

## Evaluación de la Capacidad Biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Asociado al Complejo "Secadera" en Maracuyá, Bajo Condiciones de Invernadero

Evaluation of the Biocontrol Capacity of *Trichoderma harzianum* Rifai against *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Associated to the Complex "Dryer" in Passion Fruit Under Greenhouse Conditions

Juan Guillermo Cubillos Hinojosa<sup>1</sup>; Alberto Páez Redondo<sup>2</sup> y Lauris Mejía Doria<sup>3</sup>

**Resumen.** En la zona bananera del Magdalena en Colombia se ha reportado una disminución del 30% en la producción del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) como consecuencia de la muerte de unidades productivas causadas por la enfermedad secadera o marchitez vascular, a la cual está asociada el hongo *Fusarium solani*. Con el objeto de contribuir al manejo del problema sanitario, se evaluó bajo condiciones de invernadero el efecto biocontrolador de la cepa nativa TCN-014 y la cepa comercial TCC-005 de *Trichoderma harzianum* contra *F. solani*. Para el estudio se utilizaron plantas de dos meses de edad, establecidas en invernadero. Se ensayaron dos tiempos de aplicación del antagonista: 1. inoculando las plantas con el patógeno y cinco días después el antagonista. 2. inoculando primero el antagonista y cinco días después el patógeno. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 2x3, y los resultados fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y comparación de promedios mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, obteniéndose que al inocular primero el antagonista se presenta un mejor efecto biocontrolador de *F. solani* utilizando concentraciones de 106 y 108 conidias/mL tanto de la cepa nativa como comercial. Los resultados sugieren una acción efectiva de *T. harzianum* como biocontrolador de *F. solani*, mostrando que se pueden realizar estudios en campo que permitan desarrollar un bioproducto para el manejo ecológico de la marchitez en el cultivo de maracuyá.

**Palabras clave:** Control biológico, *Passiflora edulis* var. *flavicarpa*, antagonismo, frutas tropicales.

**Abstract.** In the banana zone of Magdalena in Colombia has been reported a 30% decrease in crop production of passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) due to the death of plants caused by the Dryer or vascular wilt disease, which is associated with the fungus *Fusarium solani*. In order to help manage of the disease was evaluated under greenhouse conditions the effect of the biocontrol strain native TCN-014 and CCL-005 commercial strain of *Trichoderma harzianum* against *F. solani*. For the evaluation were used plants with two months of age, set in the greenhouse; were tested two times of application of the antagonist: (1) inoculating the antagonist five days after of pathogen agent, and (2) inoculating the antagonist five days before the pathogen. The experiment was established under an experimental design of randomized blocks with 2x3 factorial arrangement, and data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and comparison of averages using the multiple range test of Duncan. Results indicated that to inoculate the antagonist before the pathogen is obtained a better biocontrol effect of *F. solani* using concentrations of 106 and 108 conidia/mL of both native and commercial strains. The results suggest an effective action of *T. harzianum* as a biocontrol of *F. solani*, showing that it can perform field studies in order to develop a byproduct for ecological management of wilt in cultivation of passion fruit.

**Key words:** Biological control, *Passiflora edulis* var. *flavicarpa*, antagonist, tropical fruits.

El maracuyá es un cultivo promisorio para Colombia, ocupando el segundo lugar en producción a nivel mundial, los frutos presentan un sabor particular intenso y una alta acidez, es buena fuente de proteínas, minerales, carbohidratos, grasas, vitamina A y niacina, constituyéndose en una base importante para la elaboración de bebidas industrializadas (Carvajal, 2007). Este cultivo presenta buena adaptación a los

suelos y condiciones climáticas de la zona bananera del Magdalena, Colombia (Gómez, 2005); sin embargo, desde el año 2006 la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) ha registrado una disminución del 30% de la producción anual en esta zona por problemas fitosanitarios, provocados por patógenos como *Fusarium* sp., causante de la enfermedad conocida como pudrición seca, marchitez,

<sup>1</sup> Microbiólogo Agroindustrial. Instructor SENA Distrito Capital. Centro Nacional de Hotelería Turismo y Alimentos. Carrera 30 No. 14- 53, Complejo Paloquemao, Bogotá. Colombia. <jcubillosh@misena.edu.co>

<sup>2</sup> Profesor Tiempo Completo. Universidad del Magdalena. Programa Ingeniería Agronómica. Carrera 32 No.22-08. "Sector San Pedro Alejandrino". Magdalena, Colombia. <albertopaezredondo@gmail.com>.

<sup>3</sup> Microbióloga Agroindustrial. Universidad Popular del César, Balneario Hurtado vía a Patillal. Cesar, Colombia. <laurismejiad@hotmail.com>.

