

EFFECTO DE LA APLICACION DE MICORRIZAS Y ROCA FOSFORICA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA ADQUISICION DE NUTRIMENTOS DE PLANTAS DE FRIJOL EN UN ULTISOL DE COSTA RICA

Mariela Bermúdez¹, Leida Castro²

RESUMEN

Efecto de la aplicación de micorrizas y roca fosfórica sobre el crecimiento y la adquisición de nutrimentos de plantas de frijol en un ultisol de Costa Rica. Con el objetivo de evaluar el efecto de la interacción entre la aplicación de roca fosfórica y la inoculación con la micorriza *Glomus Manihotis* sobre el crecimiento del frijol común, se realizó un ensayo a nivel de campo (San Carlos), utilizando suelo fumigado con bromuro de metilo y suelo sin fumigar. Los tratamientos fueron los siguientes: 1-Suelo fumigado + P; 2-Suelo fumigado + P + *Glomus manihotis*; 3-Suelo fumigado + P + restitución de la microbiota natural del suelo sin micorrizas; 4-Suelo fumigado - P; 5-Suelo fumigado - P + *Glomus*; 6-Suelo fumigado - P + restitución de la microbiota natural del suelo sin micorrizas; 7-Suelo sin fumigar + P; 8-Suelo sin fumigar - P. La dosis de P utilizada fue de 100 Kg/ha en forma de roca fosfórica y de *Glomus manihotis* de 5 g/espeque. Todos los tratamientos fueron inoculados con la cepa de *Rhizobium* CR-477. El experimento se cosechó en la etapa de crecimiento R6 y se determinó: el peso seco de la parte aérea y de la raíz, peso seco de nódulos, % de infección con MVA y contenido de nutrimentos foliares. Los resultados obtenidos en el suelo fumigado (ver gráficos adjuntos) muestran que el tratamiento que produjo mayor producción de materia seca fue el de adición de micorriza y roca fosfórica superando ampliamente este tratamiento al de solo adición de roca fosfórica o de roca fosfórica + restitución de la microbiota natural, evidenciando este hecho, la necesidad de la presencia de micorrizas para la absorción de fósforo por parte de la planta. En el suelo sin fumigar el tratamiento con la adición de fósforo superó al control, sin embargo no fue capaz de alcanzar al tratamiento fumigado + P + micorriza, debido posiblemente a que las cepas nativas no son tan eficientes como *Glomus manihotis* o a que existe competencia por el P de parte de la microbiota natural del suelo. Para la variable % de micorrización, la más alta se obtuvo para el tratamiento en suelo fumigado con fósforo y inoculado con micorriza, cuando solo se adicionó la micorriza el % de infección fue menor, evidenciando como la presencia de P estimula la infección micorrízica. En cuanto a la nodulación en suelo fumigado, esta fue mayor cuando se adicionó fósforo y se inoculó con *Glomus manihotis*, posiblemente la inoculación con la micorriza favoreció la infección y la nodulación con *Rhizobium*. Por otro lado la inoculación con micorrizas favoreció la absorción de N, P, Ca, K, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu.

¹ Museo Nacional. Departamento de Historia Natural. San José, Costa Rica.

² Centro de Investigaciones Agronómicas. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

ABSTRACT

The effect of micorrhizal inoculation and rock phosphate application on bean growth and uptake of nutrients in a Costa Rican ultisol. A field experiment was conducted in San Carlos, Costa Rica, to determine the interaction between application of rock phosphate and mycorrhizal inoculation. Treatments included a non-mycorrhizal treatment, fumigated with methyl bromide to eliminate native fungi, and applications of P and a strain of *Glomus manihotis* in a factorial experiment. The treatment giving the highest yield was mycorrhiza plus rock phosphate, confirming that mycorrhiza are necessary for optimum plant uptake of P. In non-fumigated soil P addition gave a higher yield than the non-fertilized control but was less than the fumigated +P +mycorrhiza treatment, possibly because the *G. manihotis* strain was more efficient for P uptake than native mycorrhiza. Uptake of all major nutrients was enhanced by mycorrhizal inoculation.



