Genome sequence and virulence variation-related transcriptome profiles of *Curvularia lunata*, an important maize pathogenic fungus. *BMC Genomics*, 15(1), 627.
- Gaviria-Hernández, V., Patiño-Hoyos, L.F., & Saldarriaga-Cardona, A. (2013). Evaluación *in vitro* de fungicidas comerciales para el control de *Colletotrichum* spp. en mora de castilla. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 67-75.

- García-Osorio, M. S., & Orozco-Gómez, B. A. (2016). Etiología de enfermedades en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. cv. Monte lirio) y pruebas de antagonismo "in vitro" con *Trichoderma* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Hajar, N., Zainal, S., Nadzirah, K., Roha, A., Atikah, O., & Elida, T. (2012). Physicochemical properties analysis of three indexes pineapple (*Ananas comosus*) peel extract variety N36. *APCBEE Procedia*, 4, 115-121.
- Hernández-Mansilla, A.A., Sierra-Peña, A., & Carr-Pérez, A. (2006). Evaluación *in vitro* del antagonismo de especies de *Trichoderma* sobre hongos fitopatógenos que afectan las vitropalantas de piña (*Ananas Comosus* (L.) Merr.). *Fitosanidad*, 10(2), 105-108.
- Hernández-Mansilla A. A., Muñio-García, B. L., Rosón-Álvarez C., Casola-González, C., Porras-González, A. C., & López-Mayea A. (2010). Control químico de patógenos fungosos en piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill) de vivero (II). *Fitosanidad*, 14(4), 235-239.
- Korres, A., Buss, D., Ventura, J. & Fernandes, P. (2011). *Candida krusei* and *Kloeckera apis* inhibit the causal agent of pineapple fusariosis, *Fusarium guttiforme*. *Fungal Biology*, 115(12), 1251-1258.
- Kotramma, C. A., Harlapur, S. I., Savita, C., & Basamma, R. H. (2018). Studies on evaluation of fungicides against *Curvularia lunata* in maize. *International Journal of Agricultural Science*, 14, 225-228.
- Kusai, N. A., Azmi, M. M. Z., Zulkifly, S., Yusof, M. T., & Zainudin, N. A. I. M. (2015). Morphological and molecular characterization of *Curvularia* and related species associated with leaf spot disease of rice in Peninsular Malaysia. *Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali*, 27, 205-214.
- Lan-Cheng, M. Z., Yao-Jin, M. A., Ruan-Hong, M. C., & Yu-De, Y. (2016). Identification of *Curvularia clavata* causing leaf spot on pineapple (*Ananas comosus*) in China. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 38, 250-253.
- Maldonado-Michel, M. A., Muñiz-Valencia, R., Peraza-Campos, A. L., Pastor-Ramos, R. C., Valadez-Ramírez, P., Parra-Delgado, H., & Chan-Cupul W. (2021). Antifungal activity of *Swietenia humilis* (Meliaceae: Sapindales) seed extracts against *Curvularia eragrostidis* (Ascomycota: Dothideomycetes). *Journal Plant Disease and Protection*, 128, 471-479.
- Manzo-Sánchez, G., Pérez-Ocón, R., Chan-Cupul, W., Silva-Jiménez, E., Sánchez-Rangel, J. A., Ayala-Zermeño, M. A., & Galindo-Velasco, E. (2018). Actividad antifúngica de extractos etanólicos de propóleo contra *Mycosphaerella fijiensis*: un estudio *in vitro*. *Scientia Fungorum*, 47, 13-24.
- Ochoa-Martínez, D. L., Uriza-Ávila, D. E., Rojas-Martínez, R. I., & Rodríguez-Martínez, D. (2016). Detección de *Pineapple mealybug wilt-associated virus 1 y 3* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34, 131-141.
- Rohrbach, K. G., & Schmitt, D. (2003). Diseases of pineapple. In: Ploetz, R.C. (ed.), *Diseases of Tropical Fruit Crops* (pp. 443-464). CABI: Wallingford, Oxon, UK.
- SAS. (2002). Statistical Analysis System. Version 9.0.
- Sabando-Ávila, F., Molina-Atencia, L. M., & Garcés-Fiallos, F. R. (2017). *Trichoderma harzianum* en pre-transplante aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(4), 410-414.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E., & Marie-Paule, G. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruit's banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Reunion French Island. *Food Chemistry*, 212, 225-233.
- Tekade, A., Koche, M., Kothikar, R., & Surpam, A. (2017). Efficacy of fungicides and bioagents against *Curvularia lunata* causing blight of coleus under laboratory conditions. *Journal of Medicinal Plants*, 5(2), 189-191.