

# INVESTIGACIONES

## CONTROL INTEGRADO DE *Phytophthora capsici* EN PIMIENTO. I. EFECTO DE HONGOS ANTAGONISTAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS<sup>1</sup>

### Integrated control of *Phytophthora capsici* in pepper. I. Effect of antagonist fungi on plant growth

Magdalena Cruz A.<sup>2</sup> y Viviana Cisterna O.<sup>2</sup>

#### S U M M A R Y

The effect of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and  $K_2HPO_4$  on the *in vitro* control of *Phytophthora capsici* and on the pepper plant growth was evaluated in replicated experiments. The radial growth of the pathogen was inhibited in cultures with both antagonists. *T. harzianum* and *G. virens* significantly increased ( $P \leq 0.05$ ) seed germination compared to the control without antagonist. The experiment was carried out twice. *T. harzianum* treatment in greenhouse revealed a significant increase of root length ( $P \leq 0.01$ ), root dry weight ( $P \leq 0.05$ ), plant height ( $P \leq 0.001$ ), leaf number ( $P \leq 0.001$ ), leaf dried weight ( $P \leq 0.01$ ), leaf area ( $P \leq 0.001$ ), stem diameter ( $P \leq 0.001$ ) and flowers per plant ( $P \leq 0.001$ ), related to the non-inoculated treatment. A principal component analysis, showed that the two first principal components accounted for 78% and 85% respectively of the total variation in the data of two greenhouse experiments. The interpretation agrees with plant growth, and the higher values corresponded to *T. harzianum* and *G. virens* treatments.

**Key words:** *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens*, *Phytophthora capsici*, biological and integrated control, pepper, *Capsicum annuum*.

#### INTRODUCCIÓN

*Phytophthora capsici* es un hongo habitante natural del suelo, que en determinadas condiciones es capaz de infectar y causar pudrición de raíces y parte aérea del pimiento (*Capsicum annuum*). Factores químicos, como elevado uso de fertilizantes, salinidad del suelo y efecto individual de macro y micronutrientes afectan el desarrollo de la enfermedad (Schmitthenner y Canaday, 1983). Sin embargo, el inicio de una epidemia está determinado principalmente por factores físicos del suelo, especialmente humedad y temperatura. Un excesivo contenido de agua favorece la reproducción de *P. capsici* y también la

predisposición del huésped a ser infectado, al alterar su metabolismo y disminuir la producción de fitoalexinas (Inbar *et al.*, 1994).

Los patógenos del suelo, en general, son controlados con tratamientos preventivos al terreno. Prácticamente la totalidad de los productos usados son altamente tóxicos y dañinos al ambiente. Es frecuente el uso de bromuro de metilo para esterilizar el suelo y de captan para el control de hongos que causan caída de plántulas; este último con antecedentes de efecto cancerígeno sobre mamíferos. El empleo de bromuro de metilo está siendo restringido a nivel mundial por el daño que provoca en la capa de ozono. Alrededor del 80% de todo el bromuro de metilo utilizado se emplea en la esterilización de suelo para determinados cultivos, y aproximadamente la mitad del producto aplicado es emitido hacia la

<sup>1</sup>Recepción de originales: 28 de octubre de 1997.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.

atmósfera (Consorti y Bartelloni, 1989; Karliner *et al.*, 1997; O'Neill, 1997).

Si bien el porcentaje de este producto usado en Chile, en relación con el volumen total a nivel mundial, es relativamente pequeño, debe tenerse en consideración que el bromuro de metilo es una neurotoxina altamente dañina a nivel del sistema nervioso central (Karliner *et al.*, 1997).

Pese a la alta toxicidad del bromuro de metilo, el control de *Phytophthora* y otras enfermedades radicales no es 100% efectivo, ya sea por fallas en la aplicación o por una recolonización del suelo tratado a través del agua de riego y herramientas de labranza contaminadas.

El empleo de otros fungicidas, como metalaxyl, además de elevar los costos, implica el riesgo de desarrollo de razas resistentes del hongo (Heller y Theiler-Hedtrich, 1994).

En relación con el control biológico, los hongos *Trichoderma harzianum* y *Gliocladium virens* son reconocidos antagonistas de otros hongos (Papavizas, 1985). Se ha informado su acción como potentes agentes biocontroladores de varios patógenos del suelo en invernadero (Chet, 1987; Sivan y Chet, 1992) y en condiciones de campo (Sivan y Chet, 1993). En algunos casos, aplicaciones de especies de *Trichoderma* en suelos libres de patógenos produjo un aumento del crecimiento de las plantas (Windham *et al.*, 1986; Baker, 1989; Kleifeld y Chet, 1992; Inbar *et al.*, 1994).

