

# EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRIZA ARBUSCULAR Y APLICACIÓN DE FERTILIZANTES SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE PASTO KIKUYO

Mary Luz López Caro <sup>1</sup>, Katerine Franco Gutiérrez <sup>2</sup>, Carmen Úsuga Osorio <sup>3</sup>, Darío Castañeda Sánchez <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mary Luz López Caro. Estudiantes Ingeniería Agropecuaria, marylopez2000@gmail.com. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Cra. 48, No 7-151, El Poblado Medellín, Colombia

<sup>2</sup> Katerine Franco Gutierrez. Estudiantes Ingeniería Agropecuaria, kt\_francog@hotmail.com. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Cra. 48, No 7-151, El Poblado Medellín, Colombia

<sup>3</sup> Carmen Usuga Osorio. MSc. Investigadora, ceusugao@gmail.com ,

<sup>4</sup> Darío Castañeda Sánchez. MSc. Docente, dacastaneda@elpoli.edu.co. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Cra. 48, No 7-151, El Poblado Medellín, Colombia, Sur America.

## RESUMEN

Se evaluó en campo los posibles beneficios de la inoculación con hongos formadores de micorriza arbuscular combinado con diferentes niveles de fertilización, sobre la población de HMA nativos y la nutrición foliar del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Se utilizó inoculo de HMA comercial y dos niveles de fertilización. Como variables experimentales se estimó la asociación de los HMA y la concentración de minerales en el área foliar. Los resultados muestran que la micorrización natural tiene un mejor comportamiento en aquellos tratamientos sin fertilización y sin la aplicación de micorriza. Similar comportamiento para los macronutrientes N y P. En el caso del K fue mejor con la mitad de la fertilización y sin la aplicación de inoculo de HMA. Los micronutrientes mostraron respuesta para la fertilización completa y respecto a la micorrización hubo efecto para Fe y Cu favorecida por la no micorrización comercial.

**Palabras Claves:** Suelos, micorrización, elementos mayores, *Pennisetum clandestinum*

Recibido: 1 de Octubre de 2009  
Received: October 1, 2009

Aceptado: 18 de Diciembre de 2009  
Accepted: December 18, 2009

## THE COMERCIAL MICORRHIZATION AND FERTILIZATION IN TO HMA ASOCIATION AND NUTRITIONAL QUALITY OF THE KIKUYO GRASS

### ABSTRACT

*In the field were evaluated the profit of the HMA combined with different levels of fertilization on the association and foliar nutrition of the kikuyo grass (Pennisetum clandestinum). It was used commercial mycorrhizae fungi and two fertilization levels. The association of the HMA and foliar minerals concentration were determined. The results show that HMA association has a better behavior without both fertilization and micorrhization. Similar tendence to the N and P macronutrients were presented. In the case of the K was better with the half of the fertilization and without micorrhization. The micronutrients showed response to complete fertilization and only Fe and Cu without micorrhization showed response.*

**Keywords:** Soils, experiment, macroelements, *Pennisetum clandestinum*

## 1. INTRODUCCIÓN

La nutrición juega un papel importante en el comportamiento de los indicadores de producción de un animal. Bajo el esquema de los hatos lecheros colombianos, el pastoreo constituye la forma más importante en la alimentación de los bovinos. En el país los animales permanecen en pasturas de baja productividad forrajera por las inadecuadas prácticas y por el sobre o subpastoreo; sumado a esto, las características físico-químicas propias de los suelos han contribuido a que se produzcan procesos de erosión y destrucción de la integridad física, química y microbiológica del suelo, disminuyendo su calidad [1]. *Pennisetum clandestinum* conocido como pasto kikuyo, es usado frecuentemente como pastura por su gran capacidad de adaptación a las condiciones ambientales y a la poca fertilidad de los suelos en general y en particular a los de la zona Norte de Antioquia. En estudios realizados en otros pastos las asociaciones simbióticas con hongos micorriza arbuscular (HMA) genera ventajas para el desarrollo; aumentando la asimilación de nutrientes de la planta principalmente del fósforo debido a que el diámetro y la longitud de sus hifas le permite a la planta explorar un mayor volumen del ambiente edáfico, permite además la formación de micro y macro agregación que actúa como mejorador de las características físicas del suelo por ejemplo de su estructura [2].

El presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la micorrización comercial y dos niveles de fertilización (úrea, roca fosfórica, cloruro de potasio) en el establecimiento de la asociación simbiótica de los HMA y en la remoción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe) en pasto Kikuyo *P. clandestinum*, en el municipio de Santa Rosa de Osos – Departamento de Antioquia. Se exploró el uso de las micorrizas como una alternativa en la potencialización directa de la absorción de nutrientes, y mejoramiento de la calidad del pasto, e indirectamente en la disminución del impacto económico por la disminución de aplicación de insumos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 El sitio de estudio

El experimento se realizó en la vereda el Vergel, la cual pertenece al municipio de Santa Rosa de

Osos, ubicada al norte de Antioquia a 74 km de Colombia

#### 2.1.1 Características agroecológicas

El municipio de Santa Rosa de Osos se ubica en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), con una temperatura que oscila entre 13 y 25°C, una precipitación promedia anual de 2239 mm; pertenece a la provincia de humedad perhúmeda, con una altura sobre de 2.550 m.s.n.m. y una humedad relativa del 79% [3]

#### 2.1.2 Geomorfología y suelos de la zona de estudio

La estructura global de la región en la cual se ubica la vereda el Vergel corresponde a un bloque de colinas equialitudinales y un sistema de valles. Los suelos se derivaron de aluviones heterogéneos y heterométricos, con colores muy oscuros a pardo grisáceos oscuros u oliváceos, con un desarrollo estructural débil a moderado; el nivel de fertilidad es bajo a muy bajo, y con reacción fuertemente ácida [3].

### 2.2 Diseño del Experimento

La fase de campo se llevó a cabo en un área de 603 m<sup>2</sup>, sembrada con pasto Kikuyo (*P. clandestinum*). Se evaluaron dos factores: fertilización y micorrización con tres y dos niveles respectivamente; la combinación de estos factores generaron los tratamientos a aplicar con tres replicaciones cada uno, conformando un diseño denominado arreglo factorial (Tabla 1).

**Fertilización:** El nivel de fertilización completa (F), se calculó con base en los requerimientos nutricionales del pasto kikuyo y en los análisis de suelos así: 50kg/ha de Urea, 150kg/ha KCl y 100kg/ha de roca fosfórica [1]. Los demás niveles se obtuvieron por la aplicación de la mitad de las cantidades anteriores de fertilizantes (F1/2) y sin la aplicación (F0) (Tabla 1).

**Micorrización:** Se aplicó una fuente de hongos micorriza arbuscular comercial, obtenida de la empresa Safer Agrobiológicos, con dos niveles así: sin aplicación de micorriza (M0) y con la aplicación de 600 g (M1) con una concentración de esporas según la etiqueta de 300 esporas / g de producto.

Tabla 1. Descripción de los factores y niveles aplicados, la combinación de estos generan los tratamientos

n	Niveles de fertilización					
	F0		F1/2		F	
	M0	M1	M0	M1	M0	M1
1	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2	T1	T2	T3	T4	T5	T6
3	T1	T2	T3	T4	T5	T6

Donde,

F es el factor fertilización con los niveles F0, F1/2 y F es decir sin fertilización, la mitad y fertilización completa respectivamente.

M son los niveles del factor micorrización así: M0 y M1 sin y con micorriza respectivamente.

### 2.3 Evaluación de la asociación y de nutrientes foliares.

Dentro de cada parcela se tomaron muestras homogéneas tanto de raíz como de área foliar y se determinó las siguientes variables, asociación de los HMA a las raíces del pasto en porcentaje y la concentración en el tejido foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro.

