



Inducción de resistencia al virus del mosaico dorado del chile dulce (*Capsicum annum* L.) mediante el uso de preparados orgánicos y *Trichoderma harzianum* Rifai en fase de vivero

Resistance induction to Pepper Golden Mosaic Virus (*Capsicum annum* L.) using organic amendments and *Trichoderma harzianum* Rifai in nursery phase

Torres-López, M.U.¹, Rivas-Flores, A.W.², Paniagua-Cienfuegos, M.P.³

Resumen

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador de mayo a octubre de 2015. Se evaluó el efecto de tres preparados orgánicos (Bocashi, Lombriabono y Té de lombriabono), un preparado comercial de *Trichoderma harzianum* Rifai (Excalibur Gold 5 FS ®) como inductores de resistencia al virus del mosaico dorado del chile dulce (PepGMV) cultivar CORTES F1 y un testigo. Se estableció un diseño de bloques incompletos balanceados al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizaron dos ensayos inoculando el virus con mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) a los 25 y 22 días después de siembra. Los experimentos se llevaron a cabo en condiciones de

invernadero, con una duración de 42 días el primero y 39 días el segundo. La obtención de datos inició a los 30 y 27 días después de la siembra respectivamente. Se evaluó la incidencia final, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, el tiempo de incubación del virus para que el 10% de las plantas presentaran los síntomas (TI₁₀) y el tiempo de incubación del virus para que el 50% de las plantas presentaran los síntomas (TI₅₀), altura de la planta, diámetro a la base del tallo y peso fresco.

En el primer ensayo, la inoculación con *Trichoderma harzianum* Rifai (5x10⁹ UFC/5 ml) presentó la menor incidencia final del virus (62%, F_{4,11}= 4.79, p<0.05), la menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (320.21 ue, F_{4,11}= 6.11, p<0.05) y el

1 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. moiseslopez06@hotmail.com

2 Asesor, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. awrivas@yahoo.com

3 Asesor, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. mrpaniagua@gmail.com

mayor tiempo de incubación 50 (TI₅₀) (15.39 ddi, $F_{4,11}=6.78$, $p<0.01$), siendo epidemiológicamente el mejor tratamiento. En el segundo ensayo, fue el tratamiento lombriabono el que presentó la menor incidencia (80.14%, $F_{4,11}=0.95$, $p=0.4740$), la menor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (528.19 ue, $F_{4,11}=1.73$, $p=0.2140$) y mayor tiempo de incubación 50 (TI₅₀) (12.23 ddi, $F_{4,11}=1.20$, $p=0.3661$). En cuanto a las variables de desarrollo (altura de la planta, diámetro a la base del tallo y peso fresco) los preparados orgánicos presentaron los mejores resultados.

Palabras claves: Inducción de resistencia, *Trichoderma harzianum* Rifai, preparados orgánicos, *Bemisia tabaci* Genn., PepGMV, *Capsicum annuum* L.

Abstract

The research was made in the municipality of Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador from May to October of 2015. It was evaluated the effect of three organic preparations (Bocashi, vermicompost and vermicompost tea) and a commercial formulation of *Trichoderma harzianum* Rifai (Excalibur Gold 5 FS ®) as inducers for PepGMV resistance in sweet pepper (variety CORTES F1) and a control. Two trials were carried out under greenhouse conditions, the first one inoculating the virus at 25 dap (days after planting) and the second one 22 dap. The virus was inoculated using whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn.) reared in cages with diseased pepper plants, and then transferred to the cages with the seedlings. The trials were established following a balanced incomplete block design with five treatments and four replications. The Data were collected at 30 and 27 days after

planting, respectively. The measures of final incidence, the area under the curve of disease progress, the incubation time until 10% and 50% of the plants showed symptoms, stem diameter, height and fresh weight was evaluated.

In the first trial, the inoculation with *Trichoderma harzianum* Rifai (5×10^9 UFC/5 ml) showed the lowest final incidence (62%, $F_{4,11}= 4.79$, $p<0.05$), the lowest area under the curve of disease progress (320.21 du $F_{4,11}= 6.11$, $p<0.05$) and the highest incubation time 50 (15.39 ddi, $F_{4,11}= 6.78$, $p<0.01$), being epidemiologically the best treatment. In the second trial, the best treatment was vermicompost, which had the lowest incidence (80.14% $F_{4,11}= 0.95$, $p=0.4740$), the lowest area under the curve of disease progression (528.19 du, $F_{4,11}= 1.73$, $p= 0.2140$) and longer incubation 50 (12.23 ddi, $F_{4,11}= 1.20$, $p= 0.3661$). On development variables (height, diameter at the stem and fresh weight)) the organic preparations showed the best results.

Keywords: Induction of resistance, *Trichoderma harzianum* Rifai, organic preparations, *Bemisia tabaci* Genn., PepGMV, *Capsicum annuum* L.

Introducción

El chile dulce es parte de la dieta alimenticia de los salvadoreños, sin embargo, la demanda de esta hortaliza no se logra suplir por la producción nacional teniendo que importar de Honduras y Guatemala aproximadamente 7,611,493 kilos (Vásquez, 2008). Dentro de los factores que afectan la producción están los problemas fitosanitarios, siendo uno de los más importantes las

virosis transmitidas por mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn), lo cual causa pérdidas económicas directas al afectar la fisiología de la planta y producción de frutos (Ortega Arenas y González, 1989; Cuellar y Morales, 2006). Uno de los principales begomovirus transmitidos por mosca blanca es el Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV), el cual después de haber sido adquirido, puede persistir dentro del vector por más de una semana y necesita un período de incubación de 4 días aproximadamente para poder ser transmitido a otras plantas (Cuellar y Morales, 2006; Lastra, citado por Castro Martín, 1998).