Recibido: Septiembre 17 de 2009; aceptado: Junio 03 de 2011.

fusariosis o secadera; la cual ocasiona una muerte prematura de la planta por marchitamiento, al que también se asocia la obstrucción de haces vasculares, clorosis foliar leve, posterior defoliación y pudrición a nivel radical (González *et al.*, 2002). La enfermedad se encuentra presente en todo el mundo y en los últimos años los investigadores señalan a *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* spp. como patógenos asociados con el síndrome, debido a que ambos ocasionan daños a las raíces en diferentes cultivos (Duran *et al.*, 2001; Espinoza y Mendoza 2001; Rico *et al.*, 2001; Guerrero *et al.*, 2001; López *et al.*, 2002). En Colombia se están presentando daños por *Fusarium* sp. en el Valle del Cauca, Meta y zona bananera del Magdalena (Mendivelso, 2003; ICA, 2000; Cubillos *et al.*, 2008). Así mismo, Cifuentes (2001), ha reportado a *F. solani* como agente causal de la fusariosis en tomate.

Hasta hoy el control de la enfermedad se ha fundamentado en prácticas de manejo convencional que resultan dispendiosas para los agricultores, teniendo que recurrir a la aplicación de fungicidas que a veces, resultan ineficientes, incrementan los costos de producción, contribuyen a la contaminación ambiental y deterioran la biota del suelo. Frente a esta situación, es conveniente el desarrollo de insumos para el control biológico de los fitopatógenos, contribuyendo además con la producción de carácter ecológico (Cubillos *et al.*, 2008).

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por *Fusarium* sp y otros patógenos, por lo que es utilizado como base de productos comerciales (González *et al.*, 2002), gracias a su acción micoparasítica (Chet *et al.*, 1997, Sid-Ahmed *et al.*, 2003), competencia directa por espacio y nutrientes (Chet e Inbar, 1994; Belanger *et al.*, 1995), y otros efectos antagónicos generados por la producción de metabolitos antibióticos. Además presenta características favorables para su utilización como su abundancia, facilidad de aislamiento y cultivo, crecimiento rápido en un gran número de sustratos; lo anterior sumado al hecho de no atacar a las plantas superiores y en algunos casos presentar efecto biofertilizante y estimulador del crecimiento vegetal (Howell, 2003; Godes, 2007; Valencia *et al.*, 2007; Valero, 2007; Vera *et al.*, 2002; Zambrano, 1989; Börkman *et al.*, 1998; Dandurand y Knudsen, 1993).

En la Estación Experimental Caribia de CORPOICA se han realizado ensayos de antagonismo *in vitro* para

el control de *F. solani*, utilizando cepas comerciales del hongo *Trichoderma harzianum* donadas por el Centro de Investigación el Roble S.A. (TCC-001, TCC-005, TCC-006) y cepas nativas aisladas de suelos de cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la zona bananera del Magdalena (TCN-009, TCN-010, TCN-014), de las cuales la cepa TCN-014 presentó una alta capacidad inhibitoria, seguida de la cepa TCC-005 frente a *F. solani* (Suarez *et al.*, 2008).

Para avanzar en el diseño de un producto biocontrolador de uso local para el cultivo de maracuyá, es necesario estudiar el antagonismo bajo condiciones de invernadero con el fin de validar en condiciones más reales su potencial controlador, y posteriormente realizar evaluaciones bajo condiciones de campo. La investigación tuvo como propósito evaluar el potencial antagónico de la cepa nativa TCN-014 y la comercial TCC05 de *T. harzianum* bajo condiciones de invernadero frente a *F. solani* causante de la marchitez del maracuyá en la zona bananera del Magdalena.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología y Fitopatología y en el Invernadero de la Estación Experimental Caribia de CORPOICA, ubicado en la zona bananera, corregimiento de Sevilla (Departamento del Magdalena), a una altitud de 40 msnm, localizado en un ecosistema de bosque seco tropical, temperatura promedio de 29 °C, precipitación anual media de 1.400 mm y humedad relativa del 83%. (Rodríguez, 1998; Carbonó y Cruz, 2005).

Para este experimento se seleccionó la cepa nativa TCN-014 de *T. harzianum* aislada del suelo de un cultivo de palma africana en la Estación Esperimental Caribia de CORPOICA, destacándose por su capacidad micoparasítica grado cuatro frente al patógeno *F. solani*, el cual se determinó por la escala propuesta por Ezziyyani *et al.* (2004). También se seleccionó la cepa comercial TCC-005; ambas cepas, presentaron competencia por nutrientes y espacio y mayor radio de crecimiento frente al patógeno (Suarez *et al.*, 2008). La cepa patógena fue aislada a partir de plantas de maracuyá afectadas por marchitez (Suarez *et al.*, 2008).

Desde cultivos esporulados de las cepas TCN-014 y TCC005 en Agar Avena, se dispuso de una suspensión de conidios en agua destilada estéril del orden de 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> y 10<sup>8</sup> conidios/mL para cada cepa, utilizando

cámara de Neubauer. *F. solani* se cultivó en Agar Sabouraud Merck® 4% y se llevó a una concentración de 10<sup>6</sup> conidios/mL (González *et al.*, 2005).

A partir de frutos maduros de maracuyá se obtuvieron semillas y se desinfectaron superficialmente por el método de la triple desinfección, que consistió en lavar con abundante agua potable, seguida de la desinfección con alcohol al 70% y enjuague con agua destilada estéril, una nueva desinfección con hipoclorito de sodio al 1% y enjuague con agua destilada estéril (French *et al.*, 1980). Las semillas se sembraron en recipientes con 230 g de suelo abonado con lombricompostado previamente esterilizado en autoclave a 121 °C con 15 PSI por 30 min en tres repeticiones, se llevaron a condiciones de invernadero que presentaba características de humedad relativa 70-80%, temperatura de 31-34 °C y se regaron con agua diariamente por nebulización cada 30 min por 10 s, las plántulas se mantuvieron en estas condiciones durante dos meses después de la germinación.