#### 2.3.1 Medición de la asociación micorrizica Preparación de la muestra.

A los 45 días de haber aplicado los tratamientos, de cada parcela se tomó de manera aleatoria una muestra compuesta de 1 kg de raíces; de las cuales se seleccionó 0.5 gr de raíces extraídas y se sumergieron por 7 días en solución fijadora (A.F.A) con el propósito de conservar las estructuras de las micorrizas (arbusculos y vesículas). Después, se lavó con agua corriente la solución A.F.A y se agregó hidróxido de potasio (KOH 1%) por 72 horas para decolorar las raíces. En seguida, se retiró el KOH y sin lavar las raíces se vertieron en ácido clorhídrico (HCL 1%) durante una hora y media para neutralizar el pH. Posteriormente, se lavaron con agua corriente y para teñir las estructuras del hongo en las raíces, se les agregó azul de Tripiano al 0.05 % durante 48 horas [4].

**Medición del porcentaje de asociación.** Se midió colonización de raíces por los HMA en una muestra de 0.5 g de raíces extraídas. La colonización se evaluó por la observación de raíces, al microscopio de luz, previamente decoloradas con KOH 10% y

teñidas con azul de Tripiano, modificada para pastos [4]; la colonización se calculó por el método en laminas de [5].

#### 2.3.2. Análisis foliar

En cada parcela se seleccionó al azar 1m<sup>2</sup>, dentro de este se cortó todo el pasto existente a 10 cm del suelo. Este se llevó al laboratorio, se secó a 60 °C durante 5 días para el análisis foliar. Las metodologías seguidas para la determinación de los nutrientes a nivel foliar se enuncian en Tabla 2.

Tabla 2. Metodologías seguidas en la determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, hierro, cobre, boro y azufre evaluados en tejido foliar.

Parámetros	Medios de extracción	Técnicas de detección
Nitrógeno total en tejido vegetal	Kjendahl	Volumetría
Elementos totales en tejido Vegetal (K, Ca, Mg, Fe)	Digestión de tejido vía seca	Colorimetría
Fósforo total en tejido vegetal	Digestión de tejido vegetal vía seca	Calorimétrica

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1 Asociación respecto a los niveles de fertilización y micorrización

La asociación expresada en porcentaje de los HMA sobre el pasto kikuyo con respecto al factor fertilización fue mayor en el nivel sin fertilización, al presentar el más alto promedio 49.07% en comparación con la mitad y la fertilización completa, las cuales presentaron porcentajes de asociación de 35.40% y 34.90% respectivamente, siendo este factor significativo ( $\alpha = 0.05$ ) según el análisis de varianza. Sin embargo, por la prueba Duncan se estableció diferencias solo para los promedios de asociación entre los niveles sin fertilización y fertilización completa, en los demás casos no hubo diferencias (Figura 1).

Tabla 3 Estadísticos descriptivos y comparaciones pareadas (prueba Duncan  $\alpha = 0.05$ ) de la asociación y remoción de nutrientes en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo dos niveles de micorrización.

Variable respuesta	Nive	Mínimo	Mediana	Medio	Máximo	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Prueba Duncan	
								Coeficiente de variación	Duncan
Asoc (%)	M0	29.6	37.6	43.2	64.4	14.2	0.33	a	
	M1	26	32.7	33.37	63.4	10.11	0.29	b	
N	M0	0.35	1.46	1.25	2.19	0.77	0.61	a	
	M1	0.36	1.27	0.96	1.96	0.75	0.79	b	
P	M0	0.35	3	3.09	0.15	0.33	0.34	a	
	M1	0.36	3	3	0.15	0.32	0.2	b	
K	M0	0.92	1.5	1.55	2.15	0.41	0.51	a	
	M1	0.14	1.37	1.26	1.95	0.55	0.44	b	
Ca	M0	0.35	0.39	0.09	0.16	0.33	0.59	a	
	M1	0.36	0.36	0.09	0.12	0.33	0.29	a	
Mg	M0	0.34	0.15	0.12	0.16	0.34	0.55	a	
	M1	0.35	0.12	0.12	0.17	0.34	0.57	a	
Fe	M0	0.37	0.36	0.4	0.9	0.29	0.7	a	
	M1	0.3	0.24	0.52	1.2	0.4	1.24	b	
Cu	M0	0	7.7	7.6	12.76	5.94	0.47	a	
	M1	0	7.57	9.55	9.7	5.17	0.49	b	

