



EFECTO DEL ENCALADO EN LA ESPORULACIÓN Y MICORRIZACIÓN DEL PASTO BRACHIARIA BAJO CONDICIONES DE VIVERO

Elíecer M. Cabrales H¹✉, Nidia Forero R² y Víctor Degiovanni³

✉ ¹I. A., MSc. CPhD. Docente Titular área Suelos. Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba.
ecabralesh@yahoo.es
Tel 4-7860255.

² Agrónomo, Asistente técnico en cultivos tropicales. Email: nidiaframirez@yahoo.es Tel 4-7893963

³I.A. MSc. Docente Asociado área de cultivos, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba
vmdegiovanni@coreo.unicordoba.edu.co
Tel 4-7860255

Palabras clave: Micorrización, producción de micorrizas, esporulación de micorrizas.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto del encalado en la esporulación de los hongos formadores de simbiosis micorrizica, se estableció esta investigación en condiciones de vivero, con suelo ácido y esterilizado en autoclave. Se utilizaron dosis de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 t.ha⁻¹ de cal agrícola. Como planta hospedera se utilizó el pasto *Brachiaria decumbens* sembrado 30 días después del encalado y micorrizado con 5 g de micorriza comercial por matera. El grado de colonización se hizo en raicillas 60 días después de la emergencia del pasto, mediante técnica de tinción de raíces (Phillips y Hauman, 1970), y la evaluación de cantidad de esporas, por metodología propuesta por Sieverding (1991). Se utilizó un diseño completamente al azar con seis (6) tratamiento y tres (3) repeticiones. Se encontró que el pH del suelo inicial fue de 4.5 y con el encalado se incrementa a 6.1 cuando se aplicaron 5 t.ha⁻¹ de cal, con una correlación del 92.22%. Con el encalado se pudo notar una ligera tendencia a decrecer el grado de colonización, sin diferencias estadísticas significativas, oscilando entre 65.7% que se logró con 5 t.ha⁻¹ de cal agrícola y 83.0% con la dosis de 3 t/ha de cal. El incremento del pH del suelo trajo consigo una disminución en la producción de esporas totales, de 202 esporas.g⁻¹ se redujo a 96, con diferente tendencia en cada especie. Se concluye que el encalado disminuye la producción de esporas y el grado de colonización cuando se utiliza como planta hospedera a *Brachiaria decumbens*.

EFFECT OF LIMING ON SPORULATION AND MYCORRHIZATION OF BRACHIARIA PASTURE UNDER NURSERY CONDITIONS

Key words:
Mycorrhiza, mycorrhizal production, mycorrhizal sporulation.

SUELOS ECUATORIALES
44 (1): 51-56

ISSN 0562-5351

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of liming on the sporulation of fungi that form mycorrhizal symbiosis, this research was established in nursery conditions, acid soil and sterilized with autoclave. We used doses of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 t.ha⁻¹ of agricultural lime. Plant host was used *Brachiaria decumbens* pasture planted 30 days after liming and mycorrhized with 5 g of commercial mycorrhizal by pots. The degree of colonization was made in rootlets 60 days after emergence of the pasture by root staining technique (Phillips and Hauman, 1970), and the evaluation of amount of spores per methodology given by Sieverding (1991). A design was used completely randomized with six (6) treatment and three (3) repetitions. It was found that the initial pH of soil was 4.5 and was incremented with 5 t.ha⁻¹ of lime to 6.1, with a 92.22% correlation. With liming was noted a slight tendency to decrease the degree of colonization, not statistically significant differences, and ranging between 65.7% of colonization with 5 t.ha⁻¹ of lime and 83.0% with the dose of 3 t.ha⁻¹ of lime. The increasing the pH of the soil decreased the total production of spores, of 202 spores.g⁻¹ was reduced to 96, with different trend in each species. It is concluded that liming decreased spore production and the degree of colonization when used as host pasture to *Brachiaria decumbens*.

