

Evaluación de *Trichoderma spp* como Control Biológico en una Plantación a Pequeña Escala de Cacao¹

Sharon Acosta Rojas², Jorge A. Villa³

Recibido: 15 noviembre 2016 / Aceptado: 27 diciembre 2016

DOI: 10.22507/jals.v5n2a1

■ Resumen

Introducción. El control de enfermedades en diversos cultivos se hace en su mayoría por métodos de origen químico, los cuales para productores con cultivos de pequeña escala comercial resultan muy costos y por ende poco asequibles. El control biológico es una alternativa que puede ayudar en cuanto a la reducción de gastos y sostenibilidad ambiental, a su vez se hace uso de elementos propios o extraídos del mismo cultivo, como en este caso la cascara del cacao que se desperdicia normalmente. **Objetivo.** El objetivo de este estudio fue evaluar la fracción sana de mazorca y rendimiento después de la aplicación de dos tratamientos uno biológico y otro de síntesis química. **Materiales y métodos.** Este estudio se realizó en Santo Domingo, Antioquía (COL), en una finca de un pequeño productor de cacao, donde se seleccionaron 17 árboles en 3 lotes, se aplicó un control biológico correspondiente a un lixiviado combinado con el hongo *Trichoderma spp.*, asperjado al árbol (n=6). Un tratamiento de síntesis química, inductor de resistencia (K_3PO_3) inyectado en el tronco del árbol (n=5) y un control sin aplicación (n=6). Luego de la aplicación, se contaron las mazorcas sanas y enfermas y se registró el peso húmedo de las semillas durante un periodo de 2 meses en cada uno de los tratamientos. **Resultados y conclusiones.** No se encontró diferencia significativa en las fracciones de mazorcas sanas y el rendimiento, aun así, el control biológico mostró una mejora con relación al control, lo cual indica su potencial como una alternativa de bajo costo para plantaciones de pequeña escala.

Palabras claves: Control biológico, cacao, *Moniliophthora roreri*, lixiviado, *Trichoderma spp.*

¹ Trabajo de investigación realizado entre agosto 2015-abril 2016. Proyecto financiado por la Corporación Universitaria Lasallista.

² Investigadora auxiliar. Grupo GAMA. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ingenierías. Correspondencia: shacosta@ulasallista.edu.co

³ Docente tiempo completo. Grupo GAMA. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ingenierías.



Trichoderma spp evaluation as a biologic control in a small cocoa crop omo Control Biológico en una Plantación a Pequeña Escala de Cacao

■ Abstract

Introduction. Disease control in several crops is mainly made by using chemical methods, which are expensive and hard to get for small scale producers. The biologic control is an alternative that can be helpful in terms of expenses and environmental sustainability, as elements from the same crop are used, such as in the case of the cocoa's shell, which is usually discarded.

Objective. The objective of this study was to evaluate the healthy fraction of cobs and its performance after receiving two treatments: a biologic one and another chemically synthesized.

Materials and methods. The study was performed in Santo Domingo, Antioquia, Colombia, in a small cocoa crop in which 17 trees in three terrains were chosen. A biologic control comprised of a lixiviate with the *Trichoderma* spp. fungus was sprinkled on the tree (n=6), a chemically synthesized treatment that induced resistance (K_3PO_3) injected in the tree's log (n=5) and a control with no application (n=6). After the application, the sick and healthy cobs were counted and the humid weight of the seeds was registered during 2 months in each treatment.

Results and conclusions. No significant difference was found in the fractions of the healthy cobs and the performance. Nevertheless, the biologic control had an improvement in comparison to the control, indicating that it can be a potentially alternative at a lower cost for small crops.

Key words: Biologic control, cocoa, *Moniliophthora roreri*, lixiviate, *Trichoderma* spp.

Avaliação de *Trichoderma* spp como Controle Biológico em uma Plantação a Pequena Escala de Cacao

■ Resumo

Introdução. O controle de doenças em diversos cultivos se faz na sua maioria por métodos de origem químico, os quais para produtores com cultivos de pequena escala comercial resultam muito caros e por consequência pouco acessíveis. O controle biológico é uma alternativa que pode ajudar em quanto à redução de gastos e sustentabilidade ambiental, por sua vez se faz uso de elementos próprios ou extraídos do mesmo cultivo, como neste caso a casca do cacau que se desperdiça normalmente.

Objetivo. O objetivo deste estudo foi avaliar a fração saudável de sabugo e rendimento depois da aplicação de dois tratamentos um biológico e outro de síntese química.