Para la evaluación de la patogenicidad de *F. solani*, se tomaron cinco plántulas sanas, de dos meses y se inocularon en el suelo con la suspensión de 1x10<sup>6</sup> conidios/mL; así mismo, se tomaron cinco plántulas sanas como testigo. Se realizaron observaciones diarias de la sintomatología durante cinco semanas seleccionándose los tallos y raíces de las plántulas que presentaron la enfermedad, los cuales se desinfectaron con alcohol al 70% e hipoclorito de sodio al 1%, se colocaron en cámara húmeda y se observó diariamente la aparición del micelio y la posterior pudrición. Se confirmó el cumplimiento de los postulados de Koch, según la metodología empleada por Carrero *et al.* (2003) mediante reaislamientos del patógeno en Agar Sabouraud Dextrosa y confirmación de sus características al microscopio (De Hoog *et al.*, 2000, St-Germain y Summerbell, 1996, Sutton *et al.*, 1998).

**Pruebas de antagonismo de *T. harzianum* frente a *F. solani*.** Se siguió un diseño experimental de bloques al azar en arreglo factorial con tres repeticiones por tratamiento, tomando como factores las cepas comercial TCC-005 y nativa TCN-014 de *T. harzianum* y tres concentraciones del inóculo, (10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> y 10<sup>8</sup> conidios/mL). Cada unidad experimental consistió en cinco plántulas.

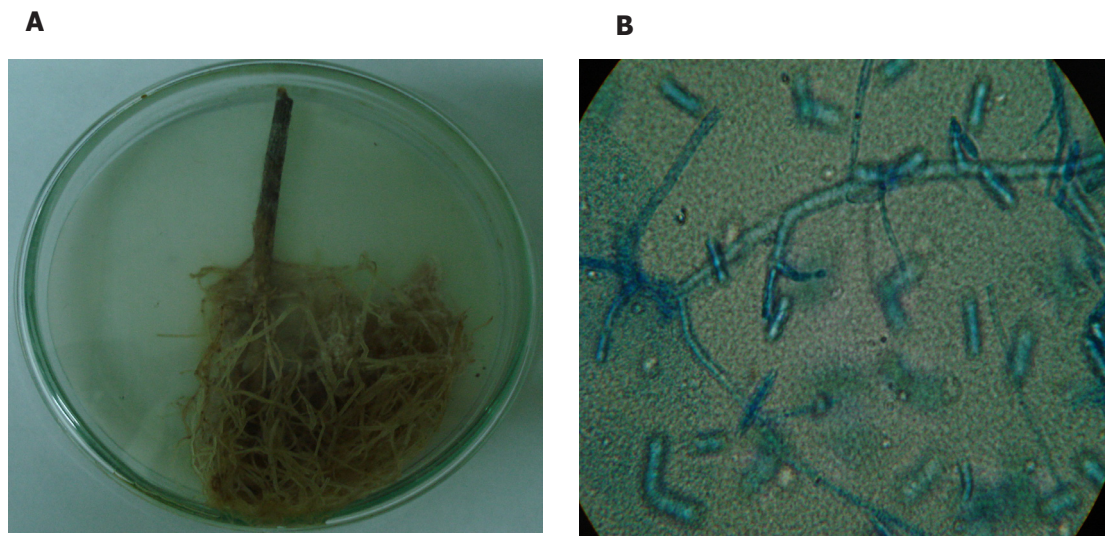
Se realizaron dos bioensayos independientes para determinar el efecto *T. harzianum* en dos momentos de aplicación. El primer bioensayo consistió en inocular 10

mL de la suspensión 10<sup>6</sup> conidios/mL de *F. solani* en el suelo de cada plántula y cinco días después las plántulas se trataron con *T. harzianum*, inoculando al suelo 10 mL de la suspensión de esporas en concentraciones de 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> y 10<sup>8</sup> conidios/mL de las cepas TCC-005 y TCN-014, en tratamientos diferentes. En el segundo bioensayo se inoculó primero *T. harzianum* TCC-005 y TCN-014 a concentraciones de 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> y 10<sup>8</sup> conidios/mL, y cinco días después se inoculó el patógeno en concentración de 10<sup>6</sup> conidios/mL, según los procedimientos descritos anteriormente. Durante cinco semanas se tomó el registro del número de plántulas enfermas, número de plántulas sanas y número de plántulas muertas, al final del ensayo se determinó el número de plantas que presentaron pudrición en raíz. Al finalizar el experimento se tomaron muestras de suelo de donde se encontraban cada una las plántulas para determinar la presencia o ausencia del patógeno y el antagonista, mediante el reaislamiento utilizando diluciones y siembra en superficie en medio Sabouraud Dextrosa Merck® (López *et al.*, 1999). Los datos de las variables registradas fueron procesados a través de los paquetes estadísticos Statgraphics plus versión 5.1 y SPSS versión 15. Se realizaron análisis de varianza y comparación de los promedios de tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Prueba de patogenicidad de *F. solani*.** Las plántulas de maracuyá establecidas en el invernadero y tratadas con *F. solani* presentaron los primeros síntomas a los 14 d, correspondiendo al período de incubación del patógeno, en donde se observó clorosis foliar, marchitez, seguida de necrosis y fuerte defoliación; finalmente, la muerte de las plántulas ocurrió a las cinco semanas de la inoculación. Las manifestaciones de la enfermedad estuvieron asociadas a la pudrición vascular, presentando lesiones que invadieron la corteza y haces vasculares con severidad variable (Figura 1). Las regiones afectadas presentaron coloración violeta inicialmente y castaño en estado avanzado, de acuerdo con las pruebas de confirmación en el laboratorio; así mismo, se cumplieron los postulados de Koch para confirmar al agente aislado como causante de los síntomas observados (Agrios, 1995).