La principal estrategia para el control de las enfermedades virales se ha centrado en manejar la población de vectores mediante el control químico, biológico y la exclusión por medio de estructuras. Sin embargo, como parte del manejo de estas enfermedades también se ha evaluado la inducción de resistencia, que dependiendo del agente biótico o abiótico que la activa puede ser adquirida o inducida; la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR) es estimulada por el ataque de microorganismos patógenos generadores de necrosis en el follaje y es activada por el incremento endógeno, local y sistémico del Ácido Salicílico (Stange *et al.* 2007; Martínez, 2008), por otro lado la Resistencia Sistémica Inducida (ISR) es estimulada por cepas bacterianas benéficas del suelo y es regulada por la acción del Etileno y el Ácido Jasmónico (Edreva, 2004; Martínez, 2008). El fenómeno de inducción de resistencia se ha convertido en un elemento importante dentro del manejo integrado de plagas para disminuir el efecto de los problemas fitosanitarios (Ortega-Arenas y González, 1989), y ha sido evaluado contra diferentes problemas fitosanitarios en cultivos de chile dulce, tomate y frijol utilizando tratamientos

biológicos (Farias-Hinojosa, 2012; Jimenez *et al.* 2013; Hoitink *et al.* 2006; Jiménez-López, 1996 y Castro-Martín, 1998).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la inducción de resistencia al PepGMV con el uso de diferentes preparados orgánicos (Bocashi, lombriabono y té de lombriabono) y *Trichoderma harzianum* Rifai en plantas de chile dulce en fase de vivero con el fin de encontrar tratamientos que al ser aplicados en esta etapa permita producir plantines fuertes que sean resistentes a problemas fitosanitarios en campo. Para ello se evaluó la incidencia final de la enfermedad, la efectividad de los tratamientos, el tiempo de incubación del PepGMV para que el 10% de las plantas presentara los síntomas (TI₁₀) y el tiempo de incubación del PepGMV para que el 50% de las plantas presentara los síntomas (TI₅₀), también se comparó el desarrollo de las plantas promovido por los tratamientos aplicados.

Materiales y métodos

Descripción del ensayo

La investigación se desarrolló durante los meses de mayo a octubre de 2015, en un invernadero artesanal ubicado en el Barrio Concepción, Tonacatepeque, San Salvador a una altura de 650 msnm, entre los 13°46'46" Latitud Norte y 89°6'58.94" Longitud Oeste, con precipitación anual promedio de 1800-2000 mm, temperatura de 28 °C y Humedad relativa de 70%⁴. Se establecieron dos ensayos con 10 días de diferencia.

4 Ruano de Mejía, RN. 2015. Datos de Tonacatepeque. (Comunicación personal). Alcaldía municipal de Tonacatepeque. San Salvador, SV.

Se utilizó un diseño de bloques incompletos balanceados al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron Bocashi (una parte de bocashi mezclada con siete partes del sustrato BM2), lombriabono (una parte de lombriabono mezclada con cuatro partes del sustrato BM2), una formulación comercial de *Trichoderma harzianum* Rifai (Excalibur Gold 5 FS) en dosis de 1g/l (5X10⁹ UFC/5 ml), y té de lombriabono en una proporción 1:20. En cada tratamiento se trabajó con 40 plantas, las cuáles constituyeron las unidades experimentales a las cuales se les aplicaron los tratamientos. Los tratamientos bocashi y lombriabono fueron aplicados al momento de la siembra, mientras que los tratamientos *Trichoderma harzianum* Rifai y té de lombriabono fueron aplicados a los 12 días después de siembra, cuando los cotiledones de los plantines estuvieron totalmente abiertos.

La fertilización se realizó en tres aplicaciones con la fórmula 15-30-15 en dosis de 1g/L. En el primer ensayo se fertilizó a los 17, 24 y 40 días después de siembra, sin embargo la primera solo se aplicó a los tratamientos *Trichoderma harzianum* Rifai y té de lombriabono. En el segundo ensayo se fertilizó a los 18, 27 y 37 días después de siembra a todos los tratamientos por igual.

Inoculación del virus

El vector (*Bemisia tabaci* Genn) fue recolectado de los invernaderos de la cooperativa ACATONACA los cuales contenían cultivos de chile dulce libres de virosis. Los individuos fueron mantenidos en plantas de berenjena sanas en jaulas de dimensiones de 0.70 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.70 m de alto. Las plantas de

berenjena fueron cambiadas cada tres semanas para asegurar la sobrevivencia de *Bemisia tabaci* Genn. El virus fue obtenido a través de plantas enfermas provenientes de la empresa HIDROEXPO S.A DE C.V., la cual había identificado previamente el virus como el Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV). El virus se multiplicó colocando plantas enfermas y plantas sanas en presencia de adultos de *B. tabaci* proveniente del pie de cría, en jaulas de 0.80 m de largo, 0.80 m de alto y 0.60 m de ancho. Las plantas de chile dulce sanas eran introducidas en estas jaulas cada dos semanas para asegurar la multiplicación del virus.

Para la inoculación del virus se introdujeron las bandejas con los plantines, en jaulas con plantas de chile dulce presentando síntomas del PepGMV y altas poblaciones del vector infectado por un período de 5 días. Los plantines del primer ensayo fueron inoculados a los 25 días después de siembra, mientras que los del segundo ensayo se inocularon a los 22 días después de siembra.

Toma de datos

Se tomaron dos tipos de variables: epidemiológicas y de desarrollo. Las variables epidemiológicas cuantificadas fueron la incidencia final de la enfermedad, el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y el tiempo de incubación del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV) para que el 10% (TI₁₀) y 50% (TI₅₀) de las plantas expresara los síntomas. Todas las lecturas se realizaron durante los 12 días después de la inoculación con intervalos de tres días, excepto el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) que fue un análisis derivado de la incidencia final. Para obtener los dos tiempos de incubación del

PepGMV (TI₁₀ y TI₅₀) fue necesario someter los datos a un análisis Probit, utilizando como variable respuesta el número de plantas que presentaba síntomas.

Las variables de desarrollo medidas fueron la altura de la planta desde la base del tallo hasta el brote apical, el diámetro a la base del tallo y el peso fresco de la planta. Las dos variables primeras se midieron durante los 12 días después de la inoculación con intervalos de tres días y el peso fresco de la planta se midió en una balanza semianalítica al finalizar los 12 días de lecturas.

