

## Efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de *Rhizoctonia* bajo tres tiempos de inicio de aplicación

### Effect of *Trichoderma* on potato development and biocontrol of *Rhizoctonia* at three times from applying

Rosaima G. García Crespo<sup>1</sup>, Miguel A. Arcia Montesuma<sup>2</sup>,  
Miguel R. Pérez Tortolero<sup>1</sup> y Ramón F. Riera Tona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida). <sup>2</sup>Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay 2103. Estado Aragua. Venezuela. <sup>3</sup>Profesores. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez". Ejido 5011, estado Mérida. Venezuela. Correos electrónicos: rgcrespo@inia.gob.ve, ramonriera60@cantv.net.

#### RESUMEN

La rhizoctoniasis ocasionada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, limita la producción de papa. En la búsqueda de alternativas de manejo de la enfermedad amigable con el ambiente, se realizó este trabajo, con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de plantas de papa, *Solanum tuberosum* L. y el biocontrol a *R. solani*, en el proceso de producción de semilla. Se efectuaron dos réplicas de un ensayo en casas de cultivo en el Campo Experimental Mucuchíes del INIA-Mérida, bajo diseño completamente aleatorizado, donde se evaluó la aplicación de tres cepas de *Trichoderma asperellum* (M-4, M-11, M-18 y su mezcla) sobre plantas de papa del cv "Andinita" iniciando en tres tiempos distintos: semilla, surco en la siembra y en la emergencia de las plantas. Las plantas tratadas con *Trichoderma* mostraron incrementos significativos en las variables fisiológicas (crecimiento, fotosíntesis) y el rendimiento; con baja incidencia, severidad de daño y reducción de rhizoctoniasis en los tubérculos que se mantuvo en todas sus fases de desarrollo. Las mejores respuestas fueron obtenidas con M-11 y la mezcla cuando la aplicación se inició en la emergencia de las plantas con baja incidencia (2,23 y 3,9%), severidad de daño grado 1, reducción de la enfermedad de 83 y 80%, respectivamente, y mayores rendimientos que oscilaron entre 77.000 a 83.333 kg ha<sup>-1</sup>, en comparación con el testigo. La cepa endofítica M-11 de *T. asperellum* representa una alternativa para el manejo de la rhizoctoniasis en el cultivo papa destinado a semilla.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum*, manejo, semilla, fisiología.

#### ABSTRACT

Rhizoctoniasis caused by the fungus *Rhizoctonia solani* Kühn, decreases potato yield. Seeking for environmentally and friendly alternative management of the disease, this study was conducted to evaluate the effect of *Trichoderma* on development of potato, *Solanum tuberosum* L. and biocontrol of *R. solani* in the seed production process. Two replicas of a test cultivation house at Campo Experimental Mucuchíes, INIA-Merida were performed, under completely randomized design, where the application of three strains of *Trichoderma asperellum* (M-4, M-11, M-18 and their mixture) on potato plants cv "Andinita" was evaluated initiating at three different times: seed, furrow at planting and emergence of plants. *Trichoderma* treated plants showed significant increases in physiological variables (growth, photosynthesis) and yield; with low incidence, severity of injury and rhizoctoniasis reduction in tubers, maintained at all stages of development. The best responses were obtained with M-11 and the mixture, when the application is started in the emergence of plants, low incidences that were reached at 2.23 and 3.9%, grade 1 severity of injury, disease reduction 83 and 80%, respectively, higher yields, ranging from 77.000 a 83.333 kg ha<sup>-1</sup>, compared with the control. The endophytic strain M-11 *T. asperellum* represents an alternative for the management of potato rhizoctoniasis crop for seed.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, management, seed, physiology.

## INTRODUCCIÓN

Por su valor alimenticio, la papa *Solanum tuberosum* L., reviste de gran importancia dentro de los sistemas agrícolas de Venezuela, principalmente en los estados alto andinos (Mérida, Táchira, Trujillo) y Lara, donde existen condiciones agroecológicas propicias para su desarrollo (Gutiérrez, 2006) y representa un 95,60% de la superficie de siembra nacional de este cultivo. Para el año 2009, la producción de papa en Venezuela fue de 420.000 t en una superficie cosechada de 22.025 ha, con un rendimiento promedio de 19.115,3 kg ha<sup>-1</sup> y, donde la producción de semilla fue de 29.700 t (FAOSTAT, 2010).

Mérida, principal productor de papa nacional con 48% de la superficie, registra el mayor rendimiento promedio con 23.412 kg ha<sup>-1</sup> (Molina de Paredes y Contreras, 2009). En la producción participan pequeños y medianos agricultores, campesinos y campesinas con siembras en pequeñas superficies, promedio de 0,5 ha/agricultor, mano de obra de hombres, jóvenes, niños, mujeres y ancianos que habitan en la zonas rurales de los páramos de esta región (García *et al.*, 2005).

La multiplicación en forma vegetativa de la papa, mantiene las características varietales por generaciones sucesivas, pero también se convierte en un medio de transporte y diseminación de enfermedades sistémicas y de contacto, que ocasionan pérdidas en calidad sanitaria y rendimiento.

Entre las enfermedades de mayor importancia económica en los sistemas de producción de la región andina venezolana están: la candelilla tardía ocasionada por el pseudo hongo *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary; marchitez bacteriana por *Ralstonia solanacearum*; pudrición blanda causada por *Erwinia carotovora*; diferentes virus y la rhizoctoniasis por *Rhizoctonia solani* (Salazar, 1995; García *et al.*, 2003; García *et al.*, 2005).

La rhizoctoniasis o costra negra de la papa ocasionada por el hongo *R. solani* Kühn en la fase asexual y *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk en la fase sexual, se incrementó

los últimos años en las zonas productoras del estado Mérida, alcanzando incidencias desde 5 hasta 60%. Las plantaciones severamente afectadas muestran pérdidas en los rendimientos y en la calidad del tubérculo, debido al bajo crecimiento o evidentes deformaciones en los brotes, rajaduras y manchas causadas por la presencia de esclerocios del hongo.

Cuando los tubérculos infectados son usados como semilla, diseminan la enfermedad y reinfectan suelos por largos períodos de tiempo, provocando además, pérdidas superiores en los próximos ciclos de siembras, lo que disminuye los rendimientos hasta en un 50% (Hooker, 1980, García *et al.*, 1999; García *et al.*, 2002, García *et al.*, 2005).

En el país, todos los cultivares comerciales de papa están afectados por rhizoctoniasis, se desconocen los germoplasmas resistentes y el manejo es generalizado. Los agricultores usan comúnmente fungicidas químicos en mayor grado, sin la asesoría requerida y seguridad de control, con énfasis en el ingrediente activo Pencycuron, en altas dosis, que alcanzan hasta 8 k ha<sup>-1</sup>. Este excesivo e incontrolado uso pudiera ocasionar un alto impacto ambiental negativo, con desmejora en la salud de los campesinos. Entre una de las medidas potenciales de manejo técnico a *R. solani*, amigable con el ambiente, está la utilización de cepas del hongo antagonista *Trichoderma* sp. (García *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005).

El efecto antagónico de *Trichoderma* sobre el hongo fitopatógeno *R. solani* fue descrito en 1932 (Weindling, 1932). Posteriormente, se experimentó su uso con indiscutibles éxitos en su control en diferentes cultivos bajo variadas formas de aplicación (Howell *et al.*, 2000).

Durante mucho tiempo, la capacidad de distintas cepas de *Trichoderma* para proteger a la planta frente a patógenos de raíz se atribuyó a un efecto directo contra los patógenos (Chet *et al.*, 1998), pero se demostró que también existe una asociación directa de algunas cepas de *Trichoderma* con las raíces, lo cual estimula sus mecanismos de defensa (Yedidia *et al.*, 1999; Korolev *et al.*, 2008) y conlleva a una resistencia contra varios tipos de microorganismos fitopa-

tógenos e incluso nematodos (Harman *et al.*, 2004).

Son varios los mecanismos de acción de *Trichoderma* spp. como agente de biocontrol y en interacción con la planta, entre ellos: especial habilidad para parasitar hongos fitopatógenos, debido a la producción de enzimas hidrolíticas de la pared celular, como: glucanasas, quitinasas y proteasas; la competencia por espacio y nutrientes, especialmente en la rizosfera; capacidad de promover el desarrollo de plantas (Yedidia *et al.*, 2001) y raíces (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009); aumento de la captación de nutrientes y la eficacia como fertilizante en la planta (Altomare *et al.*, 1999); fortalecimiento de la resistencia a estreses ambientales (Harman, 2004); estimulación de las defensas de la planta frente a patógenos (Van Wees *et al.*, 2008), y en la producción de antibióticos (Reino *et al.*, 2008).