**Antagonismo de *T. harzianum* frente a *F. solani*.** En la Figura 2 se muestra el porcentaje semanal de plántulas enfermas tras inocular primero el patógeno y posteriormente el antagonista y en la Figura 3 se presenta el porcentaje semanal de plántulas enfermas

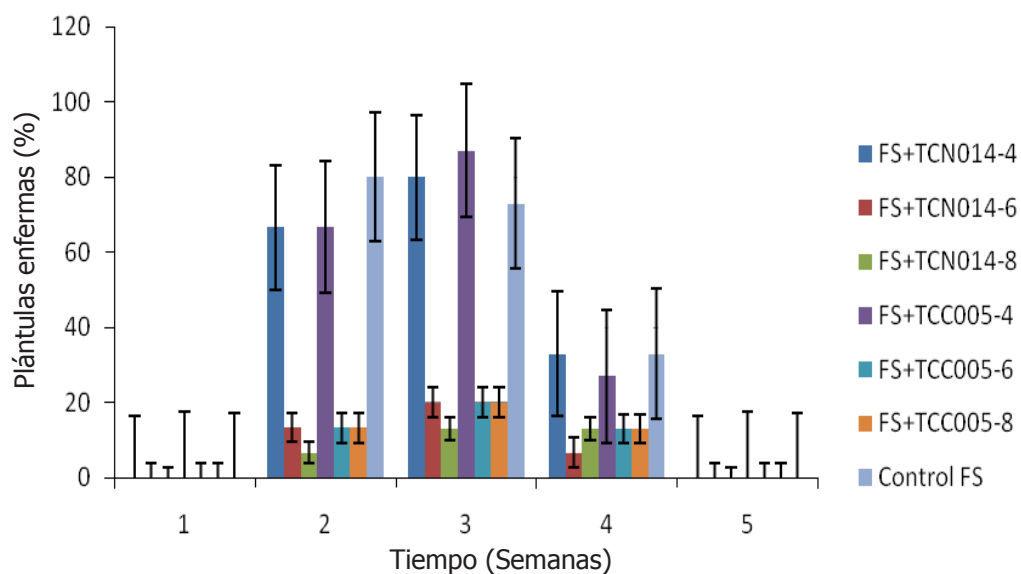


**Figura 1.** Características macroscópicas y microscópicas presentadas por *Fusarium solani* en la prueba de patogenicidad. **A.** Micelio del hongo en la raíz de la plántula. **B.** Conidióforos y clamidosporas terminales.

tras inocular primero el antagonista y posteriormente el patógeno.

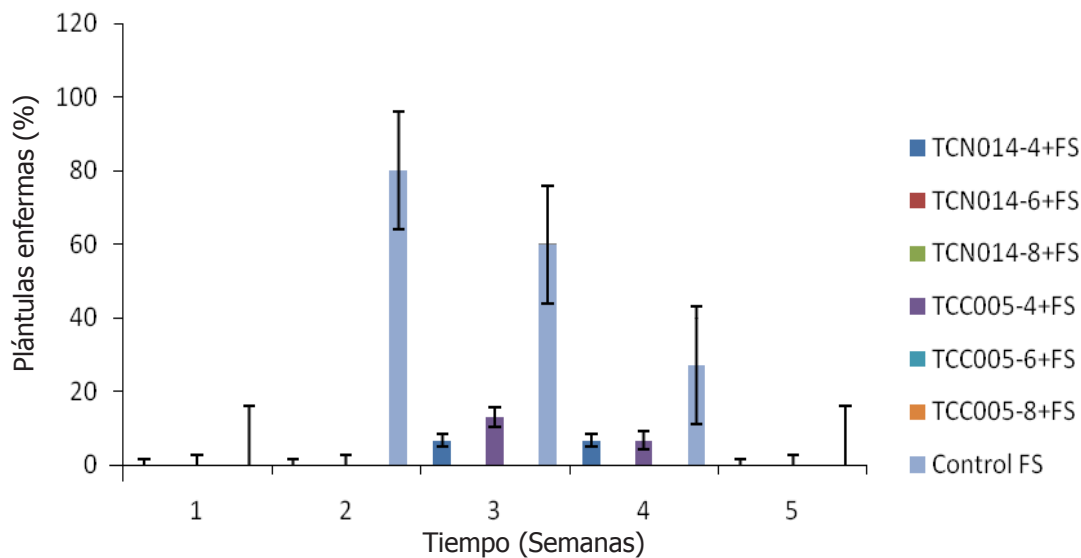
Se observó que al inocular primero el patógeno y posteriormente el antagonista las plántulas comenzaron a presentar la sintomatología en la segunda semana después de la inoculación para todos los tratamientos. El mayor número de plántulas enfermas en todos los tratamientos se presentó en la tercera semana, cuando