INTRODUCCIÓN

El término micorriza fue acuñado por Frank a mediados de 1877 para referirse a asociaciones simbióticas (vivir conjuntamente dos o más organismos), mutualistas, no patógenas, entre las raíces de la mayoría de las plantas y micelio de algunos hongos. En esta interrelación, ambos organismos se benefician (Sánchez, 2009; Palenzuela y Barea, 2002; Honrubia, 2009), condición que ayuda a las plantas a adaptarse mejor en suelos de baja fertilidad e incluso a ser dominantes sobre las plantas nativas (Wolfe y Van, 2012). Según Smith y Read (2008), el término micorriza viene del griego *myco* (hongo) y *rhyza* (raíz), en esta simbiosis, la planta le proporciona al hongo compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis (fotoasimilados), como también un micro hábitat protegido; en compensación de ello, el hongo le aporta a la planta nutrientes minerales, principalmente fósforo y agua, mediante un sistema ramificado de hifas que explora un área edáfica mucho mayor (Osorio, 2011; Barea *et al.*, 2008; Barea, *et al.*, 2008; IVIC, 2014).

Los hongos formadores de la simbiosis micorrízica, son cosmopolitas y abundantes en suelos tropicales de baja fertilidad, prácticamente son de nula especificidad y se estima que entre el 90 y 97% de las plantas vasculares son capaces de hacer simbiosis con el hongo (O'Connor, *et al.* 2002; Smith and Read, 2008). En esta, el micelio del hongo coloniza a la corteza radical en forma biotrófica y proyecta sus hifas al interior y exterior de las raíces. Cuando se ha dado la colonización, las hifas se convierten en una especie de proyecciones de raíces absorbentes de las plantas, por donde fluyen los nutrientes minerales y agua desde el suelo hasta las raíces (Schüssler *et al.*, 2001; Kosuta *et al.*, 2005).

Son muchos los factores que influyen en el grado de micorrización de las plantas, entre los que se resaltan la micotroficidad de la planta y condiciones edafoclimáticas del medio, a ello se le suma las prácticas antrópicas y salud del suelo (Cabrales, 2014; Ramírez y Rodríguez, 2010). Dentro de los factores abióticos, el pH es uno de los que incide en el grado de colonización por parte del hongo, cuanto menos ácido es un suelo, este suele tener aunque no siempre, mejores condiciones de oferta nutricional y con ello una planta con raíces menos permeables lo que a su vez disminuye la salida de exudados al medio edáfico y el hongo tendría menos probabilidad de hacer la simbiosis y de hacerse, sería menos exitosa (Rillin *et al.*, 2003; Toro, 2009). En este sentido, Vales (2011) encontró el incremento de pH del suelo por acción de un encalado, disminuye drásticamente la simbiosis, toda vez que en suelos ácidos, el aluminio es un factor limitante de la asociación, sin embargo, se han encontrado algunas especies de HMA que soportan esta condición; por otro lado, se ha encontrado que en suelos salinos la presencia de sodio y cloro pueden reducir la germinación de las esporas (Sieverding, 1991; Barea y Jeffries, 1995; Varma, 1995). El conteo de esporas totales en una muestra, es quizás una de las herramientas que más aplica para evaluar la calidad o presencia de HMA, también se puede utilizar como parámetro evaluativo el grado de colonización, como se puede apreciar en la tabla 1.

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del encalado sobre la micorrización y producción de esporas en un suelo de baja fertilidad del departamento de Córdoba – Colombia, para lo cual se utilizó como hospedero Braquiaria (*Brachiaria decumbens*), que es una planta que tolera condiciones de acidez del suelo, altos niveles de saturación de hierro y aluminio (Bernal, 1988).

Tabla 1. Escalas para la cualificación de los HMA de una muestra o eficacia en la planta.

