

Evaluation of the efficacy of five commercial disinfectants, applicable in the production chain of Musaceae, against five strains of *Fusarium* spp.

Evaluación de la eficacia de cinco desinfectantes comerciales, aplicables en la cadena productiva de musáceas, contra cinco cepas de *Fusarium* spp.

Galo Andrés Ordoñez González¹

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Quito, Ecuador

RESUMEN. - El cultivo de banano es uno de los más importantes a nivel mundial y el Ecuador es uno de los países con mayor capacidad de exportación. Esto representa elevados ingresos económicos para el país. Sin embargo, estos cultivos pueden ser afectados nuevamente por el Mal de Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). Este trabajo está dirigido a determinar la efectividad de desinfectantes frente a cinco cepas distintas de *Fusarium* spp., con el fin de implementar procesos de bioseguridad en puntos de ingreso al país y en bananeras. Un total de 5 desinfectantes comerciales fueron seleccionados, su actividad fue evaluada luego de 30 segundos, 1 minuto y 5 minutos de exposición a una suspensión de conidios y otra de clamidosporas (10^6 /mL). De los desinfectantes probados, aquel compuesto por glutaraldehído y dos amonios cuaternarios fue el más eficiente, en la mayoría de las concentraciones evaluadas y en todos los tiempos de exposición. El producto a base de amonio cuaternario al 20 % y aquel compuesto por ácido hipocloroso fueron efectivos en las concentraciones superiores, más no en la concentración recomendada. Ninguno de los desinfectantes de dióxido de cloro fue eficaz inhibiendo el desarrollo de *Fusarium* spp.

PALABRAS CLAVES: clamidosporas, concentraciones, conidios, desinfectantes, tiempo de exposición.

ABSTRACT.- Banana crop is one of the most important worldwide and Ecuador is one of the countries with the highest export ranges. This represents high economic income for the country. However, these crops could be affected by Panama Disease, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). This work is aimed to determine the effect of disinfectants solutions against five strains of *Fusarium* spp., for implementation with on farm and airports biosecurity procedures against this disease. A total of 5 commercial disinfectants were screened and their activity was assessed after 30 seconds, 1 minute and 5 minutes of contact with a suspension of conidia and another of chlamyospores, containing 10^6 /mL conidia and chlamyospores in laboratory conditions. Of the disinfectants tested, the glutaraldehyde and 2 quaternary ammoniums compounds was found to be the most effective against *Fusarium* spp., in most of the evaluated concentrations and all contact times. The 20% quaternary ammonium product and hypochlorous acid compound were efficient in the higher concentrations, but not in recommended concentration. None of the chlorine dioxide disinfectants was effective in inhibiting the growth of the fungus at contact times and concentrations evaluated.

KEYWORDS: chlamyospores, concentrations, conidia, disinfectants, contact time.

INTRODUCCIÓN

El banano es una planta herbácea perteneciente a la familia Musaceae, fijada al suelo por raíces adventicias y formada por un tallo subterráneo, denominado corno o rizoma, del que nacen sus hojas (ESPAC 2015). Las plantaciones de banano se desarrollan en regiones tropicales y subtropicales, con altitudes no mayores a 600 msnm y temperaturas de alrededor de 25 °C, lo que coincide con las condiciones agroclimáticas de regiones como Latinoamérica, Asia (principalmente India y Filipinas), y África occidental (Vásquez 2010; Soto 2011; Gonsabay 2014). Es uno de los cultivos de mayor producción a nivel mundial y Ecuador es uno de los países con mayor capacidad de exportación, alcanzando 33.922.859 cajas mensuales (DATACOMEX 2019). Consecuentemente, esto representa elevados ingresos económicos para el Ecuador como mayor productor mundial de esta fruta.

La existencia de ciertos organismos fitopatógenos ha amenazado seriamente la viabilidad del cultivo de banano. Por ejemplo, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1 (Foc R1) es el agente etiológico de la enfermedad denominada “Mal de Panamá” que, durante las décadas del 50 y 60 del siglo anterior, devastó miles de hectáreas de banano de la variedad Gros Michel en el continente americano (Serrano 2012; Rodríguez et al. 2014; Pérez 2015). La solución tomada en aquel entonces por todos los países afectados, siendo Ecuador uno de ellos, fue la sustitución de la variedad Gros Michel por tipos del subgrupo Cavendish, resistentes al ataque por Foc R1 (Ploetz 2006; Pérez 2015). Asimismo, se ha documentado la existencia de la raza 2 (Foc R2) que ataca a los bananos de cocción tipo Bluggoe, y la raza 3 (Foc R3) que ataca a plantas ornamentales del grupo de las heliconias. Además de estas, la raza 4 (Foc R4) afecta a todos los cultivares de Cavendish, conjuntamente con aquellas variedades sensibles a Foc R1 y Foc R2 (Dita et al. 2018). En función del clima de las zonas en las que Foc R4 podría afectar a la variedad Cavendish, se

reconocen dos divisiones del patógeno (Villaverde 2018). *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 división subtropical (Foc R4ST) es el causante de la enfermedad en zonas subtropicales cuando el cultivo se encuentra bajo condiciones de estrés, por otro lado *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 división tropical (Foc R4T) es patogénico en climas tropicales y subtropicales (Dita et al. 2018). Desde la aparición de Foc R4T en el Sudeste Asiático a inicios de los 90's se ha constituido una seria amenaza para la industria bananera (Hwang y Ko 2004; Angel y Rodríguez 2016). En ese contexto, Foc R4T ha afectado seriamente a los cultivares de Cavendish en el Sur de Asia, Asia Pacífico, Sur de Australia, África y recientemente Colombia en América del Sur (ONU 2019), comprometiendo seriamente la supervivencia de los cultivos y consecuentemente conduciendo a grandes pérdidas económicas en los principales exportadores de la fruta (Amani y Avagyan 2014). Ante la confirmación de la presencia de Foc R4T en cultivos de banano en Colombia en el mes de agosto de 2019, se incrementó la preocupación de los países vecinos con respecto a la potencial diseminación del patógeno en la región (ICA 2019; Miranda 2019). Hasta el mes de diciembre de 2019, el hongo afectó a 150 hectáreas en La Guajira – Colombia (ONU 2019).

A diferencia de otros organismos fitopatógenos que requieren de tejidos del hospedador para sobrevivir, las esporas de *Fusarium oxysporum* pueden transportarse, manteniéndose viables, con gran facilidad por medio de zapatos, equipos, equipajes, herramientas o cualquier utensilio que tenga contacto con el suelo contaminado con las esporas del hongo (Dita et al. 2010). Adicionalmente, las estructuras de este hongo pueden permanecer latentes en el suelo por periodos prolongados de tiempo (Rodríguez, Vicente, y Martínez 2014; Dita y Martínez De La Parte 2014). Por ejemplo, las clamidosporas de FocR4T sobreviven por más de 30 años, hasta encontrar las condiciones adecuadas para su germinación y desarrollo, lo que puede incluir el contacto con el hospedador (Ángel y Rodríguez 2016; Dita, Ramos, y Pérez 2013).

