

**INOCULACION DE GRANADILLA Passiflora ligularis L. CON MVA***Angela María Rodríguez G. \***Miguel Hurtado \*\***Marina Sánchez de Prager \*\*\****COMPENDIO**

Para evaluar las posibilidades de sustitución de fertilización fosfórica, mediante inoculación con hongos micorrizógenos, en el cultivo de la granadilla Passiflora ligularis L., en etapa de vivero, se trabajó con un suelo característico de zona de ladera con pH 4.8 y 2.1 ppm de P, en condiciones naturales y previa desinfección. Se inoculó individualmente: Acaulospora foveata, Glomus occultum, Acaulospora longula y se tuvo una condición testigo correspondiente a flora nativa. Se aplicó un promedio de 200 esporas/unidad experimental, en las plántulas de granadilla recién transplantadas. Se probaron tres niveles de fertilización: (0, 25 y 50 kg de superfosfato triple/ha). La evaluación de las variables se hizo a los 4 meses de transplante. La desinfección influye negativamente en el desarrollo de las plantas y en la eficiencia de captación del superfosfato triple. La mejor respuesta en las variables de desarrollo evaluadas, se obtuvo con la aplicación de 50 kg de superfosfato triple/ha, lo cual indica que en este suelo, dada la baja disponibilidad de P, el recurso micorriza no permite disminuir dosis de fertilizante, sino que incrementa considerablemente su eficiencia de utilización por la planta. A. longula se comportó como la cepa más efectiva.

**ABSTRACT**

For evaluating the possibilities of substitution of the phosphoric fertilization by means of the inoculation with micorrhizogen fungi, in a granadilla crop in nursery stage; it was used hillside type soil with a pH of 4.8 and 2.0 ppm of P, in natural conditions and previous desinfection. Individually was inoculated Acaulospora foveata, Glomus occultum, Acaulospora longula and it had a control in the native flora. Two hundred spores per experimental unit were applied in small granadilla plants transplanted recently. Three levels of P fertilization were proved (0, 25 and 50 kg of Triple Superphosphate per ha). After four months the variable were evaluated. Desinfection had a negative influence in plant development and in the efficiency of Superphosphate captation. The best response in the development variables evaluated was obtained using 50 kg of Triple Superphosphate per ha, which indicates that in such type of soil, with low P availability, VAM do not reduce the use of fertilizer, but increases its efficiency in utilization for the plant. A. longula was the more effective micorrhizal variety.

**INTRODUCCION**

En el país, el cultivo de la granadilla se ha localizado principalmente en los departamentos de Antioquía, Caldas, Valle del Cauca, Tolima, Huila, Cundinamarca, Boyacá y Cauca. Esta passiflorácea se utiliza en la actualidad para consumo directo y tiene altas potencialidades para exportación a Estados Unidos y Europa.

En el Departamento del Valle del Cauca, el cultivo de la granadilla se considera una buena alternativa económica, dada su alta rentabilidad y adaptabilidad a las condiciones edafo-climáticas de municipios como La Unión, Toro y Versalles; puede constituir un cultivo promisorio especialmente en suelos de ladera.

Las necesidades nutricionales del cultivo han sido poco estudiadas. En la granadilla, al igual que el resto de passifloráceas, se considera que sus requerimientos en fósforo son bajos, y medianos a alto en nitrógeno y potasio. Necesita suelos sueltos, francos, bien drenados, con buen contenido de materia orgánica y pH entre 6.0 y 6.5.

En el Valle del Cauca se ha comprobado la presencia natural de micorriza vesículo-arbuscular en frutales como cítricos, guanábana, lulo, guayaba, tomate de árbol, curuba, mora, borojó, aguacate y granadilla, entre otros (Rodríguez y Torres, 1988; Torres, 1988).

\* Estudiante de pregrado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. A.A. 237.

\*\* I.F. C.V.C. Buga

\*\*\* Profesora Asociada, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. A.A. 237.

En estudios efectuados a nivel mundial se ha establecido la importancia de esta asociación raíz-hongo en la absorción de P, N, K, y elementos menores como Cu, Zn, B; en la resistencia de las plantas al ataque de patógenos, especialmente los radicales, y en su capacidad para soportar condiciones de estrés de agua (Sieverding, 1984; Sánchez, 1994).