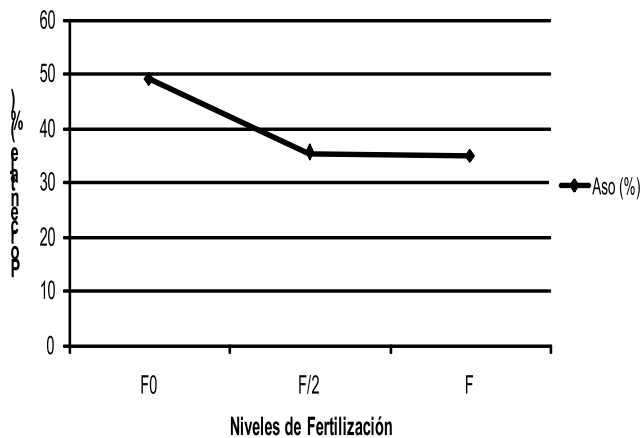


Figura. 1. Porcentaje de asociación de los HMA con respecto a los niveles de fertilización.

Tabla 4 Estadísticos descriptivos y comparaciones pareadas (prueba Duncan  $\alpha = 0.05$ ) de la asociación y remoción de nutrientes en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo tres niveles de fertilización.

Variable respuesta	Nive	Mínimo	Mediana	Medio	Máximo	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Prueba Duncan	
								Coeficiente de variación	Duncan
Asoc (%)	F0	26	53.6	49.07	64.4	15.91	0.32	a	
	F/2	25.6	34.6	35.4	49.5	6.95	0.23	ab	
	F	29.5	32.2	34.5	49.6	7.45	0.21	b	
N (%)	F0	1.19	1.37	1.47	1.95	0.25	0.19	a	
	F/2	0.06	1.52	0.99	1.72	0.92	0.82	ab	
	F	0.09	0.19	0.75	2.19	1.01	1.27	b	
P	F0	0.1	0.12	0.12	0.16	0.02	0.16	a	
	F/2	0.06	0.39	0.09	0.1	0.02	0.19	b	
	F	0.26	0.26	0.06	0.11	0.03	0.32	b	
K	F0	0.92	1.15	1.22	1.6	0.33	0.27	b	
	F/2	1.26	1.5	1.47	1.95	0.29	0.19	a	
	F	0.14	1.37	1.24	2.15	0.75	0.61	ab	
Ca	F0	0.06	0.08	0.08	0.12	0.02	0.29	b	
	F/2	0.37	0.36	0.09	0.12	0.02	0.24	ab	
	F	0.36	0.36	0.1	0.16	0.04	0.42	a	
Mg	F0	0.34	0.12	0.11	0.17	0.05	0.42	b	
	F/2	0.26	0.14	0.12	0.16	0.04	0.25	ab	
	F	0.34	0.12	0.12	0.16	0.05	0.41	a	
Fe	F0	0.37	0.3	0.27	0.4	0.13	0.45	b	
	F/2	0.32	0.16	0.4	1.2	0.49	1.19	ab	
	F	0.3	0.52	0.45	0.9	0.39	0.51	a	
Cu	F0	0	7.52	9.93	9.7	3.52	0.51	b	
	F/2	0	7.57	7.06	12.76	4.94	0.69	ab	
	F	5.34	7.53	7.6	10.33	1.77	0.23	a	

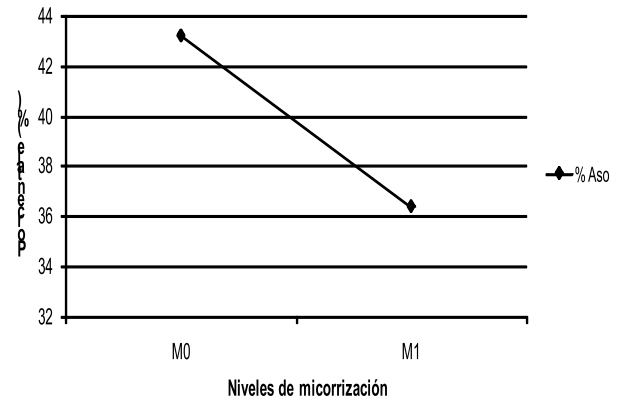


Figura. 2. Efecto de la aplicación de inoculo comercial de HMA sobre el porcentaje de asociación de los HMA nativos.