Dicho esto, la eventual entrada y diseminación de este patógeno al Ecuador tendría consecuencias devastadoras tanto económicas como en términos de seguridad alimentaria (Ángel y Rodríguez 2016; Molina, Sinohin, y Baroña 2009). Una de las medidas más rápidas y simples para controlar la diseminación de Foc, es el uso de desinfectantes en puntos de ingreso al país y en plantaciones de musáceas (OIRSA 2008). Estas sustancias se emplean con el propósito de inhibir el desarrollo de microorganismos, ejerciendo su acción sobre una superficie inerte u objeto inanimado (Loor y Gordon 2013). La eficiencia de estos productos depende de la composición, la concentración, la temperatura y del tiempo de acción (Burguet, Brito, y Cánovas 2013). Esta también varía en función del organismo diana, ya que, por lo general algunos hongos filamentosos, comparados con algunas bacterias, son más resistentes a compuestos clorados (Guentzel et al. 2010). La efectividad de un mismo desinfectante puede mostrar diferencias significativas, incluso, frente a distintas especies de hongos, siendo *Fusarium* spp. uno de los géneros más resistentes (Rood et al. 2018; Guerra et al. 2019). El pH es otro valor para tener en cuenta, ya que las formas ionizadas de los agentes disociables son más efectivas al permear con mayor facilidad a través de las membranas biológicas (los agentes aniónicos tienen mayor actividad a pH ácido y los catiónicos a pH alcalino) (Meldrum et al. 2013).

Previamente se han realizado estudios relacionados a la eficiencia de desinfectantes comerciales frente a diferentes cepas de *F. oxysporum* en distintas plantaciones. Estas investigaciones han evidenciado resultados variables. Por ejemplo, mientras productos a base de detergentes (ácido alquilbencenosulfónico, dietanolamida de coco, piridina-2-14 tiol 1-óxido y sal de sodio), como Castrol Farmcleanse (Castrol Australia Pty Ltd., Docklands, VIC, Australia), han mostrado eficiencia en el control del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* en plantaciones de algodón (Moore et al. 2001; Bennett et al. 2011), otros ensayos más recientes han demostrado

que no son efectivos previniendo la germinación y el crecimiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 subtropical (Nel et al. 2007; Pérez 2015). En contraste, los productos a base de amonio cuaternario presentan mayor eficiencia inhibiendo el desarrollo de varias cepas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 y raza 4 en diferentes condiciones de ensayo (Nel et al. 2007; Meldrum et al. 2013). Se conoce también que el agua neutral electrolizada (NEW por sus siglas en inglés), cuyo ingrediente activo es ácido hipocloroso, es efectivo reduciendo el número de conidios de *Fusarium* spp. en semillas y frutas de tomate infectadas artificialmente (Vásquez et al. 2016; Guerra et al. 2019). Asimismo, la eficacia de formulaciones a base de dióxido de cloro frente a conidios y clamidosporas de *Fusarium oxysporum* también ha sido evaluada, observándose resultados variables (Copes et al. 2004; Scarlett et al. 2016).

En función de la mencionada variabilidad de resultados, se considera necesario evaluar diversos desinfectantes disponibles en el mercado local, con el propósito de seleccionar productos capaces de inhibir el desarrollo de cepas *Fusarium* spp. y así obtener resultados orientados a la delimitación de fungicidas que podrían evaluarse y aplicarse como medidas de prevención en plantaciones y puntos de ingreso al país, como puertos y aeropuertos frente al potencial ingreso de Foc R4T al Ecuador.

Por lo mencionado, el principal propósito de este proyecto de investigación es evaluar la eficacia de varios desinfectantes comerciales frente a un amplio espectro de cepas de *Fusarium* spp., como estrategia que permitirá prepararse frente a Foc R4T sin correr el riesgo de importarla al país. Se estimaron diferentes concentraciones de cada desinfectante a distintos tiempos de exposición. Todo esto con el fin de aportar información confiable para la toma de medidas de prevención en plantaciones y puntos de ingreso al país, como puertos y aeropuertos, ante la amenaza fitosanitaria

que este microorganismo representa para los cultivos de banano en el Ecuador. que permita prepararse ante Foc R4T, sin correr el riesgo de trabajar directamente con esta cepa dentro del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de cepas fúngicas y desinfectantes. - Las cepas seleccionadas para el presente estudio fueron provenientes de las colecciones de cultivos pertenecientes a los laboratorios de Fitopatología de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad) y de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Se utilizaron 5 cepas de *Fusarium* spp., previamente aisladas y rigurosamente identificadas (Tabla 1). A partir de crioviales conservados a -80 °C, los microorganismos fueron sembrados individualmente en agar PDA e incubados por 10 días a 25 °C. La pureza de cada cepa en el medio de cultivo se determinó mediante análisis microscópico.

Se utilizaron 5 desinfectantes comerciales con diferentes composiciones químicas (Tabla 2). De cada uno de los desinfectantes se consideraron seis concentraciones: C1, Concentración superior 1 (doble de la recomendada); C2, Concentración superior 2 (promedio de la concentración recomendada y del doble de esta); C3, Concentración recomendada por el fabricante; C4, Dilución 1:2 de la concentración recomendada; C5, Dilución 1:4 de la concentración recomendada; C6, Dilución 1:8 de la concentración recomendada. (Tabla 3).

Conservación de las cepas fúngicas. - Las cepas de *Fusarium* spp. se conservaron bajo dos metodologías. Con el propósito de preservar cepas de reserva, se removió el micelio de la superficie del cultivo en agar PDA y se suspendió en caldo glucosa suplementado con glicerol 20 %. Esta suspensión fue dispensada en microtubos cónicos con volumen de 2 mL y congelada a -80 °C (Belmonte et al. 2008). Con respecto al segundo método, se suspendieron discos de agar con

micelio de cada cepa en tubos con 9 mL de agua destilada estéril y fueron almacenados en refrigeración a 4 °C, como cepas de trabajo (Ladino et al. 2016).

