

## Uso de Trichoderma en el manejo de enfermedades fúngicas y efectos sobre parámetros agronómicos del cultivo de arroz en Barinas, Venezuela

### Use of Trichoderma in disease management and effects on agronomic parameters of rice cultivation in Barinas, Venezuela

María Navas\*, María Lugo, Orlando Torres, José Méndez, Yolis Rivero, Novis Moreno, Hilda Montilla

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Barinas, Venezuela. \*Correo electrónico: marysanavas@hotmail.com

#### RESUMEN

Las enfermedades fúngicas constituyen una de las principales limitantes del cultivo del arroz, y son controladas tradicionalmente con químicos. El uso excesivo de estos productos conlleva a detrimentos en el ambiente y aumento de los costos de producción; por lo que una opción de manejo para minimizar el uso de fungicidas consiste en el empleo de biocontroladores, cuya efectividad es reconocida en el control de hongos. Con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de enfermedades foliares de la vaina y su efecto sobre parámetros agronómicos en el arroz, se instalaron tres ensayos en casa de malla y en campo, en Barinas, estado Barinas. Se evaluaron cuatro tratamientos con y sin la aplicación del bioproducto. Se utilizó la variedad Cimarrón y el producto TricholNIA (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g) como fuente de *T. harzianum*. La información de las enfermedades, se analizó por la vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis; para las mediciones agronómicas se empleó un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey. Se evidenció la capacidad de control del antagonista sobre el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), al reducir la incidencia y su severidad. De las enfermedades foliares, sólo se logró la reducción de la severidad de pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*). Asimismo, se determinó que la aplicación de *T. harzianum*, tuvo un efecto positivo al estimular el desarrollo del cultivo en los parámetros: longitud de raíces, altura de planta, número de tallos, peso fresco y seco del follaje.

**Palabras clave:** control biológico, hongos, *Oryza sativa* L., *Trichoderma harzianum*.

Recibido: 24/08/16 Aprobado: 13/12/16

#### ABSTRACT

In rice, some of the main limitations are fungal diseases. Traditionally they are controlled with the exclusive use of chemicals, with consequent detrimentos to the environment and the increase of production costs, so a management option is the use of biocontrollers, of recognized effectiveness in the control of fungi, to minimize the use of fungicides. In order to evaluate the effect of *Trichoderma harzianum* to control foliar diseases and pod and its effect on agronomic parameters in rice cultivation, tests were installed at home mesh and field, in Barinas state, Venezuela. Four treatments were evaluated with and without the application of the bioproduct, the variety used was Cimarrón and the product was TricholNIA (concentration:  $1 \times 10^{12}$  conidia / 150 g) as a source of *T. harzianum*. In order to establish the incidence and severity of disease the data were analyzed via non-parametric by using the Kruskal-Wallis test. For the agronomic measurements, analysis of variance and Tukey test of means were performed. The controlability of the antagonist on the sheath blight (*Rhizoctonia solani*) by reducing both the incidence and severity was evident. Of the leaf diseases, only the reduction of the severity of the sheath rot (*Sarocladium oryzae*) was achieved. It was also determined that the application of *T. harzianum* had a positive effect in stimulating the development of the crop in the parameters: Root length, plant height, number of stems, fresh and dry weight of foliage.

**Key words:** Biocontrol, fungi, *Oryza sativa* L., *Trichoderma harzianum*.

## INTRODUCCIÓN

Los principales patógenos que afectan al cultivo del arroz en Venezuela son de origen fúngico. Entre estos, piricularia (*Pyricularia oryzae* Sacc) y el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn), considerados como los más limitantes. Son capaces de causar disminuciones drásticas en la calidad y en los rendimientos y están distribuidos en las zonas arroceras del país, ya que son capaces de causar disminuciones drásticas en la calidad y en los rendimientos.