INTRODUCCION

El fósforo forma parte de importantes compuestos que están directamente relacionados con los procesos energéticos de las plantas y en general de los organismos vivos. Normalmente los suelos tienen un bajo contenido de fósforo, pero en algunos suelos del trópico esta situación se hace crítica especialmente por la fijación y retención de los fosfatos. En consecuencia, no siempre que se aplican fertilizantes fosfóricos se garantiza la disponibilidad de este elemento para las plantas (Vinasco-Ossa y Carrillo-Pachon, 1987). En el caso de Costa Rica Bertsch (1986) informa que para el análisis de 13765 muestras de suelo, el 75% presentaron valores menores de 10 ppm de P.

Por otro lado cuando se aplican fertilizantes fosfatados solubles al suelo, estos reaccionan con los componentes del suelo para formar compuestos muy insolubles. Este fenómeno cobra mayor importancia en los suelos ácidos, pero también se presenta en suelos alcalinos (Vinasco-Ossa y Carrillo-Pachon, 1987).

Las Micorrizas Vesículo Arbusculares (MVA) son hongos que están presentes en

todos los suelos e infectan la mayoría de las plantas incluyendo los cultivos agrícolas; cuando están asociadas con plantas superiores juegan un papel muy importante en la nutrición del fósforo, en esta asociación simbiótica el hongo utiliza carbohidratos producidos por la planta, mientras que la planta se beneficia por el aumento en la absorción de fósforo y otros nutrientes a través de las hifas externas que se extienden en la superficie del suelo, esto es de importancia para la absorción de nutrientes de baja movilidad como P, Zn y Cu (Barea y Azcón-Aguilar, 1983). Barea (1991) informa que además las MVA absorben de la solución del suelo ciertas formas de N.

El fósforo es probablemente el nutriente más limitante para el crecimiento y nodulación de leguminosas. Está ampliamente documentado en la literatura que la fijación de nitrógeno por *Rhizobium* tiene un alto requerimiento de energía en forma de ATP. Las MVA que son muy comunes en leguminosas pueden incrementar la absorción de P en suelos con baja disponibilidad de este elemento o donde la fijación de P en el suelo es muy alta. Se han realizado investigaciones sobre la relación tripartita de *Rhizobium*-MVA-leguminosas como soya (*Glycine max*),

frijol (*Phaseolus vulgaris*), *Centrosema*, *Stylozanthos* y se ha demostrado que la nodulación, la fijación de nitrógeno, peso seco y contenidos de fósforo son mayores cuando las plantas están infectadas con MVA (Asimi *et. al.*, 1979; Mosse *et. al.*, 1976; Saif, 1987; Rosemeyer, 1992; Bethlenfalvay, *et. al.*, 1985; Reeves, M. 1992).

Howeler *et. al.* (1987) y Mosse *et. al.* (1976) han demostrado que el frijol presenta un alto requerimiento de P, el cual puede ser suministrado mediante la asociación con MVA. Howeler, Sieverding y Saif (1987) encontraron en Colombia a nivel de invernadero que el frijol aumenta su biomasa (peso seco de la planta) significativamente, al ser inoculado con MVA, ya que este cultivo tiene una alta dependencia micorrícica. Los mismos autores demostraron que la dependencia micorrícica del frijol en suelos con diferentes dosis de P (0, 100, 500 Kg/ha) resultó ser 72%. Como dependencia micorrícica se entiende el nivel o el grado al cual una planta es dependiente de la presencia de micorizas para alcanzar su máxima productividad a un nivel dado de fertilidad del suelo; factores tales como la geometría de la raíz, las especies de MVA, el tipo de suelo y la cantidad de P presente pueden afectar la dependencia micorrícica (Saif, 1987).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar efecto de la inoculación con micorizas y la aplicación de roca fosfórica sobre el crecimiento del frijol en un Ultisol de la zona Norte de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo a nivel de campo en la Finca Coope San Juan, San Carlos, Zona Norte de Costa Rica. Se utilizó la variedad de frijol Negro Husteco.

La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 1,5 m², y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

El experimento se organizó en 2 parcelas principales una fumigada con Bromuro de metilo y la otra sin fumigar.

En la parcela no fumigada se analizaron dos tratamientos:

- 1- Control (C)
- 2- Adición de 133 kg/ha de P (P).

En la parcela fumigada se analizaron 6 tratamientos

- 1- Control (C)
- 2- Adición de 133 kg/ha de P (P).
- 3- Inoculación con micorizas (*Glomus manihotis*) (M)
- 4- Adición de la misma dosis de P e inoculación con micorizas (P+M)
- 5- Reinoculación de la biota natural del suelo (B)
- 6- Reinoculación de la biota natural del suelo y adición de P (B+P).