Suspensión de conidios y clamidosporas. - Cada una de las cepas fue propagada, de forma individual, en 5 cajas Petri conteniendo PDA (Potato Dextrosa Agar). Para esto, los cultivos fueron incubados a 25 °C durante 10 días. La suspensión de conidios de cada cepa se realizó removiendo el micelio de la superficie de los cultivos utilizando un asa micológica. Éste se transfirió a un matraz Erlenmeyer estéril conteniendo 50 mL de solución fisiológica de NaCl 0.85% con perlas de vidrio de 3 mm de diámetro. Esta preparación se homogenizó en un agitador rotatorio durante 30 minutos y luego se filtró el contenido a través de algodón absorbente para remover las hifas del patógeno. La concentración fue ajustada a 10^6 conidios/mL, lo que fue confirmado mediante recuento en cámara de Neubauer (AOAC, International 2012; Davicino et al. 2007; Lin et al. 2016). En cuanto a la suspensión de clamidosporas se siguió la metodología descrita por (Nguyen et al. 2019) con algunas modificaciones. Brevemente, las cepas se propagaron en 5 cajas Petri con medio SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar) bajo las mismas condiciones descritas arriba. A partir de los cultivos en SNA se transfirió el micelio superficial directamente a frascos con 50 mL de caldo suelo estéril. Estos se agitaron a 90 rpm en un agitador orbital a temperatura ambiente por 10 días. Se realizaron recuentos en cámara de Neubauer, periódicamente, desde el quinto día hasta llegar a la concentración de 10^6 clamidosporas/mL. Finalmente, este cultivo líquido se filtró haciendo uso de almohadillas de algodón estériles, con el fin de capturar clamidosporas, y posteriormente se filtró el algodón empleado anteriormente, en sentido inverso, para depositar los propágulos de clamidosporas en 50 mL de solución estéril de NaCl 0,85 %.

Ensayo de contacto. - Se empleó la metodología 955. 17 de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, International 2012). Para ello, se prepararon 5 ml de las diluciones de los desinfectantes (Tabla 3). Conjuntamente se utilizó un control negativo, que permite el crecimiento

del hongo (fenol 1:70) y un control positivo, que inhibe el crecimiento del hongo a los 10 minutos de exposición (fenol 1:60). Los tubos con las distintas diluciones de los desinfectantes fueron temperados en baño María a 25 °C. Luego se colocó, de forma individual, 0,5 mL de la solución stock de macroconidios o clamidosporas en los tubos con las concentraciones de desinfectantes. Transcurrido el tiempo de exposición (30 segundos, 1 y 5 minutos) se inoculó 10 µL de la suspensión anterior, en 10 mL de caldo glucosa suplementado con lecitina 0,07 % y 0,5 % de polisorbato 80, que son agentes neutralizantes de la acción fungistática de los desinfectantes. Este procedimiento, en cuanto a los controles, se realizó a un tiempo de exposición de 10 minutos. Los tubos con caldo glucosa modificado se incubaron a 25 °C por 10 días. A partir de ese momento, se observaron los resultados finales mediante la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) de cada desinfectante, en función de la turbidez del medio de cultivo.

Como método de confirmación se empleó el método de siembra de mohos y levaduras de la Norma ISO 21527-2 (2018) con algunas modificaciones. Primero se tomó de forma aleatoria entre las réplicas (por cepa y por desinfectante) uno de los tubos transparentes con la concentración más baja del desinfectante y se inoculó 100 µL de su contenido sobre la superficie en agar PDA, esperando crecimiento nulo de microorganismos después de 10 días de incubación a 25 °C. Por otra parte, se seleccionó de forma aleatoria, uno de los tubos que presentaron crecimiento con la concentración más alta del desinfectante y se inocularon 100 µL de su contenido en agar PDA, con el propósito de evidenciar el desarrollo, únicamente, de *Fusarium* spp., luego del tiempo de incubación (bajo las condiciones previamente descritas), y así descartar la presencia de microorganismos contaminantes que pudieran interferir en los resultados del ensayo.

Análisis estadístico. -

Todos los ensayos experimentales fueron ejecutados por duplicado siguiendo la norma de la AOAC, International (2012), para determinar si existió algún efecto significativo entre los desinfectantes con la inhibición de *Fusarium* spp. Con el fin de predecir la relación de las variables, los resultados se analizaron mediante regresión logística binaria conjuntamente para conidios y clamidosporas. Los datos se agruparon en dos grupos: variables independientes (tipo de desinfectante, concentraciones de cada uno y el tiempo de exposición) y variables dependientes (inhibición o desarrollo del hongo). Para ello se hizo uso del software IBM Statistical Package for the Social Science - SPSS 22 (IBM Corporation 2015; Li et al. 2015)

RESULTADOS

La efectividad de los desinfectantes frente a *Fusarium* spp. fue medida en base a la concentración mínima inhibitoria (CMI), es decir, la dilución más alta capaz de inhibir el desarrollo de conidios y clamidosporas dentro de cada tiempo de exposición. A los 30 segundos de exposición, únicamente Agri'germ 1510 inhibió el crecimiento de conidios de todas las cepas en la dosis recomendada (C3 - 0,8%). Además, la CMI de este producto osciló entre C6 (0,1 %) y C3 (concentración recomendada). En el caso de clamidosporas, la CMI de Agri'germ 1510 frente a cada cepa disminuyó a la concentración inmediata. Neuthox inhibió el crecimiento de conidios de dos cepas en la concentración recomendada (C3 – 30 %) y en el resto de las cepas en la dilución C2 (45 %). Respecto a clamidosporas, se requirió de concentraciones superiores para inhibir el desarrollo de las estructuras fúngicas. La CMI del producto Amonio cuaternario, en este tiempo de exposición, fue C1 (0,2 %) para todas las cepas, con excepción de las dos cepas provenientes de cultivos de banano. Caso contrario, frente a clamidosporas este desinfectante impidió el crecimiento de todas las cepas en la misma dilución (C1), menos en uno de los aislamientos. Los

desinfectantes Clodos Puro y Biocidox no inhibieron la germinación de las cepas de *Fusarium* spp. evaluadas, en ninguna concentración y tiempo de exposición (Tabla 4).

Transcurrido un minuto de exposición, la CMI de Agri'germ 1510 frente a conidios aumentó en dos cepas de C4 (0,4 %) a C5 (0,2 %). Este desinfectante fue el único en inhibir el crecimiento de clamidosporas, de cada una de las cepas empleadas, dentro de la concentración recomendada. Sin embargo, no hay diferencia con relación al ensayo de conidios durante el mismo tiempo de exposición. En el caso de Neuthox, la concentración recomendada (C3 - 30 %) impidió el desarrollo de conidios en todas las cepas, menos en una de ellas, exponiendo una CMI en la dilución C4 (15 %). La CMI de este producto frente a clamidosporas se redujo, a excepción de uno de los aislamientos. El producto Amonio cuaternario frenó el crecimiento de conidios y clamidosporas de todas las cepas en las tres primeras concentraciones. No obstante, fueron necesarias diluciones más concentradas para evitar la propagación de clamidosporas, exceptuando la cepa FP 15-0317 con una CMI menor frente a conidios (Tabla 4).