Piricularia afecta todas las partes aéreas de la planta, su principal daño ocurre cuando ataca a nivel del cuello de la panícula, ya que no permite el llenado de granos. *R. solani* afecta principalmente las vainas inferiores, con muerte parcial o total de las hojas y panículas; en ataques graves, causa la muerte de plantas. Por ser un patógeno del suelo, posee habilidad saprofítica; formando estructuras de resistencia, que permanecen viables durante años en el suelo, lo que dificulta su erradicación.

Se reportan otras enfermedades en el cultivo tales como: pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*); helmintosporiosis o mancha marrón del tallo (*Helminthosporium oryzae* = *Drechslera oryzae*), cercosporiosis (*Cercospora oryzae*), escaldado (*Gerlachia oryzae*), manchado del grano (complejo de hongos) y falso carbón (*Ustilaginoidea virens*) que pueden llegar a reducir el rendimiento y la calidad del grano, además de la viabilidad de la semilla (Correa-Victoria 1997; Turner y Black 2001; Rodríguez *et al.* 2004; López *et al.* 2010; Cardona 2013).

El control de estas enfermedades se realiza de manera exclusiva con el uso de productos químicos mediante aplicaciones al follaje y la panícula. Estos contribuyen a mantener bajo nivel de daño, pero con alta inversión económica; a expensas de un elevado costo social, debido a su impacto en la salud pública y en el medio ambiente (Guédez *et al.* 2012).

Aplicaciones sucesivas de fungicidas, ejercen presión de selección sobre el patógeno, lo que conlleva a la aparición de poblaciones del mismo con resistencia al principio activo de los productos. En este sentido, es importante considerar que existen métodos alternativos de control de enfermedades, entre los que destaca la utilización de microorganismos antagonicos

(Núñez y Pavone 2014; Santos *et al.* 2014). Los hongos antagonistas son una herramienta de importancia en el control biológico; entre los más estudiados están los del género *Trichoderma*, biocontrolador de microorganismos patógenos de plantas (Martínez *et al.* 2008).

Las especies del género *Trichoderma*, pertenecen a la clase Sordariomycetes, orden Hypocreales y a la familia Hypocreaceae (Espósito y Da Silva 1998). Se caracterizan por ser hongos saprofiticos, capaces de descomponer la materia orgánica; de manera general, crecen rápidamente, producen conidios abundantes. La mayoría de estas especies producen clamidosporas para tolerar condiciones ambientales adversas y perpetuarse a través del tiempo; secretan una amplia gama de enzimas, que les permite colonizar casi todos los suelos agrícolas y otros ambientes, lo que le confiere gran plasticidad ecológica (Infante *et al.* 2009).

Aunque el género *Trichoderma* posee especies caracterizadas como controladores biológicos de patógenos presentes en el suelo, se ha demostrado que tienen acción contra los hongos causantes de enfermedades foliares (Martínez *et al.* 2013).

Los mecanismos de acción mediante los cuales *Trichoderma* enfrenta hongos fitopatógenos, son fundamentalmente de tres tipos: i) competencia directa por el espacio o los nutrientes debido a su alta velocidad de crecimiento ii) fungistasis mediante producción de metabolitos secundarios de naturaleza volátil o no volátil, y iii) parasitismo directo de las especies sobre los hongos fitopatógenos (Guédez *et al.* 2012).

Entre algunas experiencias que emplearon cepas de *Trichoderma* como controladoras de hongos fitopatógenos se incluyen: *T. harzianum*, efectivo para controlar *Pythium* sp, *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* en semilleros de tomate (Perdomo *et al.* 2007), *Rhizoctonia* en el cultivo maíz (López *et al.* 2010; García *et al.* 2008; Hoyos-Carvajal *et al.* 2008), y *Sclerotium* en tomate (Alonso *et al.* 2002; Jiménez *et al.* 2011).

Asimismo, se ha señalado que *Trichoderma* tiene gran potencial en el manejo integrado de enfermedades en el arroz, tales como piricularia y añublo de la vaina (Suquilanda 2003; Troya 2011; Núñez y Pavone 2014), escaldado de la hoja (*Gerlachia oryzae*), helmintosporiosis y

cercosporiosis. Surge como una alternativa viable, que permite aprovechar las bondades de los controladores biológicos, para pequeños y medianos productores, con el fin de reducir el uso de productos químicos (OET 2003; Pérez 2016).