En atención a estos antecedentes se realizó un ensayo para evaluar el control integrado de la enfermedad y el efecto de los hongos antagonistas sobre el desarrollo de las plantas. Se consideró el uso de técnicas culturales tendientes a aumentar la población en el suelo de microorganismos capaces de efectuar un control biológico de *Phytophthora*, y a crear condiciones desfavorables al patógeno mediante la aplicación al suelo de sales inorgánicas de fósforo que en bajas concentraciones son inhibitorias del

crecimiento micelial de algunos hongos (Punja y Grogan, 1982; Fenn y Coffey, 1985; Reuveni *et al.*, 1995).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ensayos de laboratorio

– Selección y cultivo en agar papa dextrosa (APD) de aislaciones locales de *T. harzianum* y *G. virens*, obtenidas e identificadas en el Laboratorio de Fitopatología del INIA-Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán.

– Evaluación de antagonismo *in vitro* de *T. harzianum* y *G. virens* frente a *P. capsici*. Cultivos dobles del patógeno con cada uno de los antagonistas en estudio fueron sembrados en APD. Se utilizó discos de 0,5 cm de diámetro, provenientes de cultivos madres de 5 días. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones. El área ocupada por cada colonia fue evaluada después de 8 días de incubación a 23 °C. Cumplido ese período se tomó un disco desde la zona de avance de ambas colonias y se sembró en APD con benlate al 25% (APDB). El crecimiento de *Phytophthora* fue evaluado luego de cuatro días. Ocho días más tarde se repitió la siembra en APDB desde el cultivo doble y se evaluó también después de cuatro días. El ensayo se repitió dos veces.

– Efecto de *T. harzianum* y *G. virens* sobre el porcentaje de germinación de semillas de pimiento. Los tratamientos consistieron en cincuenta semillas cubiertas con conidias, por contacto directo con las colonias *in vitro* de cada hongo, más un testigo sin inocular, depositadas en cámara húmeda en placas de Petri. Se usó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Cada placa con 50 semillas correspondió a una unidad experimental. Las placas fueron mantenidas en estufa a 23°C, en oscuridad. La germinación, expresada en porcentaje, fue registrada después de 9 días.

– En una experiencia paralela se evaluó la emergencia de plantas en macetas. El suelo previa-

mente esterilizado fue distribuido en macetas de un kilogramo e inoculado con 10 cc de una suspensión con  $10^4$  esporangios/mL de *P. capsici*. Los tratamientos aplicados por maceta, consistieron en: Inoculación con 100 cc de una suspensión con  $10^6$  conidias/mL de *T. harzianum*; inoculación con igual volumen y concentración de *G. virens*; aplicación de 2 g de  $K_2HPO_4$ , y un testigo con suelo con *P. capsici* solamente. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con 5 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una maceta con dos plantas.

### Ensayos de invernadero

Macetas con un kg de suelo proveniente de un sector del Campo Experimental Santa Rosa (INIA-Quilamapu, Chillán), con antecedentes de ataque de *P. capsici* en las cuatro temporadas anteriores, fueron mezcladas con 100 g de un cultivo de *T. harzianum* y *G. virens*. Estos cultivos fueron preparados con avena Nehuén, la que, previo a la siembra con los hongos, fue esterilizada en autoclave tres veces. Los cultivos fueron incubados durante 15 días a 23°C.

El tratamiento testigo recibió avena sin inóculo. El  $K_2HPO_4$  se aplicó a razón de 2 g por maceta. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 5 repeticiones. El ensayo se repitió 2 veces. El primero fue evaluado a los 4 meses de crecimiento, midiéndose el largo y peso seco de raíces, altura de planta, número y peso seco de hojas y velocidad de fotosíntesis. Para esta última se usó un equipo portátil marca LI-COR Inc., modelo LI-6250. En el segundo ensayo de invernadero, evaluado después de 45 días de crecimiento, se midió largo y peso seco de raíces, altura de planta, número y peso seco de hojas, área foliar, diámetro del tallo y número de flores por planta.

### Ensayos de campo

En un sector del Campo Experimental Santa Rosa, con una alta incidencia de *Phytophthora capsici* en pimiento y ají en temporadas ante-

riores, se evaluó iguales tratamientos al ensayo de invernadero. *T. harzianum* y *G. virens* fueron multiplicados en avena, aplicándose 100 g por hilera de 2 m. El  $K_2HPO_4$  fue aplicado en dosis de 3 g por planta, disuelto en 100 cc de agua. Se usó un diseño experimental en bloques completos al azar, con 3 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 2 m de largo x 1,6 m de ancho. La distancia de plantación en la entrehilera fue de 40 cm y en la hilera de 7 cm. La plantación fue hecha sobre camellones de 40 cm de alto, con riego por surco sin alcanzar el cuello de las plantas. Se midió el peso y número de frutos, largo y peso seco de raíces, altura de planta, peso seco de hojas y velocidad de fotosíntesis en plantas de tres meses de edad.

Los resultados de todos los ensayos fueron sometidos a análisis de varianza y del Componente Principal (Chatfield y Collins, 1980).

## RESULTADOS

### Ensayos de laboratorio

#### Antagonismo *in vitro*

En los cultivos dobles de *Phytophthora* con sus antagonistas, hubo un crecimiento radial del patógeno similar al cultivo testigo de *Phytophthora* solo. Pero después de 3 a 4 días, cuando las colonias establecieron contacto, *Phytophthora* comenzó a tener un crecimiento asimétrico. En los tratamientos testigos *Phytophthora* cubrió la placa en alrededor de 10 días. En los tratamientos con *T. harzianum* y *G. virens*, hubo 77% y 85% de reducción del área de *Phytophthora*, en el primero y segundo ensayo, respectivamente (Cuadro 1).