Presencia de esporas/g de muestra (Sieverding, 1983)		Grado de Colonización (%) (Grand y Harvey, 1982)	
Esporas/g	Calificativo	Colonización (%)	Calificativo
< 1	Bajo	< 1	Nulo
1 – 10	Mediano	1 – 25	Bajo
> 10	Alto	25 – 50	Moderado
		50 – 75	Alto
		> 75	Muy alto

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en vivero bajo las condiciones climáticas de Montería, que corresponde según la clasificación de Holdridge, a una zona de transición entre bosque seco tropical y bosque húmedo tropical, con una altitud de 4 a 15 m.s.n.m., humedad relativa del 85%, precipitación de 1200 mm y temperatura de 28°C (Palencia et al., 2006).

Se utilizaron materas de 15 litros de capacidad, las cuales se llenaron con suelo seco al aire y tamizado a 2 mm, con características químicas que se muestran en la Tabla 2, el suelo se extrajo de los primeros 20 cm de profundidad de un oxisol del municipio de Buena Vista – Córdoba y fue esterilizado en autoclave por 1 hora.día⁻¹, por tres (3) días seguidos. Las dosis de cal agrícola fueron 0, 1, 2, 3, 4 y 5 t.ha⁻¹. La siembra del pasto *Brachiaria decumbens* se hizo 30 días después del encalado, para lo cual se utilizaron 10 semillas sexuales/matera, junto con la siembra se hizo la micorrización, en la que se utilizaron 5 g de micorriza comercial por matera (40 esporas.g⁻¹) que contenía 10, 12 y 18 esporas de *Acaulospora* sp, *Esclerocystis* sp y *Glomus* sp, respectivamente. Se hizo una poda a ras del suelo a los 60 días después de la siembra, se tomaron muestras de raicillas para la evaluación del grado de colonización mediante la técnica de tinción de raíces de Phillips y Hauman (1970) y 8 días después se hizo muestreo para la evaluación de cantidad de esporas en cada matera mediante la metodología propuesta por Sieverding (1991), basada en el tamizaje en húmedo y decantación utilizando gradientes de sacarosa. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis (6) tratamientos y tres (3) repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales. El análisis de varianza y la comparación de medias se hicieron con el programa estadístico Statistix versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del pH del suelo.

El pH del suelo inicial fue de 4.5 y con el encalado se pudo llevar a 6.1 cuando se aplicaron 5 t.ha⁻¹ de cal agrícola, como se puede apreciar en la figura 1. Estadísticamente se encontró que hay diferencias, en la que el máximo pH se logró cuando se aplicó la máxima cantidad de cal, lo cual denota que hubo reacción de la cal en el suelo, posiblemente ayudado por el agua de riego que se les agregó durante la incubación de 30 días, toda vez que se aplicaron 40 mm de láminas de riego cada 8 días, para un total de 160 mm de lámina, por lo que el suelo se mantenía con suficiente humedad

hasta el final del ensayo. El análisis matemático arrojó la siguiente ecuación: $pH = 0.3199 + 3.8942(t.ha^{-1})$, con una correlación del 92.22% ($R^2 = 0.8501$), esto indica que hay una dependencia directa entre las variables pH del suelo y cantidad de cal aplicada al mismo, exhibiendo este modelo que la variabilidad del pH del suelo se dio gracias a la cantidad de cal agregada en un 92.2% y solo el 7.8% lo estaría explicando otros factores como la humedad del suelo, o características químicas, entre otros.

Estos resultados son concordantes con los reportes de Cabrales (1999), Alvarado y Fallas (2004), Pérez *et al.*, (2010), entre otros, quienes encontraron que el pH del suelo se incrementa con adiciones de cal, porque los elementos precursores de la acidez son neutralizados en la medida que se convierten en compuestos inactivos, como son el $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ y el H^+ es neutralizado para formar moléculas de agua.

