

**Comparación de diferentes inóculos de hongos endomicorrícicos en maíz (*Zea mays L.*) variedad criolla en condiciones de invernadero en el Municipio de Florencia - Caquetá**

**Comparison of different endomycorrhizal inoculum mushrooms in maize (*Zea mays L.*) variety criolla greenhouse conditions in the Municipality of Florencia - Caquetá**

Álvarez F., M.Sc.(c)\*, Blanco J.C. M.Sc<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Docente Universidad de la Amazonia

\* Autor para correspondencia: falvarezc@uniamazonia.edu.co

Recibido: 5-10-2010. Aceptado: 20-1-2011

---

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo comparar diferentes inóculos de hongos endomicorrícicos en maíz (*Zea mays L.*) variedad criolla en condiciones de invernadero en el municipio de Florencia. Así mismo, se tomó suelo del cual se empacaron 120 bolsas plásticas de 2 kilogramos de capacidad; desinfectando 60 bolsas, luego se aplicó 100 gramos del inóculo comercial, para luego proceder a la respectiva siembra de las semillas. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos, los cuales fueron los siguientes: T<sub>1</sub> - Suelo desinfectado (SD), T<sub>2</sub> - Suelo natural (SN) (Inóculo nativo), T<sub>3</sub> - Suelo desinfectado + Inóculo comercial (SD+I), T<sub>4</sub> - Suelo natural (Inóculo nativo) + Inóculo comercial (SN+I). Las variables de crecimiento a evaluar fueron, área foliar, altura y biomasa seca; a nivel microbiológico se determinó el % de colonización de raíces por Hongos de Micorriza Arbuscular (HMA). Se concluye que los mejores tratamientos fueron suelo natural (SN), y suelo natural más inóculo comercial (SN+I) por cuanto presentaron el mayor incremento en términos de área foliar, altura, biomasa seca y porcentaje de colonización.

**Palabras claves:** Micorrizas nativas, Inoculo.

**ABSTRACT**

The present investigation work has as objective to compare different inoculate of fungi MA in the maize (*Zea mays L.*) Creole variety under hothouse conditions in the municipality of Florence. Likewise, we took soil of which 120 plastic bags of 2 kilograms of capacity were packed; disinfecting 60 bags, then 100 g of the commercial inoculo was applied; then we proceeded to the respective sow of the seeds. An experimental design of complete blocks was used at random with three repetitions and four treatments, which were the following ones: T<sub>1</sub> - disinfected soil (SD), T<sub>2</sub> - natural soil (SN) (native inoculo), T<sub>3</sub> - disinfected soil + commercial inoculo (SD+I), T<sub>4</sub> - natural soil (native Inóculo) + commercial inoculo (SN+I). To variables of growth to evaluate were, area foliate, height and dry biomass; at microbiology level the% of colonization of roots was determined by fungi mycorrhizal arbuscular (HMA). We can to close that the best treatments were natural soil (SN), and natural soil + commercial inoculo (SN+I), because they presented the biggest increment in terms of in area foliate, height, dry biomass and porcentaje of colonization.

**Key words:** Mycorrhizae native, Inoculum

---

**INTRODUCCIÓN**

Desde el mismo momento de la formación de la primera célula hasta hoy, se han visto relaciones entre los microorganismos en pro de favorecer y facilitar su subsistencia, formando relaciones simbióticas con otros microorganismos, animales y plantas. Si bien partimos de un conocimiento básico con respecto a la naturaleza, esta última ha desarrollado muchos mecanismos tanto de cooperación como de competencia, los cuales han permitido el perfeccionamiento de los ecosistemas naturales tal y como los conocemos de una manera equilibrada; es por esto que de su comprensión

se puede aprender cómo restaurar los ecosistemas artificialmente alterados y recrear las condiciones para su restablecimiento en forma natural (GIMS, com. pers. 2002).

