

# LA BIOFERTILIZACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Y CEBOLLA (*Allium cepa* L.). I. CRECIMIENTO VEGETATIVO

L. E. Pulido, N. Medina<sup>✉</sup> y A. Cabrera

**ABSTRACT.** The effect of single and combined inoculation was performed on a compacted eutric Red Ferralitic soil by means of seed coating and without mineral fertilization, on some tomato and onion seedling growth indicators studied in the experimental areas from the University of Ciego de Ávila, during two successive horticultural seasons. Four species of crop growth promoting rhizobacteria –PGPR- (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Burkholderia cepacia* and *Pseudomonas fluorescens*) and five species of arbuscular mycorrhizal fungi –AMF- (*Glomus clarum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *G. agregatum* and *G. versiculiferum*) were used. Seedling height and root length were the points of evaluation taken into account. As a result of the inoculation on tomato using *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* and *Burkholderia cepacia*, seedlings showed a similar quality to that achieved by means of mineral fertilization. The same result was observed in onion, only through inoculating by *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum*. Regarding AMF inoculation, the species *Glomus clarum*, *G. fasciculatum* and *G. mosseae* produced optimal seedling height and root length. Through PGPR+AMF coinoculations, seedling quality was superior to the one achieved using the best single inoculation variants. In this sense, the most effective combinations were *G. clarum* and *G. fasciculatum* with *A. brasilense* for tomato, as well as *G. clarum* and *G. fasciculatum* with *A. chroococcum* for onion.

**Key words:** biofertilizers, rhizobacteria, vesicular arbuscular mycorrhizae, growth, tomatoes, onions, planting stock

## INTRODUCCIÓN

Las hortalizas constituyen un grupo de cultivos fundamentales dentro de la producción agrícola, representando un renglón importante desde los puntos de vista tanto económico como social para muchos países, al

**RESUMEN.** En áreas experimentales de la Universidad de Ciego de Ávila, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado eútrico y durante dos campañas hortícolas sucesivas, se estudió el efecto de la inoculación, simple y combinada, mediante recubrimiento de las semillas y prescindiendo de la fertilización mineral, con cuatro y cinco especies, respectivamente, de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal –RPCV- (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas fluorescens*) y de hongos micorrízicos arbusculares –HMA- (*Glomus clarum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *G. agregatum* y *G. versiculiferum*), sobre algunos indicadores del crecimiento de posturas de tomate y cebolla, tomando como criterio de evaluación la altura y la longitud radical de las plántulas. Los resultados mostraron que, para el tomate, la inoculación con *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* y *Burkholderia cepacia* permitió obtener posturas de calidad equivalente a la alcanzada con la fertilización mineral, mientras que para la cebolla, solo *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* lograron que las posturas tuvieran dicha calidad. En relación con la inoculación con HMA, las especies *Glomus clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, para ambos cultivos, produjeron posturas con valores de altura y longitud radical considerados óptimos. Con las coinoculaciones de RPCV + HMA se lograron posturas de calidad superior a la alcanzada con las mejores variantes de inoculación simple, destacándose las combinaciones de *G. clarum* y *G. fasciculatum* con *A. brasilense* para el tomate y de *G. clarum* y *G. fasciculatum* con *A. chroococcum* para la cebolla.

**Palabras clave:** biofertilizantes, rizobacterias, micorrizas arbusculares vesiculares, crecimiento, tomate, cebolla, plantón de vivero

jugar un papel importante en la alimentación humana por su riqueza en vitaminas, ácidos orgánicos fácilmente asimilables, sales minerales y aceites esenciales, lo que ha motivado el incremento continuo de su producción a escala mundial.

En Cuba, tradicionalmente, la obtención de posturas de las plantas hortícolas se ha realizado en semilleros sobre suelo y con el empleo de fertilizantes minerales, los que, si bien es cierto, garantizan buena calidad de las posturas, pero al ser usados indiscriminadamente llegan a generar serios desequilibrios en los agroecosistemas por contaminación del suelo, el agua, el aire y los alimen-

Dr. L. E. Pulido, Profesor Auxiliar de la Facultad de Agronomía, Universidad Ciego de Ávila (UNICA), carretera a Morón, km 9½, Ciego de Ávila CP 69 450; Dr.C. N. Medina y Dr.C. A. Cabrera, Investigadores Titulares del Departamento de Biofertilizantes, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. CP 32 700.

✉ nmedina@inca.edu.cu

tos, pudiendo provocar su uso excesivo la degradación de los suelos y la resistencia a plagas, la destrucción de los controles naturales y hasta poner en peligro la salud humana (1).

Una de las posibles alternativas propuestas contra tal situación, es la biofertilización con microorganismos del suelo, la que constituye una tecnología racional que responde a la Agenda 21 de la Conferencia de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en lo referente a encontrar sustitutos o mejoras racionales de los procesos de producción que resultan nocivos para el medio ambiente. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preserva la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida, a largo plazo, en equilibrio con el entorno (2).

En la última década ha tomado auge, tanto por razones económicas como ecológicas, el empleo de los biofertilizantes en la producción agrícola (3, 4), incluyendo las especies hortícolas (2, 5, 6), destacándose su uso en la producción de posturas (7, 8). Dentro de los microorganismos del suelo que se han utilizado como inoculantes bacterianos, están las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), denominación empleada para describir a las bacterias que habitan preferentemente la rizosfera de las plantas y que tienen un efecto positivo sobre el desarrollo de los cultivos (9) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas cultivadas (10).

Teniendo en cuenta que el empleo de microorganismos edáficos como biofertilizantes requiere de estudios previos acerca del comportamiento de estos en diferentes sistemas suelo-planta, se desarrolló el presente trabajo, teniendo como objetivo el evaluar y proponer el uso de la inoculación simple o combinada con especies eficientes de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y hongos micorrízicos arbusculares (HMA), para obtener posturas de tomate y cebolla de calidad, sin la aplicación de fertilizantes minerales, mediante el efecto de estos microorganismos sobre el crecimiento de plántulas de dichas especies hortícolas en las condiciones de suelos Ferralíticos Rojos de la provincia Ciego de Ávila.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental fue realizado en el período comprendido entre los años 1996 y 1998 en áreas de la Unidad de Ciencia y Técnica «Juan Tomás Roig», perteneciente a la Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), situada a 21°47' de latitud norte y 78°17' de longitud oeste, sobre un suelo clasificado como Ferralítico Rojo compactado eútrico sobre caliza dura (11), Rhodic Ferralsol según *World Reference Base* (12). Sus principales características aparecen reflejadas en la Tabla I y

son representativas de las condiciones edáficas de las principales áreas en que se desarrollan los cultivos hortícolas en la provincia.