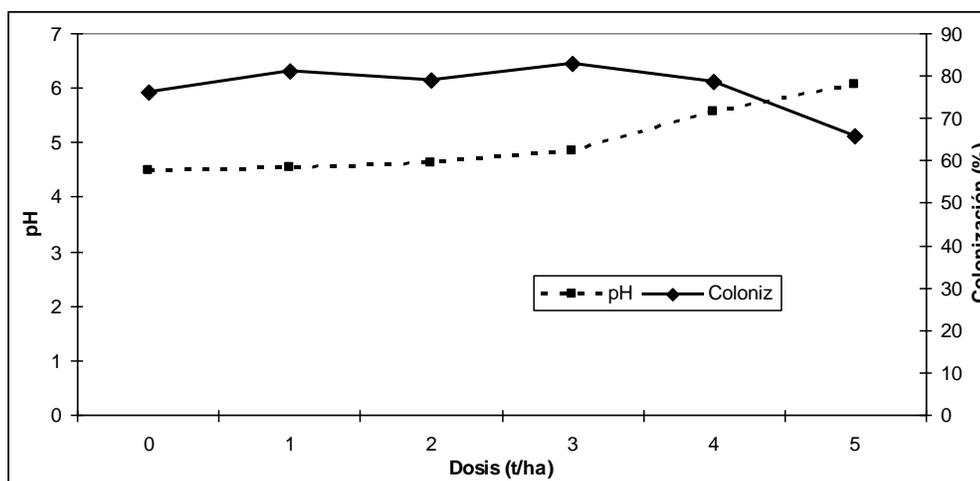
Grado de colonización.

Con el encalado se pudo notar una ligera tendencia a decrecer el grado de colonización, lo que se corrobora con la ecuación lineal ($Y = -1.5619X + 82.689$: donde Y es el grado de Colonización y X la dosis de cal agrícola en t.ha⁻¹) cuya pendiente es negativa, sin embargo, el bajo grado de correlación ($R = 47.66\%$) indica que la variabilidad del grado de colonización en este ensayo pudo depender más de otros factores que del encalado, entre los que se puede resaltar quizás: tipo de suelos, grado de humedad (Escudero y Mendoza, 2005), entre otros.

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, se pudo encontrar que el grado de colonización osciló entre 65.7% que se logró cuando se aplicaron 5 t/ha de cal agrícola al suelo, y 83.0% con una dosis de 3 t.ha⁻¹ de cal agrícola. Con la excepción del tratamiento T6 (5 t.ha⁻¹) que el grado de colonización según la escala propuesta por Grand y Harvey (1982) se considera alto, ya que está por encima del 50%, el resto de los tratamientos se les clasifica como muy alto según la misma escala de este autor, ya que están por encima del 75%. Este alto grado de colonización se debe posiblemente a la alta micotroficidad del pasto *Brachiaria* y quizás a los tipos de especies de hongos Glomeromycota utilizados en el ensayo. Estos apartes son concordantes con las afirmaciones de Posada *et al.*, (2007), Caro *et al.*, (2009) y Ramos (2004) cuando se refieren a que los HMA carecen de afinidad hacia una planta, pero pueden mostrar mejor desarrollo unos más que otros, y fue esto lo que pudo haber pasado en el ensayo.

Tabla 2. Principales características fisicoquímicas del suelo utilizado para el ensayo.

pH	M.O	S	P	Ca	Mg	Na	K	Al	CIC	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
1:1	%	(mg*kg ⁻¹)		(cmol.kg ⁻¹)					(mg*kg ⁻¹)					
4.5	1.9	10,8	8,4	4.5	3.2	0,5	0.3	2.4	7.02	3.4	89.2	58.4	1.8	0.11
Arcilloso: Arena = 22%, Limo = 31% y Arcilla = 47%. Densidad Aparente = 1.39 Mg.m ³														

**Figura 1.** Efecto de la dosis de cal agrícola en el pH del suelo y el grado de colonización del pasto *Brachiaria decumbens*

Producción de esporas.