Los resultados obtenidos de las diferentes variables fueron sometidos a un Análisis de Varianza para Bloques Incompletos, las comparaciones de medias se realizaron por medio de la prueba de Tukey.

Se realizó un análisis de Costo-eficacia estimado para la producción de 1000 plantas utilizando los datos de incidencia final bajo la metodología propuesta por el CIMMYT (1988).

Resultados y discusión

Incidencia final de la enfermedad y Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

En el primer ensayo se observó diferencia estadística significativa en cuanto a la incidencia final de la enfermedad ($F_{4,11}=4.79, p<0.05$). La aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai, Lombriabono, Té de lombriabono y el testigo, ejercieron efectos similares en cuanto a la incidencia final de la enfermedad, sin embargo el tratamiento *Trichoderma harzianum* Rifai presentó la menor incidencia (62%) ($p=0.05$). Por otro lado se observó que los tratamientos

Lombriabono, Testigo, Té de lombriabono y Bocashi ejercieron efectos estadísticamente similares, sin embargo el Bocashi fue el que presentó mayor incidencia final (90.53%) ($p=0.05$) (Figura 1 a). Por otra parte, se encontró diferencia estadística significativa en cuanto al Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) ($F_{4,11}=6.11, p<0.05$) (Figura 2 a).

Por el contrario, en el segundo ensayo, no se presentó diferencia estadística significativa en la incidencia final ($F_{4,11}=0.95, p=0.4740$) (Figura 1 b) y el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) ($F_{4,11}=1.73, p=0.2140$) (Figura 2 b).

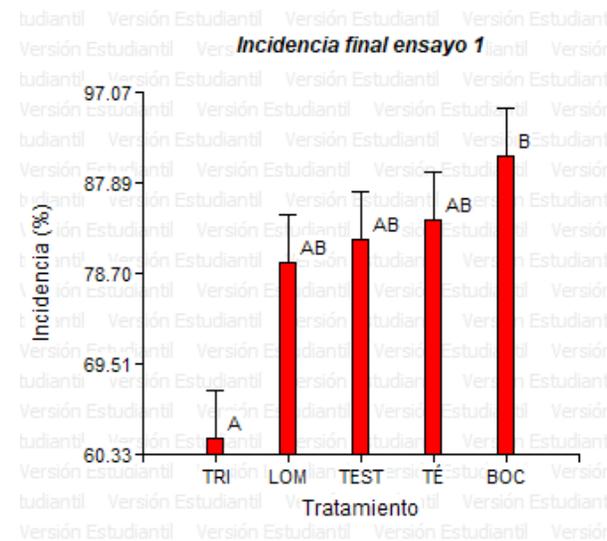


Figura 1a. Incidencia final de la enfermedad en el primer ensayo.

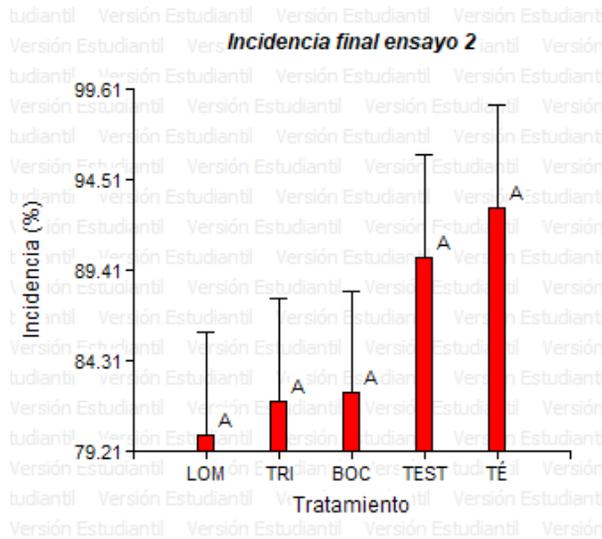


Figura 1b. Incidencia final de la enfermedad en el segundo ensayo.

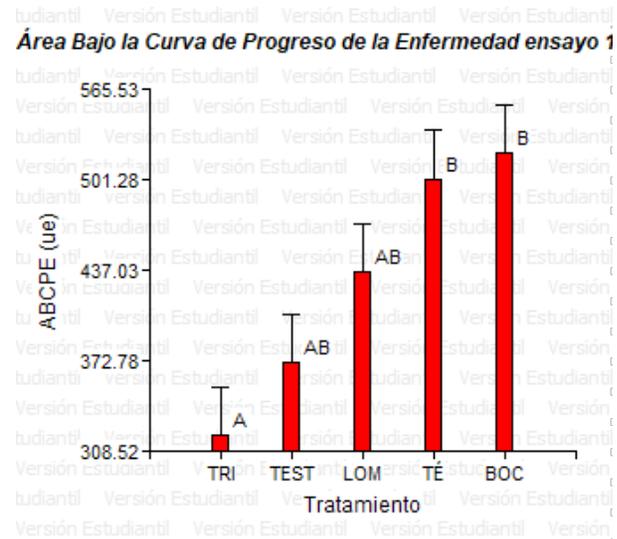


Figura 2b. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad del segundo ensayo.

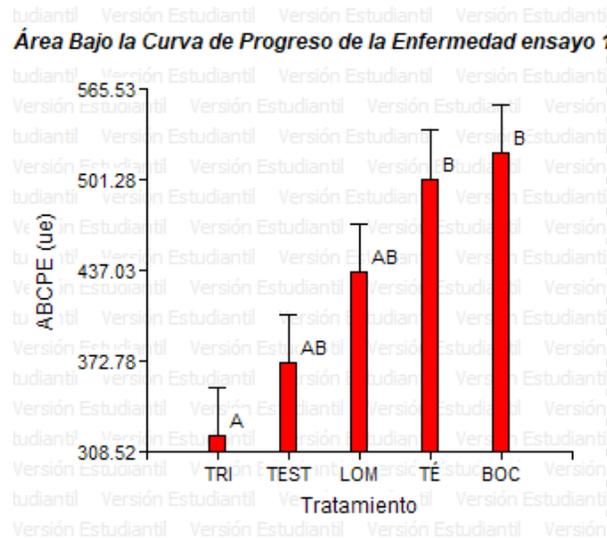


Figura 2a. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad del primer ensayo.