En un primer ensayo realizado en granadilla, por Gironza y Mamian (1988), en un suelo de la hacienda San Emigdio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, con bajo contenido de P y pH 4.7 se observó el efecto de inocular mezclas de cepas de hongos MVA (Entrophospora colombiana + Glomus manihot) y (Acaulospora longula + Glomus occultum + Glomus manihot), en dos niveles de fertilización (0 y 25 kg de superfosfato triple), en condiciones de suelo natural y desinfectado. La granadilla se desarrolló deficientemente en suelo desinfectado; la materia seca, altura de plantas, porcentaje de infección en raíces y diámetro de cuello de raíz se incrementaron significativamente con la mezcla de E. colombiana + G. manihot, especialmente en suelo natural.

En café, variedad Colombia y Caturra, también se ha observado la presencia natural de MVA y los efectos desfavorables en el desarrollo de la planta cuando se elimina la flora micorrizógena (Cruz, Sánchez y Sieverding, 1988 y Parra, Sánchez y Sieverding, 1990). Igualmente este cultivo se considera poco exigente en fertilización fosfórica, lo cual lleva a plantearse como hipótesis la posibilidad que estas plantas - café y granadilla - sean capaces de absorber eficientemente el fósforo gracias a la presencia de los hongos micorrizógenos asociados.

La necesidad de avanzar en el estudio de la simbiosis en granadilla originó el presente trabajo, cuyos objetivos fueron:

- Evaluar el efecto de la inoculación de granadilla en etapa de vivero con tres cepas de micorriza vesículo- arbuscular, en condiciones de suelo natural y desinfectado.
- Observar la influencia de la fertilización

fosfórica sobre el desarrollo de la planta y la dinámica de los endófitos asociados.

- Determinar probabilidades de sustitución de fertilizante fosforado por la inoculación con MVA.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el invernadero de la Hacienda San Emigdio, propiedad de la C.V.C, ubicada en el municipio de Palmira - Valle del Cauca a 1200 m.s.n.m., temperatura media anual de 24°C y humedad relativa del 68%. Se efectuó en un suelo característico de zona de ladera, con un pH 4.8 y escaso contenido de P (2.1 ppm), al igual que de bases de cambio Ca, Mg y K.

El suelo se usó en condiciones naturales y previa desinfección. Se inocularon tres cepas de hongos micorrizógenos: Acaulospora foveata, Glomus occultum, Acaulospora longula y una condición testigo correspondiente a flora nativa; se probaron tres niveles de fertilización (0, 25 y 50 kg de Superfosfato Triple/ha). Se empleó un arreglo factorial 2 x 4 x 3- correspondiente a condición de suelo, cepa de hongo y nivel de fertilización. Se efectuaron 24 tratamientos y 5 planta/tratamiento, sembradas en bolsas con 4 kg de suelo.

Las semillas se obtuvieron de plantas de granadilla sanas y vigorosas; germinaron en arena esterilizada y se transplantaron a bolsas de polietileno con 4 kg de suelo. El suelo se esterilizó con Dazomet (50 g/m<sup>2</sup>). Las cepas de MVA fueron proporcionadas por CIAT, se analizó su pureza a nivel microscópico y se aplicaron al momento del trasplante, utilizando como inoculante una mezcla de suelo la cual se calibró en tal forma que se aplicaran en promedio 200 esporas por unidad experimental. Se hizo una fertilización en todas las unidades experimentales con 5 kg de N, 10 kg de Mg y 50 kg de Zn/ha, 66 días después del trasplante.

A los cuatro meses de trasplante se determinaron las siguientes variables: diámetro de la raíz, peso seco parte aérea y raíces, longitud total de

raíz desde el cuello hasta la parte terminal y número de esporas/g de suelo seco (Sieverding, 1983 y 1989). Se hizo análisis gráfico y análisis de varianza según el modelo estadístico asociado al diseño de bloques al azar; se compararon promedios de tratamientos mediante prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ); igualmente se efectuó análisis de correlaciones entre las variables evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### VARIABLES DE DESARROLLO DE LA PLANTA

En la variable altura se observaron diferencias altamente significativas ocasionadas por la inoculación y el nivel de fósforo, mientras que la condición de suelo no influyó en estos resultados (Cuadro 1).

En el diámetro del cuello de la raíz y en el peso seco de la parte aérea y de la raíz de las plántulas, las tres fuentes de variación consideradas - inóculo, nivel de fósforo y condición de suelo - arrojaron diferencias altamente significativas.