Además de la capacidad como biocontrolador, también se ha reportado que *Trichoderma* presenta otros mecanismos como: a) la aceleración del desarrollo del sistema radicular y estimulación del crecimiento vegetal b) la solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos, y c) la inducción de resistencia (Martínez et al. 2013, Núñez y Pavone 2014). Todo esto permite el crecimiento de sistemas radiculares sanos; incrementa la capacidad de captura de nutrientes y agua, además aumenta los rendimientos en condiciones de estrés hídrico (IABIOTEC 2011).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de *T. harzianum* en el control de enfermedades foliares y de la vaina, y su efecto sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz en el estado Barinas.

## MATERIALES Y METODOS

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control de enfermedades foliares y de la vaina en el cultivo del arroz

Se instaló un ensayo en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, municipio Barinas, estado Barinas, (UTM, 373793 946474) a una altitud de 183 m.s.n.m. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco repeticiones; cada parcela experimental estuvo constituida por siete hileras de 1,5 m de longitud, separadas 0,3 m. Se usó la variedad Cimarrón, susceptible a las principales enfermedades del arroz (Acevedo et al. 2005, Montoya et al. 2007; Núñez y Pavone 2014; Pérez 2016).

La siembra se realizó a chorro corrido por hilera. Se evaluaron cuatro tratamientos: 1. Testigo, sin aplicación de *T. harzianum* (*Th*); 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 25 días después de la siembra (dds) 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra, 25 dds y en floración, 100 dds.

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g). Dentro de cada parcela se seleccionaron 10 plantas al azar y sobre las 5 hileras centrales, que constituyeron la unidad experimental sobre las que se realizaron evaluaciones de las siguientes enfermedades: piricularia o quemazón de la hoja (rice blast: Bl), causada por *Pyricularia grisea*; pudrición de la vaina (sheath rot: ShR), por *Sarocladium oryzae*; escaldado (leaf scald: LSc), generado por *Gerlachia oryzae*; cercosporiosis, por *Cercospora oryzae* (narrow brown leaf spot: NBLS) y helmintosporiosis causado por *H. oryzae* (Bs).

De igual manera se utilizó la escala del Sistema de evaluación estándar del IRRI, SEEI, (IRRI 2002). Se realizaron las labores de fertilización, control de maleza y riego requeridos por el cultivo. Los datos se analizaron por vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se usó el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo et al. 2012).

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo del arroz

Para la evaluación de esta enfermedad, el ensayo se realizó con inoculaciones artificiales del patógeno, garantizando que todos los tratamientos estuvieran expuestos a la enfermedad, ya que *R. solani* es un hongo habitante del suelo y se presenta en forma de parches irregulares dentro del cultivo (Rodríguez et al. 2004).

Se estableció un ensayo en casa de malla en el Campo Experimental Codazzi, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), municipio Barinas, estado Barinas, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: 1. Testigo. Sin aplicación de *T. harzianum* (*Th*); 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 dds y 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 y 30 dds.

La variedad utilizada fue Cimarrón. De igual manera se usaron 15 bolsas de polietileno de cuatro kg por cada tratamiento, contentivas de sustrato en proporción 2:1 (suelo de campo:arena), tres semillas/bolsa, para un

total de 45 plantas por tratamiento (unidad experimental).

La inoculación de *R. solani* se realizó en todos los tratamientos, simultáneamente con la siembra del cultivo. Se usó como fuente de inóculo, esclerocios del hongo (2 esclerocios/planta) colocados en orificios de aproximadamente cuatro cm de profundidad.

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g), y se realizaron evaluaciones a los 50, 65 y 80 dds. La incidencia de la enfermedad se estimó contando el número de plantas enfermas usando como criterio la presencia de la mancha bandeada característica de *R. solani*, tanto en tallo, como en hojas inferiores. La severidad fue determinada con base a la escala del Sistema de evaluación estándar del IRRI (2002). Los datos fueron analizados por vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis, con el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo *et al.* 2012).

#### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz

Se estableció un ensayo en casa de malla en el Campo Experimental Codazzi, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, del estado Barinas, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: 1. Testigo: Sin aplicación de *Th*; 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Trichoderma* al momento de la siembra y a los 15 dds y 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra, a los 15 y 30 dds. La variedad utilizada fue

Cimarrón. Se emplearon 15 bolsas de polietileno de 4 Kg por cada tratamiento, contentivas de sustrato tierra arena en proporción 3:1; 2 semillas/bolsa, para un total de 30 plantas por tratamiento (unidad experimental).

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g). A los 60 dds, se retiró la bolsa, y se separó la tierra con cuidado para no dañar las raíces. Se realizaron las siguientes mediciones: Longitud de la raíz (cm), medida desde el cuello de la planta hasta el extremo de la raíz más larga; altura de planta (cm), medida de la superficie del suelo al extremo superior de la hoja bandera; número de tallos; peso fresco del follaje y de la raíz (g) y peso seco del follaje y de la raíz (g). Se realizó el análisis de varianza a los datos y empleó la prueba de medias de Tukey con el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo *et al.* 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control de enfermedades foliares y de vaina en el cultivo del arroz

En el Cuadro 1, se evidencia que para helmintosporiosis (Bs); escaldado (LSc) y pudrición de la vaina (ShR), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a una probabilidad de ( $P > 0,01$ ).

Para el caso de helmintosporiosis y escaldado de la hoja, los tratamientos 3 y 4 fueron superiores, en comparación con el testigo (T1) y T2, los cuales presentaron valores de 1 y 3, respectivamente con base al SEEI (IRRI 2002).

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de *T. harzianum* sobre la incidencia (%) de: Helmintosporiosis (Bs); Escaldado (LSc), Pudrición de la vaina (ShR) y Cercosporiosis (NBLS) en el cultivo de arroz.

Tratamientos	Bs	LSc	ShR	NBLS
T1	3 b	3 b	5 b	3a
T2	3 b	3 b	5 b	3a
T3	1 a	1 a	3 a	3a
T4	1 a	1 a	3 a	3a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,01$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis.

Aunque se apreciaron diferencias estadísticas, es importante señalar, que en función del SEEI, los grados 1 y 3 se consideran bajo en cuanto a incidencia y severidad. Por lo tanto, se asume que el material es tolerante, no afectando la producción del cultivo.

De igual manera, para la pudrición de la vaina (ShR), los tratamientos T3 y T4 fueron superiores a los tratamientos T1 y T2, con valores de grado 3 y grado 5, respectivamente, según la escala SEEI, considerándose una reacción de susceptibilidad (6 a 25% de severidad de tallos afectados). Para el caso de la cercosporiosis, no se observaron diferencias entre los tratamientos. Por lo que, se puede decir, en el caso de la pudrición de la vaina, la aplicación de *Trichoderma* produjo un efecto positivo en la reducción de la enfermedad, ya que el grado 3 (T3 y T4) representa una reacción de tolerancia según la referida escala. En este ensayo, no se registraron datos de *P. grisea*, ya que, no hubo incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados.

Aunque en el presente trabajo no se muestran datos sobre el manchado del grano, es interesante destacar que se estudió el efecto de cepas de *T. harzianum* y *T. asperellum*, en el cultivo arroz; se usó la variedad cimarrón con diferentes láminas de agua y se consiguió entre 34-45% de disminución de la del manchado del grano. Esto comprueba la posibilidad de utilizar *Trichoderma* bajo condiciones de inundación para el manejo de enfermedades (Núñez y Pavone 2014).

Por otro lado, es importante señalar que en esta investigación no se evidenció un efecto positivo sobre el control de enfermedades foliares, por

la baja incidencia registrada. Sin embargo, en estudios previos se ha reportado el efecto controlador de *Trichoderma* sobre Escaldado de la hoja, Helmintosporiosis (*H. oryzae*) y la mancha lineal (OET 2003) y la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en tomate, frijol y arveja (Chiriboga et al. 2015).