El incremento del pH inicial del suelo por efecto del encalado trajo consigo una disminución en la producción de esporas totales, como se puede apreciar en la figura 2, de 202 esporas/g se redujo a 96, según el modelo lineal (e.g⁻¹ = 218.38 - 22.219(t.ha⁻¹); R² = 0.9082), deja entrever que la alteración del pH influye en alto porcentaje (90%) en la producción de esporas; sin embargo, se puede apreciar que la dinámica en las especies es diferente: para *Acaulospora* el modelo lineal (e.g⁻¹ = 144.57 - 23.562(t.ha⁻¹); R² = 0.9812) explica o sigue una dinámica similar a la de esporas totales, el encalado altera la producción de esporas de esta especie; pero para el *Glomus*, es poco lo que infiere este encalado en la producción de esporas, el modelo lineal (e.g⁻¹ = 71.0 + 1.4667(t.ha⁻¹); r²=0.0226) refleja que prácticamente no hay correlación (20%) y que son otros factores que podrían influir en la producción de esporas, reflejándose que la mayor producción se logra cuando su pH está entre 4.6 y 4.8 que corresponde a 2 y 3 t.ha⁻¹ de cal agrícola respectivamente. Para *Sclerocystis* a pesar de que la cantidad de esporas fue muy baja, el encalado reduce su producción, como se refleja en el modelo lineal (e.g⁻¹ = 2.8095 - 0.1238(t.ha⁻¹); r²= 0.2541).

Los análisis estadísticos arrojan diferencias altamente significativas (p<0.001) entre los tratamientos en la producción de esporas totales, lo cual refleja la importancia del pH del suelo en la esporulación. Los hongos Glomeromycota son organismos que se desarrollan mejor bajo condiciones de acidez y su eficiencia disminuye con el incremento del pH, trabajos similares realizados por Pereira *et al.*, (2007), Vásquez-García *et al.*, (2002), reportan decrecimiento de la producción de biomasa de especies de micorrizas cuya procedencia era de pH ácidos. Esto se debe posiblemente a que con el incremento del pH del suelo, se hace más disponible el P y este disminuye no solo la colonización, sino que puede hacer menos eficiente la simbiosis (Cabrales, 2014). En este sentido, Posada *et al.*, (2007) encontraron que la mayor producción de esporas de un suelo se logra con pH inferiores, aunque no especifican en qué tipo de especie tiene más influencia el pH. Estos autores reportan producciones de 23 e.g⁻¹ a pH de 4.6 y cuando el pH es de 5.0, la producción se reduce a 15 e.g⁻¹ en suelos sembrados con *Brachiaria decumbens* y otro tipo de vegetación que no relacionan. Similares resultados reporta Castillo (2006) en suelo con pH de 5.7 y sembrados con *Brachiaria*, cuyos hallazgos fueron de 14 a 19 e.g⁻¹.

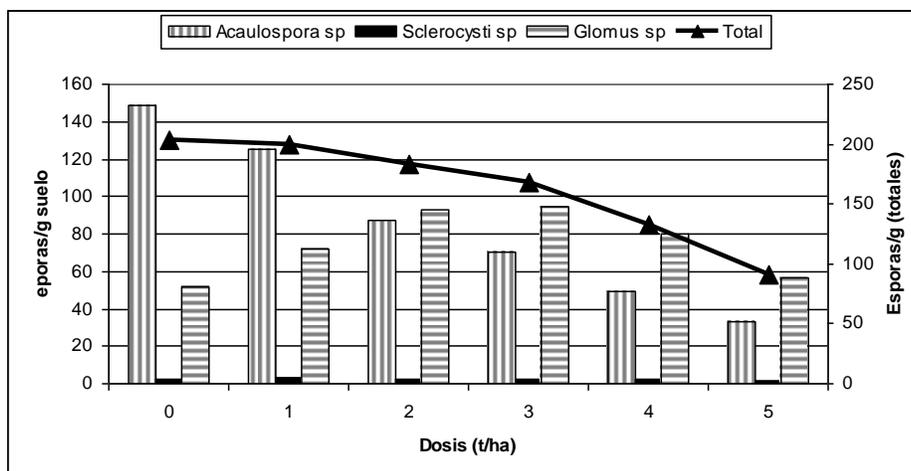


Figura 2. Efecto del encalado en la producción de esporas totales y por especie.