Con relación al efecto del inóculo, la prueba de Duncan (Cuadro 2) mostró que el comportamiento de dos de las cepas introducidas fue similar al de los hongos micorrizógenos nativos en lo que se relaciona con la altura de las plantas, y solamente las plantas inoculadas con A. longula alcanzaron el triple de la altura (347 mm contra 99.37 mm). Con relación al diámetro del cuello de la raíz los mejores resultados los presentaron las plantas inoculadas, especialmente con A. longula, las cuales duplican el valor de micorriza nativa.

Con respecto al peso seco de la parte aérea el comportamiento fue similar al observado en la variable altura, con la diferencia que la presencia de A. longula aumentó cuatro veces el peso seco de la planta en comparación con aquella que tiene micorriza nativa. En el peso seco de la raíz, el aumento fue de cinco veces, lo cual significa que las plantas inoculadas con esta cepa tienen un desarrollo radical que les permite un mejor anclaje y absorción de nutrimentos.

Resultados similares se observaron en el trabajo de Gironza y Mamian (1988), aunque en dicha ocasión se inocularon mezclas de cepas micorrizógenas, lo cual está mostrando que en los suelos utilizados las cepas nativas son altamente inefectivas.

Con relación a la influencia de la condición del suelo - natural o desinfestado, como se dijo con anterioridad la altura no es afectada por el tratamiento de desinfestación. En el resto de variables analizadas, esta condición tiene efecto adverso, especialmente sobre el peso seco de la raíz de las plántulas que casi se reduce a la mitad y en algunos casos, la eliminación de la flora micorrizógena ocasionó la muerte de algunas plántulas.

Nuevamente se encuentra coincidencia con los resultados de Gironza y Mamian (1988), quienes obtuvieron sus mejores respuestas en suelo natural, lo cual señalaría que el desarrollo de la granadilla está influenciada por la presencia de una flora micorrizógena plenamente establecida, que le garantice estabilidad a la planta.

En lo que se refiere al nivel de fertilización fosforada, se observó alta influencia de la aplicación de P sobre las variables consideradas. A pesar de este efecto positivo, vale la pena analizar la fertilización, considerando la condición de suelo y la inoculación. En suelo desinfestado, la presencia del fertilizante no se manifiesta sobre el peso seco de la raíz y de la parte aérea cuando se elimina la flora micorrizógena, (-M); en suelo natural, por el contrario, al incrementar el fertilizante fosforado ocurre un aumento en estas variables (Figura 1). Cuando se introducen A. foveata y G. occultum se hacen presentes los efectos de fertilización, tanto en suelo desinfestado como en suelo natural. Llama la atención el comportamiento de A. longula que torna a la planta más eficiente en la absorción del escaso fósforo disponible (F1) y aumenta la eficiencia de utilización del P aplicado (F2 y F3). Es evidente entonces, que una cepa altamente eficiente y adaptada es capaz de contrarrestar los efectos negativos de la desinfestación.

CUADRO 1. Análisis de Varianza para altura de plantas, diámetro del cuello de la raíz, longitud de raíz, infección de raíces, peso seco parte aérea, peso seco raíz de plántulas de granadilla a los cuatro meses después del trasplante.

CUADRADOS MEDIOS

FUENTE DE VARIACION	GL	ALTURA (mm)	DIAMETRO CUELLO (mm)	LONGITUD (mm)	PARTE AEREA g/pl	RAIZ g/pl	INFECCION DE RAICES %
INOCULO	3	372.484.94**	53.28**	1280.25**	198.67**	7.52**	0.2244**
FOSFORO	2	206.569.43**	70.39**	1050.72**	161.39**	3.70**	0.0034NS
SUELO	1	3.182.70NS	29.90**	440.06**	63.48**	2.03**	0.0418*
SUELO X FOSFORO	2	29.694.40NS	4.65NS	59.68NS	21.08NS	0.42NS	0.0081NS
INOCULO X FOSFORO	6	16.111.01NS	3.36NS	70.60NS	11.07NS	0.13NS	0.0101*
INOCULO X SUELO	3	9.172.81NS	0.86NS	11.18NS	2.77NS	0.04NS	0.0019NS
INOCULO X FOSFORO X SUELO	6	17.310.24NS	1.12NS	40.14NS	6.99NS	0.21NS	0.0025NS
ERROR (MUESTREO)	96	15.995	1.69	43.94	7.78	0.19	0.0039
TOTAL (C)	119						

NS : P ( $\alpha > 0.05$ )

\* : P ( $0.01 < \alpha \leq 0.05$ )

\*\* : P ( $\alpha \leq 0.01$ )

CUADRO 2. Prueba de Duncan para las variables estudiadas, cuatro meses después de trasplante.