el patógeno se muestra más agresivo de acuerdo a la sintomatología de la enfermedad; sin embargo, en la quinta semana en todos los tratamientos el porcentaje de plántulas enfermas se reduce a cero, debido a que posiblemente el antagonista logra actuar eficientemente, neutralizando a partir de sus enzimas y toxinas la acción del patógeno y por ello las plántulas con síntomas iniciales de la enfermedad mostraron recuperación aparente.



**Figura 2.** Expresión de la pudrición seca en maracuyá en respuesta a la prueba de antagonismo en donde se inoculó primero *Fusarium solani* y posteriormente *Trichoderma harzianum*.





**Figura 3.** Expresión de la pudrición seca en maracuyá en respuesta a la prueba de antagonismo donde se inoculó primero *Trichoderma harzianum* y posteriormente *Fusarium solani*.

Al inocular primero el antagonista y posteriormente el patógeno se observó que los primeros síntomas de la enfermedad en las plántulas se presentan en la tercera semana y hasta la cuarta semana para los tratamientos TCN014-4+FS y TCC005-4+FS, logrando el antagonista detener la acción del patógeno y recuperar al vegetal de la afección. Los tratamientos TCN014-6+FS, TCN014-8+FS, TCC005-6+FS y TCC005-8+FS no presentaron plántulas enfermas durante el experimento. Estos resultados se atribuyen a la acción antagónica de *T. harzianum* frente a *F. solani*, el cual consigue neutralizar la acción del fitopatógeno desde el momento de la inoculación con el mismo, en el tratamiento control se presenta un alto porcentaje de plántulas enfermas (80%) en la segunda semana y llega al 100% de muerte de plántulas en la quinta semana.

En la Tabla 1 se indican los resultados obtenidos inoculando las plántulas con el patógeno *F. solani* y posteriormente con las dos cepas del antagonista *T. harzianum*. El análisis de varianza para la variable pudrición en raíz, arrojó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos y la prueba de rangos múltiples de Duncan muestra que todos los tratamientos FS+TCC005-4, FS+TCN014-4, FS+TCN014-8, FS+TCC005-6, FS+TCC005-8 y FS+TCN014-6 con un porcentaje de pudrición de 86,6%, 80%, 20%, 20%, 20% y 13,3%, respectivamente. Se registraron diferencias significativas con respecto al testigo que

obtuvo un porcentaje de 100% de pudrición en raíz. De acuerdo a este resultado, las cepas TCN014 y TCC005 en concentraciones 104, 106 y 108 cel/ml tienen efectos positivos sobre el control de *F. solani*. Sin embargo, se observó que a mayor concentración de ambas cepas mejor será el efecto biocontrolador. Situación similar, es mencionada por Cifuentes (2001) donde plántulas de tomate infectadas en el suelo con *F. solani* 108 cel/ml y posteriormente tratadas con una cepa nativa y comercial (*Trichodex*) de *T. harzianum* 109 cel/mL, presentaron pudrición en un 30% cuando se usó la cepa la nativa y un 60% para cuando se usó la comercial. El mayor número de plántulas muertas se tuvo con los tratamientos FS+TCC005-4 y FS+TCN014-4 con un 86,6% y 80% respectivamente, semejante al control que logró un 100% de plantas muertas. El mayor porcentaje de plántulas sanas se obtuvo con los tratamientos FS+TCN014-6, FS+TCN014-8, FS+TCC005-8 y FS+TCC005-6 que presentaron un 80%.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en el bioensayo donde plántulas de maracuyá se inocularon primero con *T. harzianum* y posteriormente *F. solani*. Para la variable pudrición en corona el análisis de varianza encontró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos y la prueba de rangos múltiples de Duncan revela que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas con respecto al testigo.

**Tabla 1.** Efecto de la inoculación con *Fusarium solani* y 5 días después con *Trichoderma harzianum* TCC-005 y TCN-014 a concentraciones de  $10^4$ ,  $10^6$  y  $10^8$  conidios/mL, en la pudrición seca del maracuyá.

Tratamiento	Plantas con pudrición en raíz (%)	Plántulas muertas (%)	Plántulas sanas (%)
FS+TCN014-4	80	80	20
FS+TCN014-6	13,3	20	80
FS+TCN014-8	20	20	80
FS+TCN005-4	86,6	86,6	13,3
FS+TCN005-6	20	20	80
FS+TCN005-8	20	20	80
Control FS	100	100	0

Los tratamientos TCN014-6+FS, TCN014-8+FS, TCC005-6+FS y TCC005-8+FS mostraron 0% de pudrición en raíz y los tratamientos TCC005-4+FS y TCN014-4+FS presentaron 13,3% y 6,6% respectivamente y el testigo un 100% de pudrición. De estos resultados se infiere que las cepas nativas y comerciales de *T. harzianum* controlan a *F. solani* y entre mayor sea la concentración del antagonista mejor es su efecto biocontrolador.