Materiais e métodos. Este estudo se realizou em Santo Domingo, Antioquia (COL), num sítio de um pequeno produtor de cacau, onde se selecionaram 17 árvores em 3 lotes, se aplicou um controle biológico correspondente a um lixiviado combinado com o fungo *Trichoderma* spp., pulverizado à árvore (n=6).

Um tratamento de síntese química, indutor de resistência (K_3PO_3) injetado no tronco da árvore (n=5) e um controle sem aplicação (n=6). Logo da aplicação, se contaram os sabugos saudáveis e doentes e se registrou o peso úmido das sementes durante um período de 2 meses em cada um dos tratamentos.

Resultados e conclusões. Não se encontrou diferença significativa nas frações de sabugos saudáveis e o rendimento, ainda assim, o controle biológico mostrou uma melhora com relação ao controle, o qual indica seu potencial como uma alternativa de baixo custo para plantações de pequena escala.

Palabras claves: Controle biológico, cacao, *Moniliophthora roreri*, lixiviado, *Trichoderma spp.*

■ Introducción

El control biológico se define como el uso de organismos o medios en el control de patógenos, los cuales al ser aplicados producen una estabilidad en el ecosistema (Hoyos, 2012). Estos organismos o medios se conocen también como reguladores biológicos. Es muy común el uso de reguladores biológicos para el control de microorganismos que ocasionan enfermedades y afectan el rendimiento en los cultivos (Mbarga, *et al.* 2012). Este control es comúnmente parcial porque el desarrollo de la enfermedad no es inhibido por completo, sólo se reduce o controla (e.g. Landero Valenzuela, *et al.* 2015). Sin embargo, el uso de reguladores biológicos permite reducir pérdidas económicas y es una práctica viable para los productores (Wijesinghe, *et al.* 2010).

En la práctica resulta más fácil controlar una enfermedad en sus primeros estadios en comparación con una enfermedad avanzada. El éxito de los controladores biológicos se basa principalmente en la interacción que se pueda generar entre la planta y el ambiente (Kouipou Toghueo, *et al.* 2016). Además, desde el punto de vista ambiental, el control biológico es de suma importancia ya que es una alternativa que ayuda a reducir impactos negativos ocasionados por el uso de insumos de síntesis química y hace referencia a la implementación de productos naturales extraídos o fermentados de varias fuentes (Alaphilippe *et al.* 2016).

Los mecanismos de control que usan los reguladores biológicos pueden dividirse según sus efectos, como: directos e indirectos. Los mecanismos directos implican contacto con el hospedante y un alto reconocimiento, es

decir, una rápida y fácil identificación de los microorganismos que deben controlar. Los indirectos son básicamente las modificaciones que el microorganismo o producto pueden ocasionar en el ambiente (Landero Valenzuela, *et al.* 2015). Dentro de los controladores más utilizados se encuentra el *Trichoderma spp.* (Yuan *et al.*, 2016; Tuño Gava y Pinto, 2016). Este tiene un modo combinado de acción. En primer lugar, actúa directamente ya que parasita a su presa envolviéndola para de esta manera romper su pared y luego alimentarse. En segundo lugar, produce enzimas y antibióticos que evitan el crecimiento de los patógenos. Para su aplicación se debe tener en cuenta si el ambiente es apto o no para que se pueda dar su adecuado crecimiento y posterior desarrollo. Siendo el desarrollo la parte más importante cuando se va hacer uso del control biológico ya que permite un mejor desempeño por la capacidad de adaptarse más fácilmente a una zona ecosistémica en particular. No obstante, se debe tener claridad en que estos microorganismos requieren de tiempo para adaptarse y así poder realizar de manera correcta su tarea de controlar patógenos (Kubicek y Harman, 2002).

El lixiviado es otro de los medios por los cuales se lleva a cabo el control biológico, su principal función es otorgar nutrientes a la planta, proporcionando así mayor resistencia frente agentes infecciosos. Su obtención se da generalmente a través de procesos como la degradación y transformación de la materia orgánica, su composición tiende a ser analizada mediante un análisis bromatológico, el cual es un análisis químico de los componentes del lixiviado, muestra su valor nutricional y ayuda a tener mayor claridad en cuanto a la nutrición que se le brinda a la planta (Sangronis *et al.* 2014).