Al cabo de 5 minutos de exposición, Agri'germ 1510 mostró un efecto fungistático, sobre las diferentes cepas evaluadas, en las diluciones menos concentradas. La CMI de Agri'germ 1510 frente a conidios y clamidosporas no varió con relación al minuto de exposición, con excepción de una cepa que aumentó de C3 (0,8 %) a C4 (0,4 %). La CMI de Neuthox ante la presencia de conidios aumentó en dos cepas, de C3 (30 %) a C4 (15%). Con respecto a clamidosporas, la CMI se incrementó con respecto al anterior tiempo de exposición. Cabe recalcar el caso de la cepa B-MB-01, en donde se evidenció que la CMI frente a clamidosporas es mayor que aquella registrada en conidios. El producto Amonio cuaternario inhibió a los conidios del hongo desde C1 (0,2 %) hasta la dilución C4 (0,05 %), aumentando la CMI en tres de las cepas. Asimismo, la CMI frente a clamidosporas se acrecentó, exceptuando dos cepas, en relación con el tiempo de exposición

previo. Igualmente, es necesario mencionar que la CMI frente a ambas estructuras fúngicas no varía dentro de los 5 minutos, excluyendo a la cepa YC3 (Tabla 4).

En base al análisis estadístico realizado en conjunto para conidios y clamidosporas, queda demostrado que el desinfectante con la probabilidad más alta de inhibir el crecimiento de *Fusarium* spp. es Agri'germ 1510 (Exp-B = 0,12: $P = 0,000$). Asimismo, el aumento del tiempo de exposición está relacionado directamente con una mayor efectividad del desinfectante (Exp-B = 2,650: $P = 0,000$). Finalmente, se manifestó que el factor de dilución de los productos se relaciona de forma inversa con su efecto desinfectante (Exp-B = 0,250: $P = 0,000$). Las variables independientes (tipo de desinfectante, concentración y tiempo de exposición) se relacionaron directamente con las variables dependientes (desarrollo o inhibición del hongo). Esto se justificó con el análisis de regresión logística, mostrando que existe un 88,1 % de probabilidad de acierto en los resultados obtenidos de las variables dependientes (Tabla 7). A partir de este resultado, se tomó en cuenta la significancia del modelo ($<0,05$) y el valor de la ecuación de la regresión (Exp-B): si este es >1 , quiere decir que al aumentar el número de la variable independiente la inhibición del microorganismo se vuelve más probable; si el valor es <1 , indica que al aumentar el número de la variable independiente la inhibición del microorganismo es menos probable (Tabla 8).

DISCUSIÓN

En la evaluación de la eficacia de distintos desinfectantes comerciales ante el desarrollo de propágulos de varias cepas de *Fusarium* spp. se emplearon dos desinfectantes con compuestos de amonio cuaternario, siendo Agri'germ 1510 el más eficiente. Este producto, debido a la complejidad de su formulación y concentración de cada uno de sus ingredientes activos (Glutaraldehído 15 %, Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 8 %, Cloruro de Dimetil Didecil Amonio 2 %) resultó ser el más efectivo contra conidios y clamidosporas de las cepas de *Fusarium*

spp., utilizadas en esta investigación, en la mayoría de las concentraciones y tiempos de exposición evaluados. En primer lugar, el efecto del glutaraldehído radica en la destrucción de los componentes celulares alterando la síntesis proteica de bacterias, micobacterias, virus y hongos (Cowan et al. 1993; Alvares 2018). Los compuestos de amonio cuaternario al ser tensoactivos reducen la tensión superficial, lo que facilita la adsorción a las superficies y causan la ruptura de las membranas celulares de los microorganismos expuestos (Nogueira 2013; Zubel 2020). En sinergia, los compuestos de amonio cuaternario y los del grupo de los aldehídos han demostrado ser idóneos en disminuir los niveles de contaminación microbiana en superficies y utensilios dentro de laboratorios clínicos (Finch y Fay 1994; Takahashi y Fava 2011; Christen et al. 2017). Igualmente, el efecto de la combinación de estos compuestos químicos es capaz de reducir el desarrollo de resistencia, en aquellos microorganismos que pueden generar mecanismos para contrarrestar el efecto desinfectante de los aldehídos y en aquellos que puedan formar biofilms en superficies u otros objetos (Kilvington et al. 2013; Ocampo et al. 2019).

Estudios previos realizados en Australia determinaron que los productos compuestos a base de amonio cuaternario (Banana Basher Cleaner, Banana Shed/Equipment Cleaner, Organic Food Fungal Cleaner, Sporekill, entre otros) son significativamente más efectivos inhibiendo el crecimiento de propágulos de clamidosporas de Foc R1 y Foc R4T, en condiciones similares a nuestro estudio, en todos los tiempos de exposición evaluados (30 segundos, 5 minutos, 30 minutos y 24 horas) y todas las diluciones empleadas (1:10, 1:100 y con menor impacto en 1:1000) (Nel et al. 2007; Meldrum et al. 2013; Nguyen et al. 2019). Los resultados en cuanto al segundo producto de Amonio cuaternario (Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 20 %) evaluado en este estudio son consistentes con ensayos anteriores, debido a que se evidencia la efectividad del producto al emplear diluciones $\geq 1:1000$ o 0,1 % dependiendo de la cepa. Igualmente, queda entendido que la

concentración de ingrediente activo es una variable a tomar en cuenta, debido a que aquellos productos con concentraciones ≥ 20 % de amonio cuaternario presentan mayor efectividad frente a Foc (Nguyen et al. 2019). Cabe recalcar que los resultados con este desinfectante variaron dependiendo de la cepa. Por ejemplo, la cepa B-MB-01 presentó una CMI general de 0,2 % y en el resto de las cepas se evidenció una CMI que osciló entre 0,15 % y 0,1 % en conidios y clamidosporas (Tabla 6). Además, se pudo determinar que la CMI de todos los desinfectantes, sobre las dos estructuras fúngicas evaluadas varió en función del tiempo de exposición (principalmente a los 30 segundos), resultando en una mayor resistencia por parte de las clamidosporas.

En lo referente a Neuthox, este producto resulto ser el segundo desinfectante más eficiente en todos los tiempos evaluados, sin embargo, a partir del minuto de exposición presenta mayor efectividad en la dilución recomendada (30% - C3). Este desinfectante está compuesto por ácido hipocloroso (HOCl), el cual forma parte de un nuevo conjunto de sustancias microbicidas que por su amplio espectro, rápida acción, amplio margen de seguridad, concentración y forma de estabilización, puede ser utilizado en procesos de desinfección y/o para controlar y prevenir un amplio número de infecciones en piel y mucosas (Calderón 2010). Estudios demuestran que el HOCl es capaz de reducir en un $\geq 99,99$ % el número viable de conidios de *Fusarium solani*, en condiciones de laboratorio, a una concentración de 0,01 % a partir del minuto de exposición y a concentraciones de 0,004 a 0,006 % actúa a partir de los 10 minutos de exposición (Robson et al. 2007; Audenaert et al. 2012; Odorcic et al. 2015; Guerra et al. 2019). Tomando en cuenta los datos concluyentes de ensayos previos, se puede afirmar que los resultados obtenidos con el producto Neuthox en el presente trabajo experimental son válidos. Las concentraciones de ácido hipocloroso que inhibieron el desarrollo de *Fusarium* spp. son: 0,03 %; 0,023 %; 0,015 % y 0,008 % (dilución al