El porcentaje de plántulas muertas no fue significativo y el mayor porcentaje de plántulas muertas se presentó

únicamente en los tratamientos donde la concentración del antagonista fue menor TCN014-4+FS y TCC005-4+FS con 6,6% y 13,3% respectivamente; sin embargo, el efecto biocontrolador fue significativo con respecto al testigo donde el 100% de las plántulas murieron. Los tratamientos TCN014-6+FS, TCN014-8+FS, TCC005-6+FS y TCC005-8+FS no presentaron plántulas enfermas durante el experimento; estos resultados se atribuyen a la acción antagónica de *T. harzianum* frente a *F. solani*.

**Tabla 2.** Efecto de la inoculación con *Trichoderma harzianum* TCC-005 y TCN-014 a concentraciones de 104, 106 y 108 conidios/mL y 5 días después con *Fusarium solani*, en la pudrición seca del maracuyá.

Tratamiento	Plantas con pudrición en raíz (%)	Plántulas muertas (%)	Plántulas sanas (%)
TCN014-4+FS	6,6	6,6	93,3
TCN014-6+FS	0	0	100
TCN014-8+FS	0	0	100
TCN005-4+FS	13,3	13,3	86,6
TCN005-6+FS	0	0	100
TCN005-8+FS	0	0	100
Control FS	100	100	0

### **Recuperación del patógeno y el antagonista.**

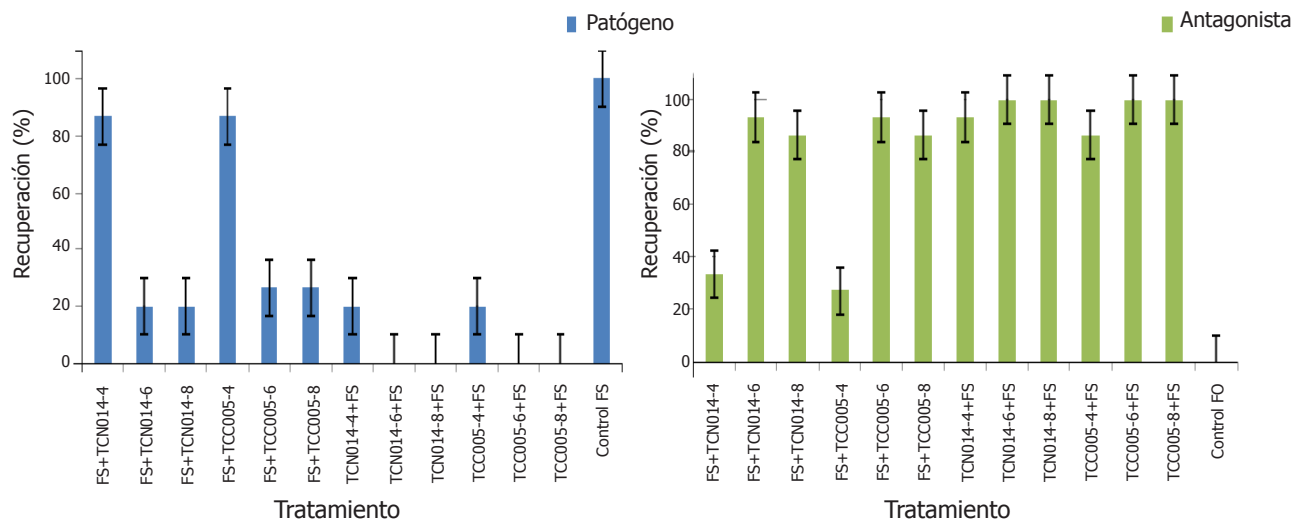
En los tratamientos donde se inoculó primero *T. harzianum* y posteriormente *F. solani* la recuperación del antagonista fue mayor que cuando se inoculó primero el patógeno y cinco días después el antagonista (Figura 4). Este comportamiento se atribuye a que *T. harzianum* tiene crecimiento acelerado y su micelio coloniza rápidamente el

sustrato, por tanto, excluye patógenos como *Fusarium* sp. (Sutton y Peng, 1993).

La prueba de rangos múltiples de Duncan para el bioensayo donde se inoculó primero al patógeno y después el antagonista, arrojó diferencias significativas entre los tratamientos para la recuperación del antagonista y del patógeno. Se encontró mayor

recuperación del antagonista en los tratamientos donde fue aplicada la cepa de *T. harzianum* nativa, sobresaliendo los tratamientos FS+TCN014-6 y FS+TCN014-8 con

un 93,3%. La mayor recuperación del patógeno se presentó en los tratamientos FS+TCC005-4 con un 93%, y FS+TCN014-4 con un 86,7%.



**Figura 4.** Recuperación del patógeno y/o antagonista de acuerdo al tiempo de aplicación, en plántulas de maracuyá afectadas por pudrición seca.

Para el bioensayo donde se inoculó primero el antagonista y después el patógeno, según la prueba de Duncan no hubo diferencias significativas (Figura 3). Para los tratamientos TCN014-6+FS, TCN014-8+FS, TCC005-8+FS se obtuvo 100% de recuperación del antagonista y en cuanto a la recuperación del patógeno en el tratamiento TCN014-8+FS no se tuvo una reacción efectiva.