#### **Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo del arroz**

En el Cuadro 2 se presenta la reacción de *R. solani* a los distintos tratamientos aplicados. Como se puede observar, los tratamientos con aplicación (T2, T3 y T4) no presentaron diferencias significativas, con registros de la menor incidencia a la enfermedad a los 50, 65 y 80 dds, con un máximo de 8, 10 y 11%, respectivamente (T2); demostrando la efectividad del tratamiento con el biocontrolador, mientras que el testigo, se mostró estadísticamente diferente al resto de los tratamientos con 26, 34 y 45% de plantas enfermas a cada tiempo de evaluación.

En cuanto a la severidad (Cuadro 3) para todas las fechas de evaluación, los tratamientos con *Th* (T2, T3 y T4), presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,01$ ) con respecto al testigo, pero no entre ellos (Figura 1). Esto demuestra la capacidad de control del antagonista en reducir tanto la incidencia como la severidad del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo, pudiéndose aplicar sólo en la siembra, ya que ni el momento, ni el número de aplicaciones influyeron en la efectividad del biocontrolador.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Troya (2011), que al evaluar el efecto de

Cuadro 2. Efecto de *T. harzianum* sobre la incidencia (%) de *R. solani* en el cultivo arroz, a diferentes edades.

Tratamientos	50 dds	65 dds	80 dds
T1	26 b	34 b	40 b
T2	8 a	10 a	11 a
T3	2 a	8 a	8 a
T4	1 a	6 a	7 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,01$ ) según la prueba de Kruskal – Wallis.

Cuadro 3. Efecto de *T. harzianum* sobre la severidad de *R. solani* en el cultivo del arroz, a diferentes edades, medida en base a la altura de la lesión.

Tratamientos	50 dds	65 dds	80 dds
T1	0,58 b	1,64 b	2,53 b
T2	0,18 a	0,60 a	0,71 a
T3	0,04 a	0,22 a	0,44 a
T4	0,02 a	0,11 a	0,36 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P>0,01$ ) según la prueba de Kruskal– Wallis.



Figura 1. Efecto de la aplicación de *Trichoderma* en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo arroz T1: Sin aplicación y T3 con aplicación de *Trichoderma*. Nótese la mancha típica de *R. solani* en la base del tallo (T1).

*Trichoderma* sobre el control *R. solani*, encontró que plantas tratadas a los 30, 80 y 100 días, presentaron menor incidencia (13, 20 y 14%, respectivamente) y severidad (20% menos en plantas tratadas en relación con al testigo) en arroz.

Por su parte, Santos *et al.* (2014) demostraron que cepas de *T. asperellum* aplicadas en semillas y en forma foliar, fueron eficientes en reducir la severidad de la rizoctoniasis en el cultivo de arroz en condiciones de inundación.

Se han descrito distintos mecanismos de acción que regulan el desarrollo de hongos fitopatógenos, señalando como principales: competencia por espacio y nutrientes, parasitismo directo y antibiosis (Infante *et al.* 2009).

En este sentido, Alarcón *et al.* (2005) realizaron pruebas *in vitro* con los hongos *P. grisea* y *R. solani*, aislados de plantas de arroz para comprobar la capacidad antagónica de *T. harzianum* contra ambos patógenos. Es así como se encontró una elevada actividad hiperparasítica y competitiva de las cepas utilizadas al mostrar una colonización total sobre los patógenos con base en el nivel de crecimiento y esporulación de las colonias.

En otros cultivos se han encontrado resultados similares al presente estudio con la aplicación de *Trichoderma*, tanto en el control de *R. solani*, así como de otros hongos patogénicos del suelo. Perdomo *et al.* (2007), encontraron que *T. harzianum* controla los hongos *R. solani*, *Phythium* sp y *Fusarium* sp en semilleros de tomate. García *et al.* (2008) y López *et al.* (2010), demostraron que cepas de *Trichoderma*



disminuyeron los niveles de infección del *R. solani* en el cultivo maíz,

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz

Con el análisis estadístico (Cuadro 4), se detectó diferencias significativas para la variable longitud de raíces. El mejor tratamiento resultó T3 (aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 dds), donde el promedio fue de 35,81cm seguido por los tratamientos 2 y 4. El testigo presentó la menor longitud de raíces.