CONCLUSIÓN

En la multiplicación de los hongos Glomeromycota el pH es un factor determinante de la cantidad de esporas a producir, el cual decrece con el incremento del pH del suelo.

Las especies de los hongos Glomeromycota responden distintamente a la variación del pH, Acaulospora decrece su esporulación, mientras que el Glomus suele mejorar su producción a un determinado pH del suelo. Con el incremento del pH del suelo, el grado de colonización suele disminuir.

REFERENCIAS

- ALVARADO A., BONICHE J., CHAVARRÍA M. 2002. Micorrización natural en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Pacífico Central/ Sur y Zona Norte de Costa Rica. Informe de consultoría. Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 27 p.
- ALVARADO, A., FALLAS, J. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L.F.) en suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1): 81-87.
- CABRALES, E. 1999. Influencia de las aplicaciones de cal (CaCO_3) en un Alfisol del departamento de Córdoba a nivel de laboratorio. *Temas Agrarios*, 4(8): 127 – 136.
- CABRALES, E. 2014. Evaluación de hongos Glomeromycota nativos de sabanas en la producción de maíz en el Estado Guárico – Venezuela. Tesis PhD Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela. 380p.
- CARO, M., FRANCO, K., ÚSUGA, C., CASTAÑEDA, D. 2009. Efecto de la inoculación de hongos micorriza arbuscular y aplicación de fertilizantes sobre la calidad nutricional de pasto kikuyo. *Revista Politécnica* 9: 100 – 106.
- CASTILLO, M. 2006. Producción y composición de los cultivares Mulato I y II de Bachiaria híbridos inoculados con micorriza y *Trichoderma harzianum*. Trabajo de Grado, Ingeniero Agrónomo, Programa de Ciencias y producción agropecuaria. Universidad de Zamorano – Honduras. 25p.
- ESCUADERO, V., MENDOZA, R. 2005. Seasonal Variation of Arbuscular Mycorrhizal. *Fungi in Temperate Grasslands Along a Wide Hydrologic Gradient*. *Mycorrhiza*, 15: 291 – 299.
- OLIVEIRA, J. DE. 2003. Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e edubação de povoamentos de teca-NUTRITECA. Tesis M.Sc. Programa de Pósgraduação em Solo e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 76 p.
- PEREIRA, G., HERRERA, J., MACHUCA, A., SÁNCHEZ, M. 2007. Efecto del pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *BOSQUE*, 28(3): 215 – 219.
- PÉREZ, M., MEZA, C., FERNÁNDEZ, S. 2010. Requerimientos de encalado en tres suelos ácidos

- de la región Centro Occidental de Venezuela. *Venesuelos*, 18: 21 – 29.
- POSADA, R., FRANCO, L., CUÉLLAR, A., SÁNCHEZ, W., SÁNCHEZ, A. 2007. Inóculo de hongos de micorriza Arbuscular en pasturas de *Brachiaria decumbens* (Poaceae) en zonas de loma y vega. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1): 113 – 120.
- RAMOS, J. 2004. Arbuscular mycorrhizal fungi in tropical forest restoration. *Rev. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Número Especial I*: 59-65.
- SIEVERDING, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. Palmira, Valle, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.
- VÁSQUEZ-GARCÍA, A., SANTIAGO-MARTÍNEZ, G., Estrada-Torres, A. 2002. Influencia del pH en el crecimiento de quince cepas de hongos ectomicorrizógenos. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica*, 73(1): 1 – 15.