En los cultivos en APDB a partir de discos de la zona de contacto de los cultivos dobles de ocho días (Cuadro 2), *T. harzianum* redujo en 50% el crecimiento de *Phytophthora* y *G. virens* en 100%. Ambas reducciones en relación con el testigo sin antagonista cultivado en APDB. En los cultivos efectuados a partir de siembras do-

**Cuadro 1. Área de la colonia de *Phytophthora capsici* en cultivos dobles con *Trichoderma harzianum* y *Gliocladium virens***

**Table 1. Colony area of *Phytophthora capsici* in dual culture with *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens***

	Área <i>P. capsici</i> (cm <sup>2</sup> ) en colonias de ocho días	
	Ensayo 1	Ensayo 2
	Testigo	39,02
<i>T. harzianum</i>	8,97	9,75
<i>G. virens</i>	8,86	9,56
EEM±	2,959	1,304

**Cuadro 2. Área de la colonia de *Phytophthora capsici* en APDB a partir de discos de cultivos dobles**

**Table 2. Colony area of *Phytophthora capsici* in benlate-PDA grown from discs of dual cultures**

	Área <i>P. capsici</i> (cm <sup>2</sup> )			
	Ensayo 1 Días		Ensayo 2 Días	
	8	16	8	16
Testigo	15,34	8,90	10,97	12,20
<i>T. harzianum</i>	7,64	1,05	5,06	0
<i>G. virens</i>	0,01	0,01	0,01	0
EEM±	2,658	1,219	2,959	

bles de 16 días, la reducción de *Phytophthora* fue de 88% con *T. harzianum* y de 100% con *G. virens*. En el segundo ensayo los resultados fueron similares.

### Germinación de semillas en placas

No hubo diferencias significativas de los tratamientos en relación con el testigo (Cuadro 3). Sin embargo, las semillas con *T. harzianum* presentaron una germinación de 80%, la que resultó significativamente mayor que aquella con *G. virens*, que tuvo un 50% de germinación ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 3. Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Gliocladium virens* sobre el porcentaje de germinación de semillas de pimienta**

**Table 3. Effect of *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* on the percentage of pepper seeds germination**

Tratamiento	Germinación (%)
<i>Trichoderma harzianum</i>	80,200
Testigo	67,767
<i>Gliocladium virens</i>	50,433
EEM±	5,512

### Emergencia en macetas

Los tratamientos con *T. harzianum* y *G. virens* presentaron un 85 y 55%, respectivamente, de plantas emergidas a los 18 días de la siembra, siendo significativamente diferentes del testigo sin tratar ( $P \leq 0,05$ ) (Cuadro 4). El tratamiento testigo y el tratamiento con  $K_2HPO_4$  presentaron una emergencia muy baja, de 20 y 15%, respectivamente.

**Cuadro 4. Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* y  $K_2HPO_4$  sobre la emergencia de plantas de pimienta en macetas**

**Table 4. Effect of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and  $K_2HPO_4$  on pepper plant emergency in pots**

Tratamiento	Emergencia (%)
<i>Trichoderma harzianum</i>	85,00
<i>Gliocladium virens</i>	55,00
Testigo	20,00
$K_2HPO_4$	15,00
EEM±	9,682

### Ensayos de invernadero

**Ensayo N° 1.** Hubo un efecto significativo de los tratamientos en el peso seco de raíces ( $P \leq 0,05$ ), número de hojas ( $P \leq 0,01$ ) y fotosíntesis ( $P \leq 0,05$ ) (Cuadro 5). No se presentó ataque de *P. capsici*.

**Cuadro 5. Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* y  $K_2HPO_4$  sobre el desarrollo de plantas de pimiento****Table 5. Effect of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and  $K_2HPO_4$  on pepper plant growth**

Tratamiento	Raíces		Hojas		Altura planta (cm)	Fotosíntesis ( $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )
	P. seco (g)	Largo (cm)	Nº	P. seco (g)		
Testigo	0,63	18,20	14,40	3,55	36,92	6,54
<i>T. harzianum</i>	0,51	18,60	13,20	2,65	34,20	9,26
<i>G. virens</i>	0,07	21,80	17,60	4,69	39,20	8,11
$K_2HPO_4$	0,83	25,80	18,80	4,04	39,20	7,35
EEM±	0,118	2,381	1,214	0,498	2,530	0,627

### Análisis del Componente Principal

**Cuadro 6. Vectores y valores propios extraídos de la matriz de correlación entre seis variables, para los dos primeros componentes principales****Table 6. Eigenvectors and eigenvalues from the correlation matrix of six variables, for the first and second principal component**

Variable	Vectores propios		Acumulat.
	Comp. Princ. 1	Comp. Princ. 2	
Largo raíz	0,398	0,217	
Peso seco raíz	0,445	-0,061	
Altura	0,399	0,052	
Número de hojas	0,494	-0,019	
Peso seco hojas	0,487	-0,087	
Fotosíntesis	-0,029	0,968	
Valores propios	3,673	1,031	
% de la variación	61,228	17,188	78,417

La dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales (Z1 y Z2) se presenta en la Figura 1. De acuerdo a la interpretación de estos resultados el mejor efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de las plantas se produjo con *G. virens*.