En relación a las variables peso fresco y peso seco de las raíces, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. Para las condiciones del presente ensayo los tratamientos con el biocontrolador no influyeron en forma significativa en el desarrollo de las raíces.

Sin embargo, trabajos anteriores señalan los efectos positivos de la aplicación del antagonista sobre el desarrollo radical. Al respecto Jiménez et al. (2011), evaluaron el efecto del *Trichoderma* aplicado a nivel de semillero y en el trasplante sobre el desarrollo de plantas de tomate. A pesar de no presentar diferencias significativas entre los tratamientos, encontraron que hubo plantas con mayor longitud de raíces, masa radical fresca y masa radical seca en plantas, por lo que recomiendan su uso a nivel de semillero y 15 dds.

En otros cultivos se han encontrado efectos positivos de *Th* sobre el desarrollo radical (Camacho et al. 2010). Asimismo, López et al. (2010) encontraron que inoculaciones de *Trichoderma* favorecieron el desarrollo

del sistema radical en plantas de maíz en condiciones de vivero (Cuadro 4). Efecto de *T. harzianum* sobre los parámetros: longitud de la raíz (LR), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) en plantas de arroz.

En relación a la variable altura de plantas y número de tallos (Cuadro 5), se evidenció que los tratamientos 3 y 4, fueron superiores estadísticamente a T2 y al testigo. Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Troya (2011) que al evaluar el efecto de *T. harzianum* sobre la altura de plantas de arroz, no encontró diferencias estadísticas a los 40, 80 y 100 días después de la siembra. El autor atribuyó los resultados a las condiciones de inundación continua del terreno, hasta los 80 días después de sembrado el cultivo.

Para la variable longitud del tallo, T3 fue superior estadísticamente ( $P>0,05$ ) cuando se comparó con T1. Resultados similares han sido señalados por Mathivanan et al. (2005) sobre el efecto favorable de *Trichoderma* en el crecimiento en plantas de arroz y por López et al. (2010), en maíz, a los 60 días.

Para las variables peso fresco y peso seco del follaje, se encontró que las plantas tratadas con *Th* (T2, T3 y T4) mostraron un comportamiento estadísticamente superior al testigo (Cuadro 5). En general, se evidencia que los tratamientos con *Th* tuvieron un efecto positivo sobre el desarrollo del follaje del cultivo.

Por su parte, Mathivanan et al. (2005), señalan que con el uso de *T. viride* se obtuvo un incremento significativo del crecimiento en plantas de arroz. Núñez y Pavone (2014), indican que el empleo de

Cuadro 4. Efecto de *T. harzianum* sobre los parámetros: longitud de la raíz (LR), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) en plantas de arroz.

Tratamientos	LR(cm)	PFR (g)	PSR (g)
T1	30,79 b	6,39 a	2,88 a
T2	34,14 ab	6,46 a	2,96 a
T3	35,81 a	6,29 a	2,68 a
T4	35,57 ab	6,60 a	2,94 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P>0,05$ ) según Tukey.

Cuadro 5. Efecto de *T. harzianum* sobre: altura de planta (AP), número de tallos (NT), longitud del tallo (LT), peso fresco del follaje (PFF) y peso seco del follaje (PSF) en plantas de arroz.

Tratamientos	AP (cm)	NT (cm)	LT (cm)	PFF (g)	PSF (g)
T1	79,71 b	3,33 b	30,79 b	11,72 b	2,51 b
T2	80,02 b	3,47 b	34,14 ab	18,14 a	3,75 a
T3	88,94 a	4,10 a	35,81 a	20,11 a	4,57 a
T4	89,03 a	4,23 a	35,57 ab	22,0 a	4,57 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ) según Tukey.