A pesar de las potencialidades de *Trichoderma* como biocontrolador, su adopción en el país para el manejo de enfermedades en papa, ha sido menor, ya que su efectividad es variable en dependencia de la actuación de la cepa y la calidad del producto aplicado. Así, la rhizoctoniasis sigue representando un riesgo en el proceso productivo de la papa para semilla y para consumo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de tres cepas de *T. asperellum* y sus mezclas sobre el desarrollo de plantas de papa del cv "Andinita" (*S. tuberosum* L. subsp. andigenum) y el biocontrol a *R. solani*, bajo tres distintos tiempos de inicio de aplicación en el proceso de producción de semilla, en la búsqueda de alternativas de manejo amigables con el ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en dos casas de cultivos de la Unidad de Producción de tubérculos-semilla pre-básica de papa (dos réplicas), ubicadas en el Campo Experimental Mucuchíes (CEM) del Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas (INIA), situado en el sector La Toma a 3.100 m s. n. m., latitud 08° 44' N, longitud 70° 54' W, municipio Rangel, estado

Mérida, Venezuela, bajo una temperatura media diaria de 12,7 °C, máxima de 17,3 °C y mínima de 7,9 °C. La precipitación media anual es de 1.684,5 mm, radiación de 420,4 cal cm<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, humedad relativa de 66% (8:00 a.m.) y 64,4% (2:00 p.m.), insolación: 131 h días<sup>-1</sup> (INIA, 2011). En ambas casas de cultivo, históricamente, se presentan niveles altos de rhizoctoniasis en los tubérculos-semilla de papa producidos.

Como material experimental se utilizaron tres cepas autóctonas de *T. asperellum* pertenecientes al Laboratorio Referencial de Biocontrol de Plagas del INIA-Mérida, siendo previamente caracterizadas y seleccionadas por su capacidad endofítica, biocontroladora e inductoras de resistencia bajo condiciones *in vitro*. Los conidios del hongo fueron extraídos haciendo suspensiones con agua potable, biopreparados de las tres cepas obtenidos por fermentación sólida, usando arroz con 5% de granos partidos (García *et al.*, 2006).

El material vegetal empleado fue microtubérculos de papa cv."Andinita" (*S. tuberosum* L. subsp. andigenum) libres de virus, regenerados en cultivo *in vitro* mediante el Sistema de Inmersión Temporal, colocados a brotar bajo condiciones de almacenamiento en oscuridad, siguiendo la metodología del sistema descrito y establecido por Igarza (2011) y estandarizado en el laboratorio de cultivo de tejido del Campo Experimental Mucuchíes del INIA-Mérida.

## Diseño del experimento y arreglo de los tratamientos

El experimento fue realizado bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones, evaluando el efecto y la mezcla de tres cepas de *T. asperellum* M-18, M-4, M-11, bajo tres tiempos de inicio de aplicación: 1) los microtubérculos-semilla antes de la siembra; 2) surco al momento de la siembra; 3) surco en la emergencia del 80% de las plantas. Además, se utilizaron como testigos plantas provenientes de microtubérculos-semilla y de surcos en siembra tratadas solo con agua de riego. El arreglo de los tratamientos se indican en el Cuadro 1. Se sembraron siete surcos de 10 microtubérculos por tratamiento, con tres repeticiones, para

evaluar el hilo central, los demás sirvieron como bordura.

En cada tratamiento indicado en el Cuadro 1, se realizó una aplicación adicional de las cepas de *T. asperellum* al momento del aporque y otra más 15 días después del aporque.

En los tratamientos T1, T2, T3 y T4 la aplicación de *T. asperellum* se realizó sobre los microtubérculos-semilla, sumergiéndolos durante 2 h en una suspensión de conidios de las cepas de  $1,2 \times 10^{09}$  ufc ml<sup>-1</sup>, mientras que para los tratamientos realizados en el surco (T5, T6, T7 y T8), tanto en el momento de la siembra como en la emergencia de plantas (T9, T10, T11 y T12), se utilizaron suspensiones de esporas a la concentración de  $1,2 \times 10^{08}$  ufc ml<sup>-1</sup>.

#### Labores culturales realizadas en las casas de cultivos

Para las camas de cultivo se usó un sustrato compuesto por suelo, arena y concha de arroz (2:1:1); el cual se esterilizó mediante vapor caliente a 95 °C, durante 1 h con 1 día de descanso, repitiendo el proceso. El análisis del sustrato se realizó en el Laboratorio de Servicio

de Suelos, INIA-Mérida, reportando pH 5,6; fósforo 7 ppm; potasio 212 ppm; calcio 545 ppm; magnesio 69 ppm; materia orgánica 6,9% y conductividad eléctrica 0,09.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, se aplicó NPK, fórmula 12:12:17, al momento de la siembra usando 300 g/m lineal. Además, en el primer mes durante el desarrollo vegetativo del cultivo, se aplicaron fertilizantes foliares Carbovit® y Biomex-20® en proporción de 2 ml/l y el herbicida post-emergente selectivo y sistemático [Butil 2 (3-5 trifluorometil-2- piridiloxi-fexoxi) propinato]. En el aporque, fue aplicado un fertilizante rico en fósforo y potasio, para engrosar el tubérculo, se aplicaron fertilizantes foliares (Carbovit®, Hit de desarrollo).

El riego fue realizado diariamente en forma manual por aspersión durante 20 min, con base en los requerimientos hídricos de las plantas. Antes de la floración se aplicó al foliar fungicida por ingrediente activo en dosis de 1 k ha<sup>-1</sup>, para prevenir el ataque de la candelilla tardía (*P. infestans*); considerando que este fungicida no controla *R. solani* y así evitar su interferencia sobre el efecto de los tratamientos estudiados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Identificación de los tratamientos	Significado de los tratamientos
T0	Sin aplicación de <i>Trichoderma</i> , solo agua de riego
T1	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-18
T2	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-4
T3	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-11
T4	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)
T5	Aplicación de M-18 al surco en el momento de la siembra
T6	Aplicación de M-4 al surco en el momento de la siembra
T7	Aplicación de M-11 al surco en el momento de la siembra
T8	Aplicación al surco en el momento de la siembra con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)
T9	Aplicación de M-18 al surco en la emergencia de las plantas
T10	Aplicación de M-4 al surco en la emergencia de las plantas
T11	Aplicación de M-11 al surco en la emergencia de las plantas
T12	Aplicación al surco en la emergencia de las plantas con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)

Las evaluaciones de las variables fueron realizadas de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo sobre 10 plantas/tratamiento:

1. Número de plantas emergidas y vivas a los 20 y 30 días de la emergencia (DDE) de más del 80%.
2. A los 60 d de desarrollo del cultivo, pero antes de los aporques, altura de la planta (cm), número de tallos/planta, diámetro del tallo (cm), número de hojas/planta, ancho y longitud del tercer foliolo (cm), tomado del ápice hacia abajo.
3. Fotosíntesis a los 1,5 y 2,5 meses de desarrollo del cultivo, al inicio de la floración, utilizando un equipo Bioscientific Ltd, modelo L.MAN-LCI año 2000 y tomando como estándar un área de hoja de 6,25 cm<sup>2</sup>, bajo una radiación constante de 200 cal cm<sup>-2</sup>.
4. A los 120 d de desarrollo del cultivo previo a la cosecha, altura de la planta (cm), longitud de la hoja (cm), número de folíolos/hoja, ancho y largo del tercer foliolo (cm) tomado del ápice hacia abajo, diámetro del tallo (cm), peso fresco y seco del follaje (g).
5. Durante todo el desarrollo del cultivo, a los 30, 45, 60, 75, 90 y 120 DDE, previo al corte de follaje, altura de la planta (cm). Al mismo tiempo se hicieron observaciones visuales a las plantas para constatar su sanidad.
6. En la cosecha, longitud (cm), peso fresco y seco de la raíz (g) y número de tubérculos/planta; peso de los tubérculos (g/surco) con lo que se calculó el rendimiento estimado en kg ha<sup>-1</sup>. Asimismo, se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad costra negra en los minitubérculos, utilizando una escala de infección de tubérculos de 0 a 3, donde 0 significa tubérculos sin esclerocios y 3 tubérculos infectados con esclerocios que cubren más del 20% de la piel (García *et al.*, 2002).