60, 45, 30 y 15 % respectivamente). De forma general, los compuestos de cloro son poderosos germicidas de amplio espectro de actividad, reactivos con la materia orgánica y deben usarse sobre superficies limpias o en concentraciones elevadas para garantizar un proceso de desinfección eficiente (Torres y Araujo 2008). El cloro y sus derivados ejercen su efecto inhibiendo reacciones enzimáticas, desnaturaliza proteínas e inactiva ácidos nucleicos (Medina y Valencia 2008; Flamenco y Guevara 2011)

Los productos a base de dióxido de cloro (Clodos Puro y Biocidox) no inhibieron el crecimiento de ninguna de las cepas de *Fusarium* spp. en ninguna concentración y tiempo evaluados. Sin embargo, estudios han determinado que las concentraciones óptimas de dióxido de cloro, diluido en agua destilada, son: 1 ppm (0,0001 %), 3 ppm (0,0003 %) y 5 ppm (0,0005 %) durante 4 minutos frente a conidios, micelio y clamidosporas respectivamente (Copes et al. 2004; Scarlett et al. 2016). Asimismo, cabe añadir que ensayos *in vitro* llevados a cabo con dióxido de cloro gaseoso demostraron que la aplicación de este compuesto es capaz de inhibir significativamente (0,0001 %) y completamente (0,0005 %) el crecimiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas*, durante un tiempo de exposición de 30 minutos (Lee et al. 2019). En el caso de Clodos Puro se utilizaron concentraciones muy bajas, el producto contiene 75 ppm (0.0075 %) de ingrediente activo, más en este estudio se diluyó el producto a 0,58 %, quedando un total una concentración final de dióxido de cloro de 0,44 ppm (0,00004 %). En nuestro ensayo frente a conidios y clamidosporas, el producto Biocidox no inhibió el crecimiento de ninguna de las cepas de *Fusarium* spp. a concentraciones de 1 ppm, 1,5 ppm y 2 ppm, mostrando diferencias con el estudio publicado por Scarlett et al. (2016). Sin embargo, en el estudio llevado a cabo con dióxido de cloro gaseoso Lee et al. (2019), la concentración y el tiempo de exposición para impedir el desarrollo del hongo son más altos que los evaluados en el presente estudio. En cuanto a Clodos Puro y Biocidox es necesario

evaluar concentraciones superiores a 2 ppm (0,0002 %) durante los mismos tiempos de exposición, con el fin de determinar la concentración mínima inhibitoria. Estudios realizados en Australia demostraron que un aumento en el tiempo de contacto a 24 horas mejoró la eficacia de la mayoría de los desinfectantes contra Foc R1 y R4T en comparación con los tiempos de contacto más cortos (Nguyen et al. 2019).

Igualmente, se trabajó con controles de fenol, compuestos que se emplean como desinfectantes a altas concentraciones debido a su capacidad de desnaturalizar de proteínas y romper las membranas celulares (Kahrs 2008; Robles et al. 2018), basados en la técnica del coeficiente fenólico. Esta técnica comprende en la determinación de la mayor dilución del fenol y del desinfectante a evaluar capaz de inhibir a un microorganismo en un tiempo de 10 minutos (fenol 1:60 en el caso de *Fusarium* spp.), pero que no sea efectivo en 5 minutos (AOAC, International 2012; Ononugbo et al. 2018). Sin embargo, en nuestro estudio fue modificado y no se tomó en cuenta la determinación del coeficiente fenólico de los 5 desinfectantes comerciales con relación al fenol, debido a la necesidad de obtener resultados a menores tiempos de exposición. Además, en los tubos seleccionados luego de ser sembrados por superficie en agar PDA basándose en la metodología ISO 21527-2 (2018), se comprobó la presencia macroscópica y microscópica de *Fusarium* spp., en el caso de los tubos de controles positivos y aquellos que presentaban crecimiento micelar. Todo este procedimiento se lo realizó con el fin de comprobar la viabilidad del microorganismo y reforzar los resultados del ensayo.

Es necesario realizar estudios posteriores tomando en cuenta condiciones fuera de laboratorio, debido a que la materia orgánica tiende a jugar un papel importante en la efectividad del desinfectante (Bennett et al. 2011; Meldrum et al. 2013; Nguyen et al. 2019). Conjuntamente con el tiempo de contacto y la presencia de suelo, se sabe que otros factores afectan las propiedades

germicidas de los desinfectantes, tales como la temperatura del agua, el pH y el contenido mineral (Copes et al. 2004; Berrang et al. 2011; Scarlett et al. 2016). Estos factores no fueron considerados en esta investigación, pero pudieron afectar la actividad del desinfectante. Además de la eficacia del producto, se debe considerar el coste del producto, la corrosión, la longevidad y el impacto ambiental. A pesar de no haber trabajado con cepas de Foc R4T, estos productos podrían implementarse en procedimientos de bioseguridad en bananeras y en zonas de ingreso al país. Con el fin de inhibir el desarrollo de un amplio espectro de cepas de *Fusarium* spp. en el menor tiempo de exposición a concentraciones inocuas para el ser humano y los objetos que entren en contacto con estos.

CONCLUSIÓN

Este ensayo ha evaluado por primera vez en el Ecuador, la eficacia de varios desinfectantes comerciales frente a conidios y clamidosporas de cinco cepas de *Fusarium* spp. Se determinó que Agri'germ 1510, compuesto por glutaraldehído 15 % y dos tipos de amonio cuaternario (Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 8 % y Cloruro de Dimetil Didecil 2 %), fue el desinfectante más efectivo inhibiendo a todas las cepas de *Fusarium* spp. en todos los tiempos de exposición con la concentración recomendada y las diluciones menos concentradas. Neuthox (ácido hipocloroso 0,05 %) fue el segundo desinfectante más eficiente, mejorando su efecto a partir del minuto de exposición dentro de las concentraciones evaluadas. El producto de Amonio cuaternario (Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 20 %) exhibe resultados más eficientes en las concentraciones superiores y recomendada a partir de los 5 minutos. De forma general, las clamidosporas de *Fusarium* spp. presentaron mayor resistencia al contacto con desinfectantes durante los 30 segundos de contacto, a diferencia de conidios. Asimismo, se comprobó que el efecto desinfectante de los productos mejora a medida que pasa el tiempo de exposición, y disminuye al diluirse. No

obstante, se pueden tomar medidas preventivas confiables en base a los resultados de este estudio, debido a la congruencia que presentan con estudios anteriores ensayados contra cepas de Foc R4T, esto con el fin de evitar la entrada de este patógeno al territorio ecuatoriano.

BIBLIOGRAFÍA

(AOAC), International A of OAC. 2012. Official methods of analysis of the Association of Official

Analytical Chemists International.