**Ensayo N° 2.** Hubo un efecto significativo de los tratamientos en el largo de raíces ( $P \leq 0,01$ ), peso seco de raíces ( $P \leq 0,05$ ), número de hojas ( $P \leq 0,001$ ), peso seco de hojas ( $P \leq 0,01$ ), área foliar ( $P \leq 0,001$ ), diámetro del tallo ( $P \leq 0,001$ ), número de flores por planta ( $P \leq 0,001$ ) y altura de planta ( $P \leq 0,001$ ) (Cuadro 7). No se presentó ataque de *P. capsici*.

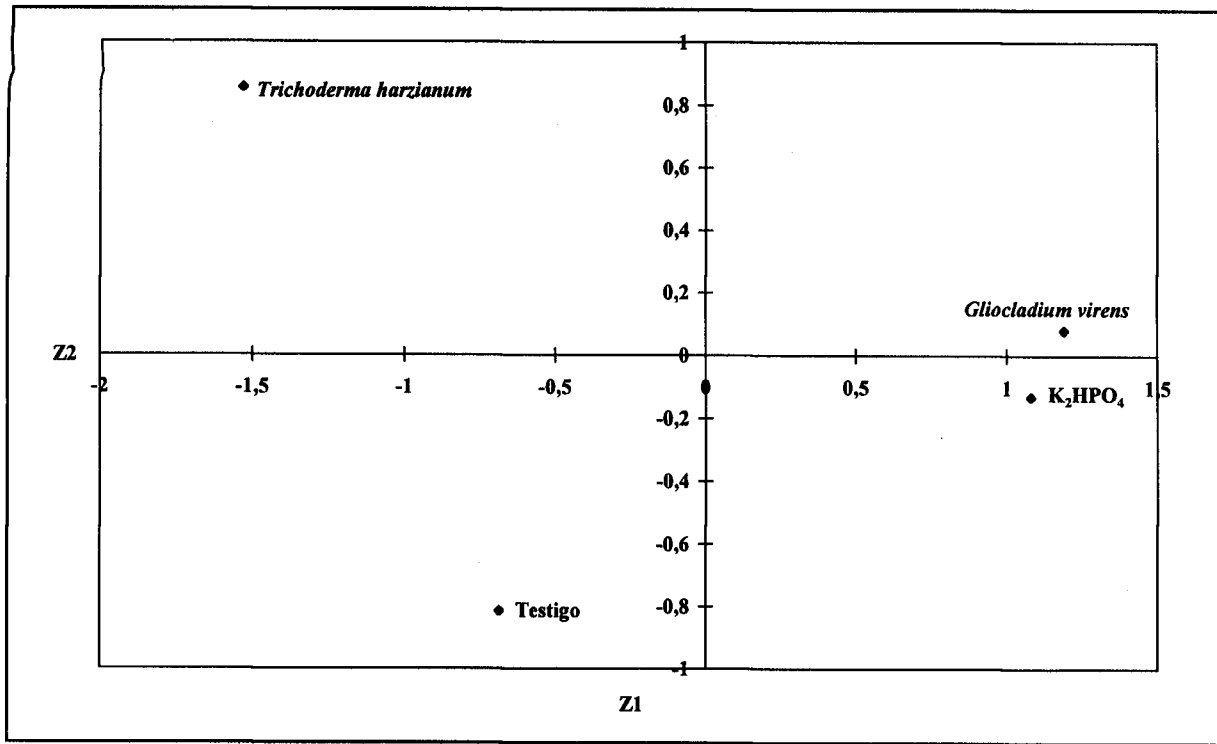


Figura 1. Dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales, Z1 y Z2.  
Figure 1. Plot of the treatments against values for the first two principal components scores, Z1 and Z2.

**Cuadro 7. Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* y  $K_2HPO_4$  sobre el desarrollo de plantas de pimiento en invernadero**

**Table 7. Effect of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and  $K_2HPO_4$  on pepper plant growth in greenhouse**

Tratamiento	Raíces		Hojas					
	Largo (cm)	P. seco (g)	Nº	P. seco (g)	Área (cm <sup>2</sup> )	D. tallo (mm)	Nº fl.	Alt. planta (cm)
Testigo	5,0	0,03	7,6	0,10	36,8	3,6	4,0	8,7
<i>T. harzianum</i>	6,9	0,05	9,2	0,30	104,2	5,2	7,4	11,6
<i>G. virens</i>	5,9	0,04	8,4	0,20	62,7	5,8	6,4	9,0
$K_2HPO_4$	4,7	0,01	5,4	0,03	11,0	5,6	0,2	4,5
EEM±	0,42	0,009	0,48	0,043	14,46	0,31	0,66	0,84