**Tabla I. Características del suelo en el horizonte húmico acumulativo (0-20 cm)**

a) Componentes de la fertilidad <sup>1</sup>					
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> (cmol. kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup>	P asim. (μg. g <sup>-1</sup> )	MO (%)	pH
0.38-0.47	9.0-10.0	2.5-4.0	51.0-56.0	2.15-2.38	6.9-7.4
b) Poblaciones microbianas					
Microorganismo			Población		
Microbiota total			8.96 x 10 <sup>7</sup> ufc. g <sup>-1</sup> suelo rizosférico		
<i>Azospirillum brasilense</i>			3.83 x 10 <sup>4</sup> ufc. g <sup>-1</sup> suelo rizosférico		
<i>Burkholderia cepacia</i>			2.36 x 10 <sup>4</sup> ufc. g <sup>-1</sup> suelo rizosférico		
<i>Azotobacter chroococcum</i>			1.10 x 10 <sup>2</sup> ufc. g <sup>-1</sup> suelo rizosférico		
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			2.25 x 10 <sup>3</sup> ufc. g <sup>-1</sup> suelo rizosférico		
Hongos micorrízicos arbusculares			20-50 esporas.50 g <sup>-1</sup> suelo		

<sup>1</sup>Cationes intercambiables: extracción con NH<sub>4</sub>OAc N, pH 7.0; K por fotometría de llama, Ca y Mg por complexometría; P asimilable: método Bray-P; materia orgánica: método Walkley-Black; pH: potenciometría

Las condiciones del clima en el período octubre a marzo de la etapa experimental fueron, en general, adecuadas para el establecimiento de especies hortícolas, tal como se refleja en la Tabla II para algunas de las principales variables climáticas, aunque existieron notables diferencias en el comportamiento de la precipitación entre campañas.

**Tabla II. Valores mensuales de algunas variables climáticas en el área experimental**

Variable	Campaña	Mes					
		Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Precipitación (mm)	1996-1997	162.1	91.4	107.6	25.2	0.2	70.1
	1997-1998	167.3	42.1	48.3	42.8	99.7	101.0
Temp. media (°C)	1996-1997	25.7	24.3	22.0	21.9	24.1	24.5
	1997-1998	25.7	25.4	23.4	23.1	22.4	23.1
Hum. relativa (%)	1996-1997	85.0	86.0	81.0	82.0	78.0	76.0
	1997-1998	83.0	85.0	82.0	81.0	78.0	77.0

Las investigaciones se realizaron en la fase de semillero del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv. Roma VF/ P 73 y la cebolla (*Allium cepa*, L) cv. Red creole, donde se estudiaron los efectos de la inoculación, simple y combinada, con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento de las posturas.

Para cada cultivo se realizaron dos experimentos, repetidos en tiempo durante las campañas hortícolas 1996-1997 y 1997-1998, donde se evaluaron, para selección por mejor efecto en cada cultivo, cuatro especies de RPCV y cinco especies de HMA. En la campaña 1997-1998 se estudiaron, además, las inoculaciones simples y combinadas de tres especies de RPCV y tres de HMA. En todos los experimentos (Tabla III) se incluyeron un testigo absoluto (sin fertilización mineral) y un testigo donde se aplicó la fertilización mineral recomendada (testigo de producción), ambos sin inoculación y el diseño experimental utilizado fue de Bloques al Azar con tres réplicas.

**Tabla III. Tratamientos evaluados para comparar y seleccionar especies en los dos cultivos**

Tratamiento	Variante
a) Inoculación simple con RPCV	
1	Testigo absoluto
2	Testigo de producción
3	<i>Azospirillum brasilense</i>
4	<i>Azotobacter chroococcum</i>
5	<i>Burkholderia cepacia</i>
6	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
b) Inoculación simple con HMA	
1	Testigo absoluto
2	Testigo de producción
3	<i>Glomus clarum</i>
4	<i>Glomus fasciculatum</i>
5	<i>Glomus mosseae</i> (México)
6	<i>Glomus aggregatum</i>
7	<i>Glomus versiculiferum</i> (Canadá)
c) Inoculación simple y coinoculación con RPCV y HMA	
1	Testigo absoluto
2	Testigo de producción
3	<i>G. clarum</i>
4	<i>G. fasciculatum</i>
5	<i>G. mosseae</i>
6	<i>A. brasilense</i>
7	<i>A. chroococcum</i>
8	<i>B. cepacia</i> <sup>1</sup>
9	<i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i>
10	<i>G. clarum</i> + <i>A. chroococcum</i>
11	<i>G. clarum</i> + <i>B. cepacia</i> <sup>1</sup>
12	<i>G. fasciculatum</i> + <i>A. brasilense</i>
13	<i>G. fasciculatum</i> + <i>A. chroococcum</i>
14	<i>G. fasciculatum</i> + <i>B. cepacia</i> <sup>1</sup>
15	<i>G. mosseae</i> + <i>A. brasilense</i>
16	<i>G. mosseae</i> + <i>A. chroococcum</i>
17	<i>G. mosseae</i> + <i>B. cepacia</i> <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tratamientos con *B. cepacia* solo en tomate

Con excepción de la rizobacteria *Azotobacter chroococcum* (cepa INIFAT 12), con la que se imbibieron las semillas en soporte líquido con un título de  $1.10 \times 10^8$  ufc. mL<sup>-1</sup>, la inoculación con las restantes RPCV se realizó por recubrimiento de las semillas, aplicando 1.5 g de inoculante para 1.5 y 5.0 g de semillas de tomate y cebolla, respectivamente. Las cepas y los títulos de cada inóculo fueron: *Azospirillum brasilense* (Sp 7) =  $3.55 \times 10^9$  ufc.g<sup>-1</sup>; *Burkholderia cepacia* (0057) =  $3.24 \times 10^9$  ufc.g<sup>-1</sup> y *Pseudomonas fluorescens* (J-143) =  $2.78 \times 10^9$  ufc.g<sup>-1</sup>, todos en soporte sólido (turba). Los hongos MA también se inocularon mediante recubrimiento de las semillas, a una dosis del 10 % de la masa de estas.

Los semilleros se establecieron en el período comprendido entre el 20 de octubre y el 15 de noviembre de cada año, contando cada tratamiento, por parcela, con un área total de 1 m<sup>2</sup> (área evaluada de 0,25 m<sup>2</sup>). Las normas de siembra fueron: 1.5 y 5.0 g.m<sup>-2</sup> de semilla para el tomate y la cebolla, respectivamente, y las posturas se mantuvieron en el cantero durante el número de días establecidos en los Instructivos Técnicos de cada cultivo (13, 14).

De igual forma, siguiendo las indicaciones de estos documentos, se realizaron todas las atenciones culturales requeridas. Ningún tratamiento recibió fertilización mineral, excepto el testigo de producción, al cual se le aplicó la dosis recomendada para cada cultivo ( $150-94-125$  y  $140-90-125$  kg.ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O para el tomate y la cebolla, respectivamente). Las fuentes de nutrientes utilizadas en la fertilización fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio.

Se evaluaron como indicadores del crecimiento de las plantas en el semillero, al momento del trasplante de las posturas (a los 25 y 55 días después de germinadas las semillas de tomate y cebolla, respectivamente) y en 20 plantas por réplica de cada tratamiento: a) la altura de la planta (cm), midiendo desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven, y b) la longitud radical (cm) de la raíz principal (tomate) y del grupo de raíces (cebolla). Como criterio de selección de las posturas se siguieron los índices recomendados en el Instructivo Técnico de cada cultivo (13, 14), según se refleja en la Tabla IV sin considerar predominio de un indicador sobre otro.