El bosque lluvioso tropical amazónico presenta la más grande diversidad de especies en el planeta, por lo cual se caracteriza como una región de mega diversidad; esta enorme riqueza representada en su composición de fauna, flora y en abundancia de formas de vida microscópica, así mismo en la exuberancia del crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, no guarda una relación directa con los nutrientes de la fase mineral del suelo de la Amazonia, que une a su



pobreza una marcada acidez. Bajo estas condiciones el abastecimiento de nutrientes es uno de los limitantes más grandes en estos ecosistemas naturales; en el curso de la evolución las plantas lograron coexistir con los microorganismos con el fin de optimizar la toma de nutrientes, gracias a la relación planta microorganismos, los bosques amazónicos han sabido explorar suelos pobres como los oxisoles y ultisoles, donde el fósforo está casi totalmente inmovilizado (GIMS, com. pers. 2002).

En el caso específico de los suelos del Caquetá, esta situación se ve deteriorada por la destrucción de los bosques debido al avance de frontera agrícola y ganadera (Escobar, *et al.*, 1993). El maíz y los pastos son sembrados en áreas que se destinan para la actividad ganadera, lo cual conlleva al desgaste paulatino de los suelos y la pérdida de la productividad de los cultivos, por ejemplo el maíz ha pasado de 59200 hectáreas en 1990 a 23938 hectáreas hoy en día, con una disminución cercana al 60% en solo 12 años.

Esta problemática motivó el estudio de las micorrizas como una opción para el manejo de los suelos en el trópico. A principios de las décadas de las 80's se inicia en Colombia la investigación en el Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT) y bajo la dirección del Doctor Ewald Sieverding (Sánchez 1999).

La presente investigación tuvo como objetivo Comparar diferentes inóculos de hongos endomicorrizales en maíz (*Zea mays*) variedad criolla en condiciones de invernadero en el Municipio de Florencia, ya que las plantas micorrizadas experimentan incrementos en su altura, vigor, área foliar, estado nutricional entre otros respecto a las no micorrizadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un invernadero donde se utilizaron bolsas con capacidad de 2 kg, siguiendo un diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones y 4 tratamientos, los cuales son:

Tratamiento 1: Suelo desinfectado (SD).  
Tratamiento 2: Suelo natural (SN).  
Tratamiento 3: Suelo desinfectado + Inoculo comercial (SD+INO).

Tratamiento: 4: Suelo natural + Inoculo

comercial (SN+INO).

Se usó maíz (*Zea mays* L.) como planta indicadora, las bolsas fueron regadas cada dos días, aplicándole 20 ml por planta. Se sembraron 4 semillas por bolsa. El suelo que se utiliza al parecer pertenece a las denominadas tierras pretas; del total fueron 120 bolsas de las cuales 60 fueron desinfectadas en autoclave a 15 libras de presión durante 1 hora. En el momento de la siembra se realizó la inoculación, utilizando 100 g de inóculo comercial para 60 bolsas, las cuales fueron suelo desinfectado más inóculo y suelo natural más inóculo. El inóculo comercial utilizado fue "FUNGIFER", el cual tiene 70 esporas por gramo de suelo de los géneros *Glomus* sp. y *Acualospora* sp.

Los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de la siembra durante tres meses.

A nivel fisiológico:

**Crecimiento (cm):** Para determinar crecimiento se utilizó una cinta de 10 metros, donde se tomaba la planta desde la base del tallo hasta la última hoja más larga, esto se realizó con las plantas de cada tratamiento en todos los muestreos.

**Área foliar (AF):** Se determinó tomando medidas de largo por ancho, el cual para el ancho se tomaron aproximadamente tres medidas para obtener así un promedio

**Biomasa fresca (g):** Para establecer la materia fresca tanto aérea como radicular se tomó la planta y con una cuchilla se dividió la parte aérea de la radicular, la parte del tallo y hojas (aérea), se dobló para pesarlas en una balanza de tres brazos, así mismo a las raíces se les retiró bien el suelo adherido para luego pesarlas.

**Biomasa seca (g):** Para determinar la materia seca tanto aérea como radicular se utilizó un horno eléctrico dejando secar las plantas a 72° C durante 48 h, para luego pesarlas en una balanza de tres brazos.

Para la evaluación de estas variables se utilizó el protocolo propuesto por Martínez, R.G, com. Pers.,(2000).