El cacao en Colombia es uno de los cultivos de mayor interés económico, lo que permite que se dé una excelente adaptación en diversas zonas o ecosistemas. También, las características



organolépticas otorgadas por la variabilidad genotípica, además de las condiciones ecológicas de los sitios, determinan la composición química en los cultivos de cacao haciéndolo más apetecible por otros países (Carrillo, *et al.* 2014). África es el continente que tiene mayor cantidad de cacao sembrada, seguido por América y Asia. En Colombia no se realiza el Censo Nacional Cacaotero desde el año 1998, razón por la cual no es muy clara la cantidad de cacao que se tiene sembrada. Según Fedecacao (2013), para el año 2013 se esperaba tener 151.144 Ha de cacao en todo el país, en las cuales alrededor de 25 mil familias operaban cultivos de pequeña escala comercial (<1Ha) (HLPE, 2013), aunque por los motivos expuestos anteriormente no se tiene una cifra exacta de tierras cultivadas por dichas familias.

Los agentes causales de enfermedades en el cultivo del cacao y responsables de la mayor cantidad de pérdidas a nivel mundial son la *Moniliophthora roreri*, seguida por *Crinipellis pernicioso* y *Phytophthora palmivora* (Leach, *et al.* 2002). Los mencionados agentes causales, son usualmente tratados con insumos de origen sintético. Entre los más usados se encuentran el oxiclóruo de cobre, que se aplica asperjado a la planta; el fosfito de potasio que es inyectado en la planta y el metalaxyl que se incorpora en el suelo (Fedecacao, 2013). Estos insumos tienen costos que muchas veces los productores no pueden cubrir (Cortinez *et al.* 2010). Además, ocasionan daños en el ambiente, como la eutrofización por exceso de nutrientes, y la lixiviación, procesos de acumulación, degradación y transporte en el suelo de compuestos peligrosos (Vanhove *et al.* 2015; Reyes *et al.* 2010). Es importante entonces, encontrar alternativas de bajo costo que permitan aumentar la productividad y competitividad de los productores que tienen cultivos de pequeña escala comercial de cacao y que a su vez mejoren las condiciones ambientales en sus territorios. Esto representaría una mejora en su calidad de vida y la sostenibilidad de su

actividad, desestimulando procesos migratorios de los productores de este sector.

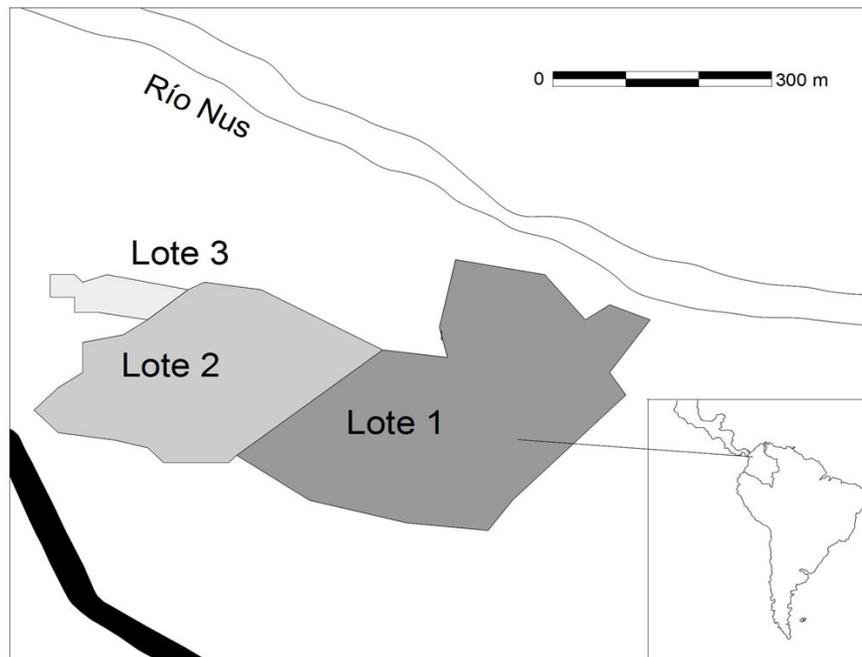
Con el fin de evaluar alternativas de bajo costo para el control de la enfermedad *Moniliophthora roreri* en cultivos de pequeña escala comercial de cacao, este estudio evaluó el efecto de la aplicación de un control biológico, el cual consistió en una mezcla del lixiviado de la cascara del cacao y una mezcla de cepas de *Trichoderma* spp. nativo en la fracción de mazorcas sanas y en el rendimiento del cultivo. El efecto de la aplicación de esta mezcla se comparó además con el efecto de la aplicación de un tratamiento convencional (i.e. inductor de resistencia) y un control sin tratamiento alguno.