**Tabla IV. Rangos de valores óptimos de los indicadores de calidad de las posturas para cada cultivo**

Indicador	Tomate	Cebolla
Altura (cm)	16-20	16-18
Longitud radical (cm)	> 10	> 9

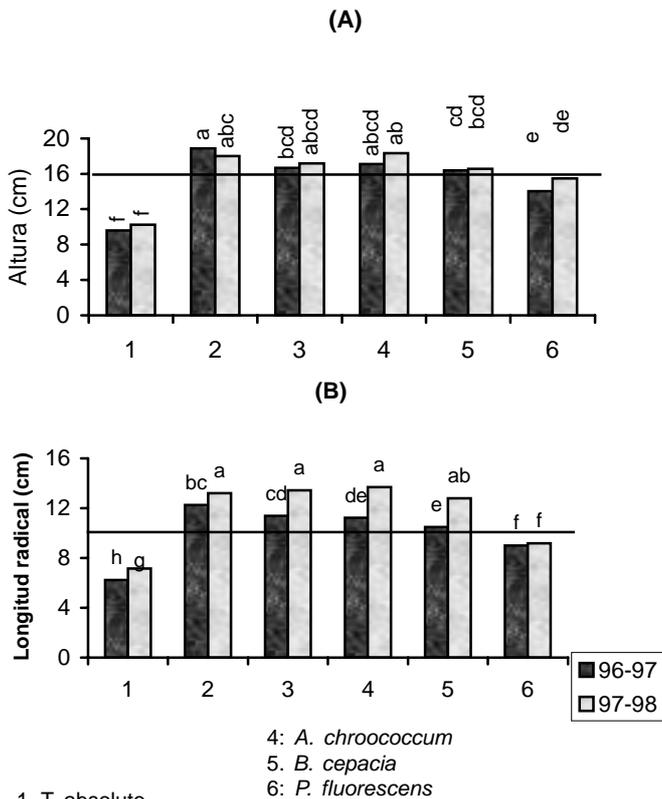
Todos los resultados experimentales fueron sometidos a análisis de varianza según el diseño experimental empleado y, en los casos en que existieron diferencias significativas entre las medias de tratamientos, se utilizó como criterio discriminante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan. En el procesamiento de toda la información fue utilizado el paquete de análisis estadísticos STATISTICA versión 6.0 sobre Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Inoculación con RPCV

*Tomate.* Los efectos de la inoculación con rizobacterias sobre la altura y la longitud radical de las posturas, en las dos campañas estudiadas, se muestran en la Figura 1.

Dentro de los tratamientos que proporcionaron posturas de calidad en cuanto a la altura (valores iguales o superiores al valor mínimo del rango óptimo del indicador, señalado por la línea horizontal en cada figura), se encuentran aquellos donde se inoculó con las rizobacterias *A. chroococcum*, *A. brasilense* y *B. cepacia* en la primera campaña, no ocurriendo así cuando se utilizó *P. fluorescens*, mientras que en la segunda campaña, las posturas obtenidas a partir de semillas inoculadas con esta última rizobacteria no se diferenciaron estadísticamente de aquellas inoculadas con *A. brasilense* y *B. cepacia*.



1. T. absoluto  
2. T. producción  
3. *A. brasilense*  
(Letras comunes no difieren a  $p < 0.05$  según prueba de rangos múltiples de Duncan)

**Figura 1. Crecimiento vegetativo de plántulas de tomate inoculadas con diferentes RPCV en dos campañas hortícolas**

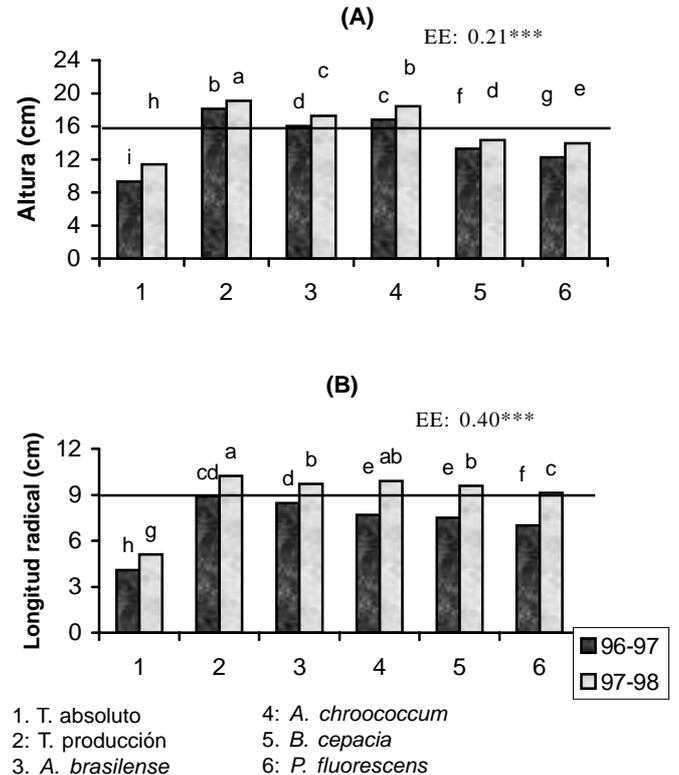
Las longitudes radicales de las posturas que se lograron en los tratamientos inoculados con las RPCV *A. brasilense*, *A. chroococcum* y *B. cepacia* se encontraron dentro del rango considerado adecuado, mientras que en aquellas inoculadas con *P. fluorescens*, en ambas campañas, no superaron el límite inferior del rango definido como óptimo.

Aunque al inocular con las rizobacterias más destacadas se obtuvieron posturas de adecuada calidad, tanto la altura como la longitud radical resultaron estadísticamente similares o inferiores al crecimiento provocado por la fertilización mineral (testigo de producción) en cada campaña, tratamiento donde siempre se obtuvieron posturas que reunieron las características exigidas para considerarlas óptimas, según ambos indicadores evaluados.

Por otra parte, los resultados que se alcanzaron con los testigos absoluto y de producción evidenciaron la necesidad de suministrar, mediante la fertilización mineral, los nutrientes requeridos para obtener posturas de calidad. Dichos resultados también pusieron de manifiesto el efecto favorable que se obtuvo al realizar inoculaciones, sin fertilización mineral, con las RPCV evaluadas. Esto último indicó, además, que las poblaciones nativas de dichos microorganismos o bien estaban constituidas por ecotipos no eficientes o se encontraban en niveles muy bajos.

Los incrementos obtenidos en los valores de los índices de crecimiento demostraron que todos los tratamientos inoculados con RPCV superaron al testigo absoluto, con valores para la altura que estuvieron en el rango 46.04-78.89 %, mientras que para la longitud radical dichos valores oscilaron entre 28.35 y 91.20 %.

*Cebolla*. En la Figura 2 se muestran los efectos de la inoculación con rizobacterias sobre los indicadores del crecimiento de las posturas de cebolla, en las dos campañas estudiadas.



**Figura 2. Crecimiento vegetativo de plántulas de cebolla inoculadas con diferentes RPCV en dos campañas hortícolas**

Para ambas campañas, los tratamientos que proporcionaron posturas de calidad adecuada en cuanto a la altura fueron el testigo de producción y aquellos inoculados con *A. chroococcum* y *A. brasilense*, destacándose que, con esta última, se lograron posturas de menor altura. Ningún tratamiento produjo en la primera campaña, un crecimiento radical tal que alcanzaran el mínimo del rango establecido como adecuado. Ya en la segunda campaña, tanto el testigo de producción como la inoculación con las RPCV *A. brasilense*, *A. chroococcum* y *B. cepacia* proporcionaron un crecimiento adecuado de las raíces.