### Anivel microbiológico:

El nivel de colonización de raíces por HMA (%): Para determinar el nivel de colonización primero se realizó un clareado y tinción de las raíces tomadas de las plantas de maíz, empleando como colorante Azul de tripano, para luego realizar la cuantificación de la colonización de raíces por MA, utilizando el método de determinación del porcentaje de infección. Para tal efecto se utilizaron un total de 10 raíces teñidas tomadas al azar y se cortaron en segmentos de mas o menos 1 cm; 10 de estos segmentos se arreglaron paralelos sobre láminas portaobjetos, se sellaron y observaron al microscopio en 10 x, barriendo la lámina entre 7 a 8 veces en sentido horizontal sobre las raíces, dando al final entre 70 a 80 observaciones. Se leyó la colonización teniendo en cuenta si se observaban en el campo del microscopio vesículas, arbusculos e hifas cenociticas (hifas) típicas de MA.

Se calculó el porcentaje de infección en base a la fórmula:

$$\% \text{ Colonización} = \frac{\text{N}^\circ \text{ campos con presencia de estructuras} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de campos observados}}$$

En la valoración cuando se encontraba presencia de vesículas se asumía la presencia de una hifa que le da origen, al igual que con los arbusculos, aunque estas no se cuantificaran, por lo tanto el valor de colonización total corresponde al de mayor valor entre las estructuras observadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura del vástago:

En la figura N° 1 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable altura del vástago. La altura no mostró un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, aunque si se presento efecto entre bloques ( $P < 0,05$ ), se observa que después del cuarto muestreo se observa que los tratamientos suelo natural (MA nativas) y suelo natural más inóculo SN+I (MA nativos + inóculo comercial), aumenta considerablemente con respecto a los tratamientos suelo desinfectado (SD) y suelo desinfectado más inóculo (SD+I).

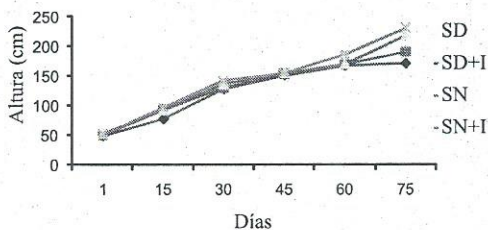


Figura 1 Altura del vástago promedio en los cuatro tratamientos.

Los resultados se relacionan con investigaciones como la realizada por Sánchez de P. (1999). Quien confirmó que suelo desinfectado (SD) y suelo desinfectado más inóculo comercial (SD+I), lo cual puede ser explicado por la alta flora micorrizógena que presentan estos tratamientos (SN y SN+I), diferenciándose de los otros dos (SD y SD+I), donde el suelo fue desinfectado; por tal razón la longitud del vástago en ellos fue menor.

Investigaciones realizadas por Sánchez de P., (1999) confirmaron que en suelos naturales y donde se aumenta la población de micorrizas las plantas tienen mayor desarrollo en la longitud del vástago que en suelos desinfectados, trabajos que realizó en café, tomate y granadilla. Así mismo, Gordillo (2004) en comunicación personal plantea resultados similares en trabajos realizados con Heliconias.

Las diferencias presentadas entre bloques fueron generadas por las condiciones al interior del invernadero en donde hubo plantas que recibieron mayor intensidad solar que otras, lo cual indica que el factor luz es de importancia en esta variable, ya que influye sobre el proceso de crecimiento a través de la regulación de la fotosíntesis.

### Área foliar:

Los resultados de la ANAVA para área foliar presento un efecto altamente significativo ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, así mismo entre bloques. En la figura N° 2, se observa que entre los días 30 y 45 hay decadencia de área foliar en todos los tratamientos, a partir del día 46 hasta el 75 hay un aumento del área foliar en los tratamientos suelo natural (MA nativos) y SN+I



(MA nativos + inóculo comercial) a diferencia de los otros dos suelos desinfectados.