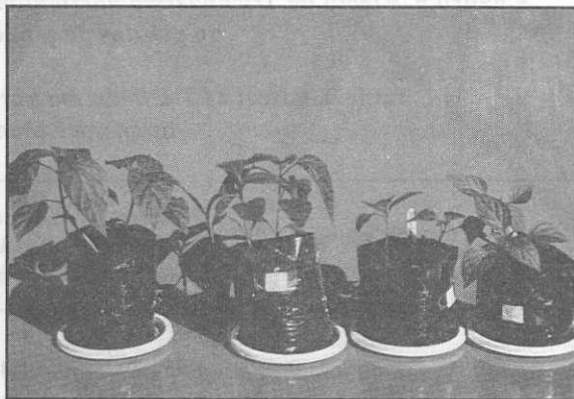
## Análisis del Componente Principal

**Cuadro 8. Vectores y valores propios extraídos de la matriz de correlación entre ocho variables, para los dos primeros componentes principales**

**Table 8. Eigenvectors and eigenvalues from the correlation matrix of eighth variables, for the first and second principal component**

Variable	Vectores propios		Acumulat.
	Comp. Princ. 1	Comp. Princ. 2	
Largo raíz	0,334	0,060	
Peso seco raíz	0,351	0,193	
Altura	0,396	-0,171	
Número de hojas	0,397	-0,122	
Peso seco hojas	0,400	0,073	
Area foliar	0,039	0,046	
Diámetro tallo	0,005	0,950	
Nº flores	0,365	-0,066	
Valores propios	5,715	1,091	
% de la variación	71,443	13,641	85,085

La dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales (Z1 y Z2) se presenta en la Figura 2. *T. harzianum* fue el tratamiento de mejor efecto sobre el desarrollo de las plantas, seguido de *G. virens* (Foto).



Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de las plantas. De izquierda a derecha macetas con aplicaciones de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens*,  $K_2HPO_4$  y testigo.

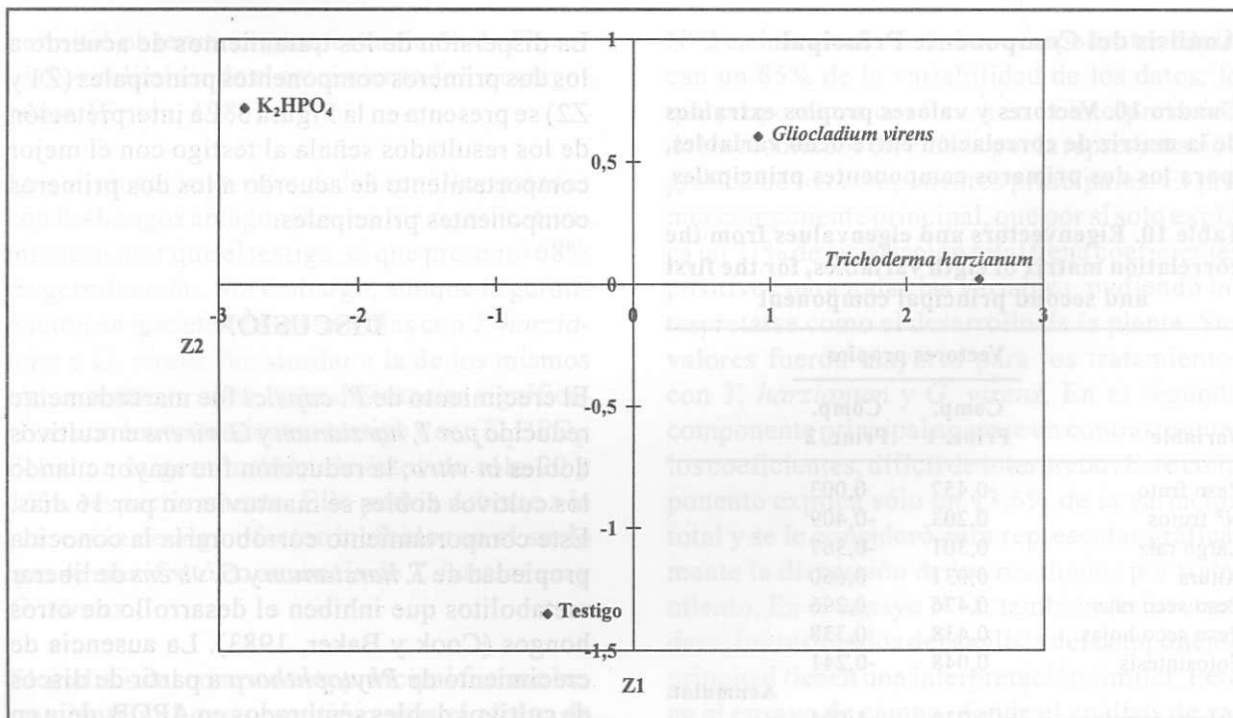


Figura 2. Dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales, Z1 y Z2.

Figure 2. Plot of the treatments against values for the first two principal components scores, Z1 and Z2

**Ensayo de campo.** No hubo efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 9). No se presentó ataque de *P. capsici*.