FUENTES DE VARIACION	VARIABLES					
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Parte aérea (g/pl)	Peso Seco (g/pl)	Raíz (g/pl)	Infección de Raíces %
INOCULO	(4)	347.00A	6.58A	7.53A	1.34A	0.207A
	(3)	162.40B	4.52B	3.18B	0.48B	0.059B
	(2)	128.77B	3.98B	2.55B	0.35B	0.032B
	(1)	99.37B	3.58C	1.78B	0.25C	0.021C
CONDICIONES DE SUELO	(2)	189.53A	5.16A	4.50A	0.74A	0.099A
	(1)	179.23a	4.17b	3.04b	0.48b	0.061B
NIVEL DE FOSFORO	(3)	252.25A	5.84A	5.70A	0.91A	(2)0.089A
	(2)	191.80B	4.92B	3.92B	0.61B	(1)0.079A
	(1)	109.10C	3.23C	1.69C	0.30C	(3)0.070A

MEDIAS EN COLUMNA CON LETRAS IGUALES NO DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE (Duncan P ≥ 0.05)

HONGO MVA	(4) = <u>A. longula</u>	SUELO	(2) = Suelo natural	FOSFORO	(3) = 50 kg-SPT/ha
	(3) = <u>G. occultum</u>		(1) = Suelo desinfectado		(2) = 25 kg-SPT/ha
	(2) = <u>A. foveata</u>				(1) = 0 kg-SPT/ha
	(1) = Micorriza nativa				