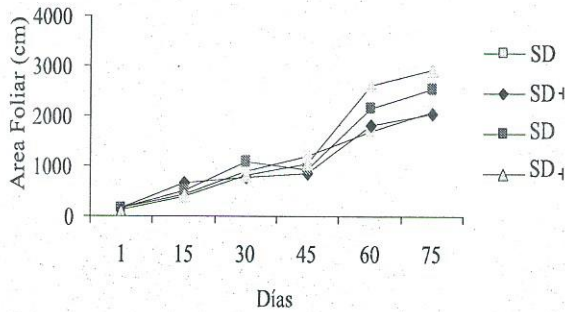


Figura 2. Área foliar a través del tiempo

De acuerdo al análisis de varianza se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, como se puede observar en la figura N° 2. Las mejores respuestas en el área foliar se da en los tratamientos, SN (MA nativas) y SN+I (MA nativas más inóculo comercial), debido a la función que cumplen las endomicorrizas en las plantas en relación a la toma de nutrientes y en especial el fósforo (P), elemento implicado directamente en la regulación de la fotosíntesis, utilización y almacenamiento posterior de los fotosintatos según Sánchez de P., (1999). De igual manera esta autora en investigaciones realizadas en café con tratamientos donde utilizaron suelos naturales más cepas de hongos MA y fósforo reporta que con presencia o ausencia de inóculo desde los 60 días se hacen visibles los efectos de los hongos micorrizógenos sobre el área foliar, presentando un efecto más homogéneo que se traduce en un mejor desarrollo de la planta.

Peso seco total:

El análisis de varianza mostro que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

En la figura N° 3, se observa que en suelo natural más inóculo comercial SN +I (MA nativos + inóculo comercial) y suelo natural (MA nativas), el crecimiento expresado en gramos, fue mucho mayor que en los tratamientos donde se desinfecto el suelo.

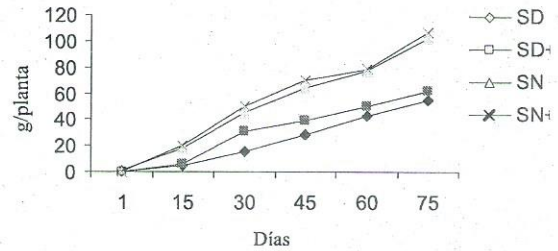


Figura 3. Peso seco total (g).

El análisis de varianza efectuado mostro que hubo diferencias altamente significativas en el peso seco total entre los tratamientos SN (MA nativas) y SN+I (MA nativas más inóculo comercial), con respecto a los tratamiento SD (suelo desinfectado) y SD+I (suelo desinfectado más inóculo), debido al aumento que sufren las planta micorrizadas en la estimulación de la captación de nutrimentos y posterior translocación de estos a la parte aérea, lo que propicia una menor transferencia de fotosintatos a la raíz y mayor retención en la parte aérea, donde son utilizados en la producción de materia vegetal. Como consecuencia, la relación peso de materia seca de la parte aérea/peso seco de materia seca raíz, en general, es más elevado en plantas micorrizadas lo que concuerda con los resultados de trabajos realizados en soya por Silveira, (1992).

Así mismo Pearson y Aguilar (1991), afirman que los incrementos en crecimiento y biomasa como efecto de MA son mayores en suelos con baja fertilidad o con problemas de equilibrio de nutrimentos, sobre todo cuando el P asimilable es deficiente (2.8 ppm) en nuestras condiciones.

Porcentaje de colonización:

Según la variable de colonización de MA presenta diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Los tratamientos suelo natural SN (MA nativos) y suelo natural mas inóculo SN+I, (MA nativos + inóculo comercial) presentados en la figura N° 4 muestran altos niveles de colonización de estructuras producidas por MA.



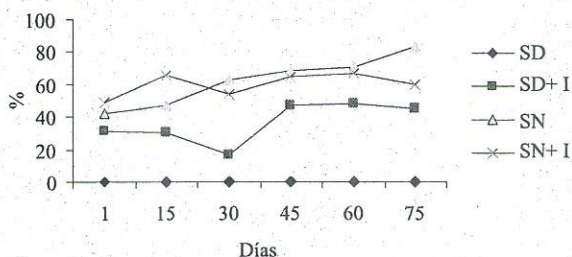


Figura 4. Promedio de porcentaje de colonización a través del tiempo.

Con base en los resultados obtenidos anteriormente y al análisis de varianza, se logró determinar diferencias altamente significativas entre los tratamientos SN (MA nativas) y SN+I (MA nativas más Inóculo comercial) con respecto al suelo desinfectado, los primeros presentaron altos niveles de colonización de estructuras MA en las raíces de las plantas de maíz; sin embargo en el suelo natural (MA nativas) es más constante el aumento de la colonización, debido a la necesidad de adaptación de las condiciones físico-químicas del suelo, a diferencia de lo que ocurre con SN+I (MA nativas más Inóculo comercial), lo que concuerda con los resultados obtenidos en un estudio preliminar realizado en campo, donde se determinó que el porcentaje de colonización de MA en cultivos de maíz en las veredas guayabal y Bodoquero, fue del 75% en promedio (Álvarez y Gómez, com. Per. 2004). Estos niveles nos indican el establecimiento de una simbiosis mutualista alta entre los MA y las plantas de maíz, según la categorización de la colonización de MA utilizada por Arcos (2000), pero esto no necesariamente está relacionado o explica un buen desarrollo de las plantas (Sánchez de P., (2004) com. Per.).