*Trichoderma* spp. en arroz, variedad cimarrón, incrementa el desarrollo vegetativo.

En otros cultivos se reportan resultados similares, en relación al incremento de la longitud de la parte aérea y masa aérea fresca en plantas de tomate (Jiménez *et al.* 2011) y la germinación de las semillas y el desarrollo de plántulas de parchita (Cubillos-Hinojosa *et al.* 2009).

Es importante destacar que el género *Trichoderma* induce la estimulación del crecimiento de los cultivos por la solubilización de compuestos orgánicos y por la producción de metabolitos secundarios. Estos actúan de forma análoga a las fitohormonas, lo cual influye directamente en la disponibilidad de nutrientes. Además, promueve un mayor desarrollo radical, estimulado por complejos enzimáticos que se originan en la rizósfera de las plantas (Vazallo *et al.* 2013).

## CONCLUSIONES

El control de las enfermedades Helminthosporiosis, Escaldado, Cercosporiosis y Falso carbón, no fue efectivo a la aplicación de *T. harzianum*, mientras que sí logró la reducción de la severidad de la pudrición de la vaina.

*T. harzianum* fue efectivo en reducir la severidad e incidencia de *Rhizoctonia solani* en el cultivo del arroz, y se comprobó la efectividad del antagonista, sobre el control de hongos del suelo, con aplicaciones al momento de la siembra.

La aplicación de *T. harzianum* tuvo un efecto positivo al estimular el desarrollo de longitud de raíces; altura de planta; número de tallos; y peso fresco y seco del follaje.

## AGRADECIMIENTO

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación por el financiamiento otorgado: Proyecto N° 2012000864, Convocatoria 2011.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M; Álvarez, R; Castrillo, W; Torres, O; Moreno, O; Reyes, E; Delgado, N; Salazar, M; Navas, M; Torrealba, G. 2005. Cultivar de arroz Cimarrón. Divulgativo CENIAP 5(2). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Alarcón, L; Reyes, T; Rodríguez, G; Pupo, A. 2005. Efectividad *in vitro* de *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Pyricularia grisea* (Sacc) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). Fitosanidad 9(3):57-60
- Alonso, R; Barranco, B; G. Gracia y G. Jiménez. 2002. Actividad *in vivo* de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium rolfsii* en plántulas de tomate. Manejo integrado de plagas y Agroecología 66:45-48.
- Camacho, B; Quintero, A; Flores, E. 2010. Conociendo un poco más sobre el uso de *Trichoderma*. INIA Divulga 15:26-28
- Cardona, R. 2013. *Sarocladium oryzae*: agente causal de la pudrición de la vaina del arroz en Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 33(1):80-82.
- Chiriboga H; G. Gómez B; K. Garcés. 2015. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo: *Trichoderma* spp. para