■ Materiales y Métodos

Sitio de estudio y diseño experimental

Este proyecto fue desarrollado en el nordeste de Antioquía, Colombia. Ésta es una de las regiones de reconocida tradición cacaotera Colombiana (Figura 1). El sitio de estudio corresponde a un cultivo típico de pequeña escala de un productor local del municipio de Santo Domingo, Antioquía (6°32'3.25"N 75° 2'54.85"W). El cultivo está distribuido en tres lotes, sin una densidad de siembra estándar. El lote con mayor número de árboles tiene 2400 en 0,03 Ha, seguido por uno de 2150 árboles en 0,02 Ha y uno de 250 árboles en 0,003 Ha. El manejo del cultivo por parte del pequeño cacaocultor es mínimo. Consiste en la recolección de mazorcas sanas y enfermas. A las sanas se les hace un beneficio para extraer las semillas húmedas que posteriormente son secadas. Las enfermas son llevadas a un sitio del lote y son cubiertas con hojas y ramas obtenidas después de la poda para hacer compost. En cada lote se seleccionaron seis árboles al azar para la aplicación de tres tratamientos (i.e. 2 árboles por tratamiento, uno en la parte alta y otro en la parte baja del lote).

Figura 1. Ubicación general del sitio de estudio



Elaboración y aplicación de tratamientos

El lixiviado se elaboró a base de cascarras de mazorcas sanas provenientes del mismo cultivo (aproximadamente 10 kg) que fueron picadas en trozos de aproximadamente 5 cm. Estas fueron dispuestas en una caneca plástica con una capacidad de 80 L y se adicionaron 3 kg de suelo del mismo sitio de estudio, 3 kg de salvado de arroz y 2 kg de miel de purga. Luego de homogeneizar la muestra se selló la caneca y se dejó por un mes con el fin de eliminar microorganismos patógenos y replicar los benéficos los cuales ayudan a degradar la materia orgánica. Simultáneamente, se hizo el aislamiento del hongo *Trichoderma spp.* nativo, para lo cual se usaron partes de la planta del mismo cacao como pedúnculos jóvenes y raíces superficiales cortadas finamente cada 1cm. Luego se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 5%, alcohol etílico al 75% y agua destilada. Estos se llevaron a un medio de PDA (potato dextrosa agar) con rosa de bengala. Pasados 15 días, identificó la presencia del hongo en el laboratorio

de microbiología de la Corporación Universitaria Lasallista siguiendo las claves descritas en Agrios (1995) y se almacenaron con medio suficiente hasta el momento de la mezcla con el lixiviado. Luego del mes de preparación del lixiviado, 500 ml se separaron y enviaron para un análisis bromatológico al laboratorio de análisis químico y bromatológico de la Universidad Nacional, sede Medellín para determinar su composición elemental y se procedió a la mezcla con el *Trichoderma spp.*, para su posterior aplicación.

El control biológico fue aplicado por aspersion, mediante una bomba de espalda con capacidad de 20L. El inductor de resistencia fue otro tratamiento, este se inyectó directamente en el tronco de los árboles evaluados (inyectores Chemjet ®) 10 cm arriba de la superficie del suelo, se aplicaron 10 cm³ según la indicación técnica del insumo. El control fueron los árboles a los cuales no se les realizó aplicación alguna de productos o insumos de uso agrícola. Por



dificultades en la disponibilidad de los inyectores en el mercado a la hora de ejecutar el estudio, únicamente se pudo hacer la aplicación del fosfito en cinco árboles, dejando por fuera uno ubicado en la parte baja del lote más pequeño. Los tratamientos fueron aplicados cada 15 días, en un período de dos meses. El clon evaluado durante este estudio fue el CCN 51.

Evaluación de los tratamientos.

Se evaluó únicamente la presencia de la enfermedad. Esta evaluación se hizo cuantificando la fracción de mazorca sana (*FMS*), se cuantificaron cada 15 días mazorcas sanas (*MS*) y las mazorcas no fermentables (*MNF*), es decir, las mazorcas en las que el agente patógeno ya había afectado el fruto completamente. Luego la *FMS* se calculó de la siguiente manera:

$$FMS = \frac{\#MS}{\#(MS + MNF)}$$

Posteriormente se evaluó el rendimiento de los diferentes tratamientos utilizados, mediante la ecuación:

$$R = \frac{SH}{\text{árbol}}$$

Donde, R es el rendimiento, SH es el peso en Kg registrado de semilla húmeda de cacao por árbol.