**Cuadro 9. Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* y  $K_2HPO_4$  sobre el desarrollo de plantas de pimienta en ensayo de campo**

**Table 9. Effect of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and  $K_2HPO_4$  on pepper plant growth in the field**

Tratamiento	N° fruto	P. fresco frutos (g)	Diametro tallo (cm)	Largo raíz (cm)	P. seco raíz (g)	P. seco follaje (g)	Altura planta (cm)
Testigo	22,00	1.954,70	1,43	21,00	4,95	35,12	33,67
<i>T. harzianum</i>	38,33	1.562,30	1,40	17,90	5,00	32,47	34,33
<i>G. virens</i>	35,00	1.550,70	1,43	17,67	4,99	34,97	33,00
$K_2HPO_4$	30,67	988,30	1,20	19,50	3,77	26,09	27,00
EEM ±	7,935	331,907	0,151	2,430	0,633	4,921	2,173

### Análisis del Componente Principal.

**Cuadro 10. Vectores y valores propios extraídos de la matriz de correlación entre ocho variables, para los dos primeros componentes principales**

**Table 10. Eigenvectors and eigenvalues from the correlation matrix of eighth variables, for the first and second principal component**

Variable	Vectores propios		
	Comp. Princ. 1	Comp. Princ. 2	
Peso fruto	0,457	0,003	
N° frutos	0,203	-0,409	
Largo raíz	0,301	-0,367	
Altura	0,031	0,660	
Peso seco raíz	0,476	0,296	
Peso seco hojas	0,438	0,338	
Fotosíntesis	0,048	-0,241	
			<b>Acumulat.</b>
Valores propios	2,739	1,904	
% de la variación	39,130	27,210	66,340

La dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales (Z1 y Z2) se presenta en la Figura 3. La interpretación de los resultados señala al testigo con el mejor comportamiento de acuerdo a los dos primeros componentes principales.

### DISCUSIÓN

El crecimiento de *P. capsici* fue marcadamente reducido por *T. harzianum* y *G. virens* en cultivos dobles *in vitro*; la reducción fue mayor cuando los cultivos dobles se mantuvieron por 16 días. Este comportamiento corroboraría la conocida propiedad de *T. harzianum* y *G. virens* de liberar metabolitos que inhiben el desarrollo de otros hongos (Cook y Baker, 1983). La ausencia de crecimiento de *Phytophthora* a partir de discos de cultivos dobles sembrados en APDB, deja en evidencia el efecto desvitalizador de los antagonistas sobre este patógeno. El uso de benlate



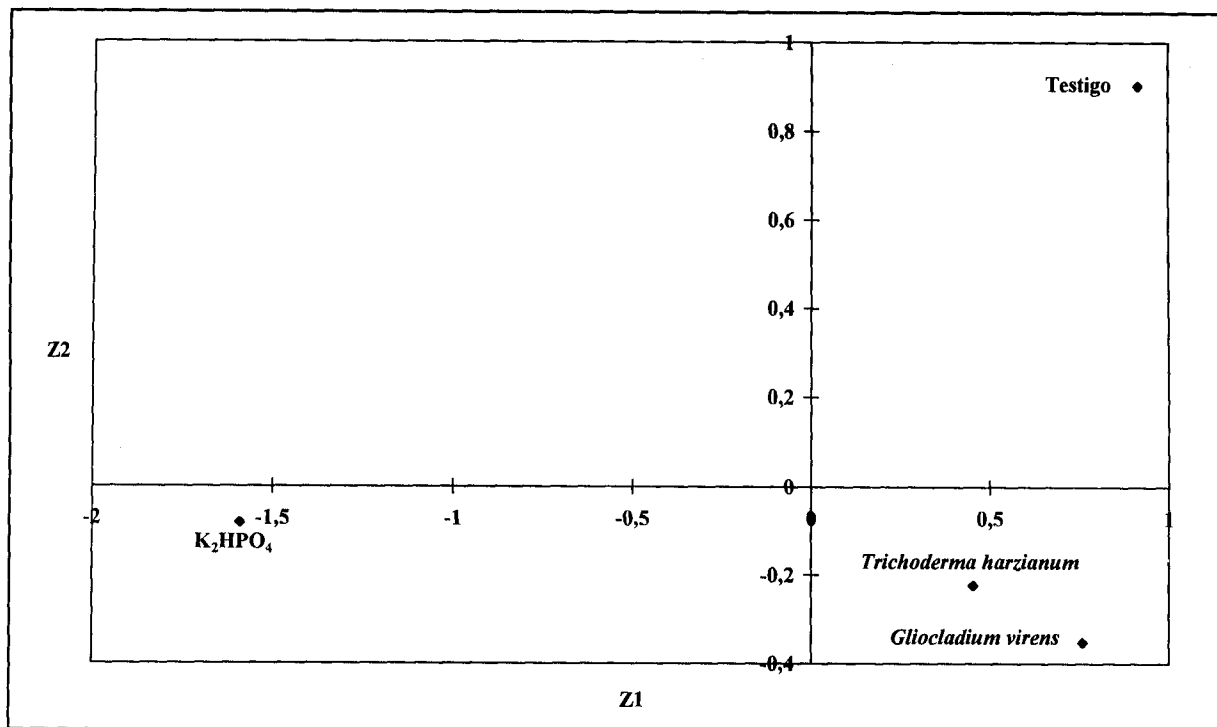


Figura 3. Dispersión de los tratamientos de acuerdo a los dos primeros componentes principales, Z1 y Z2.  
Figure 3. Plot of the treatments against values for the first two principal components scores, Z1 and Z2.

permitió observar el comportamiento de *Phytophthora* eliminando el crecimiento de los antagonistas (Erwin, 1983).