Los resultados anteriores revelan una correlación positiva entre el efecto antagonístico de *T. harzianum* como biocontrolador y la recuperación del patógeno en el suelo al final del experimento, indicando la validez del procedimiento experimental y confirmando que la baja incidencia de síntomas de la enfermedad, efectivamente corresponde a la acción biocontroladora directa de *T. harzianum* sobre *F. solani*, más que a otro tipo de factores.

## CONCLUSIONES

La cepa nativa TCN-014 y la comercial TCC-005 de *T. harzianum* presentan efecto biocontrolador sobre *F. solani*, causante de la marchitez del maracuyá, disminuyendo significativamente los síntomas, el número de plántulas enfermas, plantas con pudrición en corona y plántulas muertas, en condiciones de invernadero.

Los mejores resultados se obtienen utilizando inóculos de 106 y 108 cel/mL de *T. harzianum* para las dos cepas evaluadas; se consiguió mejor control de *F. solani* cuando se inocula primero *T. harzianum*, en comparación con su inoculación después de haber preinfectado las plántulas con el patógeno, esto permite pensar en el uso de *T. harzianum* para el control de la enfermedad como medida preventiva más que curativa, aun cuando su aplicación posterior a la presencia del fitopatógeno también logra disminuir el efecto del mismo.

Se aprecia la tendencia a una mayor efectividad de la cepa nativa frente a la comercial, este hecho demuestra su competitividad y está a favor de una estrategia de aprovechamiento de los recursos microbianos locales para el desarrollo de bioinsumos con base en cepas adaptadas a las condiciones ecológicas del medio donde se pretenden usar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 1996. Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa, México, D.F. 838 p.
- Belanger, R., N. Dufuor, J. Caron and N. Benhamou. 1995. Chronological events associated with the

- antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: Indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. *Biocontrol Science and Technology* 5(1): 41-54.
- Besnard, O. and P. Davet. 1993. Mise en évidence de souches de *Trichoderma* spp. à la fois antagonistas de *Pythium ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes. *Agronomie* 13(5): 413-421.
- Börkman, T., L. Blanchard and G. Harman. 1998. Growth enhancement of shrunken-2 sweet corn by *Trichoderma harzianum*: Effect of environmental stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(1): 295-322.
- Carbono, E. y Z. Cruz. 2005. Identificación de coberturas promisorias para cultivo de banano en la zona de Santa Marta, Colombia. *Intropica* 2: 7-22.
- Carrero, C., L. Cedeño, K. Quintero, H. Pino y L. Rodríguez. 2003. Identificación y sensibilidad in vitro a fungicidas del agente causal de la podredumbre del tallo en plántulas de *Eucalyptus cinerea* en Mérida, Venezuela. *INCI* 28(11): 656-659.
- Carvajal L. 2007. Pulpa de frutas tropicales. En: Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica, <http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/maracuya.html>; consulta: julio 2007.
- Chet, I. and J. Inbar. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 48(1): 37-43.
- Chet, I., J. Inbar and I. Hadar. 1997. Fungal antagonists and mycoparasites. pp. 165-192. In: D. Wicklow y B. Söderström (eds.). *The mycota IV: Environmental and microbial relationships*. First edition. Springer-Verlag, Berlin. 373 p.
- Cifuentes, J. 2001. Evaluación de la capacidad biocontroladora del hongo *Trichoderma harzianum* cepa nativa Queule sobre *Fusarium solani* en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Talca, Chile. 41 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2006. Coordinación de Investigación y Coordinación Financiera. Estación Experimental Caribia. Sevilla, Colombia.
- Cubillos, J., A. Paez, N. Valero, L. Mejía y R. Gamez. 2008. Efecto biocontrolador de *Trichoderma harzianum* frente a *Fusarium oxysporum* causante de la secadera del maracuyá en la zona bananera del Magdalena, Colombia. *Fitopatología Colombiana* 32(1): 19-23.
- Dandurand, L. and G. Knudsen. 1993. Influence of *Pseudomonas fluorescens* on hyphal growth and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* in the spermosphere and rhizosphere of pea. *Phytopathology* 83(3): 265-270.
- De Hoog, G.S., J. Guarro, J. Gene and M.J. Figueras. 2000. Atlas of clinical fungi. Second edition. Central Bureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands. 1.160 p.
- Duran, L.J., M.L. Pérez and J.R. Sánchez. 2001. Identificación de los hongos que ocasionan la marchitez del chile en la región del bajío. En: Memorias. XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Queretaro. México. Resumen F-13.
- Espinoza, L. y C. Mendoza. 2001. Etiología de la pudrición de raíz y cuello del chile (*Capsicum annuum* L.) ocasionado por el hongo *Phytophthora capsici* en la región de Valseguillo, Puebla, México. *Fitopatología* 30: 47-55.
- Ezziyyani M., S.C. Perez, M.E. Requena, L. Rubio and M.E. Candela. 2004. Biocontrol por *Streptomyces rochei* -Ziyani-, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología* 26: 69-78.
- French, E., R. Teddy y T. Herbert. 1980. Métodos de investigación fitopatológica y aislamiento de fitopatógenos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. pp. 142-186.
- Godes, A. 2007. Perspectivas de los inoculantes fúngicos en Argentina. pp. 11-14. En: Izaguirre, M. and C. Labandera (eds.). *Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial*. Primera edición. Imprenta Denad Internacional S.A., Montevideo, Uruguay. 98 p.
- Gómez, G. 2005. Maracuyá: Nueva opción para zona bananera del Magdalena, <http://www.presidencia.gov.co/sne/2005/junio/10/08102005.htm>; consulta: agosto 2007.