Análisis económico

En el primer ensayo el tratamiento de menor índice costo/ efectividad es el testigo con un índice costo/efectividad igual a cero, sin embargo, en términos epidemiológicos esto no es aceptable porque la efectividad es muy baja. Por esta razón se prefiere el tratamiento con *Trichoderma harzianum* Rifai que prácticamente duplica la efectividad con un costo relativamente bajo (Cuadro 1).

En el segundo ensayo el mejor tratamiento económicamente, sigue siendo el testigo pero en términos epidemiológicos su efectividad es muy baja, eligiendo el tratamiento a base de *Trichoderma harzianum* Rifai (Cuadro 2).

Cuadro 1. Índice de costo/efectividad para el ensayo 1 (estimado para 1000 plantas)

Tratamiento	% efectividad (proporción)	Costo variable (USD)	Índice costo / efectividad
<i>Trichoderma harzianum</i>	0.38	\$0.85	2.24
Lombriabono	0.20	\$1.45	7.25 *
Testigo	0.18	\$0.0	0
Té de lombriabono	0.16	\$0.07	0.44 *
Bocashi	0.09	\$0.23	0.24 *

Nota: los tratamientos señalados con asterisco (*) se consideran dominados.

Cuadro 2. Índice de costo/efectividad para el ensayo 1 (estimado para 1000 plantas)

Tratamiento	% efectividad (proporción)	Costo variable (USD)	Índice costo / efectividad
Lombriabono	0.19	\$1.45	7.63 *
<i>Trichoderma harzianum</i>	0.18	\$0.85	4.72
Bocashi	0.17	\$0.23	1.35
Testigo	0.1	\$0.0	0
Té de lombriabono	0.07	\$0.07	1 *

Nota: los tratamientos señalados con asterisco (*) se consideran dominados.

Tiempo de incubación del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV)

En ambos ensayos no se encontró diferencia estadística significativa en cuanto al tiempo de incubación 10 (TI₁₀) ($F_{4,11}=2.92$, $p=0.0714$) (Figura 3a, b). Sin embargo, en condiciones del primer ensayo hubo diferencia estadística altamente significativa en cuanto al tiempo de incubación 50 (TI₅₀) ($F_{4,11}=6.78$, $p<0.01$), siendo *Trichoderma harzianum* Rifai el que retardo la aparición de los síntomas del PepGMV en el 50% de las plantas ($p=0.05$) (Figura 4a). Esta diferencia estadística no fue notable en las condiciones del ensayo dos ($F_{4,11}=1.20$, $p=0.3661$) (Figura 4b).

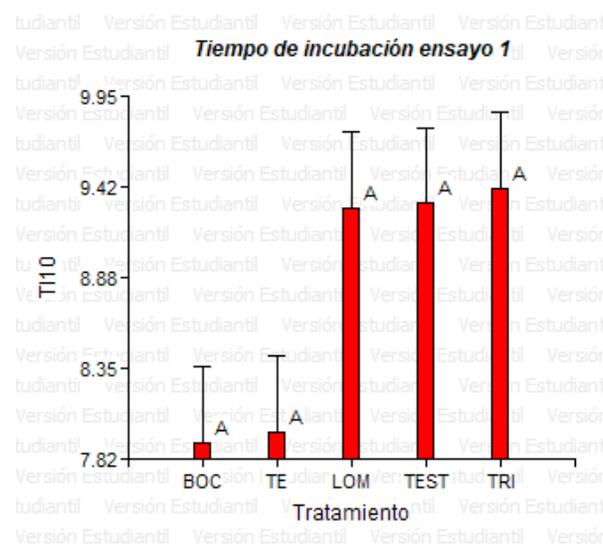


Figura 3a. Tiempo de incubación 10 del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV) en el primer ensayo.

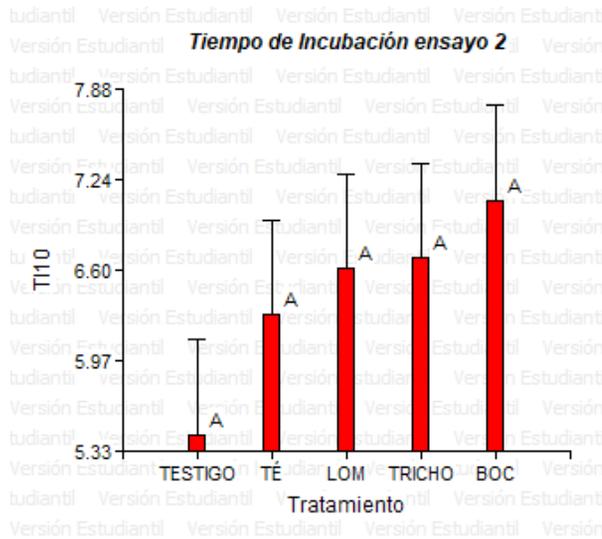


Figura 3b. Tiempo de incubación 10 del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV) en el segundo ensayo.

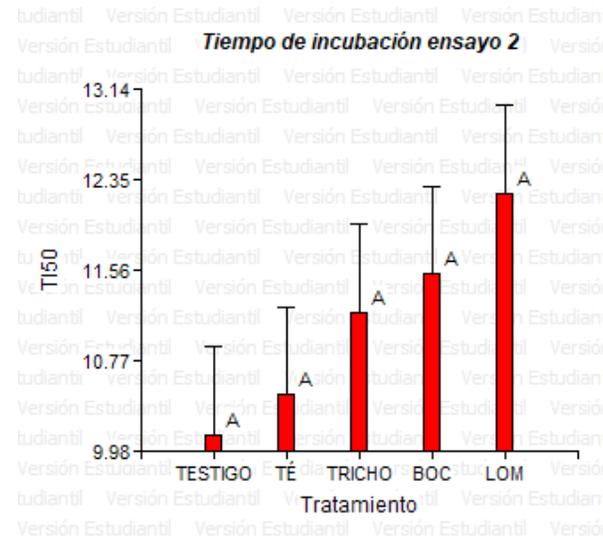


Figura 4b. Tiempo de incubación 50 del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV) en el segundo ensayo.