Con los datos de incidencia de la enfermedad, se calculó el porcentaje de reducción de la rhizoctoniasis (%RR) por efecto de los

tratamientos, empleando la fórmula de Aponte (1986):

$$\%RR = 100 - 100 \left( \frac{\text{incidencia del tratamiento}}{\text{incidencia del testigo}} \right)$$

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la aplicación de cada uno de los 13 tratamientos por separado, se promediaron para tres repeticiones, obteniendo un total de 39 datos por variable, procesados a través del programa INFOSTAST Professional, versión 2.0. Cuando cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se aplicaron los análisis de varianza y las medias, entre los tratamientos se compararon según la prueba de Tukey (P<0,05); los que no siguieron una distribución normal, se analizaron estadísticamente mediante la prueba de Kruskal Wallis, para datos no paramétricos y a su vez sus medias se compararon mediante la prueba de Mann Whitney (P<0,05). Por su parte, en los datos de rendimiento fue usado la transformación de Log<sub>10</sub>, incidencia y reducción de la enfermedad fueron transformados aplicándoles la raíz cuadrada del porcentaje.

### Pruebas para confirmar la asociación *Trichoderma*-planta producto de la inoculación

Para confirmar la relación simbiótica de *T. asperellum* con las raíces de las plantas de papa del cv. "Andinita" y poder relacionar sus efectos de acuerdo a esta interacción, se realizaron estudios exploratorios cualitativos sobre relaciones biológicas de asociación endofítica, revisando la colonización y penetración de *T. asperellum* en las raíces de las plantas post-inoculación. Para ello, se realizaron cortes histológicos tiñendo las preparaciones con azul de lactofenol, observando a 40X de aumento para corroborar si las estructuras correspondían con las de *Trichoderma*. Además, se midió el crecimiento de colonias de *Trichoderma* desde las raíces que fueron sembradas sobre el medio de cultivo Agar-Papa-Dextrosa (PDA).

Por otro lado, en algunas raíces fue extraída la capa externa y luego rigurosamente desinfectada haciendo tres pases por alcohol isopropílico al 95% durante 2 min, intercalando con agua durante 1 min, posteriormente se sometieron a cámara humedad durante 3 días, la emergencia de micelio y conidiogénesis general de *Trichoderma* se observó mediante el uso de un microscopio-estereoscopio a 10X de aumento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre la emergencia de plantas de papa a partir de microtubérculos

En la Figura 1 se presentan los resultados de la emergencia de plantas a los 20 días después de la siembra. Se observan diferencias significativas entre los tratamientos, los tratamientos T1, T4 y T9, conforman un mismo

grupo estadístico superior a todos los demás que alcanzó 100% de emergencia; mientras que los demás tratamientos estuvieron en un mismo grupo inferior, conjuntamente con el testigo alcanzaron 90% de emergencia. Sin embargo, a los 30 días se pudo observar que el resto de las plantas fueron emergiendo hasta completar un 100% en todos los surcos sembrados.

En las casas de cultivo, las plantas mostraron características morfológicas en cuanto a color, forma y tamaño de las hojas y del tallo, típicas del cv “Andinita” de acuerdo a los descriptores reportados por García *et al.* (2005).

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 60 días de desarrollo del cultivo

En el Cuadro 2 se indican los resultados de la interacción entre las plantas de papa y las tres cepas endofíticas de *T. asperellum*, solas y su mezcla.



Medias sobre barras con letras desiguales difieren significativamente según la prueba de Kruskal Wallis/Man Whitney  $P < 0,05$ . N= 39.

Figura 1. Porcentaje de emergencia de plantas de papa cv. “Andinita”, provenientes de microtubérculos de papa, en el Campo Experimental Mucuchíes.

Cuadro 2. Indicadores del crecimiento de plantas y minitubérculos de papa cv. "Andinita". Datos del cultivo a los 60 días de desarrollo (25/08/11).

Tratamientos	Altura planta (cm)	N° tallos/planta	Diámetro tallos (cm)	N° hojas/planta	Ancho foliolos (cm)	Longitud foliolos (cm)
T1	43,17 cd	1,33 b	1,94 abcd	7,67 abc	7,83 ab	9,08 bcd
T2	42,17 cd	1,33 b	1,68 d	8,00 ab	7,00 b	8,47 bcd
T3	49,67 bcd	1,33 b	2,12 a	7,83 abc	7,67 ab	9,21 ab
T4	43,83 cd	1,33 b	2,03 ab	8,17 ab	8,00 ab	9,68 ab
T5	50,00 bc	1,33 b	2,00 ab	8,17 ab	6,00 b	7,27 cd
T6	53,83 abc	1,33 b	1,89 bc	9,33 ab	7,67 ab	9,28 ab
T7	3,50 abc	2,00 a	2,20 a	8,83 ab	7,67 ab	9,28 ab
T8	45,33 cd	1,67 ab	2,79 abc	8,67 ab	7,33 ab	8,88 bcd
T9	55,33 ab	1,33 b	1,79 bcd	9,33 ab	8,00 ab	9,68 ab
T10	53,83 abc	1,67 ab	1,87 bcd	8,67 ab	6,67 b	8,08 bcd
T11	63,00 a	2,00 a	1,96 abcd	10,00 a	8,00 ab	10,35 a
T12	52,50 abc	1,67 ab	1,95 abcd	10,17 a	6,67 b	8,40 bcd
T0	30,67 d	1,33 b	1,74 cd	4,67 d	6,33 b	6,54 d
CV (%)	8,25	1,01	1,97	3,12	6,45	

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o  $\infty$ Kruskal Wallis/Man Whitney para  $P < 0,05$ . N= 39.

Para la variable altura promedio, el mejor tratamiento resultó ser T11, donde las plantas alcanzaron el mayor promedio con 63 cm, estadísticamente similar a los tratamientos T6, T7, T9, T10 y T12, seguido de las plantas tratadas con T5, que mostraron también un buen comportamiento conformando un grupo intermedio con 50 cm; mientras que los demás tratamientos formaron grupos estadísticos similar al testigo (T0).

En relación a la variable número de tallos/planta, los mejores tratamientos resultaron T7 y T11, donde las plantas alcanzaron un total de dos tallos, formando el primer grupo superior estadístico, seguido de los tratamientos T8, T10 y T12, que conformaron un grupo estadísticamente relacionado; mientras que las plantas que interactuaron con los demás tratamientos se ubicaron en el grupo aparte inferior, conjuntamente con T0.

En la variable diámetro del tallo, se encontró que las plantas tratadas con T3 y T7, tuvieron un mejor comportamiento conformando el grupo superior estadístico; seguido de T1, T4, T5, T8 y T12. Con los otros tratamientos, las plantas tuvieron un comportamiento igual o inmediatamente superior a los testigos y ocuparon el grupo heterogéneo inferior.

Para la variable número de hojas/planta, se observó que las plantas indistintamente del tratamiento aplicado desarrollaron más hojas que las testigos y conformaron los grupos estadísticos superiores. En este caso los mejores resultados fueron encontrados con los tratamientos T11 y T12, alcanzando 10,00 y 10,17 hojas, respectivamente, formando un grupo superior y estadísticamente relacionado con los demás tratamientos; mientras que T0 se ubicó en el grupo inferior; de acuerdo a la prueba de Tukey  $< 0,05$ .

En cuanto a la variable ancho del foliolo, también se encontró que las plantas mostraron un comportamiento estadísticamente superior con todos los tratamientos, excepto con T2, T5, T10 y T12 que conformaron un grupo estadísticamente inferior conjuntamente con T0.

Para la variable longitud de foliolo, las plantas del tratamiento T11, tuvieron el mejor comportamiento estadístico, ubicándose en el primer grupo superior alcanzando 10,35 cm; seguido de T3, T4, T6, T7 y T9, que conformaron un grupo estadístico relacionado donde la longitud promedio de raíces estuvo entre 9,21 y 9,68 cm; mientras que los demás tratamientos se ubicaron en grupos estadísticos relacionados con el testigo, este último ocupó el inferior, donde las plantas alcanzaron 6,54 cm de longitud promedio.

### Efecto de la aplicación de *Trichoderma asperellum* sobre la tasa fotosintética de plantas de papa

En las Figuras 2A y 2B se muestra la tasa fotosintética a 1,5 y 2,5 meses, respectivamente. Asimismo, se observa que para la tasa fotosintética no se encontraron diferencias marcadas en las mismas, de acuerdo a la fecha de evaluación 1,5 y 2,5 meses de desarrollo del cultivo, pero sí de acuerdo a los tratamientos.