Todos los tratamientos se inocularon con la cepa de *Rhizobium* CR-477.

Las variables evaluadas fueron:

- 1- Peso seco de la parte aérea
- 2- Peso seco de la raíz
- 3- % de infección con micorizas
- 4- Peso seco de nódulos
- 5- Contenido de nutrientes foliares (Ca, Mg, K, P, N, Mg, Zn, Fe, Cu).

RESULTADOS Y DISCUSION

Si se observa la Figura 1 se deduce que la adición de roca fosfórica por si misma no parece ser tan benéfica para el crecimiento (peso seco foliar, peso seco de raíz) y absor-

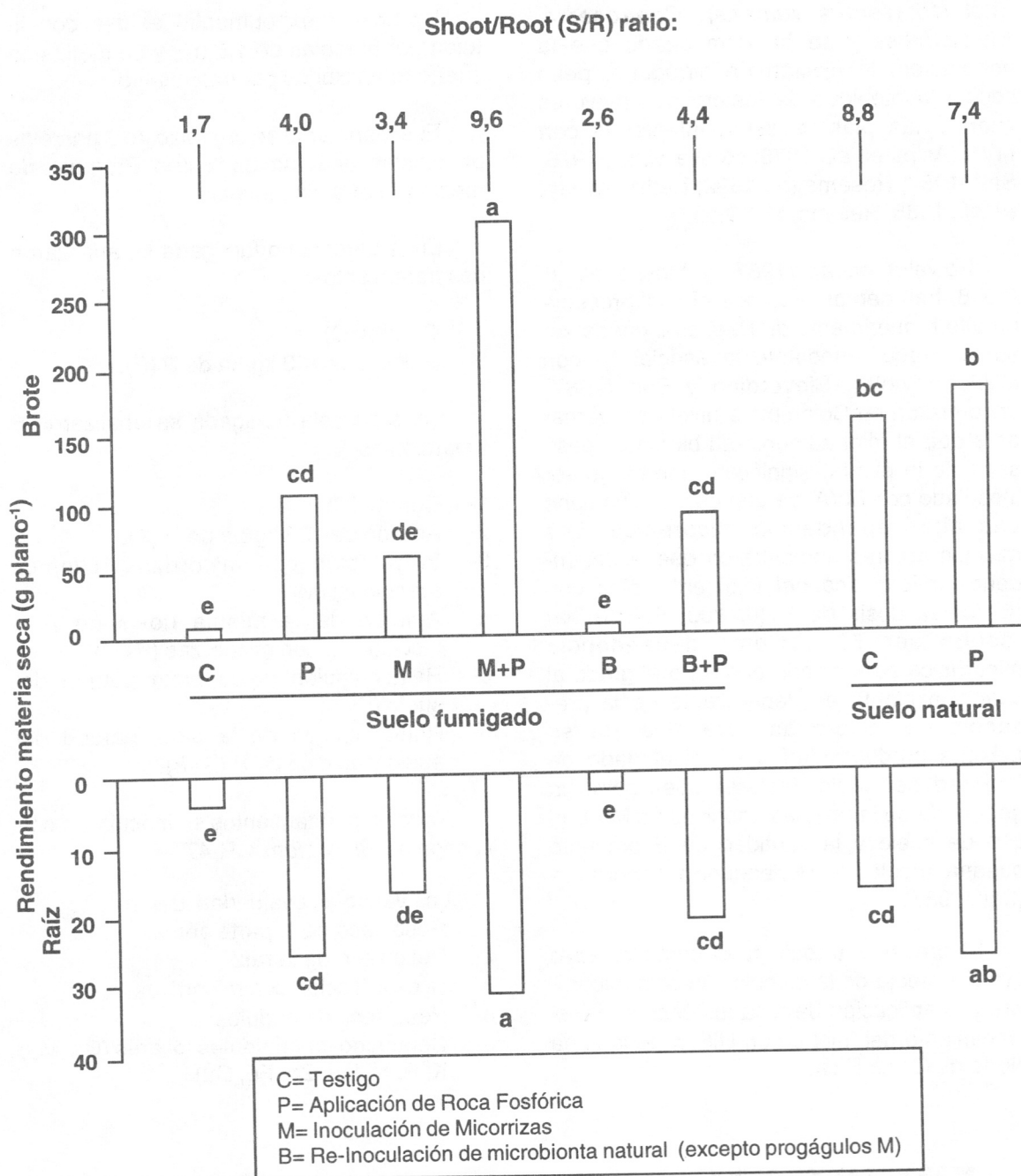
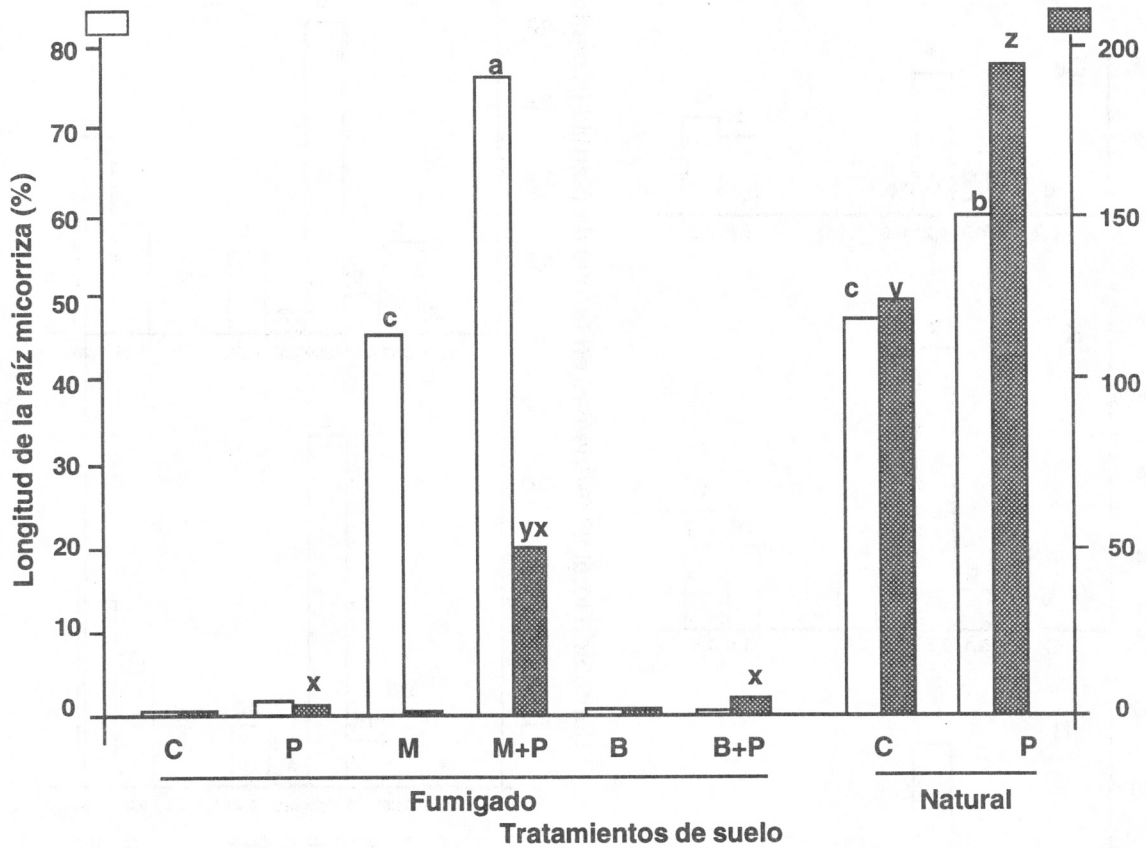
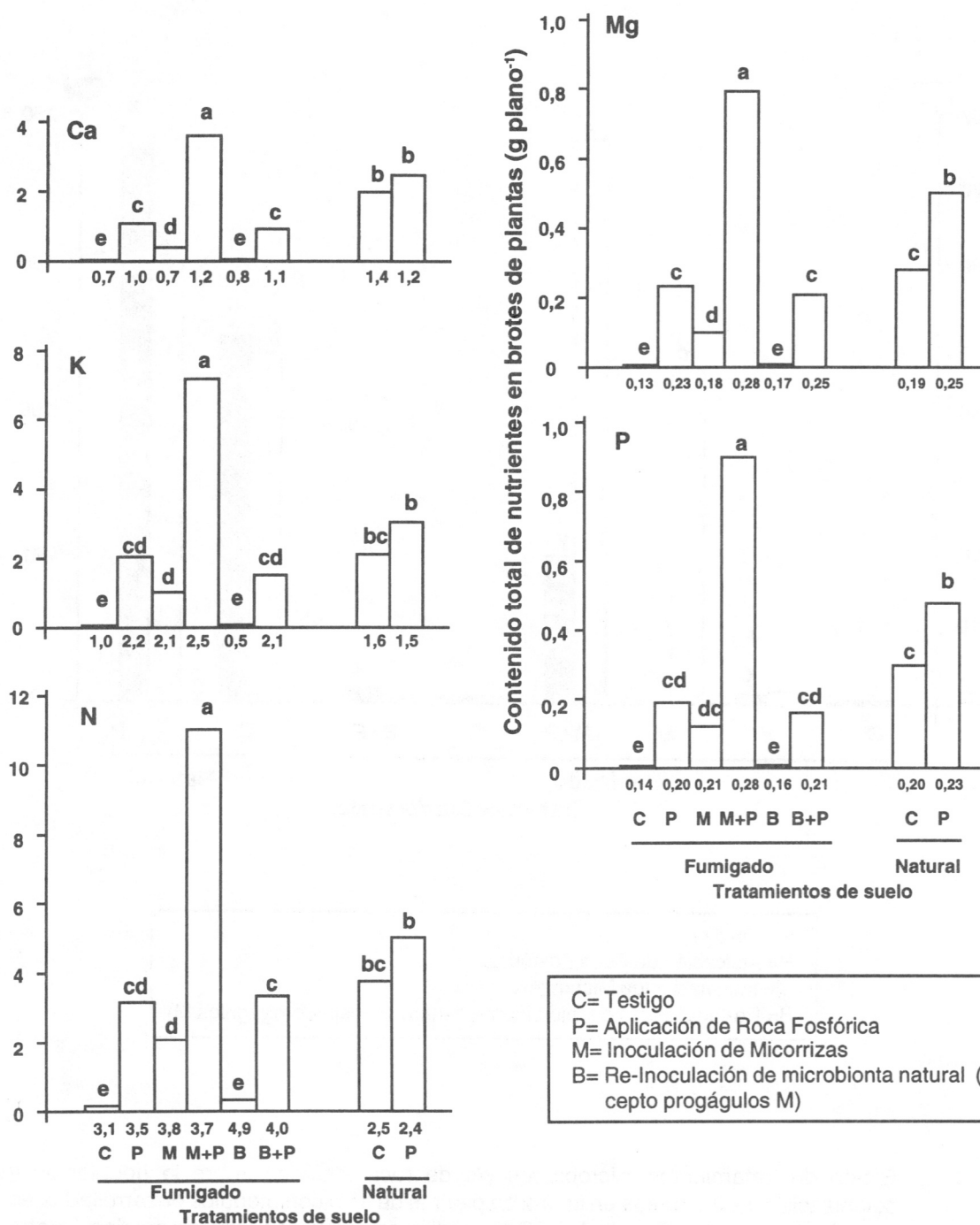