- el control biológico de enfermedades (en línea). Consultado 25 ene. 2016. Disponible <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3933e.pdf>
- Correa-Victoria, F. 1997. Principales enfermedades en arroz En: MIP en Arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, enfermedades y malezas Cali Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical 141 p.
- Cubillos-Hinojosa, J; Valero, N; Mejía, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* Degener) (en línea). *Agronomía Colombiana*(27)1:81-86. Consultado 15 ene. 2014. Disponible <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11363/37730>
- Di Renzo, JÁ; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Esposito, E; Silva, MD. 1998. Systematics and environmental application of the genus *Trichoderma*. *Critical Reviews in Microbiology*. 24(2):89-98.
- García, P; Cabrera, S; Sánchez, J; Pérez, A. 2008. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela (en línea). Consultado 20 ene. 2016. Disponible [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2008000400007&script=sci\\_arttxt=sci\\_arttxt](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2008000400007&script=sci_arttxt=sci_arttxt)
- Guédez, G; Cañizalez, L; Castillo, C; Olivar, O. 2012. Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 32(1):44-49.
- Hoyos-Carvajal, L; Chaparro, P; Abramsky, M; Chet, I; Orduz, S. 2008. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma spp* contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones *in vitro* y de invernadero. *Agronomía Colombiana* 26(3):451-458.
- IABIOTEC (Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas, España). 2011. *Trichoderma harzianum*. (en línea). Consultado 11 oct. 2011. Disponible [http://www.iabiotec.com/trichod\\_ficha.htm](http://www.iabiotec.com/trichod_ficha.htm)
- Infante, I; Martínez, B; González N; Reyes Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos (en línea). *Revista Protección vegetal* 24:1. Consultado 2 feb. 2012. Disponible: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522010000200013&script>
- IRRI (International Rice Research Institute, Filipinas). 2002. Standard Evaluation System for Rice (en línea). Consultado 6 mar. 2012. Disponible <http://www.knowledgebank.irri.org/images/doc/rice-Standard-evaluation-system.pdf>
- Jiménez, C; Sanabria, N; Altuna, G; Alcano, M. 2011. Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad del Zulia)* 28:1-10.
- López, Y; Pineda, J; A. Hernández y D. Ulacio. 2010. Efecto diferencial de seis aislamientos de *Trichoderma* sobre la severidad de *Rhizoctonia solani*, desarrollo radical y crecimiento de plantas de maíz. *Bioagro* 22(1):37-42.
- Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista Protección Vegetal* 28(1):1-11
- Martínez, B; Reyes, Y; Infante, D; González, E; H., Baños y A. Cruz. 2008. Selección de aislamientos de *Trichoderma spp.* candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia sp.* en arroz. *Revista Protección Vegetal* 23(2):118-125.
- Mathivanan, N; Prabavathy, V; Vijayanandraj, V. 2005. Application of Talc Formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray Decrease the Sheath Blight Disease and

- Enhance the Plant Growth and Yield in Rice. *Journal of Phytopathology* 153:697-701.
- Montoya, M; Rodríguez, N; Pérez–Almeida, I; Cova, J; Alemán, L. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolana. *Agronomía Tropical* 57(4):299-311.
- Núñez, L; Pavone, D. 2014. Tratamiento biológico del cultivo de arroz en condiciones de vivero empleando el hongo *Trichoderma* spp. *Interciencia* 39(3):185-190.
- OET (Organización para Estudios Tropicales, Costa Rica). 2003. Control de enfermedades en el Arroz mediante el uso de hongos benéficos del género *Trichoderma* spp. 17 p.
- Perdomo, M; Peña, J; Guedez, C; Castillo, C; Cansales, L. 2007. *Trichoderma harzianum* para el control la enfermedad “sancocho” en semilleros de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Academia* 12:52-61.
- Pérez, EJ. 2016. Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa A-34) y sus filtrados de cultivo en el control de tres hongos fitopatógenos foliares en arroz. *Revista de Protección Vegetal* 31(2):150.
- Rodríguez, H; Nass, H; M, Navas. 2004. Enfermedades y su manejo. En: El cultivo del arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 202 p.
- Santos de França, S; Cardoso, A; Castro, D; Leal, E; Corsi de Filippi, M; Barata da Silva, G. 2014. Biocontrol of sheath blight by *Trichoderma asperellum* in tropical lowland rice. *Agronomy for Sustainable Development* 35(1):317-324.
- Suquilanda, V. 2003. Manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz. Proyecto Manejo Adecuado de Plaguicidas. Organización Mundial de la Salud. Ecuador. 22 p.
- Troya, B. 2011. Protección del ataque de *Rhizoctonia solani* en arroz con *Trichoderma harzianum* (en línea). Consultado 20 feb. 2015. Disponible <http://www.bdigital.zamorano.edu/handle/11036/588>.
- Turner, HC; Black, R. 2001. Rice leaf scald: pathogen biology and diversity. In *Major Fungal Diseases of Rice* S. Sreenivasaprasad and R. Johnson (Eds) Springer, Dordrecht. p. 307-319.
- Vazallo, S; Terrones, L; Toro, L; García, B; Soriano, B. 2013. Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. *Longum*. *Revista REBIOLEST* 1(1):11-21.