Los incrementos del crecimiento provocados por las diferentes RPCV en la altura y la longitud radical de las plantas de cebolla permiten apreciar que, para el primer indicador evaluado, los valores respecto al testigo absoluto fueron superiores entre 22.15 y 80.86 %, mientras que la longitud radical aumentó en valores comprendidos entre 70.73 y 106.34 %.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el suministro de nutrientes mediante la fertilización mineral o la inoculación con las rizobacterias ensayadas, promovieron el crecimiento y desarrollo de las posturas, aún cuando en ocasiones, estas no alcanzaron las dimensiones requeridas para considerarlas adecuadas.

Los efectos de las diferentes rizobacterias sobre el crecimiento y desarrollo de especies hortícolas han sido señalados por diferentes autores. Así, al inocular semilleros de tomate con *Azotobacter sp.* más aplicaciones complementarias de fertilizantes minerales, encontraron estimulación de la germinación de las semillas y del desarrollo de las posturas, lo que les permitió lograr mayor número de plantas con igual cantidad de semillas y acortar la duración del período de semillero en comparación con la no inoculación (15). En otros estudios en distintos suelos cubanos, dirigidos a conocer el efecto de la inoculación con diferentes cepas de *Azotobacter* sobre el desarrollo de plántulas de diferentes variedades de tomate, luego de realizada la fertilización mineral, se encontró una marcada estimulación del crecimiento, que se manifestó en incrementos entre 30 y 100 % para la altura de las plantas y el diámetro del tallo, entre 20 y 50 % para el número de hojas y entre 35 y 50 % para la masa seca, mientras que el tiempo necesario para el trasplante se acortó entre siete y 10 días, con el consiguiente ahorro de agua, plaguicidas y mano de obra (15).

Se realizaron estudios de la microbiota en la rizosfera de algunos cultivos de importancia agrícola (16), aislando cepas de bacterias fosfolubilizadoras, las que junto a cepas autóctonas y comerciales de *Azotobacter* fueron utilizadas como biofertilizantes para tomate y pepino, cultivos a los que se les aplicó, además, fertilizantes minerales y se encontraron influencias positivas de los biofertilizantes sobre la germinación, el crecimiento, el desarrollo y los rendimientos de ambos cultivos.

Además de las diferencias edafoclimáticas, varietales y, tal vez, de manejo que puedan existir entre los procedimientos seguidos para alcanzar los resultados anteriormente referidos y los correspondientes a este estudio, se pone de manifiesto el hecho de que en los primeros se garantizó un nivel nutricional a las plantas por medio de la fertilización mineral, mientras que en este trabajo, las plantas biofertilizadas no recibieron ningún nutriente en forma mineral.

La estimulación del crecimiento de las plantas que provocan las RPCV se ha atribuido a diferentes mecanismos. Se citan a autores que atribuyen el efecto benéfico de dichas rizobacterias a la producción de fitohormonas, tales como auxinas, citoquininas y giberelinas, que contribuyen al desarrollo de las plantas al influir sobre el metabolismo de estas, ya sea inhibiendo o promoviendo su crecimiento y desarrollo, mientras que otros señalan que este grupo de microorganismos provoca el aumento en la absorción de agua y nutrientes por diferentes vías o mecanismos (17).

Para explicar el incremento en el desarrollo de las plantas, se hace referencia a la hipótesis aditiva (3), la cual plantea que, probablemente, más de un mecanismo está involucrado en la asociación planta-microorganismo, los que operan simultáneamente o en sucesión, ya sea en el aumento de la toma de agua y nutrientes, en la producción de fitohormonas o en el control biológico de fitopatógenos. En este sentido, se atribuye el adecuado vigor manifestado por las posturas de cebolla inoculadas con *A. chroococcum* al aporte de sustancias bioestimuladoras del crecimiento, tales como citoquininas, auxinas, giberelinas, aminoácidos y vitaminas, las que permiten la aceleración del desarrollo de las posturas (18). También, se ha planteado que estos microorganismos ejercen su efecto por medio de la fijación de  $N_2$  atmosférico, la síntesis de sideróforos, la producción de fitohormonas y enzimas, y la mineralización de nutrientes en la fracción orgánica del suelo (19).

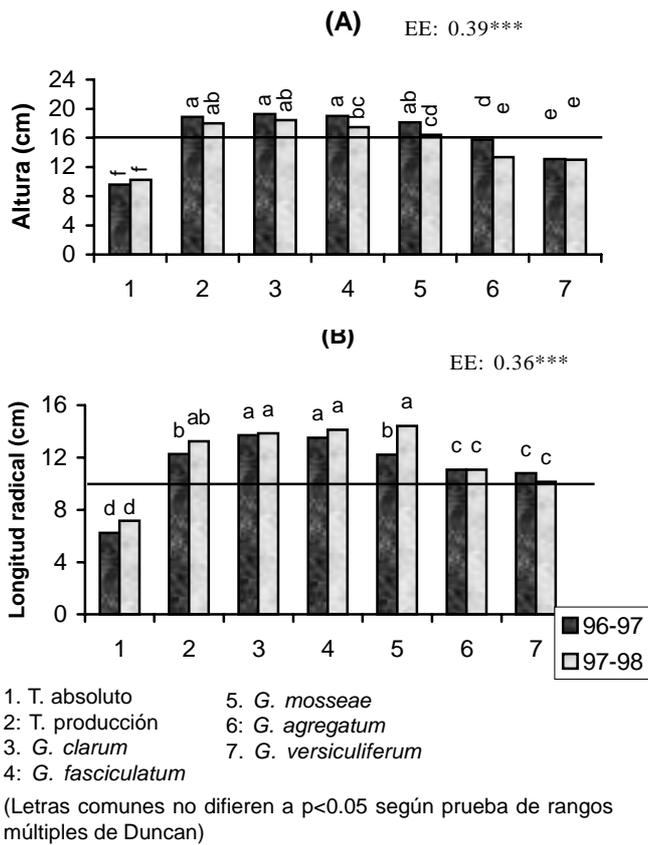
Sobre la base de lo antes expuesto, los resultados obtenidos para las dos especies hortícolas estudiadas pueden interpretarse como el efecto interactivo entre las RPCV, el suelo, la especie vegetal y el clima. Así, en ambas especies, se encontraron diferencias de comportamiento entre campañas; en el caso del tomate, referidas a la longitud radical y en la cebolla para los dos indicadores evaluados. Esto pudiera estar relacionado con la interacción entre las condiciones climáticas, la especie vegetal y las RPCV. Por otra parte, para el tomate, las RPCV más efectivas resultaron ser *A. chroococcum*, *A. brasilense* y *B. cepacia*, mientras que para la cebolla siempre lo fue *A. chroococcum* y, de forma inestable, *A. brasilense*.

La respuesta limitada de las especies vegetales estudiadas a la inoculación con *P. fluorescens* puede ser atribuida a que esta rizobacteria se caracteriza, además de suministrar sustancias activas del crecimiento, por incrementar la disponibilidad de fósforo en el suelo, lo que, unido a condiciones en que no se aplicó fertilizante nitrogenado y al bajo contenido de materia orgánica del suelo (Tabla 1a), pudo provocar un desequilibrio en la relación N:P, donde el nitrógeno actuó como un factor limitante en la nutrición del cultivo, incidiendo de modo adverso sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

## 2. Inoculación con HMA

**Tomate.** En la Figura 3 se muestran los efectos de la inoculación con HMA sobre la altura y la longitud radical de las posturas en las dos campañas estudiadas.