La germinación *in vitro* de las semillas tratadas con los hongos antagonistas no fue significativamente mayor que el testigo, el que presentó 68% de germinación. Sin embargo, aunque la germinación en macetas de las semillas con *T. harzianum* y *G. virens* fue similar a la de los mismos tratamientos *in vitro*, hubo diferencias significativas con los tratamientos testigo y con  $K_2HPO_4$ , debido a la germinación de éstos de sólo 20 y 15%, respectivamente. Ello podría deberse a la presencia de algún factor inhibidor en el suelo que se manifestó en ausencia de *T. harzianum* y *G. virens*.

El análisis del componente principal fue una herramienta útil que permitió reunir el efecto de todas las variables medidas en este ensayo en sólo dos componentes principales. En el ensayo

Nº 2 en invernadero, ambos componentes explican un 85% de la variabilidad de los datos, lo que proporciona confianza en la interpretación de los resultados efectuada por la representación gráfica de los componentes principales. El primer componente principal, que por sí solo explica un 71% de la variación total tiene coeficientes positivos para todas las variables, pudiendo interpretarse como el desarrollo de la planta. Sus valores fueron mayores para los tratamientos con *T. harzianum* y *G. virens*. En el segundo componente principal aparece un contraste entre los coeficientes, difícil de interpretar. Este componente explica sólo un 13,6% de la variación total y se le consideró para representar gráficamente la dispersión de los resultados por tratamiento. En el ensayo Nº 1, también de invernadero, los resultados del análisis del componente principal tienen una interpretación similar. Pero en el ensayo de campo, donde el análisis de varianza indicó que no hubo efecto de tratamiento, el 66% de la variabilidad de los datos aparece

repartida en los dos primeros componentes principales, con una diferencia menor entre ambos.

La ausencia de ataque de *P. capsici* en un sector donde en temporadas anteriores hubo un elevado daño por su causa podría deberse al sistema de plantación en camellones, donde el agua de riego no estuvo en contacto con el cuello de la planta y además proporcionó condiciones óptimas para la aireación de las raíces. La ausencia de la enfermedad en las plantas cultivadas en el mismo suelo en macetas en invernadero y regadas con agua potable podría estar relacionada con una mayor presencia de zoosporas del hongo en el agua de riego en el campo. Además, como el suelo utilizado en las macetas se trajo del campo a mediados de marzo, es posible que la sobrevivencia de *P. capsici* en el suelo mismo podría verse negativamente afectada por las condiciones ambientales en los meses estivales.

El efecto estimulador del crecimiento, expresado en el presente ensayo por un mayor porcentaje

de germinación, altura, peso seco, área foliar y velocidad de fotosíntesis de las plantas tratadas con *T. harzianum* y *G. virens*, coincide con observaciones realizadas por otros autores (Chang *et al.*, 1986; Paulitz *et al.*, 1986; Kleifeld y Chet, 1992; Inbar *et al.*, 1994; Stefanova y Sandoval, 1995; Smith, 1996). Varios mecanismos posibles han sido sugeridos para explicar este fenómeno. Entre ellos se considera, además del control de patógenos, la producción de fitohormonas, producción de vitaminas, conversión de formas no utilizables de productos a otras utilizables por la planta y aumento en la absorción y traslocación de minerales (Baker, 1989; Kleifeld y Chet, 1992).

A diferencia de lo observado por Reuveni *et al.* (1994), en relación con un notable aumento del crecimiento de plantas de maíz tratadas con aplicaciones foliares de  $K_2HPO_4$  para el control de *Puccinia sorghi*, en el presente trabajo no se observó en las plantas tratadas con esta sal un efecto estimulador del desarrollo de esa magnitud.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* y  $K_2HPO_4$  en el control de *Phytophthora capsici in vitro* y sobre el crecimiento de plantas de pimiento. El crecimiento radial del patógeno fue inhibido en cultivos con ambos antagonistas. *T. harzianum* y *G. virens* aumentaron significativamente ( $P \leq 0,05$ ) la germinación de semillas de pimiento en relación con el testigo sin antagonista. El tratamiento con *T. harzianum* incrementó el largo de raíces ( $P \leq 0,01$ ), peso seco de raíces ( $P \leq 0,05$ ), altura de planta ( $P \leq 0,001$ ), número de hojas ( $P \leq 0,001$ ), peso seco de hojas ( $P \leq 0,01$ ), área foliar ( $P \leq 0,001$ ), diámetro del tallo ( $P \leq 0,001$ ) y número de flores por planta ( $P \leq 0,001$ ), en

relación con el testigo. Se efectuó, además, análisis del componente principal, resultando los dos primeros componentes principales responsables del 78 y 85% de la variación total en dos ensayos de invernadero, respectivamente. Su interpretación corresponde al desarrollo de la planta y los valores más altos fueron para los tratamientos con *T. harzianum* y *G. virens*. El ensayo se repitió dos veces.