Un comportamiento similar fue observado con respecto al factor micorrización, en donde, el mayor promedio se obtuvo cuando no se aplicó micorriza comercial (43.21%), la asociación promedio cuando esta se aplicó fue de 36.37% y según el análisis de varianza, estos dos promedios de asociación fueron significativamente diferentes (Tablas 3 y 4 y Figura 2).

Estos resultados sugieren que los HMA que están presentes en el agroecosistema, denominadas también micorrizas nativas, parecen encontrarse en una concentración alta en el suelo, lo que estaría permitiendo la asociación con las raíces del pasto favorecidas por el ambiente en el que ellas se desenvuelven y adaptadas a las condiciones del suelo y prácticas de manejo del cultivo.

### 3.2 Contenido de nutrientes en tejido foliar

#### 3.2.1 Elementos mayores según la fertilización

El contenido promedio general de **nitrógeno** en el pasto kikuyo fue de 1.47% con un valor mínimo de 1.19% y un máximo de 1.85%; de acuerdo al factor fertilización, el nivel M0 presentó un contenido de nitrógeno foliar por encima del promedio general, así como por encima del nivel medio y completo de fertilización (Tablas 4 y Figura 3); lo que indica, que el suelo presenta contenidos suficientes de este elemento para la planta, en consecuencia esta presenta una respuesta negativa por aplicaciones excesivas de este elemento, esto es corroborado por la prueba Duncan la cual muestra diferencias significativas entre los niveles F0 y F; lo descrito anteriormente probablemente por desbalances o excesos de nutrientes aplicado al suelo.

Con respecto al **fósforo** las diferencias entre los promedios de los dos niveles de fertilización fueron pequeñas, sin embargo la prueba Duncan sugiere que el contenido de fósforo foliar fue significativamente mayor cuando no se aplicó fertilización respecto a la aplicación de la mitad y la fertilización completa. Caso contrario con el potasio en el cual el nivel de fertilización media presentó el mayor contenido de este elemento (1,468%) promedio que fue diferente del nivel sin fertilización, pero similar a la fertilización completa, indicando una deficiencia en el suelo de este elemento y en consecuencia observándose respuesta de la planta a la aplicación de este nutriente. Las deficiencias se asocian con regiones específicas y están relacionadas con las características del suelo: así, se encuentra que suelos salinos de formación geológica joven son más abundantes la mayoría

de los elementos minerales que suelos muy evolucionados, ácidos, toscos y de formación arenosa. Otro factor importante es la gran variabilidad en el contenido de minerales entre las diferentes especies vegetales, aún en el mismo suelo [6].

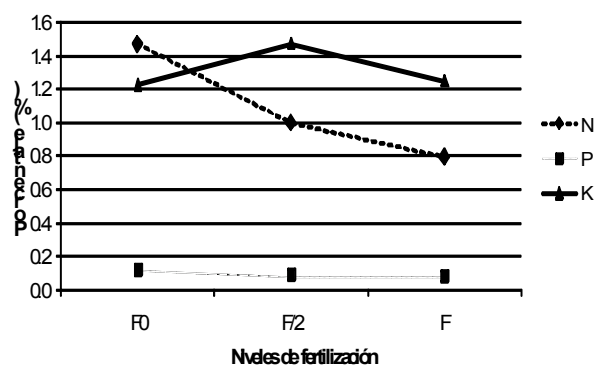


Figura. 3. Concentración foliar acumulada de los elementos mayores (N,P,K), en el sistema foliar del pasto Kikuyo, de acuerdo a tres niveles de fertilización.