La comparación entre la fracción de mazorca sana y de los rendimientos de los diferentes tratamientos se hizo por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, luego de comprobar la no normalidad de los datos.

■ Resultados y Discusión

No se encontró diferencia significativa en cuanto a la fracción de mazorca sana entre los tratamientos aplicados ($X^2 = 1.91$, $P = 0.38$). A pesar de esto, la poca variabilidad observada en cuanto a la fracción de mazorcas sanas del control biológico (media: 64%, mediana: 66%) y una mediana similar a la del inductor de resistencia (media: 62%, mediana: 60%), pero superior a la del control (media: 47%, mediana: 43%), sugieren el potencial de este tipo de control en el control de la enfermedad (Figura 2).

Otros estudios comparando la efectividad de controles biológicos en la disminución de la enfermedad en cacao con la efectividad de inductores de resistencia reportan eficiencias similares entre ambos controles (e.g. Cavalcanti *et al.* 2008), e incluso algunos reportan eficiencias mayores en los controles de origen biológico (e.g. Costa *et al.* 2010). Específicamente para el control de la enfermedad *M. royeri*, el potencial de *Trichoderma* spp. nativos ya había sido sugerido por Samuels *et al.* (2006) en un estudio en el cual se aislaron dos especies en cultivos de troncos de plantas de cacao en la amazonía peruana. Ellos atribuyen ese potencial a la producción de ácido nonanoico y 6PAP, compuestos que inhiben la germinación de esporas patogénicas. Estos hallazgos fueron soportados por Infante *et al.* (2011) quienes, además identificaron el compuesto 6-n-pentyl-2H-pyran-2-one como otro agente controlador de esporas de hongos patógenos. Adicionalmente, especies nativas de hongos como el *Trichoderma* spp. tienden a tener mayores capacidades de adaptación a la zona, comparado con uno que sea introducido (Hernández *et al.* 2015), como los comúnmente disponibles en el mercado.

Otro factor que pudo incidir positivamente en el control de la *M. royeri* que se observó con el tratamiento biológico, está relacionado con el suplemento nutricional aportado por el lixiviado

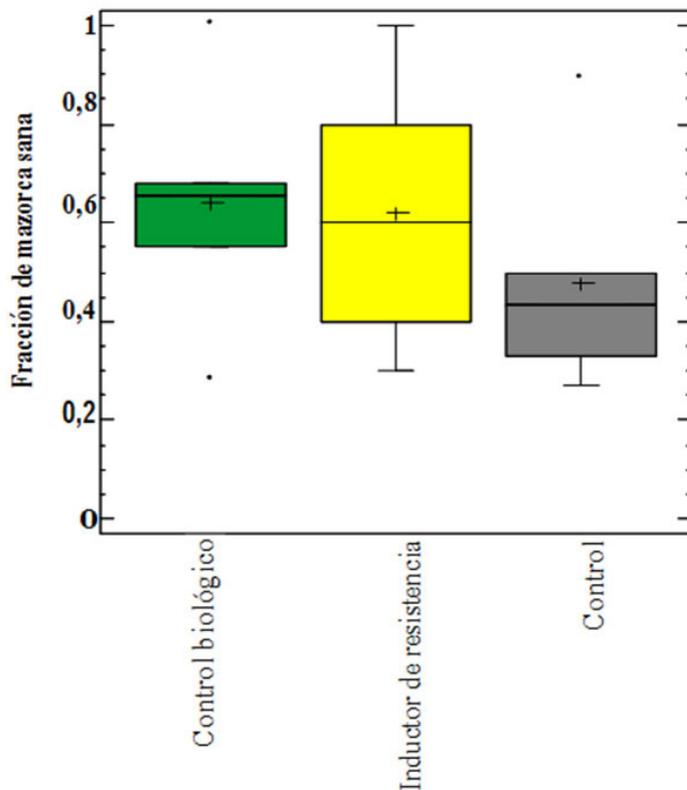


Figura 2. Boxplots de la fracción de mazorca sana, después de la aplicación de los diferentes tratamientos. Las líneas en los cajones indican la mediana, mientras que los puntos la media aritmética (Control biológico: Lixiado + *Trichoderma spp.*; Inductor de resistencia: fosfito de potasio; control: ninguna aplicación).

utilizado en la mezcla con el *Trichoderma spp.* Por ejemplo, el nitrógeno y el potasio son requeridos por la planta para el crecimiento, floración y fructificación. El nitrógeno, además aumenta el contenido de proteínas en los frutos. El fósforo por su parte, es usado principalmente en la formación de nuevas raíces, producción flores, frutos y semillas, además acelera la maduración de las frutas. En la Tabla 1 se presentan los contenidos elementales del lixiviado. Estos valores se encuentran dentro de los rangos normales de los requerimientos de nutrición para las plantas de cacao (Snoeck *et al.* 2016) a excepción del Ca y el Mg, por lo que futuros desarrollos de lixiviados con base en la cáscara del cacao para la aplicación de controles biológicos deberían incluir otros elementos en la mezcla que aseguren valores óptimos de estos dos compuestos para complementar apropiadamente la nutrición de la planta durante el tratamiento.