Los tratamientos que proporcionaron posturas de calidad en cuanto a la altura fueron aquellos en que se inoculó con las especies *G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*. Las especies *G. agregatum* y *G. versiculiferum* no proporcionaron incrementos en la altura de las plantas, de modo que superaran el límite inferior establecido. Por otra parte, todos los tratamientos inoculados con HMA produjeron una longitud radical en las posturas comprendida dentro del rango establecido como adecuado, destacándose que *G. agregatum* y *G. versiculiferum* fueron las que en menor medida incrementaron este indicador.

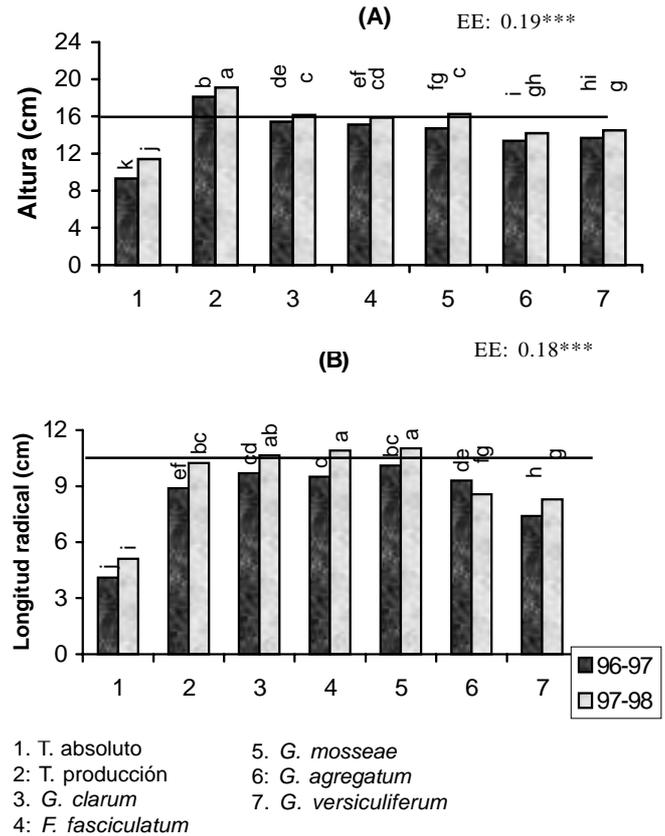


**Figura 3. Crecimiento vegetativo de plántulas de tomate con diferentes HMA en dos campañas hortícolas**

La altura y la longitud radical de las plantas inoculadas fueron superiores a los valores correspondientes al testigo absoluto, con incrementos en la altura que oscilaron, para ambas campañas entre 26.63 y 101.36 %, mientras que para la longitud radical los valores se encontraban entre 41.62 y 119.74 %. En relación con el testigo de producción, con las especies de HMA más destacadas, por lo general se obtuvieron posturas con alturas iguales o inferiores al valor de este, mientras que el crecimiento radical proporcionado por esas especies resultó igual o superior a dicho testigo.

Complementariamente, a partir de los resultados alcanzados por ambos testigos, quedó evidenciada la necesidad de suministrar los nutrientes requeridos para obtener posturas de calidad, así como el efecto favorable que ejercieron las inoculaciones con HMA. Esto último también indicó que las poblaciones autóctonas de estos hongos, en caso de existir, no fueron capaces de garantizar el adecuado crecimiento de las posturas por razones similares a las analizadas previamente para las poblaciones autóctonas de RPCV.

**Cebolla.** Los efectos de la inoculación con hongos micorrizógenos sobre los índices de crecimiento evaluados en las posturas de cebolla se presentan en la Figura 4.



**Figura 4. Crecimiento vegetativo de plántulas de cebolla con diferentes HMA en dos campañas hortícolas**

Con excepción del tratamiento en que se aplicó *G. versiculiferum*, con las restantes especies de HMA se logró alcanzar una longitud radical que satisfizo la referencia establecida como calidad adecuada. De esta forma, la inoculación con estos microorganismos provocó incrementos en la altura de las plantas que oscilaron entre 26.97 y 65.70 %, mientras que la longitud radical fue superior en todas las plantas inoculadas al compararlas al testigo absoluto, superando algunas de las especies al testigo de producción. Dichos incrementos oscilaron entre 62.75 y 146.34 %, respecto al testigo absoluto.

Nuevamente, al comparar los valores alcanzados por dichos testigos, se evidenció la necesidad de suministrar nutrientes para obtener posturas de calidad, o en su defecto, realizar inoculaciones con las especies que presentaron mejor efecto. Los resultados indicaron también que las inoculaciones con HMA promovieron en todos los casos el crecimiento y desarrollo de las posturas, aún cuando no siempre se lograron alcanzar las dimensiones requeridas para considerarlas con un vigor adecuado.

Se ha señalado que el beneficio del uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales, generalmente deficientes en P asimilable y donde el potencial de explo-

tación de estas es mucho mayor que en regiones de clima templado (4). En tal sentido, ha sido comprobado por diversos autores que la inoculación de las plantas con hongos MA provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes tales como el fósforo, el nitrógeno, los nutrientes secundarios y los micronutrientes (10).

Se ha planteado que la respuesta de las plantas a la inoculación con hongos micorrizógenos va a depender del nivel de fertilidad del suelo, del tipo de planta hospedera (fundamentalmente de las características del sistema radical) y de la especie de HMA (20, 21). Según estos mismos autores, se ha observado la existencia de diferencias intraespecíficas en la respuesta de las plantas a la inoculación micorrizica, así como que las especies de hongos MA también presentan diferencias interespecíficas de efectividad para absorber nutrientes y translocarlos hacia las plantas, aunque estas son muy bajas. Esto se confirma al resultar comunes, para las dos especies hortícolas estudiadas, la presencia de *G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae* como las especies que garantizaron mejor crecimiento de las posturas.

Resultados similares a los de este estudio para el tomate fueron alcanzados (22, 23); estos autores reseñaron a otros investigadores que también obtuvieron respuestas similares del cultivo a la micorrización y confirman que con ella resulta factible la sustitución, al menos parcial, del aporte de nutrientes en forma de fertilizantes minerales. Respecto a la cebolla, se confirma el efecto beneficioso de la micorrización sobre la producción de bulbos, de masa fresca total de la planta y el diámetro de bulbos (24, 25), siendo el aumento en la actividad fisiológica de la planta y un mayor porcentaje de infección los criterios a los cuales atribuyeron el incremento de la productividad, de la producción de masa seca y de la translocación de nutrientes.

El hecho de que el crecimiento radical fuera superior o igual al obtenido por el testigo de producción, al inocular ambas especies vegetales con *G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, ratifica lo señalado acerca del incremento que los hongos MA provocan en el sistema radical de las plantas (26), lo que viene dado por el abundante micelio intra y extraradical que desarrollan, el que constituye un enlace o puente entre las plantas y el suelo. Estos autores plantearon, además, que una especie de HMA puede diferenciarse de otra porque durante el establecimiento de la micorrización, se produce una respuesta defensiva, de carácter transitorio, por parte de la planta hospedera, por lo que el tiempo requerido para lograr el establecimiento de la simbiosis varía entre especies de hongos MA y, por consiguiente, la manifestación de sus efectos benéficos. Esto es un elemento a considerar para explicar el comportamiento mostrado por las especies *G. versiculiferum* y *G. agregatum*, las que incrementaron en menor medida la longitud radical. Otro aspecto a tener en cuenta lo constituye el hecho de que el comportamiento de cada HMA puede depender de la

relaciones que se establecen entre las especies autóctonas y los endófitos introducidos, que pueden ser de sinergismo o de competencia entre ambos.