**Palabras claves:** *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens*, *Phytophthora capsici*, control biológico e integrado, pimiento, *Capsicum annuum*.

## LITERATURA CITADA

- BAKER, R. 1989. Improved *Trichoderma* spp. for promoting crop productivity. Trends in bio-technology 7: 34-38.
- CONSORTI, B. AND BARTELLONI, A. 1989. Soil sterilization with methyl bromide. Macchine e Motori Agricoli. IMA II Trattorista 47(10): 25-28.
- COOK, R.J. AND BAKER, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 539 p.
- CHANG Y-C.; BAKER, R.; KLEIFELD, O. AND CHET, I. 1986. Increased growth of plants in presence of the biological control of agent *Trichoderma harzianum*. Plant Disease 70: 145-148.
- CHATFIELD, CH. AND COLLINS, A.J. 1980. Introduction to multivariate analysis. University Press. Cambridge. 246 p.
- CHET, I. 1987. *Trichoderma* - application mode of action, and potential as biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. In: Chet, I. Innovative Approaches to Plant Disease Control. John Wiley and Sons. New York. p. 137-160.
- ERWIN, D.C. 1983. Variability within and among species of *Phytophthora*. In: *Phytophthora*. Its biology, taxonomy, ecology and pathology. Erwin, D.C.; Batnicki-García, S. and Tsao, P.H. (eds.). APS Press. 392 p.
- Heller, W.E. y Theiler-Hedtrich, R. 1994. Antagonism of *Chaetomium globosum*, *Gliocladium virens* and *Trichoderma viride* to four soil-borne *Phytophthora* species. J. Phytopathology 141: 390-394.
- FENN, M.E. AND COFFEY, M.D. 1985. Further evidence for the direct mode of action of Fosetyl -Al and phosphorous acid. Phytopathology 75: 1064-1068.
- INBAR, J.; ABRAMSKY, M.; COHEN, D. AND CHET, I. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. European Journal of Plant Pathology 100: 337-346.
- KARLINER, J.; MORALES, A. AND O'ROURKE, D. 1997. The barons of bromide: The corporate forces behind toxic poisoning and ozone depletion. The Ecologist. N° 27, May-June. p. 90-98.
- KLEIFELD, O. AND CHET, I. 1992. *Trichoderma*-plant interaction and its effect on increased growth response. Plant and Soil 144: 267-272.
- O'NEILL, T. 1997. Soil disinfection alternatives for methyl bromide. Agronomist N° 1. p. 4-6.
- PAPAVIZAS, G.C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, Ecology and Potential for Biocontrol. Ann. Rev. Phytopathol. 23: 23-54.
- PAULITZ, Y.; WINDHAM, M. AND BAKER, R. 1986. Effect of pea vermiculite mixes containing *Trichoderma harzianum* on increased growth response to radish. Journal of the American Society of Horticultural Science 111: 810-814.
- PUNJA, Z.K. AND GROGAN, R.G. 1982. Effect of inorganic salts, carbonate-bicarbonate anions, ammonia, and the modifying of pH on sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 72 (6): 635-639.

- REUVENI, M.; AGAPOV, V. AND REUVENI, R. 1994. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systemic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. *Plant Pathology* 43: 245-250.
- REUVENI, M.; AGAPOV, V. AND REUVENI, R. 1995. Suppression of cucumber powdery mildew (*Spharotheca fuliginea*) by foliar sprays of phosphate and potassium salts. *Plant Pathology* 44: 31-39.
- SCHMITTHENNER, A.F. AND CANADAY, C.H. 1983. Role of chemical factors in development of *Phytophthora* diseases. In: Erwin, D.C.; Bartinicki-García, S. y Tsao, P.H. (eds.) *Phytophthora. Its biology, taxonomy, ecology and pathology*. APS Press. p. 189-196.
- SIVAN, A. AND CHET, I. 1992. Microbial control of plant diseases. In: Mitchell, R. (ed.) *New Concepts in Environmental Microbiology*. Wiley-Liss. p. 335-354.
- SIVAN, A. AND CHET, I. 1993. Integrated control of *Fusarium* crown and root rot of tomato with *Trichoderma harzianum* in combination with methyl bromide or soil solarization. *Crop Protection* 12: 380-386.
- SMITH, V.L. 1996. Enhancement of snap bean emergence by *Gliocladium virens*. *Hort-Science* 31(6): 984-985.
- STEFANOVA, M. Y SANDOVAL, I. 1995. Efectividad de biopreparados de *Trichoderma* spp en el control de hongos fitopatógenos de suelo. Instituto de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. Boletín Técnico N° 2. 22 p.
- WINDHAM, M.T.; ELAD, Y. AND BAKER, R. 1986. A mechanism of increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76(5): 518-521.