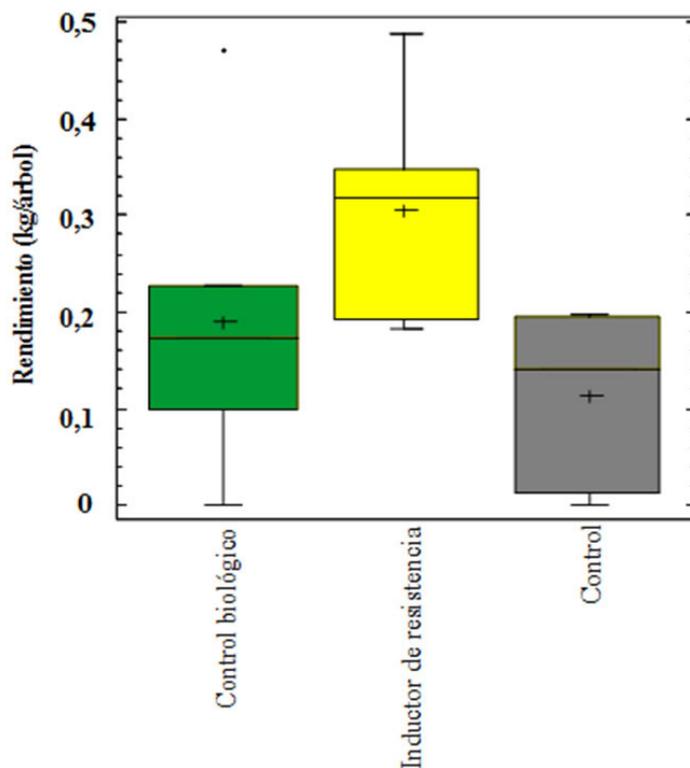
Tabla 1. Análisis elemental del lixiviado realizado a partir de trozos de la cascara de cacao que luego fue utilizado para la mezcla con el *Trichoderma spp.*

Análisis	Resultados
Calcio	159 mg/kg
Cobre	<5 mg/kg
Fósforo	155 mg/kg
Hierro	24 mg/kg
Magnesio	215 mg/kg
Manganeso	<5 mg/kg
Nitrógeno	<4000 mg/kg
pH	3,62
Potasio	2000mg/kg
Sodio	<500 mg/kg
Zinc	<5 mg/kg



Los resultados obtenidos de los rendimientos en kg árbol⁻¹ de los diferentes tratamientos se muestran en la Figura 3. Asumiendo un contenido de humedad de la semilla de 7% (Álvarez *et al.* 2010), estos rendimientos están dentro del rango reportado en otros estudios (Groeneveld *et al.* 2010 y Kieck *et al.* 2016). El tratamiento que mejor rendimiento tuvo fue el inductor de resistencia (media: 0.19 kg árbol⁻¹, mediana: 0.17 kg árbol⁻¹) a pesar de no tener diferencia estadística significativa con los otros tratamientos ($X^2= 4.34$, $P = 0.11$). El control biológico por su parte, tuvo un rendimiento medio mayor (media: 0.30 kg árbol⁻¹, mediana: 0.32 kg árbol⁻¹) que el del control (media: 0.10 kg árbol⁻¹, mediana: 0.14 kg árbol⁻¹).

Figura 3. Rendimiento en Kg/árbol del cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.), después de la aplicación de los diferentes tratamientos



Estudios comparativos del rendimiento de tratamientos de control biológico con otros químicos convencionales indican la superioridad de estos últimos (e.g. Deberdt, 2008; Oliveira *et al.* 2016). La principal razón por la cual se explican estos resultados es que los inductores de origen químico no solo contribuyen con la erradicación de agentes infecciosos, lo cual representa un aumento de la producción (Johansson *et al.* 2003), sino que además generan un aumento en el crecimiento vegetativo (Farouk y Osman, 2011). Por su lado, estudios evaluando el rendimiento en aplicaciones de control biológico, también muestran incrementos en la producción sobre la no aplicación de control alguno. Por ejemplo, Krauss y Soberanis (2001) en un ensayo evaluando el control de la *M. roreri* en cacao ejercido por cinco variedades micoparasitarias de *Clonostachys rosea* y tres de *Trichoderma* spp. encontraron incrementos en el rendimiento de hasta 16%. De manera similar, Krauss *et al.* (2003) encontraron incrementos en el rendimiento de hasta el 50%.