En sentido general, el comportamiento manifestado por ambas especies vegetales permite afirmar que al inocular con las especies de HMA *G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, se pueden obtener posturas de calidad sin adición de fertilizantes minerales; no obstante, debe puntualizarse que la necesidad de añadir estos no se elimina inoculando las plantas con hongos MA, ya que ellos no producen ningún nutriente, sino que potencian el aprovechamiento de los fertilizantes, reduciendo, de esta forma, las cantidades a aplicar, aspecto donde radica su importancia práctica, debiendo esperarse que los efectos de los HMA sobre el crecimiento de las plantas sean más exitosos cuando son aplicados de forma conjunta con los fertilizantes.

### 3. Coinoculación con RPCV y HMA

A partir de los resultados obtenidos en los estudios de inoculación simple con RPCV y HMA, se seleccionaron las especies de cada grupo de microorganismos que más influyeron sobre el crecimiento de las posturas tanto de tomate como de cebolla, y con ellas se evaluó comparativamente, durante la campaña 1997-1998, su efectividad sobre el desarrollo de las plántulas al ser inoculadas de forma individual y combinada (coinoculación).

**Tomate.** En la Figura 5 se puede apreciar que aunque todas las coinoculaciones permitieron producir posturas que cumplieron con las exigencias mínimas de altura y longitud radical, con algunas de ellas se potenciaron los efectos individuales de las RPCV y los HMA, con otras se deprimieron los efectos ejercidos por cada microorganismo, o de ambos a la vez, cuando se inocularon de forma independiente, y con otras no se manifestó ni potenciación ni depresión de los efectos de cada grupo de microorganismos.

La altura de las posturas de tomate se vio favorecida con las combinaciones *G. clarum* + *A. brasilense*, *G. fasciculatum* + *A. brasilense*, *G. fasciculatum* + *A. chroococcum* y *G. mosseae* + *A. chroococcum*, obteniéndose con las dos primeras las posturas de mayor altura y, con los tres primeros tratamientos de los mencionados, se lograron posturas con alturas superiores a las obtenidas con la aplicación de fertilización mineral (testigo de producción). Esto indicó que el efecto individual de los microorganismos que componen las combinaciones mencionadas se potenció con la inoculación conjunta de ellos.

La combinación *G. mosseae* + *B. cepacia* produjo posturas de menor altura que las obtenidas con la inoculación de la rizobacteria en forma independiente, manifestación sugerente de antagonismo entre ambos microorganismos, mientras que las restantes coinoculaciones tuvieron comportamientos similares al de la RPCV o el HMA correspondiente.

La longitud radical de las posturas reflejó depresión de ella para las coinoculaciones *G. fasciculatum* + *A. chroococcum*, *G. mosseae* + *A. brasilense*, *G. mosseae* +

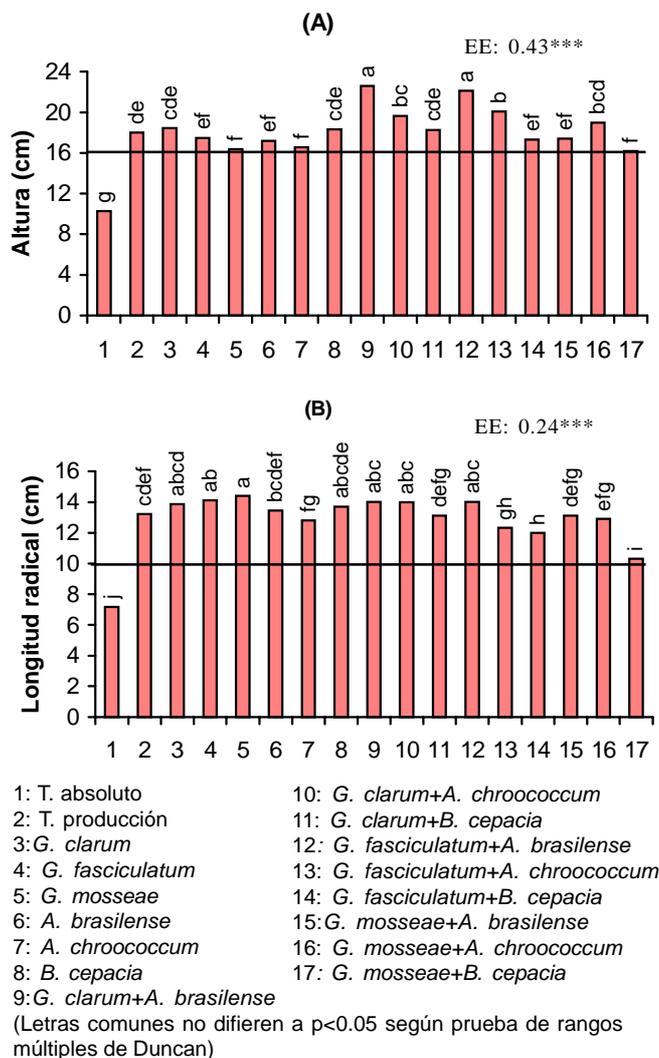
*A. chroococcum*, *G. fasciculatum* + *B. cepacia* y *G. mosseae* + *B. cepacia*. Las tres primeras combinaciones deprimieron el efecto de los HMA y las dos restantes el de ambos microorganismos.

Las restantes coinoculaciones no proporcionaron posturas con longitud radical diferente a las logradas con la inoculación independiente con el hongo MA correspondiente y ninguna coinoculación superó en su efecto al tratamiento con aplicación de fertilización mineral (testigo de producción).

La comparación entre el efecto de la coinoculación sobre la altura de las plantas y la longitud radical, no permite establecer reglas de comportamiento concluyentes. Coinoculaciones que no potenciaron el efecto individual de las rizobacterias y hongos MA para la altura (*G. clarum* + *A. chroococcum*, *G. clarum* + *B. cepacia*), tampoco funcionaron bien en la elongación radical o causaron depresión de este indicador (*G. fasciculatum* + *B. cepacia*, *G. mosseae* + *A. brasilense*). Coinoculaciones que potenciaron los efectos de los microorganismos (*G. clarum* + *A. brasilense*, *G. fasciculatum* + *A. brasilense*), no funcionaron sobre el crecimiento radical o causaron su depresión (*G. fasciculatum* + *A. chroococcum*, *G. mosseae* + *A. chroococcum*). La coinoculación que causó depresión en la altura (*G. mosseae* + *B. cepacia*) tuvo el mismo efecto sobre la longitud radical. Algunos estudios con *A. brasilense* (27) han demostrado que en ocasiones ocurre depresión o inhibición del crecimiento radical a pesar de incrementarse otros indicadores del crecimiento de la planta. Los resultados obtenidos indican que este comportamiento no es exclusivo de *A. brasilense*.