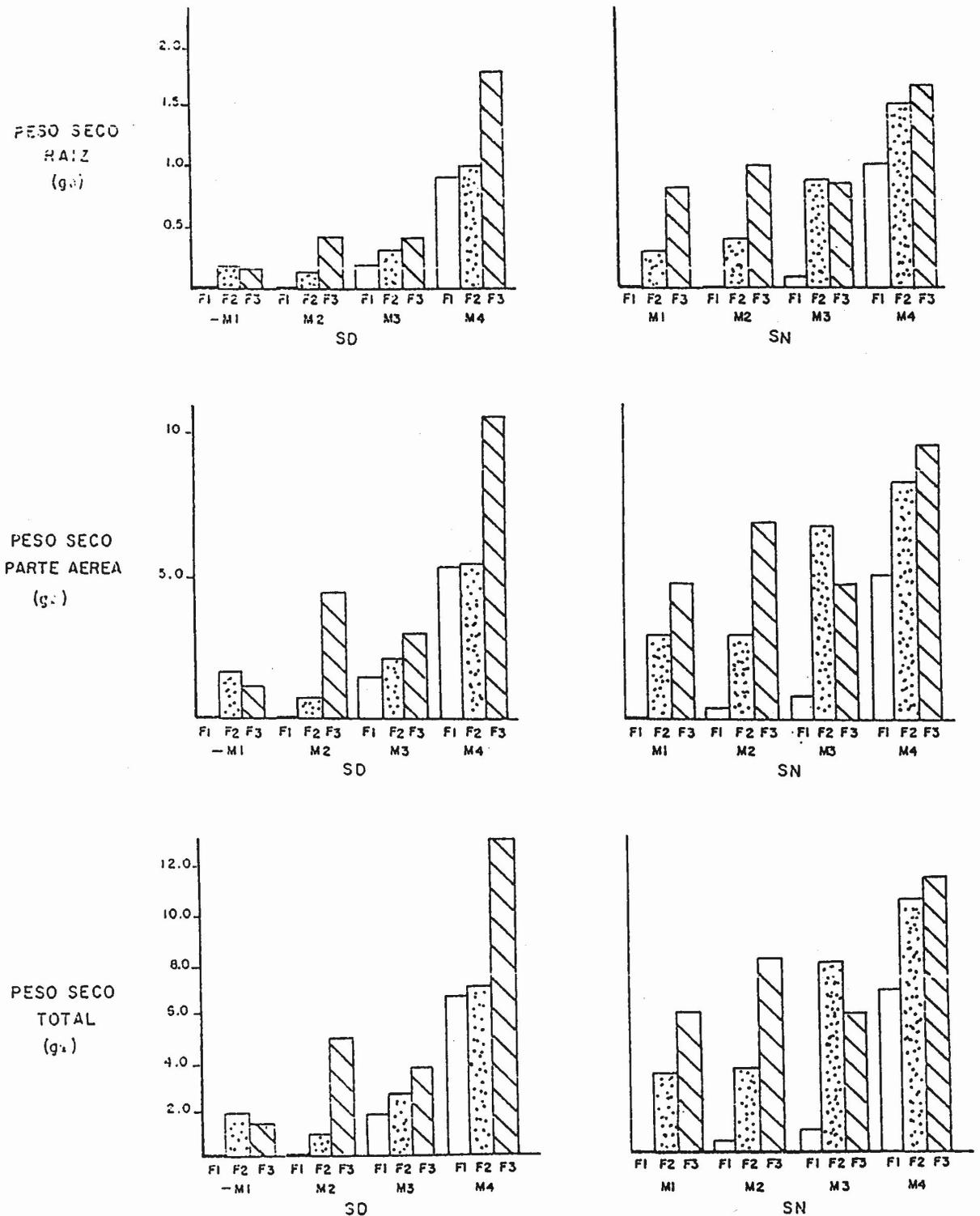


FIGURA 1. Peso seco (g) Peso seco parte aérea (g) y Peso seco total (g) de los tratamientos a los cuatro meses del transplante.

M1 = Micorriza nativa  
 M2 = Acaulospora foveata  
 M3 = Glomus occultum  
 M4 = Acaulospora longula

F1 0 Kg SPT/Ha.  
 F2 25 Kg SPT/Ha.  
 F3 50Kg SPT/Ha.  
 SD = Suelo desinfectado  
 SN = Suelo natural

## DESARROLLO DE LOS ENDOFITOS

El porcentaje de infección de raíces se ve muy influido por la inoculación (Cuadro 1) lo cual es de esperarse, dado el aumento en las unidades infectivas de los hongos micorrizógenos. Las cepas introducidas difieren de la micorriza nativa y la mayor infección ocurre con A. longula, que a su vez varía significativamente de G. occultum y A. foveata (Cuadro 2).

La condición de suelo introdujo diferencias significativas en esta variable, más no así el nivel de fertilización con P. Los mayores porcentajes de infección se presentaron en suelo natural.

A pesar de no haber diferencias estadísticas entre los niveles de fósforo, la infección disminuyó con el incremento en la dosis de fertilizante (Figura 2). El análisis individual de las cepas mostró que en suelo desinfectado, el nivel más alto de fertilización inhibió con mayor drásticidad el porcentaje de infección de las tres cepas introducidas; en suelo natural, fue más leve el efecto. Frecuentemente se ha registrado que a medida que aumenta la fertilización con P, ocurre un decrecimiento en la colonización de las raíces por los hongos MVA (Torres, 1988; Sieverding, 1989; Sanchez, 1994).

En cuanto al número de esporas, en suelo desinfectado sin micorriza, la población fue alta, lo cual resulta contradictorio ya que no se observó infección (Figura 2). Las mayores esporulaciones se concentran en suelo natural, especialmente con G. occultum y A. longula.

Con respecto a fertilización, la esporulación en los tratamientos con las diferentes cepas, fue variable. En las inoculaciones con A. foveata aumentó el número de esporas al elevarse el nivel de P, en ambas condiciones de suelo; con G. occultum decreció.

Para todas las variables estudiadas, el análisis de interacciones entre las diferentes fuentes de variación, no presentó diferencias significativas, con excepción de la interacción inóculo x nivel de fósforo para la variable porcentaje de infec-

ción la cual se afecta negativamente a medida que aumenta el fósforo disponible.

## ANALISIS DE CORRELACION PARA LAS VARIABLES EVALUADAS

Se encontraron correlaciones altamente significativas entre las variables peso seco parte aérea con peso seco raíz y longitud de raíz, lo cual incide positivamente en el anclaje de las plantas y en la eficiencia y reproducción de los endófitos que permite que estos expresen sus efectos benéficos; diámetro del cuello de la raíz con peso seco parte aérea; peso seco de raíz y porcentaje de infección por hongos MVA con longitud de raíz (Cuadro 3).