Estos resultados sumados a los encontrados en cuanto al control de la enfermedad sugieren el potencial del control biológico en el tratamiento integral de la *M. roreri*, por lo menos como alternativa de bajo costo a los tratamientos químicos convencionales. Sin embargo, la cuantificación asertiva de este potencial requiere de experimentos de mayor escala temporal y espacial además de un incremento en el número de réplicas.

■ Conclusiones

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en cuanto la fracción de mazorca sana y el rendimiento del cultivo los valores medios del tratamiento del control biológico, los cuales fueron superiores que los del control, sugieren su potencial como una alternativa de bajo costo

para los tratamientos químicos convencionales en cultivos de cacao de baja escala.

■ Agradecimientos

Agradecimientos a la Corporación Universitaria Lasallista por la financiación de esta investigación, la cual fue presentada en la convocatoria interna de investigación de baja cuantía de 2015 con código AC02VI05F05. De igual manera se agradece a Laura Ospina Toro, estudiante del programa de administración de empresas agropecuarias por su colaboración durante el tiempo de aplicación de la metodología.

■ Referencias

- Agrios, G.N. (1995). Fitopatología. Segunda edición. México.
- Alaphilippe, A; Boissy, J; Simon, S; Godard, C. (2016). Environmental impact of intensive versus semi-extensive apple orchards: use of a specific methodological framework for Life Cycle Assessments (LCA) in perennial crops. *Journal of Cleaner Production*, 127: 555-561.
- Álvarez, C; Tovar, L; Gracia, H; Morillo, F; Sánchez, P; Girón, C; De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10 (1): 76-87.
- Cavalcanti, F.R; Resende, M.L.V; Ribeiro, P.M; Pereira, R.B; Oliveira, J.T.A. (2008). Induction of resistance against verticillium dahliae in cacao by a crinipellis pernicioso suspension. *Journal of Plant Pathology* 90 (2): 273-80.
- Cardona, M; Sorza, J; Posada S; Carmona J. (2002). Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2):240-246.
- Carrillo, L.C; Londoño-Londoño, J; Gil, A. (2014). Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*, 60: 273-280.
- Cortinez, M.I; Peñaralda, L.F; Herazo, M.M. (2010). Impacto, manejo y control de enfermedades causadas por *Phytophthora palmivora* en diferentes cultivos. Universidad de Pamplona, pp.167.
- Costa, J.B; Resende, M.L.V; Ribeiro, J; Martins, P; Rabelo, F; Monteiro, A.C. (2010). Indução de resistência em mudas de cacauero contra *Moniliophthora pernicioso* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. *Tropical Plant Pathology*, 35(5): 285-294. <https://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000500003>
- Deberdt, P; Mfegue, C. V; Tondje, P. R; Bon, M. C; Ducamp, M; Hurard, C; Cilas, C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control*, 44(2): 149-159.
- Farouk, S; Osman, M.A. (2011). The effect of plant defense elicitors on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in absence or presence of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) infestation. *J. Stress Physiol. Biochem*, 7 (3): 5-22
- Federación Nacional de Cacaoteros. (2013). Guía técnica para el cultivo del cacao. Recuperado de: http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf



- Groeneveld, J.H; Tscharrntke, T; Moser, G; Clough, Y. (2010). Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst*, 12: 183–191.
- Hernández Mendoza, J.L; Sánchez Pérez, M.I; González Prieto, J.M; Quiroz Velásquez, J.D; García Olivares J.M; Gill Langarica, H.R. (2015). Antibiosis of *Trichoderma* spp strains native to northeastern Mexico against the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46 (4):1093-1101.
- HLPE. (2013). Inversión en la agricultura a pequeña escala en favor de la seguridad alimentaria. Informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.
- Hoyos, L. (2012). Conceptos generales en manejo biológico de fitopatógenos. pp. 4. En: Hoyos, L. Enfermedades de las plantas control biológico. Bogotá. Ecoe ediciones.
- Infante, D; González, N; Reyes, Y; Martínez, B. (2011). Evaluación de la Efectividad de Doce Cepas de *Trichoderma asperellum* Sobre Tres Fitopatógenos en Condiciones de Campo. *Revista Protección Vegetal*, 26(3):194-197.
- Johansson, P.M; Johnsson, L; Gerhardson, B. (2003). Suppression of wheat-seedling diseases caused by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale* using bacterial seed treatment. *Plant Pathology*, 52: 219–227.
- Kieck, J.S; Zug, K.L.M; Huamaní Yupanqui, H.A; Gómez Aliaga, R; Cierjacks, A. (2016). Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and secondary metabolism on cacao farms in Peruvian Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222: 223-234.
- Kouipou Toghueo, R.M; Eke, P; Zabalgoceazcoa, I; Rodríguez Vázquez de Aldana, B; Nana, L.W; Fecam Boyom, F. (2016). Biocontrol and growth enhancement potential of two endophytic *Trichoderma* spp from *Terminalia catappa* against the causative agent of Common Bean Root Rot (*Fusarium solani*). *Biological control*, 96: 8-20.
- Krauss, U; Soberanis, W. (2001). Biocontrol of cocoa pod diseases with mycoparasite mixtures. *Biological control*, 22(2): 149-158.
- Krauss, U; ten Hoopen, M; Hidalgo, E; Martínez, A; Arroyo, C; García, J; Sánchez, V. (2003). Manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(37-38): 52-58.
- Kubicek, C; Harman, G. (2002). *Trichoderma and Gliocladium*: Basic biology, taxonomy and genetics. Estados Unidos. Editorial Taylor & Francis. pp. 278.
- Landero Valenzuela, N; Nieto Angel, D; Téliz ortiz, D; Alatorre Rosas, R; Ortíz García, F; Orozco Santos, M. (2015). Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp on maradol papaya fruit. *Biological control*, 91: 88-93.
- Leach, A.W; Mumford, J.D, Krauss, U.K. (2002). Modelling *Moniliophthora roreri* in Costa Rica. *Crop Protection*, 21(4): 317-326.
- Mbarga, J.B; Martijn Ten Hoopen, G; Kuate, J; Adiobo, A; Ngonkeu, M.E.L; Ambang, Z; Akoa, A; Tondje, P.R; Begoude, B.A.D. (2012). *Trichoderma asperellum*: A potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroon. *Crop protection*, 36: 18-22.

Oliveira, M.D.M; Varanda, C.M.R; Félix, M.R.F. (2016). Induced resistance during the interaction pathogen x plant and the use of resistance inducers. *Phytochemistry Letters*, (15): 152-158.

Reyes, G; Chaparro-Giraldo, A; Ávila, K. (2010). Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12 (2): 151-162.

Samuels, G.J; Suarez, C; Solis, K; Holmes, K,A; Thomas, S.E; Ismaiel, A; Evans, H.C. (2006). *Trichoderma theobromicola* and *T. paucisporum*: two new species isolated from cacao in South America. *Mycological Research*, 4(110): 381-392.

Sangronis, E; Soto, M.J; Valero, Y; Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2): 123-130.

Shafawati, S. N; Siddiquee, S. (2013). Composting of oil palm fibres and *Trichoderma spp* as the biological control agent: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85: 243-253.

Snoeck, D; Koko, L; Joffre, J; Bastide, P; Jagoret, P. (2016). Sustainable agriculture reviews.

Tuño Gava, C.A; Pinto, J.M. (2016). Biocontrol of melon wilt caused by *Fusarium oxysporum* Schlect f. sp. *melonis* using seed treatment with *Trichoderma spp.* and liquid compost. *Biological control*, 97: 13-20.

Vanhove, W; Vanhoudt, N; Van Damme, P. (2015). Effect of shade tree planting and soil management on rehabilitation success of a 22-year-old degraded cocoa (*Theobroma cacao* L.) plantation. *Agricultures, Ecosystems and Environment*, 219: 14-25.

Wijesinghe, C.J; Wilson Wijeratnam, R.S; Samarasekara, J.K.R.R; Wijesundera, R.L.C. (2010). Biological control of *Thielaviopsis paradoxa* on pineapple by an isolate of *Trichoderma asperellum*. *Biological control*, 53: 285-290.

Yuan, S; Li, M; Fang, Z; Liu, Y; Shi, W; Pan, B; Wu, K; Shi, J; Shen, B; Shen, Q. (2016). Biological control of tobacco bacterial wilt using *Trichoderma harzianum* amended bioorganic fertilizer and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae*. *Biological control*, 92: 164-171.