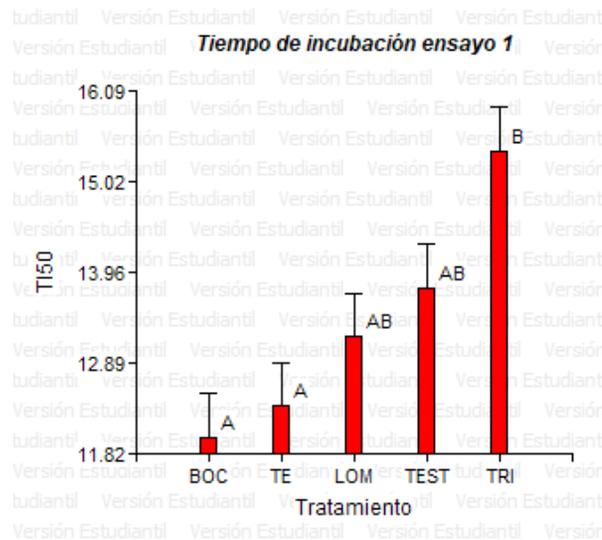


Figura 4a. Tiempo de incubación 50 del Virus del Mosaico Dorado del chile dulce (PepGMV) en el primer ensayo.

Desarrollo de los plantines

En cuanto a la altura de las plantas se encontró diferencia estadística altamente significativa en el primer ensayo ($F_{4,11}=4.23$, $p<0.01$) y en el segundo ensayo ($F_{4,11}=137.21$, $p<0.01$). Los preparados orgánicos presentaron las mayores alturas en ambos ensayos ($p=0.05$) (Figura 5 a, b). Con respecto al diámetro a la base del tallo también hubo diferencia estadística altamente significativa en el primer ensayo ($F_{4,11}= 9.40$, $p<0.01$) al igual que en el ensayo dos ($F_{4,11}=86.22$, $p<0.01$), presentando los mayores diámetros los tratamientos a base de preparados orgánicos ($p=0.05$) (Figura 6a, b). En el primer ensayo el peso fresco de la planta presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($F_{4,11}=3.74$, $p<0.05$), y en el segundo ensayo hubo diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos ($F_{4,11}=98.42$, $p<0.01$) presentando

los mayores valores de peso fresco los tratamientos a base de preparados orgánicos en ambos ensayos (p=0.05) (Figura 7a, b).

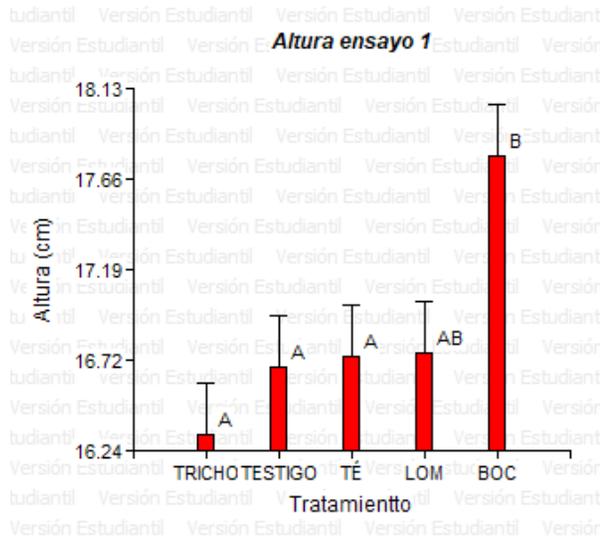


Figura 5a. Altura de planta del primer ensayo.

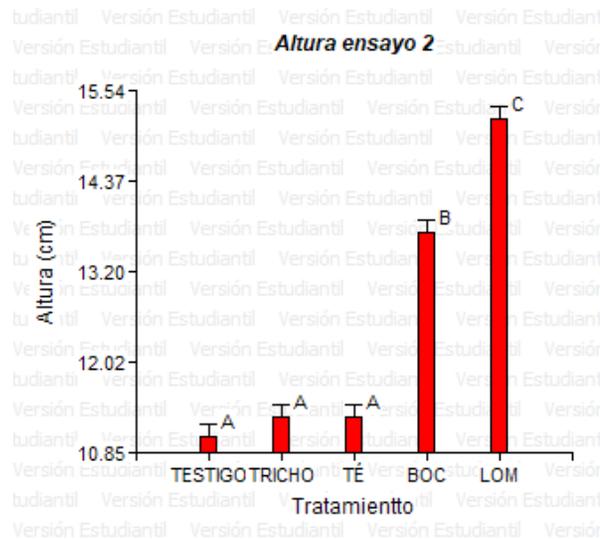


Figura 5b. Altura de planta del segundo ensayo

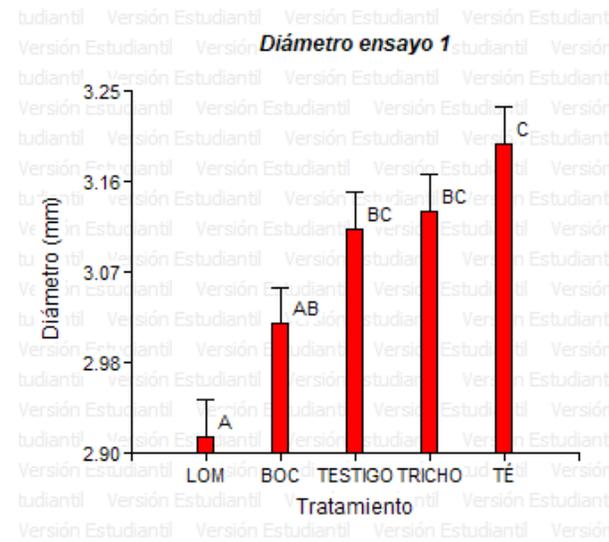


Figura 6a. Diámetro a la base del tallo en el primer ensayo.