Por otro lado, el alto nivel de colonización se puede explicar por que la planta necesita minerales y en especial el P, siendo este un mineral muy escaso en los suelos trabajados (2.8 ppm).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al comparar los diferentes inóculos se determinó que los más eficaces en relación al desarrollo y crecimiento en maíz, fueron los tratamientos suelo natural (MA nativos) y suelo natural más inóculo (MA nativos más inóculo

comercial).

La inoculación con hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) permiten a las plantas de maíz el mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, para el desarrollo vegetativo y biomasa seca total, longitud del vástago, y área foliar, comprobado esto en los tratamientos suelo natural (MA nativos) y suelo natural + inóculo (MA nativos más inóculo comercial), donde las plantas de maíz tuvieron un efecto positivo.

Los tratamientos suelo natural (MA nativos) y suelo natural más inóculo (MA nativos más inóculo comercial) presentaron los mayores índices en cuanto al porcentaje de colonización por estructuras MA.

Se recomienda primero hacer un análisis del estado poblacional de los hongos formadores de micorrizas en los suelos donde se pretenda cultivar para saber si es viable o no utilizar inóculos comerciales, puesto que las diferencias no fueron altamente significantes entre estos tratamientos (suelo natural (MA nativos) y suelo natural más inóculo (MA nativos más inóculo comercial), para que así se pueda descartar el uso de inóculos comerciales y potencializar los hongos nativos.

Se recomienda realizar el trabajo en suelos del Departamento para determinar la eficacia de micorrizas nativas, ya que el suelo en que se realizó la investigación al parecer pertenece a las denominadas tierras pretas, debido a que la mayoría de los suelos no pertenecen a este tipo de suelo.

Se recomienda evaluar el diseño experimental hasta la etapa de producción para determinar los rendimientos que se pueden obtener a partir de la fertilización con los hongos MA estableciendo el cultivo en campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARCOS D. A. L., 2000. Conferencia, Efecto de la alteración del paisaje sobre los HMA en zonas de colonización amazónica.  
 GIMS. 2002. Propuesta de Línea de Investigación para el Programa de Ingeniería Agroecológica. Grupo de Investigación en Microorganismos Simbiontes. Comunicación Personal.  
 ESCOBAR J.; VELÁZQUEZ J.; GARCÍA J. 1993. Diagnostico integral Amazonia Colombiana. C. I.



- Macagual–Corpoica regional 10. 83 Pág.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá. 3 tomos. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo editores. 1993
- GIMS. 2002. Propuesta de Línea de Investigación para el Programa de Ingeniería Agroecológica. Grupo de Investigación en Microorganismos Simbiontes. Comunicación Personal.
- GORDILLO R. E., 2004. Efecto de la inoculación con micorriza (MVA) sobre el crecimiento en *Heliconia rostrata* Ruiz & Pavon en etapa de vivero. Uniamazonia. Florencia-Caquetá. 7 Pág.
- GIANINAZZI-PEARSON y AZCÓN-AGUILAR, C. 1991. Fisiología de las Micorrizas vesículo-arbuscular. Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes. Vol. II, Fijación de N y Micorrizas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 6 Pág.
- MARTÍNEZ R. G. 2000. El Crecimiento y su Dinámica en Organismos Multicelulares. Comunicación Personal.
- SANCHEZ DE P. M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Departamento de ciencias básicas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. 205 Pág.
- SANCHEZ DE P., 2004. II Seminario Internacional y I Encuentro Nacional de Agroecología. Comunicación Personal.
- SILVEIRA, A.P.D., 1992. Micorrizas. En: Cardozo, E., Tsai, S:M: y Nieves M:C. Microbiología do solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do solo. Campinas, Pág. 257-282.