Alvares H. 2018. EFECTIVIDAD DE LOS DESINFECTANTES ALTERNATIVOS: ÁCIDO PERACÉTICO Y ORTOFTALALDEHÍDO EN COMPARACIÓN CON EL GLUTARALDEHÍDO PARA LOGRAR UNA DESINFECCIÓN ÓPTIMA Y SIN DAÑOS, EN LOS ENDOSCOPIOS FLEXIBLES.

Amani M, Avagyan G. 2014. Isolation and Identification of Fungal Pathogens on Banana Trees (*Musa acuminata* L.) in Iran. *Int Acad Journals Int J AgriScience*. 4(8):409–413. www.inacj.com.

Angel M, Rodríguez D. 2016. Aviso público del riesgo y situación actual.

Audenaert K, Monbaliu S, Deschuyffeleer N, Maene P, Vekeman F, Haesaert G, De Saeger S, Eeckhout M. 2012. Neutralized electrolyzed water efficiently reduces *Fusarium* spp. in vitro and on wheat kernels but can trigger deoxynivalenol (DON) biosynthesis. *Food Control*. 23(2):515–521. doi:10.1016/j.foodcont.2011.08.024.

Belmonte A, Noguerras M, Contigiani M, Gandini V, Sutich E. 2008. Estudio de métodos por congelación para la conservación y mantenimiento de cepas de *Gardnerella vaginalis*. *Bioquímica y Patol Clínica*. 72(2):15–18. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=65112134003>.

Bennett RS, O'Neill W, Smith L, Hutmacher RB. 2011. Plant pathology and nematology: Activity of commercial detergents against conidia and chlamydo spores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. *J Cotton Sci*. 15(2):162–169.

Berrang ME, Meinersmann RJ, Cox NA, Fedorka-Cray PJ. 2011. Application of chlorine dioxide to lessen bacterial contamination during broiler defeathering. *J Appl Poult Res*. 20(1):33–39. doi:10.3382/japr.2010-00178.

Burguet Lago N, Brito Godoy LC, Cánovas Borges I. 2013. Evaluation of the effectiveness of a disinfectant through the contact plate method. *Rev Cuba Farm.* 47(2):185–192.

Calderón JL. 2010. Artículo de revisión ÁCIDO HIPOCLOROSO (HOCl) “Una nueva alternativa en antisepsia y desinfección desarrollada en Colombia.” *Lab Actual.*(42):27–31. doi:10.18004/rvspmi/.

Christen V, Faltermann S, Brun NR, Kunz PY, Fent K. 2017. Cytotoxicity and molecular effects of biocidal disinfectants (quaternary ammonia, glutaraldehyde, poly(hexamethylene biguanide) hydrochloride PHMB) and their mixtures in vitro and in zebrafish eleuthero-embryos. *Sci Total Environ.* 586:1204–1218. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.02.114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.114>.

Copes WE, Chastagner GA, Hummel RL. 2004. Activity of chlorine dioxide in a solution of ions and pH against *Thielaviopsis basicola* and *Fusarium oxysporum*. *Plant Dis.* 88(2):188–194. doi:10.1094/PDIS.2004.88.2.188.

Cowan RE, Manning AP, Ayliffe GAJ, Axon ATR, Causton JS, Cripps NF, Hall R, Hanson PJV, Harrison J, Leicester RJ, et al. 1993. Aldehyde disinfectants and health in endoscopy units the report of a working party of the british society of gastroenterology endoscopy committee. *Gut.* 34(11):1641–1645. doi:10.1136/gut.34.11.1641.

DATACOMEX. 2019. Servicios | DATACOMEX. *Inf Comer Exter.* [accessed 2020 Feb 23]. <https://datacomex.cl/neweb/servicios/>.

Davicino R, Mattar MA, Casali YA, Correa SG, Pettenati EM, Micalizzi B. 2007. Actividad antifungica de extractos de plantas usadas en medicina popular en Argentina. *Rev Peru Biol.* 14(2):247–251. doi:10.15381/rpb.v14i2.1784.

Dita, M. A.; Ramos, E. E.; Pérez LF. 2013. Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense.

Dita M, Barquero M, Heck D, Mizubuti ESG, Staver CP. 2018. Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Front Plant Sci.* 871(October):1–21. doi:10.3389/fpls.2018.01468.

Dita M, Martinez De La Parte E. 2014. Technical Manual Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt(Panama Disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4(TR4). *FAO.* 4(May):1–74. <https://www.researchgate.net/publication/273632807>.

Dita MA, Waalwijk C, Buddenhagen IW, Souza JT, Kema GHJ. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana fusarium wilt pathogen. *Plant Pathol.* 59(2):348–357. doi:10.1111/j.1365-3059.2009.02221.x.

ESPAC. 2015. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. p. 1–68.

Finch W, Fay Z. 1994. United States Patent: Fortified glutaraldehyde chemical sterilant/disinfectant. (19).

Flamenco J, Guevara G. 2011. Formulacion de Tres Productos Desinfectantes y Evaluacion de Su Actividad Antimicrobiana. [accessed 2020 May 15]. <https://es.scribd.com/document/207157552/Formulacion-de-Tres-Productos-Desinfectantes-y-Evaluacion-de-Su-Actividad-Antimicrobiana>.

Gonsabay R. 2014. Cultivo del banano en Ecuador. *AFESE.*:113–142.

Guentzel JL, Lam KL, Callan MA, Emmons SA, Dunham VL. 2010. Postharvest management of gray mold and brown rot on surfaces of peaches and grapes using electrolyzed oxidizing water. *Int*

J Food Microbiol. 143(1–2):54–60. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.028.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.028>.

Guerra NR, Chávez M, Treviño RS, Garcia JF, Torres JA, Méndez A, Marroquín AG. 2019. Effects of Neutral Electrolysed Water on tomato seeds artificially contaminated with *Fusarium* and *Aspergillus*. *Seed Sci Technol.*:211–227. doi:10.15258/sst.2019.47.2.08.

Hwang SC, Ko WH. 2004. Cavendish banana cultivars resistant to fusarium wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. *Plant Dis.* 88(6):580–588. doi:10.1094/PDIS.2004.88.6.580.

IBM Corporation. 2015. *Syntax Reference.* :1–2270.

ICA. 2019. La Federación Nacional de Cafeteros se une a la campaña para la prevención del *Fusarium R4T*. *Inst Colomb Agropecu.* [accessed 2020 Feb 23].
<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-fedecafeteros-prevencion-fusarium-r4t>.

ISO 21527-2. 2018. *Mohos y Levaduras.*

Kahrs R. 2008. Principios generales de la desinfección. *Organ Mund Sanid Anim.* 14(1):143–163.
<http://www.oie.int/doc/ged/D8972.PDF>.

Kilvington S, Lam A, Nikolic M, Brady N. 2013. Resistance and growth of *Fusarium* species in contact lens disinfectant solutions. *Optom Vis Sci.* 90(5):430–438.
doi:10.1097/OPX.0b013e31828f4dfe.