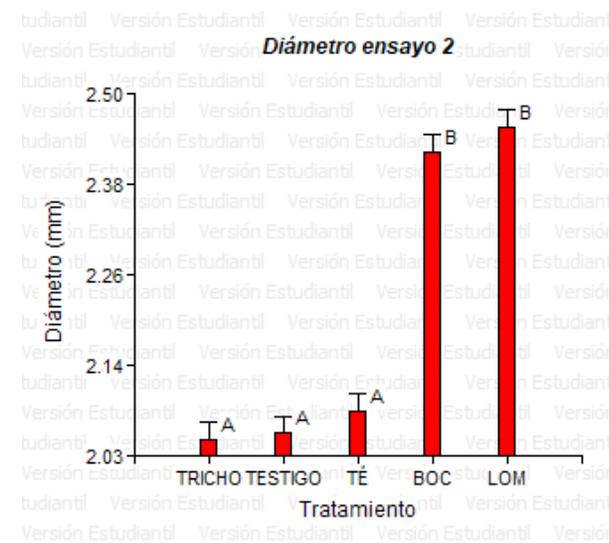


Figura 6b. Diámetro a la base del tallo en el segundo ensayo

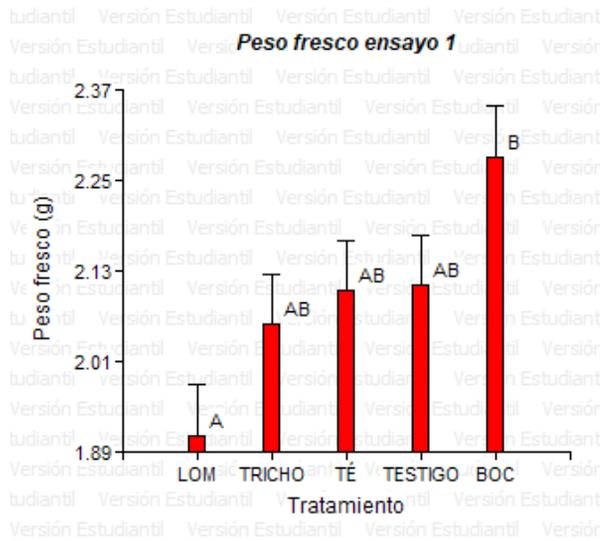


Figura 7a. Peso fresco de la planta en el primer ensayo.

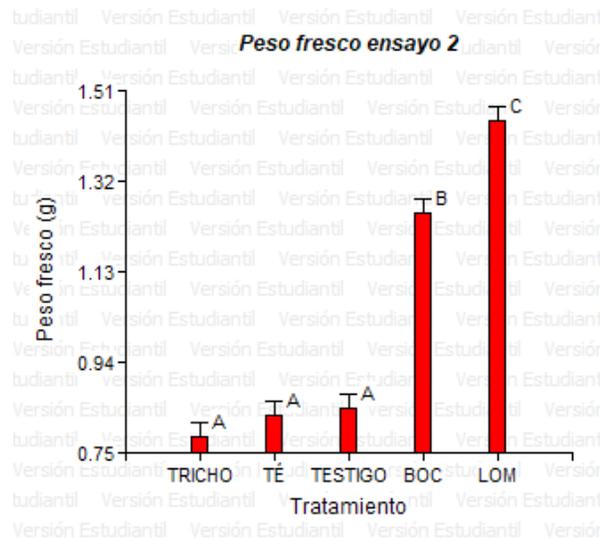


Figura 7b. Peso fresco de la planta en el segundo ensayo

Discusión de resultados

Efecto de la inducción de resistencia en el desarrollo de la enfermedad causada por el PepGMV

De acuerdo a los resultados obtenidos, *Trichoderma harzianum* Rifai (Excalibur Gold 5 FS®), redujo tanto la incidencia final como el progreso de la epidemia cuando el virus fue inoculado a los 25 días después de siembra. Esto se reflejó en un mayor tiempo de incubación 50 (T_{i50}), sin embargo no hubo diferencia en cuanto al inicio de la expresión de los síntomas (T_{i10}). Esto significa que hubo un desplazamiento en el desarrollo de la epidemia y en general hubo una menor intensidad de la epidemia en los tratamientos que contenían *Trichoderma harzianum* Rifai (ABCPE= 320.21 ue).

Por el contrario, cuando el virus fue inoculado a los 22 días después de siembra, ninguno de los tratamientos mostró un desempeño diferente en cuanto al desarrollo de la epidemia del PepGMV. Esto sugiere que el efecto de inducción de resistencia por parte de *Trichoderma harzianum* Rifai se expresa de forma diferencial dependiendo del momento de inoculación del PepGMV, siendo las plantas más jóvenes, afectadas e incapaces de expresar el efecto de resistencia.

El efecto de inducción de resistencia por parte de *Trichoderma sp.* ha sido demostrado en evaluaciones contra el Virus del Mosaico del pepino dulce (PepMV) en cultivo de tomate (Farias-Hinojosa, 2012), contra *Sclerotium rolfsii* en cultivo de frijol (Jimenez *et al.* 2013) y contra la muerte regresiva ocasionada por *Phytophthora sp.* en *Roseum elegans* (Hoitink *et al.* 2006). La inducción de resistencia contra el PepGMV por enmiendas orgánicas y aislamientos

de organismos puros, también ha sido evaluado en cultivos de tomate por Jiménez-López (1996) y Castro-Martín (1998), en las cuales se midió la severidad de la enfermedad, presentando los mejores resultados los preparados orgánicos (Bocashi y Compost) con respecto a cultivos puros de las bacterias *Bacillus cereus* y *Pseudomonas fluorescens*. Estos autores evaluaron la severidad de la enfermedad y no la incidencia, lo cual no se considera apropiado para el estudio de este tipo de enfermedades, tomando en cuenta que los síntomas visibles en una planta no siempre representan el 100% del efecto del virus. Es decir, el virus puede estar presente en una planta pero los síntomas no se expresan el 100% (enmascaramiento de síntomas) (Mena-Adriano, 2010), lo cual puede dar una idea errónea del desarrollo de la enfermedad. Además, durante el tiempo que se está evaluando la severidad, las plantas enfermas se convierten en fuente de infección.