Fig. 1. Efecto de tratamientos microbianos y/o de roca fosfórica sobre el rendimiento (materia seca) de la biomasa de plantas producidas por plantas de frijol con módulos desarrolladas en lotes fumigados y no fumigados. Para cada parámetro, los valores medios (cuatro repeticiones), que no comparten la misma letra, difieren significativamente ($P < 0,05$).



C= Testigo
 P= Aplicación de Roca Fosfórica
 M= Inoculación de Micorrizas
 B= Re-Inoculación de microbionta natural (excepto progámulos M)

Fig. 2. Efecto de tratamientos microbianos y/o de roca fosfórica sobre la nodulación y colonización de micorrizas en la raíz de plantas de frijol con módulos desarrolladas en lotes fumigados y no fumigados. Para cada parámetro, los valores medios (cuatro repeticiones), que no comparten la misma letra, difieren significativamente ($P < 0,05$).



C= Testigo
 P= Aplicación de Roca Fosfórica
 M= Inoculación de Micorrizas
 B= Re-Inoculación de microbionta natural (ex cepto progáulos M)

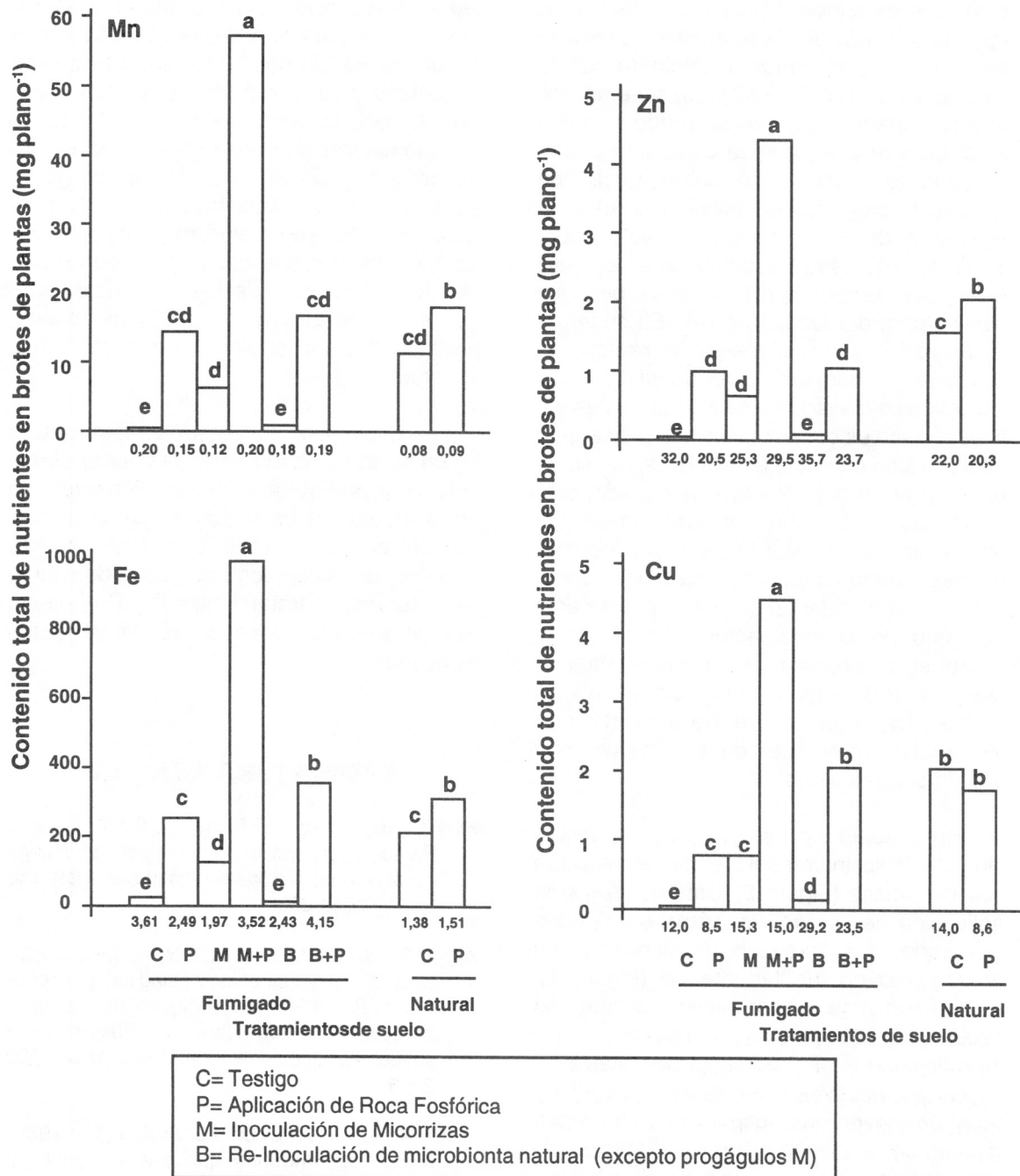


Fig. 4. Efecto de tratamientos microbianos y/o de roca fosfórica sobre la extracción de macro nutrientes por plantas de frijol con módulos desarrolladas en lotes fumigados y no fumigados. Para cada parámetro, los valores medios (cuatro repeticiones), que no comparten la misma letra, difieren significativamente ($P < 0,05$). La concentración de nutrientes, como porcentaje de la materia seca de la planta, se presenta bajo las columnas.