Al evaluar los incrementos de altura y longitud radical, comparando los tratamientos con inoculación simple con sus respectivas coinoculaciones, se encontró que las coinoculaciones superaron los efectos individuales de las RPCV en valores que oscilaron entre 6.58 y 23.93 %, exceptuándose de este comportamiento los tratamientos *G. fasciculatum* + *B. cepacia*, *G. mosseae* + *A. brasilense* y *G. mosseae* + *B. cepacia*. Al comparar los efectos de las coinoculaciones con los efectos individuales de los HMA, solo los superaron en altura las aplicaciones conjuntas de *G. clarum* + *A. brasilense*, *G. fasciculatum* + *A. brasilense*, *G. fasciculatum* + *A. chroococcum* y *G. mosseae* + *A. chroococcum*, con valores de incrementos que oscilaron entre 12.90 y 20.94 %. Solamente la coinoculación *G. clarum* + *A. chroococcum* incrementó en 2.21 % la longitud radical, al compararla con el efecto provocado por la rizobacteria aplicada de forma individual.

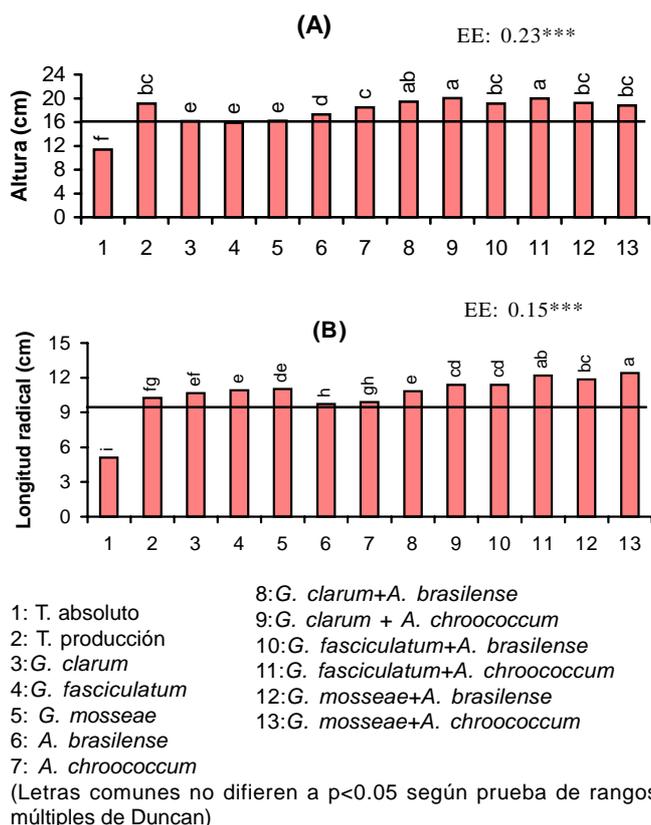
**Cebolla.** En la Figura 6, donde se comparan los efectos de las inoculaciones simples con los correspondientes a las respectivas coinoculaciones, se aprecia que con todas las combinaciones se obtuvieron posturas de calidad, destacándose que no hubo depresión del efecto individual de cada tipo de microorganismos en ningún caso.



**Figura 5. Crecimiento vegetativo de plántulas de tomate por efecto de inoculaciones y coinoculaciones con RPCV y HMA. Campaña 1997-1998**

A excepción de la combinación *G. mosseae* + *A. chroococcum*, con las restantes coinoculaciones se lograron posturas con altura superior a las obtenidas con los respectivos HMA y RPCV inoculados en forma independiente. Solo las combinaciones *G. clarum* + *A. chroococcum* y *G. fasciculatum* + *A. chroococcum* fueron capaces de producir posturas con alturas superiores a las logradas con la fertilización mineral (testigo de producción).

La altura de las plantas de cebolla se vio incrementada con las coinoculaciones donde estuvieron presentes los tres hongos MA evaluados (*G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*), superando estadísticamente a la inoculación simple con cada uno de ellos, con excepción de la coinoculación *G. mosseae* + *A. chroococcum*, que solo superó estadísticamente a los valores de altura obtenidos por el hongo, ya que para la rizobacteria fue igual. Los valores de incrementos con respecto a las rizobacterias estuvieron entre 7.75 y 11.16 %, mientras que con los HMA oscilaron entre 15.46 y 20.65 %.



**Figura 6. Crecimiento vegetativo de plántulas de cebolla por efecto de inoculaciones y coinoculaciones con RPCV y HMA. Campaña 1997-1998**

Para el crecimiento radical, únicamente en la combinación *G. clarum* + *A. brasilense* no se manifestó la potenciación del efecto individual de los microorganismos. Todas las coinoculaciones produjeron posturas de mayor longitud radical que las logradas con la fertilización mineral (testigo de producción). Este indicador morfológico presentó un comportamiento similar al de la altura, viéndose favorecido en presencia de las inoculaciones donde estaban *A. chroococcum* y *A. brasilense*, aplicadas cada una de ellas con los tres HMA evaluados, superando estadísticamente las coinoculaciones a la aplicación independiente de los respectivos RPCV y HMA, con excepción de la presencia conjunta de *G. clarum* + *A. brasilense*, al no diferenciarse estadísticamente de la longitud radical lograda por el HMA correspondiente. Se obtuvieron incrementos de la longitud radical con respecto a las RPCV entre 10.23 y 20.16 %, mientras que con los HMA estos oscilaron entre 4.30 y 11.12 %.

El predominio de efectos positivos logrados al coinocular esta especie hortícola con RPCV y HMA, a diferencia de lo encontrado con el tomate, sugiere la existencia de una interacción HMA-RPCV- especie vegetal.

Los resultados obtenidos confirman que la coinoculación, cuando funciona, no es más que un reflejo de los efectos de cada microorganismo individualmente, pero potenciado por el sinergismo que se establece entre ellos, según plantean varios autores (4, 28), los

que resumen los beneficios de esta acción y refieren que, mediante la red de micelio externo de los hongos MA, se pueden traslocar de forma más efectiva los productos de la actividad de las rizobacterias cuando conviven en la rizosfera de las plantas, así como que la respuesta de la planta a hongos MA involucra no solo al hongo, sino a todos los hongos y bacterias de «compañía» presentes (10). Ejemplo de esto es lo informado acerca de que las bacterias de vida libre como *Azotobacter* y *Azospirillum* aumentaron su población en la rizosfera de la planta hospedera al estar micorrizadas las raíces (4). Se han planteado aspectos similares sobre el sinergismo entre estos grupos de microorganismos que incluyen dentro de las causas que pudiesen motivar este efecto, el mejoramiento en la captación de nutrientes y la capacidad de producir cambios hormonales en la rizosfera (29).

Así, las rizobacterias pertenecientes al género *Pseudomonas*, al que está vinculada *B. cepacia*, producen compuestos difundibles y no volátiles que pueden reducir o estimular la germinación y el crecimiento hifal de los HMA (30). Entre estos compuestos se encuentran los antibióticos, sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas y etileno. Se ha encontrado que el crecimiento de las hifas de los HMA *G. fistulosum* y *G. mosseae* se inhibió con concentraciones micromolares de ácido indol acético (31).

Lo anteriormente expuesto ofrece posibilidades para explicar el comportamiento observado para la respuesta de la altura de las posturas de tomate ante la coinoculación de hongos MA con *B. cepacia*. La aplicación conjunta de *G. clarum* y *B. cepacia* no potenció los efectos individuales de cada microorganismo. Cuando dicha rizobacteria se inoculó conjuntamente con *G. fasciculatum*, hubo una clara tendencia a deprimir la altura, comportamiento que se hizo más marcado cuando se utilizó *G. mosseae*, lo que sugiere que este HMA y, en menor medida, *G. fasciculatum* responden negativamente a los compuestos producidos por *B. cepacia*. Por otra parte, y también en plántulas de tomate, los hongos micorrízicos *G. clarum* y *G. mosseae* presentaron cierta especificidad hacia las RPCV para potenciar sus efectos individuales. Así, mientras *G. clarum* funcionó mejor con *A. brasilense*, *G. mosseae* lo hizo con *A. chroococcum*. A su vez, *G. fasciculatum* mostró ser más versátil al potenciar por igual los efectos individuales con las dos rizobacterias mencionadas.