Ladino E, Rey O, Andrei C, Zambrano C. 2016. Evaluation of two conservation methods of filamentous fungal oil palm pathogens. *Cent Agrícola.* 43(2):36–41.

Lee YJ, Jeong JJ, Jin H, Kim W, Jeun YC, Yu GD, Kim KD. 2019. In vitro and in vivo inhibitory effects of gaseous chlorine dioxide against *Fusarium oxysporum* f. Sp. batatas isolated from stored

sweetpotato: Study II. *Plant Pathol J.* 35(5):437–444. doi:10.5423/PPJ.OA.04.2019.0078.

Li R, Baysal-Gurel F, Abdo Z, Miller SA, Ling KS. 2015. Evaluation of disinfectants to prevent mechanical transmission of viruses and a viroid in greenhouse tomato production. *Virology* 12(1). doi:10.1186/s12985-014-0237-5.

Lin Y, Hussain M, Avery PB, Qasim M, Fang D, Wang L. 2016. Volatiles from plants induced by multiple aphid attacks promote conidial performance of *Lecanicillium lecanii*. *PLoS One*. 11(3):1–14. doi:10.1371/journal.pone.0151844.

Loor, E.; Gordon T. 2013. Evaluación del proceso de limpieza y desinfección en el área estéril del laboratorio farmacéutico Maquipharma S.A.

Medina L, Valencia L. 2008. Evaluación de la eficacia de un desinfectante de alto nivel, a base de peróxido de hidrógeno, empleado en la esterilización de dispositivos e instrumentos hospitalarios.

Meldrum RA, Daly AM, Tran-Nguyen LTT, Aitken EAB. 2013. The effect of surface sterilants on spore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4. *Crop Prot.* 54:194–198. doi:10.1016/j.cropro.2013.08.014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.08.014>.

Miranda B. 2019. *Fusarium* R4T, el devastador hongo por el que declaran la primera emergencia nacional en América Latina y que preocupa a la industria del banano - BBC News Mundo. BBC News Mundo. [accessed 2020 Feb 23]. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-49400742>.

Molina, B.; Sinohin, V.; Baroña L. 2009. Status of Tropical race 4 of Panama Wilt in Asia. *Prevention*.(June):1.

Moore NY, Pegg KG, Smith LJ, Langdon PW, Bentley S, Smith MK. 2001. *Fusarium* wilt of

banana in Australia.

Nel B, Steinberg C, Labuschagne N, Viljoen A. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. *Crop Prot.* 26(4):697–705. doi:10.1016/j.cropro.2006.06.008.

Nguyen T V., Tran-Nguyen LTT, Wright CL, Trevorrow P, Grice K. 2019. Evaluation of the Efficacy of Commercial Disinfectants Against *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Race 1 and Tropical Race 4 Propagules. *Plant Dis.* Vol. 103:721–728. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-18-0453-RE>.

Nogueira D. 2013. Estudio de tensioactivos aniónicos y catiónicos derivados de lisina: interacción con membranas celulares, desarrollo de sistemas nanoestructurados para la liberación intracelular y evaluación toxicológica in vitro. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/41774>.

Ocampo L, Banegas M, Sumano H, Alfonseca-Silva E, Campillo-Navarro M, Soria-Castro R, Aquino I. 2019. Evaluation of mycobactericidal and brucellicidal efficacy of an aldehyde and quaternary ammonium solution and a mixture of phenolic compounds. *Isr J Vet Med.* 74(4):190–195.

Odorcic S, Haas W, Gilmore MS, Dohlman CH. 2015. Fungal infections after boston type 1 keratoprosthesis implantation: Literature review and in vitro antifungal activity of hypochlorous acid. *Cornea.* 34(12):1599–1605. doi:10.1097/ICO.0000000000000639.

OIRSA. 2008. Marchitez por *Fusarium* en banano (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Raza 4 Tropical). *Org Int Reg Sanid Agropecu.* [accessed 2020 Feb 23]. <https://www.oirsa.org/informacion.aspx?id=86>.

Ononugbo C, Reward E, Ike A. 2018. The Effect of pH and Temperature on Phenol Coefficients

of Two Common Disinfectants Using Clinical Isolates of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *J Adv Microbiol*. 10(2):1–7. doi:10.9734/jamb/2018/41376.

ONU. 2019. Fácil de propagar y difícil de eliminar, la nueva plaga que amenaza el banano y el plátano en América Latina. *Not ONU*. [accessed 2020 Feb 24]. <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463601>.

Pérez L. 2015. *Fusarium Wilt (Panama Disease) of Bananas: an Updating Review of the Current Knowledge on the Disease and Its Causal Agent*.

Ploetz RC. 2006. *Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. *Phytopathology*. 96(6):653–656. doi:10.1094/PHYTO-96-0653.

Robles MDM, Villegas ES, Cortez OM, Castellanos IEG, Plascencia PCM, Esparza LMA. 2018. Evaluación de la eficiencia de desinfectantes comerciales para uso alimentario en el control de crecimiento *Escherichia coli*. *Av Investig en Inocuidad Aliment*. 1(1):5–8. <http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad/article/view/337>.

Robson MC, Payne WG, Ko F, Mentis M, Donati G, Shafii SM, Culverhouse S, Wang L, Khosrovi B, Najafi R, et al. 2007. Hypochlorous Acid as a Potential Wound Care Agent: Part II. Stabilized Hypochlorous Acid: Its Role in Decreasing Tissue Bacterial Bioburden and Overcoming the Inhibition of Infection on Wound Healing. *J Burns Wounds*. 6:e6. [accessed 2020 Mar 11]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17492051>.

Rodriguez MAD, Vicente LP, Martínez E. 2014. INOCULATION OF *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* CAUSAL AGENT OF FUSARIUM WILT IN BANANA. *Workshop Diagnosis Fusarium Wilt*. 4(May):1–74.

Rood L, Koutoulis A, Bowman JP, Evans DE, Stanley RA, Kaur M. 2018. Control of microbes on

barley grains using peroxyacetic acid and electrolysed water as antimicrobial agents. *Food Microbiol.* 76:103–109. doi:10.1016/j.fm.2018.05.002.

Scarlett K, Collins D, Tesoriero L, Jewell L, van Ogtrop F, Daniel R. 2016. Efficacy of chlorine, chlorine dioxide and ultraviolet radiation as disinfectants against plant pathogens in irrigation water. *Eur J Plant Pathol.* 145(1):27–38. doi:10.1007/s10658-015-0811-8.

Serrano MR. 2012. Mal De Panamá: Medidas De Control Y Prevención Información. http://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_443_mal_panama.pdf.

Soto M. 2011. Situación y Avances Tecnológicos en la Producción Bananera Mundial. *Rev Bras Frutic.* 33(SPEC. ISSUE 1):013–028. doi:10.1590/s0100-29452011000500004.