ción de nutrimentos (Figura 3 y 4) del frijol al igual que la adición de solamente la micorriza, sino que el mejor tratamiento fue la mezcla de ambos tratamientos, sin embargo ambos tratamientos por separado también mostraron respuesta si se comparan con el tratamiento control, esto quiere decir que aunque la micorriza de hecho promueve la absorción de P del suelo esta solo podrá tomar el P que sea disponible, si en el suelo no existe P disponible es muy poco el beneficio que pueden dar las micorizas. En cuanto a la relación parte aérea-parte radical es interesante observar como aunque en los tratamientos con adición de P y micorizas + P el peso seco es bastante similar hay una gran diferencia en cuanto a la relación siendo de 4 para el tratamiento P y 9,6 para P + M, esto quiere decir que con aproximadamente la misma biomasa radical la planta produjo mas biomasa aérea cuando se aplicó la micorriza junto con el P; dejando de manifiesto el efecto benéfico de la inoculación con micorriza sobre el crecimiento de la planta ya que siendo el P disponible de la misma forma en ambos tratamientos el tratamiento con micorizas incrementó de una forma muy amplia el crecimiento.

En el suelo sin fumigar y con la aplicación de P se incrementó el % de infección con micorizas (Figura 2) tanto como con la aplicación de P más micorizas en el suelo fumigado, sin embargo la respuesta en rendimiento no fue tan grande (Figura 1). Este hecho se puede deber a que las micorizas nativas se vieron beneficiadas por la aplicación de P; sin embargo estas no fueron tan efectivas como *Glomus manihotis* para promover una respuesta en el crecimiento de la planta ni en la absorción de nutrimentos.

En la Figura 2 se puede observar que las poblaciones naturales de *Rhizobium* específicas para *Phaseolus* son capaces de producir abundantes nódulos pero el *Rhizobium*

leguminosarum inoculado parece ser mucho más efectivo para aumentar los contenidos de N cuando las plantas fueron inoculadas con micorizas y se suplió una adecuada cantidad de roca fosórica, de aquí se deduce la complementareidad que pueden tener las micorizas y *Rhizobium*. Sin embargo el aumento en la concentración de N en el tratamiento P+M en suelo fumigado podría ser también interpretado como una consecuencia de la habilidad de las micorizas para aumentar la absorción de N del suelo, posibilidad que ya ha sido documentado en la literatura.

La microbiota no simbiótica reinoculada en un suelo fumigado parece no tener efecto sobre las variables evaluadas. Sin embargo en la naturaleza es probable que esta interactue positivamente con los hongos micorrícicos, este hecho se puede deducir si se observan los tratamientos C y P en suelo natural y suelo fumigado en las variables evaluadas.

LITERATURA CITADA

- HOWELER, R.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil* 100:249-283.
- ASIMI, S.; GIANINAZZI PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. 1979. Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* in soybeans. *Canadian Journal Botany* 58:2200-2205.
- BAREA, J.M.; AZCON-AGUILAR, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *In: Advances in Agronomy* 36:1-54. Academic Press. New York.
- BAREA, J.M. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science*. Vol. 15 40 pag.

- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 75 p.
- BETHENFALVAY, G.; ULRICH, J.; BROWN, M.S. 1985. Plant response to mycorrhizal fungi: Host, endophyte and soil effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1164-1168
- HOWELER, R.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil* 100:249-283.
- MOSSE, B.; POWELL, C.; HAYMAN, D.. 1976. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. *New. Phitol.* 76:331-342.
- REEVES, M. 1992. The role of VAM fungi in nitrogen dynamics in maize-bean intercrops. *Plant and Soil.* 144: 85-92.
- ROSEMEYER, M.; GLIESSMAN, S. 1992. Modifying traditional and high-input Agroecosystems for optimization of microbial symbioses: A case study of dry beans in Costa Rica. *Agricultural, Ecosystem and Environment* 40:61-70.
- SAIF, S. R. 1987. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular arbuscular mycorrhiza. I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. *Plant and Soil* 97:25-35.
- VINASCO-OSSA, C.; CARRILLO-PACHON, I. 1987. El P en el suelo y su importancia en el cultivo del café. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Centro Nacional de Investigación de Café. *Boletín Técnico* # 12. p. 1-34.