Los análisis estadísticos confirmaron que hubo diferencias significativas en la tasa fotosintética (Tukey  $P < 0,05$ ), a los 1,5 y 2,5 meses de desarrollo de las plantas, independientemente de la cepa usada. Todas las plantas inoculadas con cualquiera de las cepas de *T. asperellum*, mostraron mayor tasa fotosintética respecto al testigo.

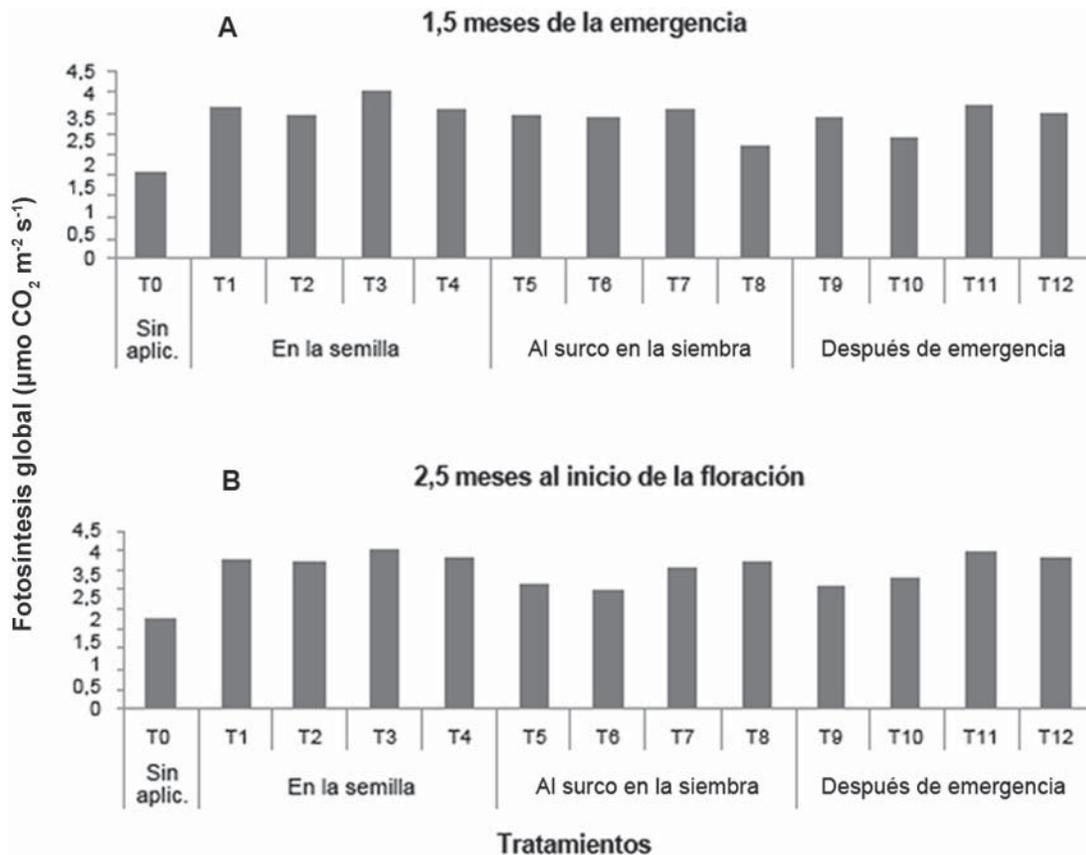


Figura 2. Tasa fotosintética de papa del cv. "Andinita", en el Campo Experimental Mucuchíes (junio-noviembre del año 2011).

La mejor respuesta se observó con el tratamiento T3, donde la tasa fotosintética alcanzó a  $4,00 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , a los 1,5 y 2,5 meses, respectivamente, que formaron un grupo estadístico superior y aparte, seguido de los demás tratamientos, que a su vez estuvieron por encima del testigo, el cual se ubicó en el grupo inferior con  $2,1$  y  $2,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , a los 1,5 y 2,5 meses, respectivamente.

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 120 días de desarrollo

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de las variables de crecimiento especificadas a los 120 d.

Para la variable longitud promedio de la hoja; las plantas tratadas desde la semilla previo a la siembra, alcanzaron una mayor longitud que estuvo entre 35,90 a 36,23 cm con T2 y T1,

seguido de las desarrolladas bajo el tratamiento T6 que alcanzaron 34,93 cm y de las plantas sometidas a los demás tratamientos, en relación T0 que presentó una altura inferior de 26,50 cm promedio ocupando el grupo estadístico inferior.

En cuanto a la variable número de folíolos/hoja, la mejor respuesta fue alcanza con los tratamientos T4 y T12, que presentaron 12,20 y 12,60 folíolos, respectivamente; ocupando un grupos estadístico homogéneo superior, seguido de los demás tratamientos y con relación a T0, que ocupó el grupo inferior bajo un promedio de 6,53 folíolos/hoja.

En relación al ancho del foliolo, las mejores respuestas fueron obtenidas con los tratamientos T4, T5, T6, T7, T8, T9 y T11 para la variable ancho del foliolo, que ocuparon grupos heterogéneos superiores, seguido de los demás tratamientos; con valores que estuvieron entre 7,77 a 9,30 cm; siendo estadísticamente superiores a T0 cuyo valor estuvo en 7,10 cm.

Cuadro 3. Indicadores del crecimiento de plantas de papa cv. "Andinita", en el Campo Experimental Mucuchíes. Datos del cultivo a los 120 días de desarrollo; tomados previo a la cosecha.

Tratamientos	Longitud hoja (cm)	N° folíolos/hoja	Ancho del foliolo (cm)	Longitud del folíolos (cm)	∞Diámetro del tallo (cm)
T1	36,23 a	8,47 abc	7,70 ab	12,20 ab	3,87 abcd
T2	35,90 ab	9,13 abc	7,52 b	11,48 b	3,35 cd
T3	35,20 abc	10,90 abc	7,54 b	12,39 b	4,23 a
T4	35,27 abc	12,20 a	7,80 ab	11,92 ab	4,07 ab
T5	33,83 bcde	8,40 abc	8,33 ab	12,90 ab	4,00 ab
T6	34,93 abc	7,17 bc	8,29 ab	11,73 ab	3,77 bcd
T7	30,67 d	9,90 abc	9,30 ab	12,37 ab	4,40 a
T8	33,43 bcde	7,73 bc	8,13 ab	12,57 ab	4,18 a
T9	29,82 de	9,57 abc	7,77 ab	11,95 ab	3,59 bcd
T10	31,63 de	11,17 ab	7,27 b	11,05 b	3,74 bcd
T11	32,07 cde	11,43 ab	8,34 ab	11,66 ab	3,91 abc
T12	32,97 bcde	12,60 a	7,40 b	11,30 b	3,90 abcd
T0	26,50 e	6,53 c	7,10 c	8,20 c	3,47 d
CV (%)	4,16	14,96	7,76	7,42	

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o ∞Kruskal Wallis/Man Whitney para  $P < 0,05$ . N= 39.

En la variable longitud del foliolo, la respuesta de la planta siguió la misma tendencia anterior con valores entre 11,05 y 12,90 cm en las plantas tratadas, superiores a T0, que presentó una longitud de folíolos de 8,20 cm.

Respecto al diámetro de los tallos, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, resultando T3, T4, T5, T7 y T8 superiores, con valores de 4,23; 4,07; 4,0; 4,40; 4,18 cm, respectivamente; seguido de los demás tratamientos; que a su vez fueron estadísticamente superiores a T0 (diámetro de 3,47 cm) ubicó en un grupo inferior.

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre la variable altura de las plantas y la sanidad aérea, durante su desarrollo

La Figura 3 demuestra el progreso en cuanto a altura/planta durante el desarrollo, bajo los diferentes tratamientos. Todas las curvas de altura de las plantas tratadas con *T. asperellum*, estuvieron por encima del testigo T0. Mientras

que la curva T11 estuvo por encima de todas las demás, lo cual confirma los resultados explicados previamente.