En el caso de *Trichoderma harzianum* Rifai, el formulador (ABM)⁵ menciona que su uso tiene la finalidad de fortalecer las defensas de la planta, sin presentar ningún efecto en el desarrollo de ésta. Esto confirma los resultados obtenidos, a través de los cuales la incidencia del PepGMV se manifiesta de una forma lenta, sugiriendo que la planta puede estar presentando algún tipo de resistencia a la infección viral. Un ABCPE menor sugiere también que los daños son menores, esto podría ser utilizado como una herramienta en los programas de manejo integrado del PepGMV como una primera fase del programa (etapa de plántula).

El PepGMV es una enfermedad sistémica considerada de ciclo simple, lo que significa que una vez afecta a una planta se debe

eliminar por afectar la producción de frutos (en este caso la parte comercial del cultivo) y porque se convierte en fuente de infección.

La intensidad de la enfermedad estuvo en función de la alta cantidad de inóculo inicial (alta población de mosca blanca con virus), lo cual no coincide con las infestaciones por este virus en campo abierto, ya que normalmente las poblaciones de mosca blanca infectadas son bajas o en otros casos, la proporción de moscas blanca infectadas también es baja y por lo tanto el inicio de la epidemia es lenta. La epidemiología de esta enfermedad también se ve influenciada por la tasa de incremento del inóculo, en este caso se alteró por el efecto de cada tratamiento, presentando resultados diferentes en cuanto al tiempo de incubación del PepGMV; por los resultados se sugiere que la inoculación de *Trichoderma harzianum* Rifai, en comparación con los demás, estimuló las defensas naturales de las plantas, retrasando la tasa de incremento del virus con mayor notoriedad en el tiempo de incubación 50 (TI₅₀), lo cual se constituye como un elemento importante para evitar pérdidas económicas ocasionadas por enfermedades de ciclo simple. El último elemento de este tipo de enfermedades (ciclo simple) es el tiempo de duración, sin embargo para las enfermedades virales no es una variable sobre la cual se puede hacer una acción como medida fitosanitaria curativa, ya que una enfermedad viral no se puede detener ni mucho menos erradicar.

En cuanto al vector, se sugiere que tuvo mayor preferencia por aquellas plantas que eran más grandes, suculentas y pubescentes (tratadas con preparados orgánicos) y no por las inoculadas con

5 Advanced Biological Marketing (ABM), Estados Unidos de América.

Trichoderma harzianum Rifai, siendo éstas últimas las que menor altura y follaje presentaron. Sin embargo es necesario llevar a cabo ensayos de preferencia alimenticia para comprobar este supuesto. Con base a eso se buscan métodos de inducción de resistencia que primordialmente fortalezcan a la planta, aunque su efecto sobre el desarrollo vegetativo no sea tan evidente como en el caso de la inducción de resistencia por *Trichoderma harzianum* Rifai.

Epidemiológicamente el retraso en el periodo de incubación da una ventaja a las plantas de poder tolerar la infección, dando tiempo para tomar medidas complementarias, pero en el caso de enfermedades virales lo mejor es controlar las poblaciones del vector por medio de la exclusión para evitar que la infección se lleve a cabo.

Efecto de los preparados orgánicos y *Trichoderma harzianum* Rifai en el desarrollo de la planta

En cuanto a las variables de desarrollo de las plantas, los preparados orgánicos fueron los que presentaron mejores resultados. En el ensayo uno la mayor altura y peso fresco de las plantas de chile dulce fue logrado por el Bocashi (17.78 cm) y (2.28 g), respectivamente. El mayor diámetro a la base del tallo de las plantas de chile dulce fue logrado por el Té de lombriabono (3.20 mm), sin embargo este no fue significativamente diferente de los alcanzados por las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* Rifai.

Cuando el virus fue inoculado a los 22 días después de siembra,

fue notable la tendencia a un mayor desarrollo de las plántulas a favor de los preparados orgánicos, por otra parte las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* Rifai presentaron los valores inferiores en cuanto a estas variables.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la incidencia de la enfermedad, ésta se manifestó más en las plantas que presentaron mayor desarrollo, lo cual sugiere que las plantas que tiene tejidos más suculentos son más apetecidas por *Bemisia tabaci* Genn, y también las plantas más desarrolladas tienen su tejido vascular más funcional, permitiendo un mejor movimiento de los virus en su interior lo cual hace que la sintomatología se presente en menor tiempo. La comparación de variables se muestra en la Cuadro 3.

Conclusiones

Los plantines tratados con *Trichoderma harzianum* Rifai (5x10⁹ UFC/5 ml) presentaron un menor grado de enfermedad de acuerdo a los datos del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), lo cual evidencia un efecto retardante en la manifestación del virus de las plantas de chile dulce.

El uso de *Trichoderma harzianum* Rifai (5x10⁹ UFC/5 ml) en la producción de plantines demostró fortalecer las defensas de la planta y prolongar el tiempo de incubación del PepGMV.

La adición de preparados orgánicos (Bocashi, Lombriabono y Té de lombriabono) al sustrato promovió un mayor desarrollo en las plantas de chile dulce (altura, diámetro a la base del tallo y peso fresco), pero no tuvo efecto en el desarrollo de la infección por el PepGMV.

Cuadro 3. Cuadro comparativo de variables entre primer y segundo ensayo.