De forma complementaria, se señala que la coinoculación hongos MA-*Azospirillum* es un ejemplo de interacción benéfica (32), ya que la colonización de las raíces por los hongos estimula el flujo de carbohidratos desde el follaje hasta la raíz. Estos carbohidratos pueden constituir fuentes de carbono, por exudación, para el crecimiento de la bacteria. También se ha comprobado, que las hormonas vegetales producidas por *Azospirillum* en medio de cultivo estimulan la formación y el desarrollo de la simbiosis micorrízica en una diversa gama de plantas hospederas (32).

Los resultados obtenidos confirman que la coinoculación es un proceso complejo, lo que unido a lo poco estudiada hasta el presente, hacen que resulten

aparentemente contradictorios, incluso inexplicables, algunos comportamientos observados. No obstante, la selección de cualquier combinación para la coinoculación de diferentes especies vegetales debe contemplar, en primer término, que el efecto estimulador sobre los indicadores fenológicos que se evalúen, resulte potenciado por los microorganismos involucrados en la combinación.

## REFERENCIAS

- Peña, S. E. de la y Torres, E. La biofertilización: alternativa para el desarrollo rural. Lima: Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos, 1992.
- Hernández, M. I. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral del tomate (*L. esculentum*). [Tesis Maestría]; INCA, 2000.
- Bashan, Y. y Levanony, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.*, 1990, vol. 36, p. 591-608.
- Sieverding, E. Vesicular arbuscular mycorrhiza in tropical agrosystems. Gessellschaft fur Techniische Zusammenarbeit, 1991.
- Dibut, B. Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). [Tesis de grado]; INIFAT, 2000.
- Ramírez, R. Biofertilización del tomate en las condiciones edafoclimáticas de suelos Pardos Mullidos sin carbonato de la provincia de Holguín. [Tesis Maestría]; INCA, 2001.
- Martínez, R. Efecto económico de las aplicaciones de biofertilizantes a base de *Azotobacter* en la agricultura cubana. En: Reunión Latinoamericana Rhizobiología (17:1994:La Habana), 1994.
- Hernández, M. I.; Chailloux, M.; Casanova, A.; Ojeda, A. y McDonald, J. M. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas en cepellones de tomate. En: Encuentro Nacional Agricultura Orgánica, ACTAF (4:2001:La Habana).
- Bashan, Y. Isolation and characterization of PGPR. En: *Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology*. Boca Raton : CRS Press, 1993.
- Fernández, F. Manejo de los hongos micorrízicos arbusculares sobre la producción de posturas de café (*C. arabica* var. Caturra) en algunos suelos. [Tesis de grado]; INCA, 1999.
- Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Agrinfor, 1999. 64 p..
- Driessen, P.; Deckers, J.; Sparagaren, O. y Nachtergaele, F. Lecture notes on the major soils of the world. *World Soil Resources Reports*, 2001, vol. 24.
- Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico del tomate. La Habana: Dir. Nac. Cult. Varios, 1983.
- Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico de la cebolla. La Habana: Dir. Nac. Cult. Varios, 1984.
- Martínez, R.; Dibut, B.; Casanova, I. y Ortega, M. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre los semilleros. *Agrotecnia de Cuba*, 1997, vol. 27, no. 1, p. 23-26.
- Calderón, J.O., Planes, M. y Utria, E. (2000) La biofertilización en el manejo de la nutrición vegetal en el agroecosistema de Sabaneta: un estudio de caso. En: Seminario Científico, INCA (12:2000:La Habana), 2000.
- Hernández, A. Caracterización de cepas de *Pseudomonas cepacia* y *P. fluorescens* aisladas en la rizosfera del maíz. [Tesis de Maestría]; INCA, 1998.
- Dibut, B.; Acosta, M. C.; Martínez, R.; Nikander, B. y Ljunggreen, H. Producción de aminoácidos y citoquininas por una cepa cubana de *Azotobacter chroococcum*. En: Seminario Científico, INCA (8:1992:La Habana), 1992.
- Terry, E.; Pino, M. A. y Medina, N. *Azospirillum lipoferum*, una alternativa para la nutrición del tomate (*L. esculentum*) en asociación con el maíz (*Zea mays*). *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 48-51.
- Ruiz, L. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. [Tesis de grado]; INCA, 2001.
- Rivera, R. Disponibilidad de nutrientes y fertilización de los sistemas agrícolas micorrizados: resultados en la producción de posturas de café y de raíces y tubérculos. En: Seminario Científico, INCA (12:2000:La Habana), 2000.
- Llonín, D. Nutrición mineral con NPK y biofertilización con hongos MA en el cultivo del tomate en suelo Ferralítico Rojo compactado. [Tesis Maestría]; INCA, La Habana. 1998.
- Novella, R. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento, la nutrición y la producción de tomate (*L. esculentum*) en un suelo Ferralsol desaturado. [Tesis de Maestría]; INCA, 2001.
- Ragland, I.; Thamburaj, G. S. y Kandasamy, D. Studies on the effect of biofertilizers on the bulb yield in Bellary onion (*Allium cepa*). *South India Hort.*, 1989, vol. 37, no. 3, p. 150-153.
- Salazar, O. Producción de bulbillos de cebolla a partir de semilla peletizada con micorrizas y *Pseudomonas*. En: Jornada Científica, INIFAT (4:1996:La Habana), 1996.
- Vega, E.; Pulido, L. y Peralta, H. Micorrizas y rizobacterias: vía alternativa para la producción de cebolla. En: Seminario Científico, INCA (12:2000:La Habana), 2000.
- Velazco, A. C. Utilización de *Azospirillum brasilense* en el cultivo del arroz (*O. sativa*) sobre un suelo Hidromórfico Gley de la provincia de Pinar del Río. [Tesis de grado]; IES, 2001.
- Edwards, S. G.; Young, J. P. y Fitter, A. H. Interactions between *Pseudomonas fluorescens* biocontrol agents and *Glomus mosseae*, an arbuscular mycorrhizal fungus, within the rhizosphere. *FEMS Microbiol. Lett.*, 1998, vol. 166, no. 2, p. 297-303.
- Ojeda, A. y Hernández, M. I. Caracterización de la rizosfera del cultivo del tomate (*L. esculentum*). En: Seminario Científico, INCA (12:2000:La Habana), 2000.
- Walley, F. L. y Germida, J. J. Response of spring wheat (*T. aestivum*) to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT4. *Biol. Fert. Soils*, 1997, vol. 24, p. 365-371.
- Gryndler, M.; Hrselová, H.; Chvatalová, I. y Jansa, J. The effect of selected plant hormones on *in-vitro* proliferation of hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fistulosum*. *Biol. Plant.*, 1998, vol. 41, p. 255-263.
- Coscatunca, A. Genetic studies on the auxin hypothesis in the *Azospirillum*/plant interaction. Dissertation d'Agriculture, 1995.

Recibido: 19 de julio del 2002

Aceptado: 21 de octubre del 2002