Durante todo el desarrollo del cultivo, las plantas se mostraron vigorosas y verdes, sin observar síntomas la enfermedad; debido a que provenían de un material de alta calidad de primera generación. Además, debido a que el sustrato donde fueron sembradas fue desinfectado previamente. Posiblemente, el nivel de inóculo de *R. solani* no era suficiente como para producir trastornos en las plantas. En condiciones naturales, el inóculo proviene normalmente de las aguas de riego, el viento y de esclerocios que quedan en las paredes de los canteros de la cosecha anterior.

En el testigo y en las plantas tratadas con M-18 se observó presencia de rhizoctonias y de otras enfermedades como candelilla tardía ocasionada por *P. infestans* (no sujeto a estudio en este trabajo) en baja incidencia.

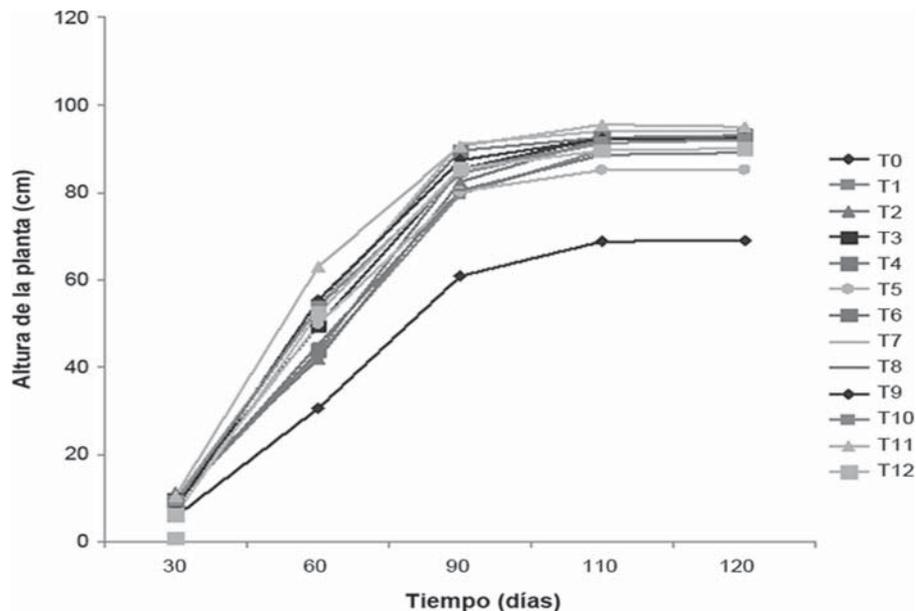


Figura 3. Curvas de progreso de altura promedio de plantas de papa cv. "Andinita" que fueron sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 120 días de desarrollo evaluadas previamente a la cosecha y en el momento de la misma

Los resultados de variables de crecimiento se presentan en el Cuadro 4, obtenidos previamente a la cosecha o en el momento de la misma.

En la variable altura hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, (Tukey < 0,05); siendo superior T11 y T7, que alcanzaron las mayores alturas con 95,50 y 93,97 cm, respectivamente; seguido de los demás tratamientos y, en referencia a T0, en el cual la altura promedio de las plantas fue inferior a todas las demás (68,87 cm).

Asimismo, los tratamientos T3 y T2 presentaron mayor peso fresco (199,34 y 196,73 g) y seco (64,78 y 60,97 g) promedio del follaje, conformando un grupo superior homogéneo; seguido de los tratamientos T1, T4, T9, T10, T11 y T12; que conformaron diferentes grupos heterogéneos intermedios; mientras que T0 se situó en el inferior con 116,73 y 32,9 g de peso fresco y seco, respectivamente.

Por su parte, los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11 y T12 presentaron las mayores longitudes de raíces, conformando un mismo grupo homogéneo, estadísticamente superior con valores que oscilaron entre 35,13 y 43,87 cm. Sin embargo, los tratamientos T1, T5 y T9, donde la longitud radical alcanzó entre 27,0 y 29,67, son similares al T0, el cual alcanzó 14,33 cm.

Cuadro 4. Indicadores del crecimiento de plantas de papa cv. "Andinita", sometidas a los tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes (junio-noviembre 2011). Datos del cultivo a los 120 días de desarrollo; tomados previo a la cosecha y en la cosecha.

Tratamientos	Previo a la cosecha			En la cosecha		
	Altura planta (cm)	Peso fresco del follaje (g)	Peso seco del follaje (g)	∞Longitud de la raíz (cm)	Peso fresco de raíces (g)	Peso seco de raíces (g)
T1	89,63 cd	174,50 ab	47,41 abcd	29,00 ab	216,33 def	67,06 def
T2	92,37 bcd	196,73 a	60,97 a	43,87 a	231,20 cdef	71,67 cdef
T3	92,43 bcd	199,34 a	64,78 a	35,13 a	447,33 a	138,67 a
T4	91,37 bcd	150,53 bcde	48,88 abc	36,00 a	365,00 abcd	113,15 abcd
T5	85,13 cd	120,33 cde	38,51 cde	27,00 ab	170,00 ef	52,7 ef
T6	92,57 bcd	120,20 de	38,47 cde	35,33 a	416,67 ab	129,17 a
T7	93,97 ab	122,67 bcde	39,25 bcde	35,13 a	385,87 abc	119,62 ab
T8	88,53 cd	119,07 de	38,1 de	34,33 a	228,33 bcdef	70,78 bcdef
T9	92,37 bcd	161,03 abc	50,37 ab	29,67 ab	220,00 cdef	68,20 cdef
T10	91,27 bcd	124,63 bcde	39,24 bcde	35,33 a	360,00 abcde	111,60 abcde
T11	95,50 a	163,87 abc	52,44 ab	36,00 a	370,00 abc	114,70 abc
T12	89,47 cd	141,40 bcde	45,76 bcde	40,00 a	310,00 abcdef	96,10 abcdef
T0	68,87 e	116,73 e	32,69 e	14,33 b	165,07 f	47,87 f
CV(%)				23,26		

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o ∞Kruskal Wallis/Man Whitney para P<0,05. N= 39.

En cuanto al peso fresco y seco de estas raíces, con la excepción de T1, T2, T5, T8, T9 y T12, todos los tratamientos con base a *Trichoderma*, fueron superiores al testigo en cualquier tiempo de inicio de aplicación, siendo el mejor T3 seguido de T6 y los demás tratamientos, que estuvieron por encima de T0, el cual resultó en un grupo estadísticamente inferior según la prueba de medias de Tukey  $< 0,05$ .

#### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de rendimiento de plantas de papa:

En la Figura 4 A y B, se presentan los resultados de las variables de rendimiento en cuanto a número de tubérculos/planta y el rendimiento

estimado en  $k\ ha^{-1}$ . Todas las plantas tratadas tuvieron un número de tubérculos superior a las no tratadas, bajo un coeficiente de variación de 4,33%.

Los mejores resultados fueron obtenidos con T11, T12 y T10, los cuales conformaron un grupo superior, cuyos valores promedio estuvieron en 7,12; 6,9 y 6,5 tubérculos/planta, respectivamente; seguido de los demás tratamientos y por encima de las testigos donde se encontraron 4 tubérculos/planta. Los tratamientos T3, T4, T10, T11 y T12 alcanzaron los mayores rendimientos promedio, estimados estadísticamente, entre 77.000 a 83.333  $k\ ha^{-1}$ ; y T0 estuvo muy por debajo, con 15.000  $k\ ha^{-1}$ .