Igualmente las correlaciones fueron significativas para las variables peso seco parte aérea con porcentaje de infección y número de esporas; diámetro del cuello de la raíz y altura con porcentaje de infección; porcentaje de infección por hongos MVA con número de esporas.

Los trabajos de Gironza y Mamian (1988) y el presente permiten observar que aunque la práctica de desinfectación del suelo se ha convertido en una necesidad en lo que respecta al control de enfermedades radicales en etapa de semillero, esta eliminación de microorganismos que incluye los hongos micorrizógenos desfavorece la presencia de la simbiosis e influye negativamente sobre el desarrollo de la planta y la eficiencia de utilización de los fertilizantes fosforados.

Esta investigación muestra que en un suelo como el de San Emigdio con tan bajos contenidos de P disponible, una cepa micorrizógena eficiente como A. longula, aunque no puede sustituir ni siquiera parcialmente la dosis más alta utilizada (50 kg SPT/ha), sí hace que sea más eficiente su utilización por la planta como lo demuestran las variables analizadas.

La altura, vigor y desarrollo general de las plántulas inoculadas con esta cepa, permiten que sean transplantadas al campo a los dos meses de encontrarse en vivero, acortando este período con un consecuente ahorro de tiempo y dinero.

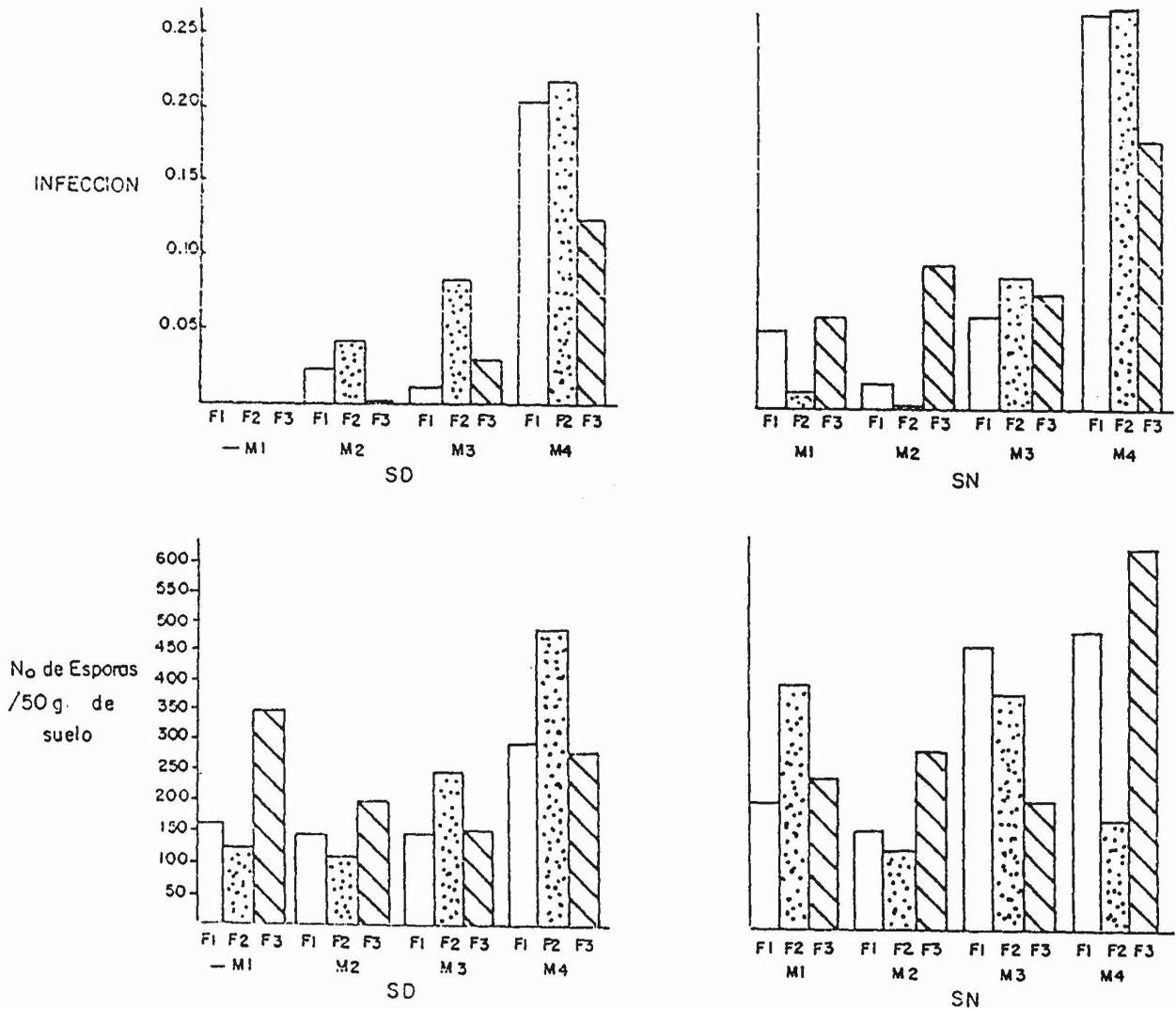


FIGURA 2. Porcentaje de infección de raíces por M.V.A. y número de esporas por 50g de suelo seco a los cuatro meses de transplante.

- M1 = Micorriza nativo
- M2 = Acaulospora foveata
- M3 = Glomus occultum
- M4 = Acaulospora langula
- F1 0 Kg SPT/Ha.
- F2 25 Kg SPT/Ha.
- F3 50Kg SPT/Ha.
- SD = Suelo desinfectado
- SN = Suelo natural

CUADRO 3. Matriz de correlación para las variables evaluadas a los cuatro meses después del trasplante

VARIABLE	ALTURA	DIAMETRO	PS AEREA	PS RAIZ	LONG.RAIZ	INFECCION	No. ESPORA
ALTURA			-0.131			0.658 **	
DIAMETRO			0.956**			0.649 **	
PS AEREA				0.98**	0.906**	0.668 **	0.441 *
PS RAIZ					0.924**		
LONG.RAIZ							
INFECCION							0.528 *
No. ESPORAS							

\* Correlación significativa

\*\* Correlación altamente significativa

Para contrarrestar los efectos negativos de la desinfestación, cuando se torne imprescindible, se puede inocular una cepa eficiente y altamente adaptada como A. longula.