- González, M., I. Torres y H. Guzmán. 2002. Búsqueda de resistencia natural contra patógenos de raíz *Phytophthora capsici*, *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum* en colectas de Chile. Proceedings of the 16<sup>th</sup> Internacional Pepper Conference. Tampico y Tamaulipas, México.
- González, J., J. Maruri y A. Gonzales. 2005. Evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma* spp. contra *Fusarium oxysporum* agente causal de la pudrición de plántulas en papaya (*Carica papaya* L.) en Tuxpan, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola 5(1): 45-47.
- Guerrero, Z., F. Sánchez, L. Guevara, R.G. Guevara, I. Torres y M.M. González. 2001. Caracterización de aislados mexicanos de *Rhizoctonia solani* (Kuhn). En: Memorias. XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Queretano, México.
- Howell, C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Disease 87(1): 4-10.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2000. Red de vigilancia epidemiológica en cultivos como café, ornamentales, cítricos y otras frutas, plátano y banano, cacao y algodón. Boletín Epidemiológico Agrícola.
- López C., M. Pérez y A. Llobel. 1999. Estudios in vivo de *Trichoderma* como agente de biocontrol contra *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix* en aguacate. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 261-265.
- López, M., C. Martin, I. Torres, F. Delgadillo, y R. Guevara. 2002. Patógenos involucrados en la pudrición de raíz del Chile. En: Memorias XXIX Congreso Internacional de Fitopatología. Monterrey, México.
- Mendivelso, B.N. 2003. A la sombra del maracuya. En: UN Periódico, <http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=728&c=Col%C3%83%C6%92%C3%82%C2%B4mbia&cRef=Colombia&year=2003&date=maio%20; consulta: mayo 2002>.
- Rico, L., B. Guerrero, A. López, C. Muñoz, L. Guevara, R.G. Guevara, I. Torres y M. González. 2001. Búsqueda de resistencia natural en plantas de Chile (*Capsicum* spp.) contra aislados del complejo fúngico que causa pudrición de raíz. En: Memorias XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Querétaro, México
- Rodríguez, P. 1998. Frutos de la investigación Corpoica cinco años. Compendio de productos y procesos de investigación y desarrollo tecnológico. CORPOICA. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 176 p.
- Sid-Ahmed, A., M. Ezziyyani, C. Pérez-Sánchez and M. Candela. 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annum*) plants. European Journal of Plant Pathology 109(6): 418-426.
- St-Germain, G. and R. Summerbell. 1996. Identifying filamentous fungi - A clinical laboratory handbook. 1<sup>st</sup> edition. Star Publishing Company, Belmont, California. 314 p.
- Statistical Graphics Corporation. 2000. Statgraphics Plus para Windows 5.1. Maryland, EE. UU.
- Suárez, C., R. Fernández, N. Valero, R. Gámez y A. Páez. 2008. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., asociado a la marchitez en maracuyá. Revista Colombiana de Biotecnología 10(2): 35-43.
- Sutton, D.A., A.W. Fothergill, M.G. Rinaldi. 1998. Guide to clinically significant fungi. First edition. Williams and Wilkins, Baltimore, USA. 471 p.
- Sutton, J. and G. Peng. 1993. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. Phytopathology 83: 615-621.
- Valencia, H., J. Sánchez, D. Vera, N. Valero y M. Cepeda. 2007. Microorganismos solubilizadores de fosfatos y bacterias fijadoras de nitrógeno en páramos y región cálida tropical (Colombia). pp. 169 -183. En: Sánchez, J. (ed.). Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Bogotá, D.C. 433 p.
- Valencia, H., J. Sánchez y N. Valero. 2005. Producción de ácido indolacético por microorganismos solubilizadores de fosfato presentes en la rizósfera de *Espeletia grandiflora* y *Calamagrostis effusa* del páramo el Granizo. pp. 177-193. En: Bonilla, A. (ed.). Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del

bosque altoandino en la cordillera oriental de Colombia. Primera edición. Unibiblos, Bogotá, D.C. 354 p.

Valero, N. 2007. Determinación del valor fertilizante de microorganismos solubilizadores de fosfato en cultivos de arroz. pp. 169-183. En: Sánchez, J. (ed.). Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Bogotá, D.C. 433 p.

Vera, D., H. Pérez y H. Valencia. 2002. Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizosfera del arazá (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). Acta Biológica Colombiana 7(1): 33-40.

Zambrano, C. 1989. Efecto de la concentración de inóculo de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo de *Macrophomina phaseolina*. En: Memorias XI Seminario Nacional de Fitopatología. Sociedad Venezolana de Fitopatología. Trujillo, Venezuela.