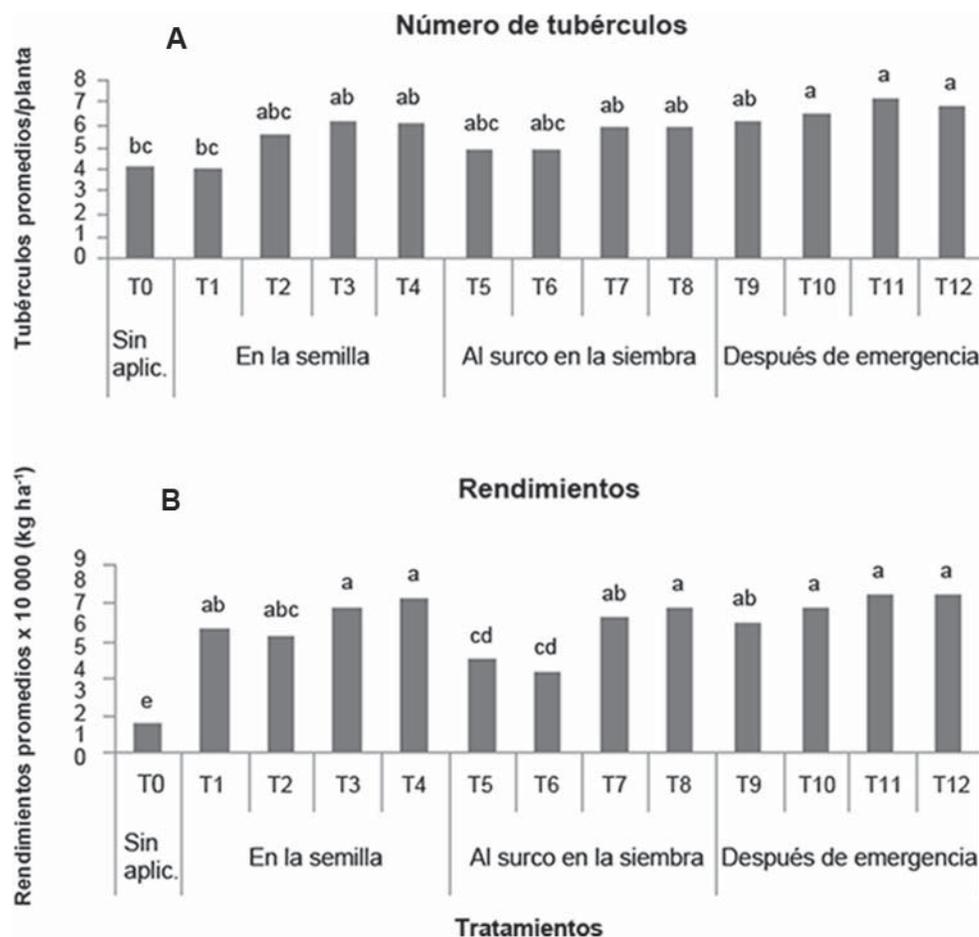


Figura 4. Rendimiento promedio de tubérculos obtenidos en la cosecha de papa del cv. "Andinita", provenientes de plantas sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

En la Figura 5, se pueden observar los tubérculos cosechados/surco/tratamiento de papa del cv. "Andinita", obtenidos en una de las réplicas del ensayo cosechado.



Figura 5. Tubérculos/surco/tratamientos de papa del cv. "Andinita", obtenidos en una de las réplicas del ensayo cosechado.

### Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre las variables incidencia, severidad de daño y reducción de rhizoctoniasis del cultivo papa

En la Figura 6 (A, B y C) se presentan los resultados en cuanto a incidencia de rhizoctoniasis, severidad de daño y reducción de la enfermedad en los tubérculos de papa cosechados. Se observó una mayor incidencia significativa de costra negra en los tubérculos provenientes de T0, en el cual alcanzó 20% (Figura 6A), seguido de T1 y T2, que representaron 18 y 17%, mientras que las menores incidencias 2,23 y 3,9% ocurrieron en los tratamientos T11 y T12, respectivamente. En los demás tratamientos la incidencia también estuvo por debajo del testigo T0.

La severidad de la enfermedad (Figura 6B), en general estuvo entre muy baja a mediana, con diferencias significativas entre las plantas tratadas. La mayor severidad de daño ocurrió

en T0 alcanzando grado 2 que se correlaciona con una mediana incidencia; seguido de T1 y T5 que llegaron hasta 1,5 grado que corresponde con una baja a mediana severidad de daño. Los demás tratamientos alcanzaron grado 1, muy baja severidad de daño, que es despreciable a los fines de certificación.

También se encontraron diferencias significativas en la reducción de la enfermedad en los tubérculos (Figura 6C), que estuvo entre 7 a 83% para los tratamientos T1 y T11. Las mayores reducciones fueron logradas con T11 y T12, mientras que las menores reducciones se lograron en los tratamientos T1 y T2, conjuntamente con T0 (indica 0 reducción).

### Pruebas para confirmar la asociación *Trichoderma*-planta producto de la inoculación

Entre los resultados de las pruebas realizadas para confirmar la asociación endofítica de las cepas del hongo y las raíces de las plantas, se encontró alta colonización de *T. asperellum* sobre la rizósfera de papa, además se observó la presencia de *Trichoderma* dentro de las raíces, donde se pudo visualizar el micelio y los cuerpos de fructificación de *Trichoderma* saliendo de las mismas. También se evidenció el desarrollo de colonias características de este hongo desde los trocitos de raíces sembrados bien desinfectadas en placas de Petri con el medio de cultivo PDA.

Con respecto a los resultados mencionados anteriormente, donde se encontraron diferencias entre los tratamientos en cuanto a la emergencia de las plantas a los 20 días de la siembra, estos se pueden explicar debido a que los tubérculos-semillas sembrados presentaban algunas diferencias en cuanto a tamaño de los grelos (tallitos) emitidos en la germinación, sin embargo, a los 30 días se alcanzó el 100% de emergencia en todos los tratamientos.

Por su parte, las plantas tratadas con cualquiera de las tres cepas de *T. asperellum* mostraron un comportamiento superior, aunque no fue significativa en todos los casos, a las no tratadas en las diferentes fases de desarrollo fenológico evaluadas, evidenciado por los incrementos

en las variables de crecimiento: altura de la planta, número de tallos, diámetro del tallo, número de hojas promedio/planta, longitud de la hoja, número de folíolos, ancho y longitud de los folíolos, tamaño de raíces, peso fresco y seco del follaje y raíces; una mejor respuesta

fotosintética y rendimiento en cuanto al número de tubérculo/planta y en kg ha<sup>-1</sup>; así como menor incidencia de la enfermedad, menor severidad de daño y una reducción significativa de la misma en cualquiera de los tres tiempos de aplicación.

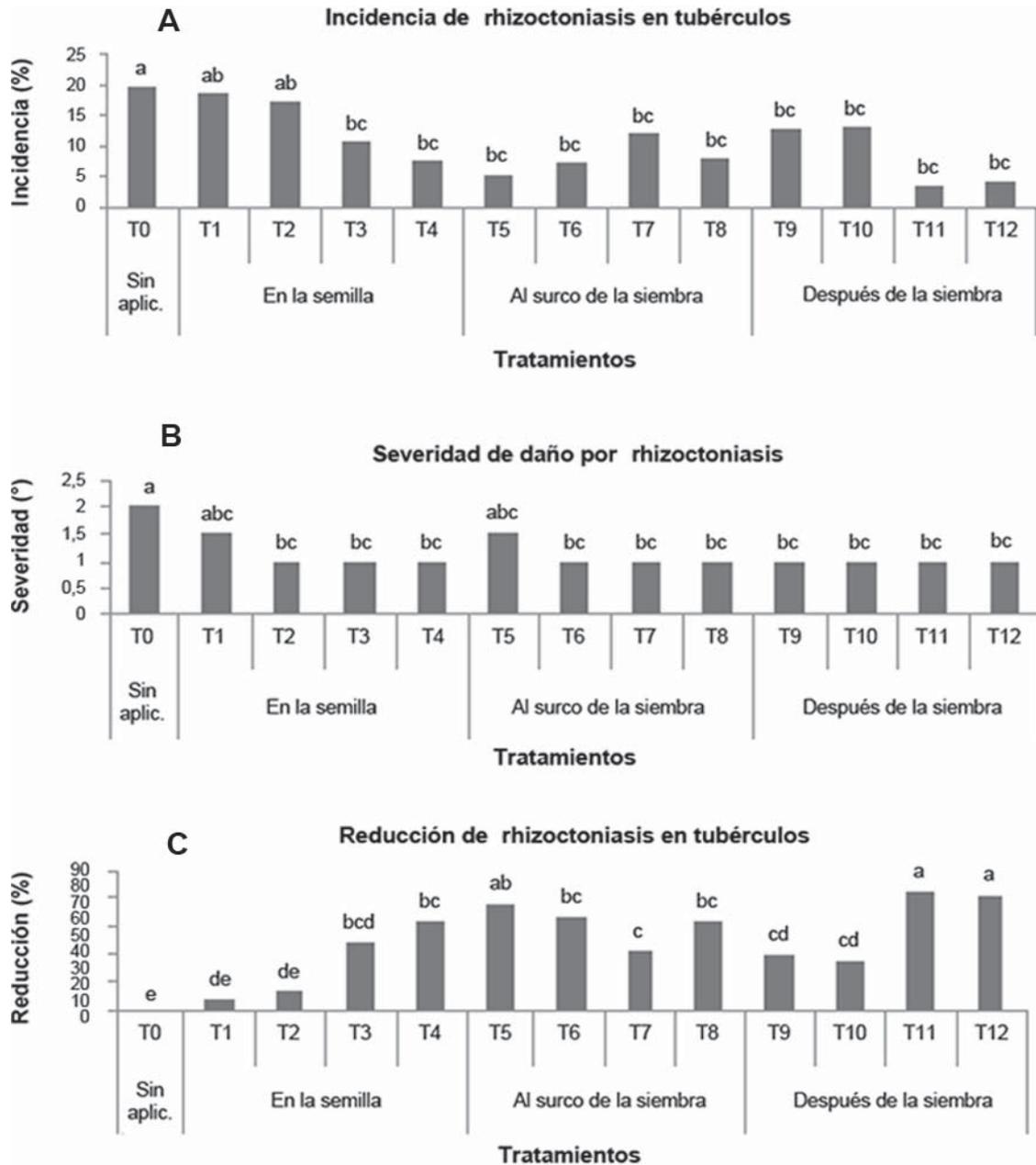


Figura 6. Incidencia (A), severidad de daño (B), reducción de rhizoctonias y (C) en tubérculos obtenidos en la cosecha de papa cv. “Andinita”, provenientes de plantas sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