	ENSAYO 1					ENSAYO 2				
	Tes	Lom	Boc	Trich	Te de lom	Tes	Lom	Boc	Trich	Te de lom
Incidencia final (%)	82.2 (AB)	79.79 (AB)	90.53 (B)	62 (A)	84.05 (AB)	90.13 (A)	80.14 (A)	82.47 (A)	82.05 (A)	92.91 (A)
ABCPE (ue)	371.28 (AB)	435.14 (AB)	519.57 (B)	320.21 (A)	501.88 (B)	721.56 (A)	528.19 (A)	614.34 (A)	623.25 (A)	668.35 (A)
TI10 (ddi)	9.32 (A)	9.29 (A)	7.92 (A)	9.41 (A)	7.98 (A)	5.45 (A)	6.61 (A)	7.09 (A)	6.68 (A)	6.29 (A)
TI50 (ddi)	13.77 (AB)	13.21 (AB)	12.02 (A)	15.39 (B)	12.39 (A)	10.12 (A)	12.23 (A)	11.53 (A)	11.19 (A)	10.47 (A)
Altura (cm)	16.68 (A)	16.75 (AB)	17.78 (B)	16.33 (A)	16.74 (A)	11.06 (A)	15.18 (C)	13.7 (B)	11.31 (A)	11.32 (A)
Diámetro (mm)	31.15 (BC)	29.13 (A)	30.23 (AB)	31.33 (BC)	31.98 (C)	20.55 (BC)	24.55 (A)	24.23 (AB)	20.48 (BC)	20.85 (C)
Peso fresco (g)	2.11 (AB)	1.91 (A)	2.28 (B)	2.06 (AB)	2.1 (AB)	0.84 (A)	1.45 (C)	1.25 (B)	0.78 (A)	0.83 (A)

La inoculación con *Trichoderma harzianum* Rifai (5x10⁹ UFC/5 ml) al sustrato para la producción de plantines de chile dulce demostró ser una opción técnica y económicamente viable.

Recomendaciones

Hacer evaluaciones de diferentes concentraciones de *Trichoderma harzianum* Rifai como inductor de resistencia al PepGMV para identificar la más eficaz.

Realizar ensayos en donde la inoculación del PepGMV se lleve a cabo cuando los plantines tengan los cotiledones abiertos.

Estudiar todas las etapas fenológicas del cultivo de chile dulce para observar el comportamiento epidemiológico de la enfermedad.

Usar *Trichoderma harzianum* Rifai con el objetivo de fortalecer

las defensas naturales de la planta y no como controlador de la enfermedad.

Realizar pruebas de preferencia alimenticia del vector (*B. tabaci* Genn.) comparando plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum* Rifai contra las inoculadas con preparados orgánicos.

Evaluar el posible efecto endofítico de *Trichoderma harzianum* Rifai en el tratamiento de semillas previo a la siembra.

Bibliografía

Castro Martín, MO. 1998. Las rizobacterias y enmiendas orgánicas en la inducción de resistencia a geminivirus en el cultivo de tomate. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 85 p.

- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Mexico D.F., CIMMYT, 79.
- Cuéllar, ME; Morales, FJ. 2006. La mosca blanca Bemisia tabaci (Gennadius) como plaga y vector de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). (En línea). Colombia. Revista colombiana de Entomología No. 32
- Edreva, A. 2004. A novel strategy for plant protection: induced resistance. (En línea). Journal of Cell and Molecular Biology no. 3. Consultado el 20 de febrero de 2015. Disponible en <http://jcmb.halic.edu.tr/pdf/3-2/A.pdf>
- FariasHinojosa, RE. 2012. Trichoderma y Bacillus como inductores de resistencia al virus del mosaico del pepino dulce (Pepino Mosaic virus, PepMV) en plantas de tomate. (En línea). Talca, CL. Consultado el 20 de septiembre de 2015. Disponible en http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/9246/2/farias_hinojosa.pdf
- Hoitink, HAJ; Madden, LV; Dorrance, AE. 2006. Systemic Resistance Induced by Trichoderma spp.: Interactions between the Host, the Pathogen, the Biocontrol agent, and Soil organic matter Quality. (En línea). Consultado el 21 de septiembre de 2015. Phytopathology 96: 186-189. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-0186>
- Jiménez López, JI. 1996. Evaluación de inductores de resistencia a geminivirus y promotores del crecimiento en el cultivo del tomate. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 83 p.
- Jiménez, MA; Arcia M, AA; Ramis, C; De Faría, Y. 2013. Evaluación de Trichoderma harzianum Rifai como inductor de resistencia a la pudrición blanca Sclerotium rolfsii. Sacc de la caráota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones controladas. (En línea). Venezuela. Consultado el 15 de marzo de 2015. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942013000100005&script=sci_arttext
- Martínez, F. 2008. Inducción de resistencia en los cultivos, productos Fitofortificantes. (En línea). S.I Consultado el 13 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.iec.cat/Noticea/butlleti4/FelixMartinez5-05-08.pdf>
- Mena Adriano, JD. 2010. Notas del curso de: Virus (Virus fitopatógenos). (En línea). Sinaloa, Mx. 68 p. Consultado el 29 de septiembre de 2015. Disponible en <http://es.slideshare.net/themena1/manual-de-virus-virus-fitopatgenos-5039306>
- Ortega Arenas, LD y González, H. 1989. Mosquita blanca (Homoptera: Aleyrodidae) vectores de virus en hortalizas. En: Ecología de insectos vectores de virus en plantas cultivadas. Acosta Leal, R y Delgadillo, F. (eds.). Montecillo, MX. p. 46-59
- Stange, C; Briceño, E; Latorre, BA y Arce Johnson, P. 2007. Interacción planta patógeno. La Serena, CH.
- Vásquez, M. 2008. Análisis de las importaciones de hortalizas en EL Salvador. (En línea). Tegucigalpa, HO. p.12. Consultado el 9 de febrero de 2015. Disponible en <http://fecaexca.net/images/descarga/003/ADU10.PDF>