## BIBLIOGRAFIA

CRUZ, J. C., SANCHEZ DE P., M. y SIEVERDING, E. 1988. La simbiosis micorriza vesículo - arbuscular en el cultivo del café, Coffea arabica L. var. Caturra. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia -Sede Palmira.

GIRONZA, M. y MAMIAN, R. 1988. Influencia de la inoculación con hongos MVA sobre el crecimiento de tomate de árbol, lulo, curuba y granadilla en la etapa de vivero. Pasto, 1988. 140 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño.

PARRA, M.; SANCHEZ DE P., M., y SIEVERDING, E. Respuesta del café, Coffea arabica L. var. Colombia a la inoculación con diferentes cepas de MVA. En: Acta Agronómica. 40(1/2): 88-99. 1990.

RODRIGUEZ, H.J. y TORRES, R. 1988. Interacción de la mandarina "Cleopatra" (Citrus reshni Hort ex Tan) con tres cepas de MVA en cuatro suelos. 1 p. REUNION DE LA SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE MICORRIZOLOGOS (1988 : La Habana). Programa y resúmenes. La Habana. 38 p.

SANCHEZ DE P., M. 1994. Conocimientos básicos sobre micorrizas : Curso sobre biología del suelo. Vol. 1 y 2. Jun. 15-30-93. Memorias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. p 1-29.

SIEVERDING, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. Palmira : CIAT, 1983. p. irr.

\_\_\_\_\_. 1989. Selección de hospederos, substrato de suelo, nivel y fuente de fósforo para la producción de esporas de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. p. 237-250. En: SIEVERDING, W.; SANCHEZ DE P., M. y BRAVO O., N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. 2 ed. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1989. 275 p.

\_\_\_\_\_. 1989. Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular. p. 1-14. En : SIEVERDING, E.; SANCHEZ DE P., M y BRAVO, N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. 2 ed. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1989. 275 p.

TORRES N., H.R. 1988. Efecto de la inoculación con micorriza VA en plántulas de cítricos, guanábano y guayabo. 1 p. En : REUNION DE LA SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE MICORRIZOLOGOS (1988 : La Habana). Programa y resúmenes. La Habana : SOLAM, 1988. 38 p.