La mayor tasa fotosintética en las plantas tratadas, tanto a los 1,5 como a los 2,5 meses de su desarrollo con relación a las testigos, se relaciona con los incrementos del crecimiento y desarrollo de estas plantas, fundamentalmente con las variables ancho y longitud de los folíolos y, longitud de las hojas; ya que hubo mayor lamina foliar para la fotosíntesis, además de la exigencia de las raíces y los rizomas en trasladación de sustancias al tener mayor desarrollo con los tratamientos; que se traduce en una mayor producción de azúcares, traslado y acumulación de estas en los tubérculos, con incrementos significativos en los rendimientos.

Por otro lado, las mejores respuestas fueron encontradas con M-11 y la mezclas de las tres (M-18+4+11), que ocuparon los más altos grupos estadísticos para todas estas variables de crecimiento, que al mismo tiempo mostraron la mejor capacidad de biocontrol, alcanzando bajas incidencias de rhizoctonias que estuvieron en 2,23 y 3,9% con baja severidad de daño (grado 1) y una reducción de la enfermedad de 83 y 80%, respectivamente, con relación a las plantas testigos que presentaron 20% de incidencia y mayor severidad de daño (grado 2) cuando las aplicaciones se hicieron en la emergencia. Estos tratamientos también mostraron los mayores rendimientos, conjuntamente con M-4 aplicados en la emergencia y en la semilla cuyos valores oscilaron entre 77 000 y 83 333 kg ha<sup>-1</sup>.

Estos resultados coinciden con los reportados en otros cultivos. Así Chet *et al.* (1997) afirmaron que la producción en los cultivos puede incrementarse hasta un 300% después de la inoculación de *T. hamatum* o *T. koningii*. Del mismo modo señalan un aumento considerable en la producción con semillas de plantas previamente tratadas con esporas de *Trichoderma* en experimentos llevados a cabo en un invernadero. Sin embargo, existen muy pocos reportes de cepas que producen factores de crecimiento (auxinas, citoquininas y etileno) que son detectados e identificados en el laboratorio.

Plantas *in vitro* de banano en etapa de vivero inoculadas con cepas de *T. atroviride*, obtuvieron un efecto positivo en la promoción de crecimiento para altura de la planta, diámetro

del pseudotallo y emisión foliar (Menjívar, 2005). Para este cultivo, Meneses (2003) encontró mayores valores en peso del sistema radical (39%) y sistema foliar (19%), así como un incremento en altura y diámetro del pseudotallo comparados con los del testigo absoluto. Por su parte, Pocasangre *et al.* (2004) determinaron pesos superiores del sistema radical y foliar en comparación con plantas no protegidas. A su vez, Cañizares (2003) obtuvo resultados similares, encontrando plantas *in vitro* inoculadas con endofíticos, con un 38% más de peso radical que el testigo.

También en Venezuela, Jiménez (2011) al evaluar la efectividad de productos con base a *T. harzianum* y una cepa nativa *T. koningiopsis* de la zona bajo estudio y el inductor químico Bion®, solos y combinados como inductores de resistencia a la pudrición blanca en ajo (*Allium sativum* L.) producida por *Sclerotium cepivorum*, Berk bajo condiciones de campo, encontró un efecto positivo en aquellos tratamientos donde se combinaron ambos inductores con un incremento del rendimiento, indicando que los mayores fueron en aquellas plantas tratadas con *T. koningiopsis* + Bion®, mostraron además los mayores contenidos de clorofila, peso fresco y seco aéreo e incrementos en altura de las plantas; lo que indica el efecto aditivo y a largo plazo de la resistencia inducida, bajo una disminución de la incidencia de la enfermedad y el área bajo la curva de progreso de la misma.

Este efecto de *Trichoderma*, en cuanto a los incrementos en el crecimiento y desarrollo de las raíces, se explica a través de varios mecanismos de acción. El hongo *Trichoderma* regula los niveles de auxinas en la rizósfera (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009) estimulando el crecimiento de las plantas (Chang *et al.*, 1986; Yedidia *et al.*, 2001), además de proteger el sistema radical con habilidad para modificar su ambiente circundante, pudiendo acidificar el suelo mediante la secreción de ácidos orgánicos, lo que resulta en el metabolismo de otras fuentes de carbono (glucosa), capaces de solubilizar fosfatos e intervenir en el equilibrio de micronutrientes y minerales. Por consiguiente, la adición de *Trichoderma* al suelo, resulta en la biofertilización por la solubilización del metal, incrementando la riqueza del mismo,

en forma tal, que puedan ser asimiladas por las plantas (Altomare *et al.*, 1999), lo que se traduce en un incremento de la productividad del cultivo (Harman, 2004).

La efectividad de acción de *Trichoderma* sobre *Rhizoctonia* spp. entre otros hongos, ha sido estudiado por diferentes autores (Carsolio *et al.*, 1999; El-Katatny *et al.*, 2001; Inbar *et al.*, 1996) quienes indican que la interacción inicial entre antagonista y fitopatógeno obedece a la acción de lectinas durante el proceso de reconocimiento y posteriormente se inicia la liberación al medio de diversas enzimas con actividad quitinolítica, glucanolítica, celulolítica y proteolítica para degradar las estructuras del hongo fitopatógeno y después nutrirse de los productos resultantes de la actividad enzimática (Goldman *et al.*, 1994).

Otros trabajos, demuestran la actividad micoparasítica de *Trichoderma* contra *Rhizoctonia* spp., observada con aislamientos de *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii*, *T. viride*, *T. virens* y *Trichoderma* sp. (Howell *et al.*, 2000; Jakhar *et al.*, 1998; Jeffries y Young, 1994; Lewis *et al.*, 1991). Asimismo, existen resultados similares en cuanto a la eficacia de aislados de este antagonista para controlar enfermedades causadas por *R. solani* en plantas de algodón, lechuga, berenjena, girasol, maíz y papa; logrando reducciones significativas del patógeno en estos cultivos (Durman *et al.*, 1999; Mathivanan *et al.*, 2000; García *et al.*, 2002).

## CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el presente trabajo permitieron determinar que las tres cepas de *T. asperellum* evaluadas interactuaron positivamente con las plantas de papa del cv. "Andinita" en cualquiera de los tres tiempos de inicio de aplicación, bajo las condiciones de las casas de cultivos de Mucuchíes; debido a la respuesta en cuanto a incrementos de todas las variables fisiológicas de crecimiento, fotosíntesis, rendimiento y resistencia frente al fitopatógeno *R. solani*. Además, las cepas presentaron una buena capacidad para biocontrol de *R. solani*.

Las mejores respuestas se obtuvieron en las plantas tratadas con la cepa M-11 y la mezcla de las tres (M-18, M4 y M11), aplicadas en la emergencia y en los microtubérculos-semilla previo a la siembra; alcanzando bajas incidencias y severidades de daños de rhizoctoniasis traducido en reducciones significativa de la enfermedad, igualmente mostraron los mayores rendimientos.

La cepa endofítica M-11 de *T. asperellum*, representa una alternativa de control de *R. solani* amigable con el ambiente; de tal manera que se recomienda su incorporación dentro de los componentes de manejo agroecológico del sistema de producción de papa destinado a la obtención de semilla de calidad genética y sanitaria; pudiendo ser innovado hacia otras casas de cultivos donde se esté produciendo este insumo, ello permitirá reducir el uso agrotóxicos en el manejo de la rhizoctoniasis.