#### 3.2.2 Elementos mayores respecto a la micorrización.

El efecto en la concentración de elementos mayores con respecto a los niveles de micorrización. En el caso del potasio se presentaron contenidos promedios de 1.35% y 1.26% correspondiente a los niveles M0 (sin micorrización) y M1 (con micorrizas) respectivamente (Tabla 3), la diferencia entre estos promedios es significativa al realizar la prueba de Duncan, lo que se puede deducir que el nivel de micorrización M0 (Sin micorrización) ejerció un efecto positivo en la concentración de potasio en el área foliar del pasto. El nitrógeno presentó contenidos promedio de 1.25% y 0.96% para los niveles M0 y M1 de micorrización respectivamente, encontrándose diferencia significativa entre ellos; lo que parece indicar un efecto positivo de las micorrizas nativas del agroecosistema (Figura 4). Con respecto al fósforo el nivel M1 ejerció un efecto significativo mayor en la concentración de este elemento en el área foliar del pasto, sin embargo la diferencia no fue muy amplia. En general puede decirse que las micorrizas comerciales tuvieron un mejor efecto en la absorción de este elemento poco móvil en la planta, lo que significaría una mejor solubilización de este elemento presente en suelos ácidos y fijado por el tipo de material parental [7].

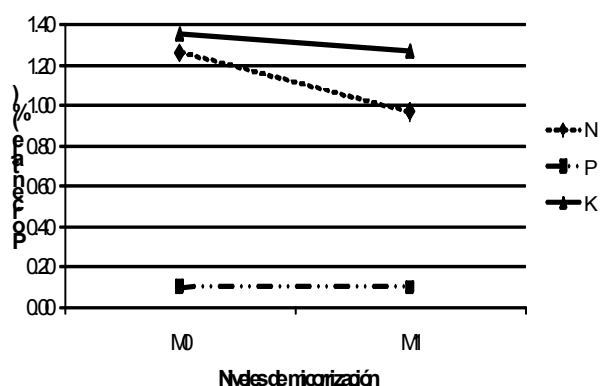


Figura. 4. Concentración foliar acumulada de los elementos mayores (N,P,K), en el sistema foliar del pasto Kikuyo, con la ausencia y presencia de micorrizas.

### 3.2.3 Contenido de los elementos menores en tejido foliar del pasto kikuyo

Comparando el efecto de los niveles de fertilización en la concentración de elementos menores en el área foliar del pasto kikuyo, el mineral con mejor comportamiento fue el **hierro** con promedios de 0.43, 0.40 y 0.024 % para la F, F1/2 y F0 respectivamente, lo que indica, que la fertilización tiene una relación significativa y directa con la concentración de hierro en el área foliar del pasto kikuyo y viceversa (Tabla 4 y Figura 5). Para **Calcio** y **Magnesio** los mayores promedios fueron para el nivel F (Fertilización completa); siendo este promedio diferente significativamente de F0.

De acuerdo a los niveles de micorrización el comportamiento fue similar a los niveles de fertilización para elementos menores, encontrándose diferencias significativas entre ambos niveles, anotándose que los promedios superiores fueron para el nivel F0; a excepción del calcio en donde el promedio fue igual para ambos niveles de micorrización y por ende, no hubo diferencias significativas entre los factores (Tabla 3 y Figura 6). Las deficiencias de estos elementos en las plantas pueden presentarse por la no absorción por parte de las raíces, las cuales no se desarrollan adecuadamente para tomar los nutrientes y trasladarlos hacia toda la planta. Mediante el micelio externo del hongo la raíz micorrizada explora un volumen más grande del suelo para la absorción de nutrientes que una raíz no micorrizada, especialmente fósforo, nitrógeno, zinc, cobre, azufre, molibdeno, calcio y boro.

Estos elementos están disponibles para la planta en el suelo pero no son aprovechados. Al utilizar micorrizas la planta amplía su área radicular por lo que le permite capturar nutrientes necesarios para su nutrición [6].