Takahashi D, Fava C. 2011. Uso de glutaraldehído en la desinfección de incubadoras. *DuPont.* 5. [accessed 2020 May 15]. https://chickmaster.blogspot.com/2011/11/uso-de-glutaraldehido-en-la.html?fbclid=IwAR1JTl7_xOvqFbNh3SyEoTnH-ItXYb8CplxCmL4bQHKiJOFcpZLRn4_1_0c.

Torres N, Araujo F. 2008. Evaluación de los desinfectantes utilizados en el proceso de limpieza y desinfección del área de fitoterapéuticos en laboratorios Pronabell. *LTAD.*

Vásquez A, Villarreal T, Rodríguez G. 2016. Effectiveness of neutral electrolyzed water on incidence of fungal rot on tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *J Food Prot.* 79(10):1802–1806. doi:10.4315/0362-028X.JFP-15-494.

Vásquez R. 2010. El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *AFESE Temas Int.* 53(53):167–182.

Villaverde J. 2018. Fusarium. Todo lo que necesitas saber sobre este género. *Plantamus.* [accessed

2020 Feb 25]. <https://plantamus.com/blog/todo-sobre-fusarium/>.

Zubel I. 2020. Effect of cations on silicon anisotropic etching process in solutions containing TMAH and TMAH with tensioactive compounds. *Sensors Actuators, A Phys.* 303:111829. doi:10.1016/j.sna.2020.111829. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.111829>.

TABLAS

Tabla 1. Cepas empleadas en el estudio

Código	Microorganismo	Tipo de identificación	Cultivo de origen
FP 19-0958	<i>Fusarium oxysporum</i>	ITS 1 e ITS 4	Banano
B-MB-01	<i>Fusarium oxysporum</i>	ITS 1 e ITS 4	Banano
FP 15-0317	<i>Fusarium oxysporum</i>	ITS 1 e ITS 4	Frutilla
FP 14-062	<i>Fusarium incarnatum - equiseti</i>	ITS 1 e ITS 4	Soya
YC3	<i>Fusarium oxysporum</i>	ITS 1 e ITS 4	Uvilla

Tabla 2. Desinfectantes empleados en el estudio

Desinfectante	Composición	Casa Comercial
Agri'germ 1510	Glutaraldehído 15 % Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 8 % Cloruro de Dimetil Didecil Amonio 2 %	Imvab CIA.LTDA
Amonio cuaternario	Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 20 %	Maymo S.A.
Neuthox	Ácido hipocloroso 0,05 %	Danish Clean Water S.A.
Clodos Puro	Dióxido de cloro 0,0075 % (75 ppm)	STC S.L.U.
Biocidox	Dióxido de cloro 10 % (Tabletas 20 g)	Boeckorp S.A.

Valores numéricos corresponden a la proporción (%) de cada ingrediente activo en la formulación del producto comercial concentrado

Tabla 3. Concentraciones de los diferentes desinfectantes

Diluciones (%)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
-Agri'germ 1510	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2	0,1
-Amonio cuaternario	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,0125
-Neuthox	60	45	30	15	7,5	3,75
- Clodos Puro	0,58	0,43	0,29	0,15	0,075	0,038
-Biocidox	0,002	0,0015	0,001	0,0005	0,00025	0,00013

Valores numéricos corresponden a la concentración del producto en las diluciones consideradas para el ensayo: **C1**, Concentración superior 1 (doble de la recomendada); **C2**, Concentración superior 2 (promedio de la concentración recomendada y del doble de esta); **C3**, Concentración recomendada por el fabricante; **C4**, Dilución 1:2 de la concentración recomendada; **C5**, Dilución 1:4 de la concentración recomendada; **C6**, Dilución 1:8 de la concentración recomendada.

Tabla 4. Concentración mínima inhibitoria de cada desinfectante inhibiendo el crecimiento de conidios y clamidosporas de 5 cepas de *Fusarium* spp. a los 30 segundos, 1 minuto y 5 minutos de exposición

Productos	CMI									
	Conidios					Clamidosporas				
	Agri'germ 1510	Neuthox	Amonio cuaternario	Clodos Puro	Biocidox	Agri'germ 1510	Neuthox	Amonio cuaternario	Clodos Puro	Biocidox
30 segundos										
Cepas										
FP19-0958	C3	C3	NI	NI	NI	C2	C2	C1	NI	NI
B-MB-01	C6	C2	NI	NI	NI	C5	C2	NI	NI	NI
FP15-0317	C5	C3	C1	NI	NI	C4	C1	C1	NI	NI
FP 14-062	C4	C2	C1	NI	NI	C3	C1	C1	NI	NI
YC3	C4	C2	C1	NI	NI	C3	C2	C1	NI	NI
1 minuto										
Cepas										
FP19-0958	C3	C3	C3	NI	NI	C3	C2	C1	NI	NI
B-MB-01	C6	C3	C1	NI	NI	C6	C2	C1	NI	NI
FP15-0317	C5	C3	C2	NI	NI	C5	C3	C3	NI	NI
FP 14-062	C5	C3	C2	NI	NI	C5	C2	C1	NI	NI
YC3	C5	C4	C1	NI	NI	C5	C3	C1	NI	NI
5 minutos										
Cepas										
FP19-0958	C4	C4	C3	NI	NI	C4	C3	C3	NI	NI
B-MB-01	C6	C3	C1	NI	NI	C6	C4	C1	NI	NI
FP15-0317	C5	C4	C3	NI	NI	C5	C3	C3	NI	NI
FP 14-062	C5	C3	C3	NI	NI	C5	C3	C3	NI	NI
YC3	C5	C4	C4	NI	NI	C5	C3	C3	NI	NI

[C1] Concentración superior 1 (más concentrada), [C2] Concentración superior 2, [C3] Concentración recomendada por el fabricante, [C4] Dilución 1:2 de la concentración recomendada, [C5] Dilución 1:4 de la concentración recomendada, [C6] Dilución 1:8 de la concentración recomendada (menos concentrada), [NI] No hay inhibición de conidios y/o clamidosporas

Tabla 7.- Regresión logística - probabilidad

Observado		Tabla de clasificación		
		Pronosticado		Corrección de porcentaje
		SCIC		
		Con crecimiento	Sin crecimiento	
SCIC	Con crecimiento	582	49	92,2
	Sin crecimiento	58	211	78,4
Porcentaje global				88,1

Tabla 8.- Valores de la ecuación de regresión logística

Variables en la ecuación						
	Valores del coeficiente B	Error estándar	Wald	Grados de libertad (gl)	Sig.	Ecuación de la regresión logística (Exp-B)
DILUCIÓN	-1,38	,11	147,07	1	,00	,25
TIEMPO EXPOSICIÓN	,98	,16	36,70	1	,00	2,65
DESINFECTANTE	-2,14	,16	170,25	1	,00	,12
Constante	6,90	,65	114,30	1	,00	994,22