Se confirma que la selección y especificidad de las cepas de *Trichoderma* es un elemento importante a tener en cuenta para ser utilizados como agente de biocontrol en programas de manejo de fitopatógeno.

Este es el primer reporte que evidencia la interacción positiva entre "Papa-*Trichoderma-Rhizoctonia*", al aplicar *T. asperellum* sobre plantas de este cultivo provenientes de microtubérculos regenerados *in vitro* en presencia natural de *R. solani*.

## LITERATURA CITADA

- Altomarre, C., W. A. Norvell, T. Björkman and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and Biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Env. Microbiol. 65:2926-2933.
- Aponte, O. 1986. Cuantificación de la enfermedad. Curso Internacional sobre enfermedades de cultivos y su control químico. Tomo I. Comisión de estudios de posgrado. Área fitopatología. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Lara. Venezuela. 50 p.

- Cañizares, C. A. 2003. Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones de plátano en la zona de Talamanca, Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 75 p.
- Carsolio, C., N. Benhamou, S. Haran, C. Cortez, A. Gutierrez and A. Herrera-Estrella. 1999. Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:929-935.
- Chang, Y. C., Y. Chang, R. Baker, O. Kleifeld and I. Chet. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 70:145-148.
- Chet, I., J. Ibar and I. Hadar. 1997. Fungal antagonists and mycoparasites. **In:** *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships* (Wicklow DT and Soderstrom B, eds.). New York: Springer Verlag. pp. 165-192.
- Chet, I., N. Benhamou and S. Haran. 1998. Mycoparasitism and lytic enzymes. **In:** *Trichoderma and Gliocladium*. Kubicek, C. P. y Harman, G. E. (eds). Taylor and Francis, Londres, Reino Unido. pp. 153-172.
- Contreras-Cornejo, H. A., L. Macías-Rodríguez, C. Cortés-Penagos and J. López-Bucio. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 149(3):1.579-1.592.
- Durman, S., A. Menéndez and A. Godeas. 1999. Evaluation of *Trichoderma* spp. as antagonistic of *Rhizoctonia solani* *in vitro* and as biocontrol in greenhouse tomato plants. *Rev Argentina de Microbiología.* 31(1):13-18.
- EL-Katatny, M. H., M. Gudelj, K. H. Robra, M. A. Elnaghy and G. M. Gübitz. 2001. Characterization of a chitinase and an endobeta-1,3-glucanase from *Trichoderma harzianum* Rifai T24 involved in control of the phytopathogen *Sclerotium rolfsii*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56(1-2):137-43.
- FAOSTAT. 2010. Venezuela Producción de Papa. Disponible en línea: <http://FAOSTAT.FAO.org/site/567/> [Consultado 10 de diciembre de 2010].
- García, R., A. García y C. Garnica. 1999. ¡Cuidado con la rhizoctoniasis de la papa! *Diario Frontera. Página Agropecuaria 5-C. Mérida.* 3 de enero.
- García, R., A. García y J. Garnica. 2002. Distribución, Incidencia y Alternativas de Control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa en el estado Mérida, Venezuela. *Revista Latinoamericana de la papa.* 13(1):24-40.
- García, R., R. Riera, C. Zambrano, A. García y A. Maggiorani. 2003. Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de enfermedades fungosas desarrolladas en sistemas agrícolas merideños. **In:** *Memorias del XVIII Congreso Venezolano de Fitopatología*, Maracay, 12-14 de noviembre de 2003.
- García, R. y J. Salas. 2005. Aspectos generales del cultivo de la papa. **In:** García R.; J. Salas y G. Ramos. (Eds.). *Producción de Semilla de Papa en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA N° 5.* Mérida, Venezuela. INIA. pp.18-29.
- García, R., R. Riera, C. Zambrano y L. Gutiérrez. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la Región andina venezolana. *FITOSANIDAD*10(2):115-121.
- Goldman, G. H., C. Hayes y G. E. Harman. 1994. Molecular and cellular biology of biocontrol by *Trichoderma* spp. *Trends Biotechnol.* 12(12):478-482.
- Gutiérrez, A. 2006. Estrategias para mejorar la comercialización de la papa en Venezuela ULA- FACES- CIAAL. Mérida, Venezuela. Disponible en línea: [http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/centros\\_investigacion/ciaal/publicaciones/presentaciones/agutierrez\\_papa\\_1.pdf](http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/centros_investigacion/ciaal/publicaciones/presentaciones/agutierrez_papa_1.pdf). [Consultado: 20 de mayo de 2011].
- Harman, G. E. 2004. Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on *Trichoderma harzianum* T22. *Plant Dis.* 84:377-393.

- Howell, C. R., L. E. Hanson, R. D. Stipanovic and L. S. Puckhaber. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathol.* 90(3):248-252.
- Hooker, W. 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 37-42 pp.
- Igarza, Y. 2011. Obtención de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L. subsp. *andigenum*) cv. 'Andinita' en Sistemas de Inmersión Temporal. Tesis doctoral. Escuela Socialista de Agricultura Tropical del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. Doctorado en Biotecnología Agrícola, Mención Vegetal. Maracay, Venezuela. 130 p.
- Inbar, J., A. Menendez and I. Chet. 1996. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Sclerotinia sclerotiorum* and its role in biological control. *Soil Biol. Biochem.* 28(6):757-763.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2011. Manual de Agrometeorología. Estadísticas Climáticas de Mucuchíes (Mimeografiado).
- Jakhar, S. S., M. S. Chauhan and J. C. Duhan. 1998. Management of root rot of cotton (*Gossypium species*) caused by *Rhizoctonia species*. *Plant Dis. Res.* 13(2):115-118.
- Jeffries, P. and T. W. K. Young. 1994. Biocontrol of Plant Pathogens. Interfungal Parasitic Relationships. CAB International, Wallingford. pp. 181-221.
- Jiménez, M. A. 2011. Evaluación de *Trichoderma* spp. y Acibenzolar-S-Metil (BION®) como inductores de resistencia a la pudrición blanca en ajo (*Sclerotium cepivorum* Berk). Tesis Doctoral. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 150 p.
- Korolev, N., D. D. Rav and Y. Elad. 2008. The role of phytohormones in basal resistance and *Trichoderma*-induced systemic resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*. *BioControl.* 53(4):667-683.
- Lewis, J. A. and G. C. Papavizas. 1991. Biocontrol of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in the field with formulations of *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. *Crop Protection.* 10(5):396-402.
- Mathivanan, N., K. Srinivasan and S. Chelliah. 2000. Biological control of soil-borne diseases of cotton, eggplant, okra and sunflower by *Trichoderma viride*. *Z. Pflanzenk. Pflanzen.* 107(3):235-244.
- Meneses, H. A. 2003. Utilización de hongos endofíticos provenientes de banano orgánico para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Tesis Msc. Turrialaba, CR. CATIE. 60 p.
- Menjivar, R. 2005. Estudio del potencial antagonista de hongos endofíticos para el biocontrol del nemátodo barrenador *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Costa Rica, Tesis Msc. Turrialaba, CR. CATIE. 40 p.
- Molina de Paredes, O. y A. M. Contreras. 2009. Análisis de los métodos de cálculo. *Visión gerencia.* 8(1):103-113.
- Pocasangre, L. E., A. Zumfelde, A. Meneses, C. Cañizares, A. E. Riveros, F. Rosales and R. A. Sikora. 2004. Manejo alternativo de fitonematodos en banano y plátano. In: Memorias, XVI reunión internacional de ACORBAT, Oaxaca, México. pp. 106-112.
- Reino, J. L., R. F. Guerrero, R. Hernández-Galán and I. G. Collado. 2008. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochem Rev.* 7(1):89-123.
- Salazar, L. 1995. Los virus de la papa y su control. Centro Internacional de la Papa. Perú. 226 p.
- Van Wees, S. C., Van der Ent, S. and Pieterse, C. M. 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr Opin Plant Biol.* 11(4):443-448.
- Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasitic of other soil fungi. *Phytopathology.* 22:837-845.

Yedidia, I., N. Benhamou and I. Chet. 1999. Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65(3):1.061-1.070.

Yedidia, I., A. K. Srivastva, Y. Kapulnik and I. Chet. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on Microelement Concentrations and Increased Growth of Cucumber Plants. *Plant and Soil*. 235(2):235-242.