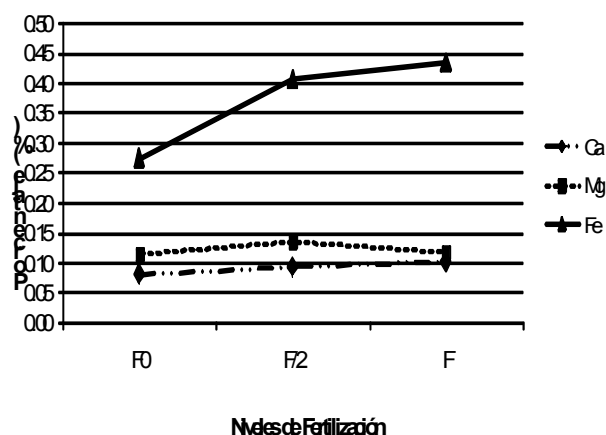


Figura. 5. Concentración en el sistema foliar de elementos menores (Ca, Mg, Fe), en el pasto Kikuyo, de acuerdo a tres niveles de Fertilización.

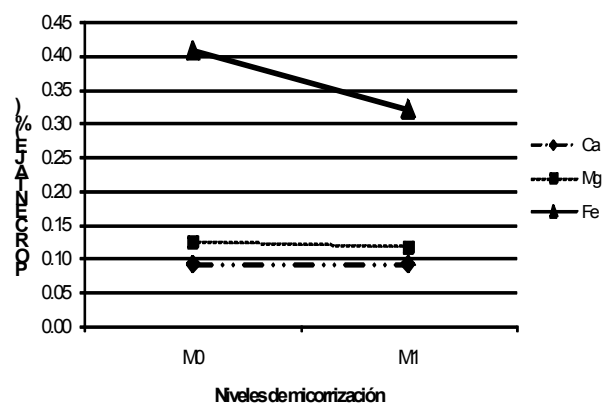


Figura. 6. Concentración foliar acumulada de los elementos menores Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Hierro (Fe) en el sistema foliar del pasto Kikuyo, con la inoculación de HMA comerciales.

Se puede decir que los beneficios de la inoculación temprana con hongos micorrícicos repercuten en una reducción del aporte de fertilizantes, un ahorro del suministro del agua, un mayor crecimiento y producción de las plantas micorrizadas, una mayor supervivencia a las condiciones de estrés y un mejor aprovechamiento de los suelos.

#### 4. CONCLUSIÓN

Los resultados muestran que la asociación de los HMA tiene un mejor comportamiento en los niveles sin fertilización y sin la aplicación de micorriza. Similar respuesta se obtuvo para el contenido de los macronutrientes N y P. En el caso del K fue mejor con la mitad de la fertilización y sin la aplicación de micorrizas. Los contenidos de micronutrientes mostraron respuesta positiva para la fertilización completa y respecto a la micorrización hubo efecto para Fe y Cu favorecida por la no micorrización comercial. En general las micorrizas nativas parecen ser mas eficientes tanto en la asociación como en el mejoramiento de la nutrición de la plantas, además los resultados también sugieren un uso excesivo e ineficiente de fertilizantes desfavoreciendo también la asociación micorrícica.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al profesor Luis Gallego Castro por su asesoría y aporte académico; al laboratorio de taxonomía y ecología de hongos de la Universidad de Antioquia, A la profesora Sonia Jaramillo de la Universidad Nacional de Colombia por facilitarnos el espacio para el experimento, Por último a nuestras familias por brindarnos todo su apoyo incondicional.

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Hernandez, A.J., Evolución de la calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*, Hochst) en suelos tratados con porquinasa. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 1989.

[2] Ramos, J., Arbuscular mycorrhizal fungi in tropical forest restoration. Rev. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Número Especial I: 59-65, 2004.

[3] Alcaldía de Santa Rosa de Osos, Universidad de Medellín Facultad de Ingeniería. Plan básico de ordenamiento territorial municipio de Santa Rosa de Osos, 2000

[4] Usuga, C. 2002. Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la

micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Mussa AAA cv. Gran enano*) (Musaceae).

[5] Sieverding, E.1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesicula-arbuscular en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia. 96 p.

[6] BARRERA, L.M. El papel de la micorriza (MVA) en la nutrición animal bovina. Universidad nacional del Valle (Colombia), 2009.

[7] Sieverding, E. 1991 Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany.