

ENDOMICORRIZAS EN YUCA EN LA COSTA NORTE DE COLOMBIA

Eyder D. Gómez L.¹ - Marina Sánchez de P.²
Mabrouk El-Sharkawy³ - Luis F. Cadavid⁴

COMPENDIO

En un ensayo llevado a cabo en yuca *Manihot esculenta* Crantz (1988-1996), se estudió el efecto de (1) cobertura vegetal muerta «mulch» a partir de residuos de *Panicum maximum* L., (2) moderada aplicación de N, P y K y (3) labranza, sobre los rendimientos del cultivo y las propiedades del suelo. Durante el octavo ciclo de cosecha se estimó la presencia de micorriza arbuscular (HMA) y estudiar las interacciones entre el rendimiento del cultivo y esta variable. Las tres prácticas agronómicas arrojaron diferencias significativas en la colonización de las raíces de yuca por HMA; la labranza convencional deprimió la infección y el mulch la estimuló, los efectos de la fertilización y de la interacción de los tres factores estuvieron ligados con la labranza. Se identificaron 5 géneros y 21 especies de HMA, *Acaulospora myriocarpa*, *Scutellospora heterógama*, *Glomus manihotis* y *Entrophospora colombiana* estuvieron presentes en la mayoría de los tratamientos, independiente de la condición dada; mientras que otras se vieron limitadas o estimuladas por alguna(s) de las prácticas de manejo efectuadas. No se encontró correlación entre estas variables y los rendimientos del cultivo.

Palabras clave: Micorriza, yuca, *Manihot esculenta*

ABSTRACT

ENDOMYCORRIZAS IN CASSAVA AT THE NORTHERN COAST OF COLOMBIA

The present research was done at the northern coast of Colombia under the hypothesis that the changes at the soil habitat caused by the agronomic practices are reflected in the fungi populations forming the endomycorrhiza (HMA). In an assay carried out between 1988 -1996 it was studied the effect of: 1) Mulch, produced from *Panicum maximum*, L., 2) Moderated application of N, P, K and plowing; over cassava yield and soil properties. During the eighth harvest cycle were taken two samples (1995-II and 1996 I) in order to observe the physical chemistry properties after those years, to estimate the presence of arbuscular mycorrhiza and to study the interactions between the cassava yield and such variable. The organic matter was increased through out the time at the plots which received mulch and although the contents of some nutrients were higher, the potential fertility of this soil (*Pivijay*) continued being low. The combination of the three agronomic practices (plowing, mulch and fertilizer) showed significant differences at the colonization of the cassava roots by HMA; the conventional plowing reduced the infection but the mulch application stimulated it. Five genders and 21 HMA species were identified *A. myriocarpa*, *S. heterógama*, *G. manihotis* and *E. colombiana* were present in most of the treatments, independently of the given condition, while others were stimulated or limited due to some or several management practices. There was no correlation among the variables and cassava yield.

Keys Words: Mycorhyza, cassava, *Manihot esculenta*

INTRODUCCION

La endomicorriza es una simbiosis endofítica, biotrófica y mutualista que forman algunos hongos del suelo y las raíces, rizomas o tallos de la mayoría de las plantas nativas y cultivadas; en ella se presenta una perfecta integración anatómica y fisiológica entre los asociados que permite el intercambio de metabolitos con beneficios mutuos, al tiempo que prevalece la individualidad y sanidad de ambos simbioses (Sánchez de P., 1999).

El papel de la endomicorriza arbuscular (MA), principalmente en la captación del fósforo (P) por parte de las plantas, ha sido intensamente estudiado y se ha establecido que cuando éstas crecen en suelos deficientes en este elemento, la presencia de la simbiosis mejora su absorción, lo cual se ha asociado con la extensión del micelio externo del hongo más allá de la zona de agotamiento del elemento en la rizosfera (Vander Zaag *et al*, 1979). En yuca se ha encontrado que no sólo el P es absorbido más eficientemente, sino

¹ Tesis de Maestría en Suelos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. ² Profesora Titular, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, A.A 237; ³ Ing. Agr., Ph.D. CIAT, Cali AA. 6713; ⁴ M.Sc. CIAT, Cali AA. 6713.

otros nutrimentos como el K, S y Zn (Vander Zaag et al. 1979). La investigación acerca de los beneficios de la endomicorriza además del aspecto nutricional, ha permitido entender su significado en términos de sanidad de la planta, adaptación al medio ambiente y contribución a la economía de la naturaleza y a la conservación del suelo (Sánchez de P., 1999).

Howeler, (1983), Howeler y Sieverding, (1983) y Sieverding, (1991), en ensayos en el campo efectuados en Colombia, encontraron que la yuca tiene un requerimiento externo de P muy bajo en comparación con otros cultivos, lo explicaron teniendo en cuenta que en suelos naturales las raíces de estas plantas son colonizadas de inmediato por hongos que forman endomicorriza arbuscular (HMA) los cuales aumentaban la absorción de este elemento; fuera de ello, registraron poblaciones nativas de HMA altamente efectivas en esta actividad y una marcada dependencia de la yuca por la MA que se traducía en la disminución de los rendimientos del cultivo, cuando se erradicaba la simbiosis por esterilización del suelo. También observaron que en la medida que se incrementaba el P disponible en el suelo, decrecía el efecto de la inoculación con HMA en el campo. En suelos ácidos y pobres en nutrientes, la inoculación con HMA no eliminaba la necesidad de aplicación de P pero aumentaba la eficiencia de absorción. Carvalho et al (1982) y Habte y Byappanahalli (1994) corroboraron que mientras la inoculación con HMA no es benéfica para todos los cultivos en todos los suelos, tiene gran potencial para cultivos altamente dependiente por la MA como la yuca.

En el estado de Ceará (Brasil), se han encontrado asociados con yuca con mayor frecuencia, los géneros *Gigaspora*, *Glomus* y en menor proporción *Sclerocystis*. No detectaron la presencia de *Acaulospora* y *Entrophospora* (Tavares, Freire y Vasconcelos, 1985). En Colombia, Sieverding (1991) registró estos géneros asociados a este cultivo. A pesar de no presentar especificidad por HMA nativos o introducidos, Howeler y Sieverding (1983) registraron grandes variaciones en cuanto a efectividad de diferentes HMA con respecto a crecimiento y producción de raíces de yuca.

En Colombia, en condiciones de campo, se han encontrado como especies altamente efectivas en yuca *G. manihotis* y *E. colombiana*. En ensayos en invernadero Kato et al (1990) encontraron las mayores colonizaciones por HMA y producción de materia seca en plantas inoculadas con *G. clarum*, *E. colombiana* y una mezcla de nueve especies y los más altos niveles de P en la parte aérea, con estas dos especies y *A. appendiculata*.

Con relación a prácticas agronómicas, Sieverding (1991) registró que la fertilización con bajas cantidades de fosfato (por encima de 50 kg P/ha) generalmente pueden mejorar la actividad de la MA (porcentajes de colonización y propágulos fungos) en suelos infértiles; la aplicación de cobertura vegetal muerta "mulch" aparentemente, tiene efectos positivos sobre los HMA y otros microorganismos benéficos del suelo, sin embargo no está claro el tipo de efecto que tiene este material orgánico sobre los HMA.

En general, al nivel de campo no se conoce con profundidad el efecto de la mayoría de las prácticas agronómicas sobre la MA nativa, lo cual reviste gran interés pues a través de ellas se podrían optimizar o afectar negativamente los beneficios de esta simbiosis.

La presente investigación se realizó en la Costa Norte de Colombia desde la hipótesis que los cambios que suceden en el hábitat edáfico por efecto de las prácticas agronómicas, se reflejan en las poblaciones de hongos que forman endomicorriza (HMA). En un ensayo llevado a cabo en yuca *Manihot esculenta* Crantz, se estudió el efecto de (1) cobertura vegetal muerta «mulch» a partir de residuos de *Panicum maximum* L. (2) moderada aplicación de N, P y K y (3) labranza, sobre los rendimientos del cultivo y las propiedades del suelo (Cadavid et al, 1998). Durante el octavo ciclo de cosecha se efectuó un muestreo con el fin de observar las propiedades físico-químicas del suelo al cabo de los años, estimar la presencia de micorriza arbuscular y estudiar las interacciones entre el rendimiento del cultivo y esta variable.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento que dio origen a esta investigación se realizó entre 1988–1996, en la finca Media Luna, municipio de Pivijay (Magdalena), a 33 m.s.n.m, temperatura promedio de 28°C y 72% de humedad relativa. Los suelos se ubicaban en terrenos planos y alargados circundantes al río Grande de la Magdalena, caracterizados como Cambic Arenosol (FAO), formados por arena gris (80%) con escasez de limos (6%) y arcillas (14%), asentados en arcillas sedimentarias terciarias sepultadas. (Estación CIAT Pivijay - Magdalena - 1996, Cadavid et al, 1998). En el momento de este ensayo (1995-1996), la yuca — cultivar MCOL 1505 («verdecita») una de las variedades regionales — iniciaba el octavo ciclo consecutivo de cultivo. Los tratamientos fueron:

1. Labranza convencional + abono (LC + a); 2 rastrojadas, triple 15 a razón de 330 Kg/ha para un

total de 50 Kg de Nitrógeno, 21.6 de fósforo, 41.3 Kg potasio kg./ha).

2. Labranza convencional (LC)
3. Labranza convencional + cobertura vegetal muerta + abono (LC +M+ a): *Panicum maximum* L en estado seco, a razón de 12 ton/ ha/ ciclo y misma dosis de abono
4. Labranza convencional + cobertura vegetal muerta (LC +M): en la misma cantidad
5. Cero labranza + abono (CL + a)
6. Cero labranza (CL)
7. Cero labranza + cobertura vegetal muerta + abono (CL +M+ a)
8. Cero labranza +cobertura vegetal muerta (CL +M)

El modelo estadístico fue un arreglo en parcelas divididas, con parcelas mayores en bloques al azar, con 4 repeticiones. Las subparcelas fueron con y sin fertilización. El área de la parcela principal fue de 100 m² y de la subparcela, 50 m². La densidad estimada fue 10.000 plantas/ha., el área de cosecha fue 18 m² para un total de 18 plantas/subparcela.

Se efectuó un muestreo en 1996 - I al momento de la cosecha del octavo ciclo consecutivo de la yuca. Cada subparcela se recorrió en zigzag y se obtuvo una muestra de 1 kg de suelo rizosférico y raíces, a partir de 5 submuestras tomadas al azar y homogenizadas previamente, recogidas en los primeros 15 cm de profundidad.

Para observar la influencia de las prácticas de manejo del agroecosistema de la yuca sobre presencia de endomicorriza, se acudió a las siguientes variables:

Porcentaje de infección por HMA (% HMA)

La tinción de raíces se hizo siguiendo el método utilizado por CIAT (Sieverding, 1983) con las adaptaciones requeridas para yuca: se separaron raíces jóvenes de 18 plantas/ subparcela próximas a cosecha (en esta edad las raíces secundarias disminuyen), las cuales se homogenizaron y a partir de ellas se tomaban las muestras en el campo, se colocaban en glicerina al 50% para trasladarlas al laboratorio de micorrizas en CIAT Palmira. Una vez lavadas se pesaron 0.5 g de raíces/subparcela, se depositaron en tubos de ensayos. Se les agregó KOH al 10%, solución en la que permanecieron por espacio de 31/2 días al medio ambiente. Posteriormente se las colocó du-

rante 8 minutos en baño de maria a 80°C, se lavaron con agua destilada y se procedió a agregarles HCl al 10%, en el cual permanecieron por 22 minutos al ambiente. Después, se les retiró el HCl con agua destilada, se les agregó azul de tripano al 0.05% y se dejaron por tres días al ambiente. Finalizada la tinción, las raíces se guardaron en glicerina o glicerol.

Para la cuantificación de la colonización por HMA se utilizaron 30 trozos de un cm de raíces de yuca/ muestra. La infección se consideró positiva cuando por campo visual (10X) aparecía micelio y/o estructuras de HMA.

Especies de HMA presentes

Se siguió la metodología descrita por Sieverding (1983) y modificada para la extracción de esporas en suelos arenosos. Se tomaron 200g de suelo/ subparcela y se pasaron por tamices - 325 µm, ubicado arriba y 45 µm, abajo - se recogió el contenido y se colocó en tubos para centrifugación de 100 ml, llenándolos hasta la mitad con agua corriente, se centrifugaron a 1750 r.p.m durante 5 minutos y se descartó el líquido sobrenadante. A cada tubo se le agregaron 40 ml. de una solución de azúcar al 50%, mezclándola mediante agitación; se centrifugaron nuevamente a 1750 r.p.m. durante 2 minutos - esto hace que las partículas de suelo se sedimenten en el fondo del tubo y las esporas se suspendan en la solución de azúcar. Se recogió todo el líquido y se pasó por el tamiz de 325 µm evitando la presencia del sedimento. Se lavaron las esporas con abundante agua corriente y se colocaron en platos de Petri, para el conteo posterior de esporas de HMA/gss y el montaje de placas para identificación al nivel de especie. Esta actividad se realizó con la colaboración de la bióloga Angela María Jiménez⁵.

Se efectuó análisis cualitativo y de varianza con la colaboración del profesor Jorge A. Escobar G⁶. Para establecer posibles relaciones entre presencia de MA y rendimiento, se efectuaron coeficientes de correlación simple entre % de infección por HMA y la producción (t/ha) de raíces de yuca que se obtuvo al final del octavo ciclo de cosecha (1996-I).

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades del suelo

Las características químicas de las parcelas bajo los diferentes tratamientos han variado; en comparación con el pH inicial (6.1) la tendencia a través de los

⁵ Asistente de investigación. Laboratorio de Micorrizas, CIAT, 1996. ⁶ Profesor Honorario. Universidad Nacional Sede Palmira, 1997

CUADRO 1. Características químicas del suelo en estudio

Tratamientos	m.o %	P	pH	Ca	Mg	K	N-NH ₄ ppm	N-NO ₃ ppm
		ppm Brayll						
S. inicial	0.48	8.38	6.10	0.87	0.28	0.05	-	-
LC + a	0.83	16.23	4.98	0.50	0.24	0.09	2.77	4.54
LC	1.05	6.62	4.75	0.50	0.26	0.07	2.59	5.54
LC+ M +a	0.90	17.00	4.09	0.56	0.23	0.08	1.89	4.08
LC+M	1.00	6.42	4.45	0.49	0.22	0.07	2.28	6.01
CL +a	0.70	16.40	4.92	0.48	0.22	0.06	2.30	4.24
CL	1.12	7.95	5.25	0.55	0.26	0.77	2.44	4.07
CL +M +a	0.72	16.32	4.97	0.56	0.26	0.08	2.24	4.87
CL+M	1.00	8.07	4.95	0.56	0.27	0.09	2.40	4.98

Dato promedio de 4 subparcelas/tratamiento

años ha sido hacia la acidificación, especialmente en la condición de labranza convencional (LC) — Cuadro 1—. El % M.O. se ha incrementado en los dos sistemas de labranza; en las parcelas con cobertura vegetal y no abonamiento químico ha pasado de 0.5% en 1988 a 1% (1996) (LC, 1.05% y 1.12% para CL), acumulación explicable por la biomasa proveniente de la misma yuca, mientras que en aquellas donde solo se ha abonado, ésta ha aumentado pero en menor proporción (LC + a: 0.83% y CL + a: 0.70%). Con respecto al N-NH₄ no se presentaron mayores variaciones, pero el más alto N-NO₃ se presenta cuando se combinan cobertura vegetal y ausencia de abonamiento, situación que se repite en ambos sistemas de labranza, es decir que estas condiciones favorecen la nitrificación.

El P ha pasado de 8.4 ppm (1988) a aproximadamente 16 ppm (1996- I) en aquellas parcelas sujetas a fertilización química, en comparación con ausencia de abonamiento o cobertura vegetal donde el suelo se ha mantenido ó empobrecido en este elemento. El suelo independiente de los tratamientos, ha perdido Ca⁺⁺ de 0.87 meq/100g de suelo ha pasado a 0.5 meq/100g de suelo, también ha perdido Mg, aunque en mínima proporción. El K se ha incrementado independiente de los tratamientos: ha pasado de 0.05 meq/100g de suelo a 0.07 meq/100g suelo. A pesar de estos relativos incrementos, la fertilidad potencial de este suelo en términos de N, P, K, Ca y Mg sigue siendo baja.

Con respecto a las características físicas, la densidad real de las parcelas está alrededor de 2.6 g/cm³ y la aparente entre 1.5 g/cm³ (LC) y 1.6 g/cm³ (CL +M+ a), valores comunes en suelos franco - arenosos y

arenosos (Charry, 1987); en este último tratamiento (CL +M+ a) se ubica la menor porosidad total (39.8%) y la más alta en LC (43.8%), lo que indica que el agua fluye muy rápido a través de los macroporos y se retiene muy poco, con mayor razón dado su bajo contenido de materia orgánica; estas observaciones las corrobora la escasa agua aprovechable que oscila entre 2.1% y 2.4% (con y sin cobertura vegetal muerta).

Colonización de raíces por HMA

Se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos y fue evidente que la labranza convencional disturbó e inhibió significativamente la infección micorrízica. Los mayores valores se presentaron cuando no se disturbó el suelo en cero labranza sin abono, con 88.8%, seguido de cero labranza más cobertura vegetal muerta con y sin abono con colonizaciones de 85.1 y 82.5%, respectivamente, aunque entre estos tratamientos no se detectaron diferencias significativas (Figura 1).

En trabajos realizados acerca de la colonización de raíces de yuca por HMA, Kato et al. (1990), registraron que *Gigaspora gigantea*, *Gi. gregaria*, *Acaulospora apendiculata*, *Glomus clarum*, *Entrophospora colombiana*, *Glomus sp.*, *Gi. margarita* y su mezcla, presentaron niveles de infección de 57.2, 65.3, 64.1, 91.3, 94.7, 77.9, 63.6 y 90.4%, respectivamente. Sieverding, (1991) registró en algunas de sus investigaciones en yuca, porcentajes de colonización por HMA de más de 90%.

En 1985 Yocom et al, citados por Sieverding (1991) registraron que la no-labranza afectaba positivamente el potencial de infección de los HMA, lo cual se ha

explicado con base en dos factores: a través de la labranza, la superficie del suelo, rica en propágulos de HMA se mezcla y diluye con el subsuelo, pobre en ellos; fuera de lo anterior, la labranza podría reducir los contenidos de materia orgánica del suelo, ya sea por acción física de dilución o por incremento de la mineralización. La presencia de altos niveles de NH_4^+ resultante de la mineralización, inhibe la formación de MA, es decir, que el efecto de la labranza podría ser indirecto.

La fertilización introdujo diferencias significativas en esta variable; en la labranza convencional la colonización por HMA fue mayor cuando se abonó (75.7%), en cero labranza, por el contrario, cuando no se abonó (79.2%). Sieverding (1990) no encontró cambios en las tasas de colonización y número de esporas de

HMA cuando incrementó los niveles de fertilización completa (N,P y K) en campos de yuca en Mondomo (Cauca); sin embargo, con fertilizaciones separadas de P, la acción sobre la infección variaba dependiendo de la textura del suelo; en cuanto al N, incrementos en su nivel, inhibían la colonización, por el contrario, aplicaciones de K mejoraron la infección por HMA.

El efecto de la cobertura vegetal muerta "mulch" fue altamente significativo, el porcentaje de infección por HMA fue mayor en cero labranza (82.6%) que en labranza convencional (77.2%). Aunque no son muchos los registros sobre el tema, en cultivos como té, pastos, frijol cowpea y pimentón verde se ha encontrado influencia positiva de la cobertura vegetal muerta sobre la infección micorrizica (Sieverding, 1991).

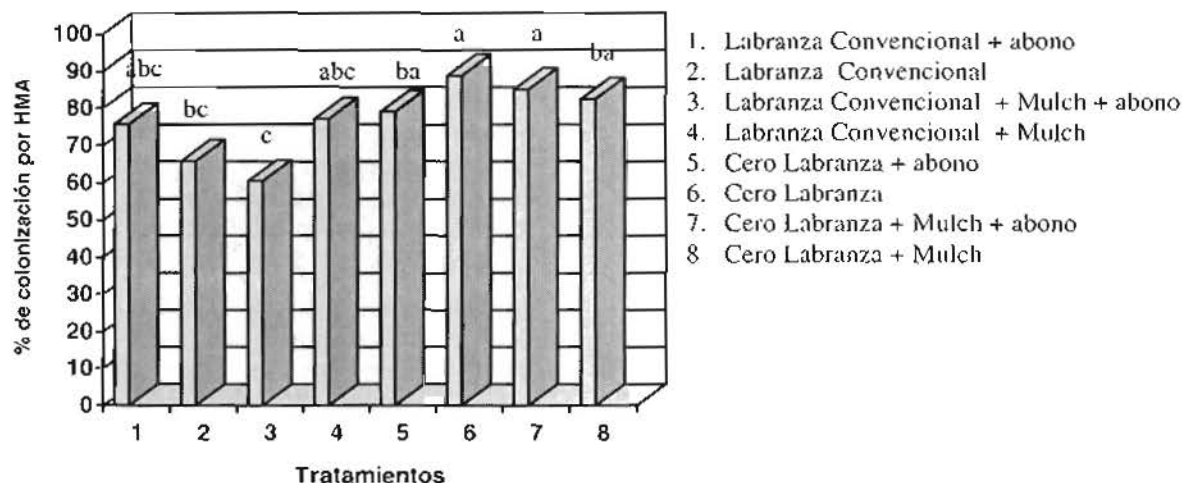


FIGURA 1. Porcentaje de colonización por hongos micorrizógenos en raíces de yuca en Pivijay (Magdalena)

En cuanto a interacciones, mientras que en LC+M+A, la combinación deprimió considerablemente la colonización por HMA (60.5%), en CL+M+A la estimuló (85.1%) (Figura 1). Varios autores sostienen que el uso de fertilizantes y la aplicación de material orgánico, el cual aporta flora zimógena que compite con la nativa, inhibe la infectividad de los HMA (Siqueira y Franco, 1988; Cardoso *et al.*, 1992; Sánchez de P, 1999).

Géneros y especies de HMA

El número de géneros y especies presentes en la

zona fue alto (5 géneros y 21 especies), no se observó tendencia clara en cuanto a su presencia según el tratamiento (Cuadro 2 y 3). El mayor número de especies se encontró en el tratamiento labranza convencional sin abono (LC) seguido de labranza convencional más cobertura vegetal muerta más fertilizante (LC+M+a), aunque en ellos se presentaron los menores porcentajes de colonización por HMA (Figura 1), las variaciones en cero labranza fueron menores, las especies oscilaron entre 8 y 10. Se ha establecido que el nivel de colonización por HMA depende en gran parte de la capacidad de colonización del endófito

CUADRO 2. Géneros y especies de hongos micorrizógenos en el suelo de Pivijay (Magdalena)

GENEROS	ESPECIES
Acaulospora	<i>A. myriocarpa</i> <i>A. mellea</i> <i>A. foveata</i> <i>A. spinosa</i> <i>A. rehmsii</i> <i>A. longula</i>
Glomus	<i>G. mosseae</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>G. manihotis</i> <i>G. clarum</i> <i>G. occultum</i> <i>G. intrarradices</i> <i>Glomus sp.</i> <i>Glomus sp.</i>
Scutellospora	<i>S. heterogama</i> <i>S. pellucida</i> <i>Scutellospora spp</i>
Gigaspora	<i>Gi. margarita o gigantea</i> <i>Gi. albida</i> <i>Gi. rosea</i>
Entrophospora	<i>E. colombiana.</i>

presente, de las condiciones edafoclimáticas, de la especie vegetal hospedera y su estado fenológico.

El mayor número de especies de HMA asociados con yuca, perteneció a los géneros *Glomus* y *Acaulospora*, seguidos por *Scutellospora*, *Gigaspora* y por último, *Entrophospora*. Sieverding y Toro (1988), encontraron en yuca establecida en suelos con pH ácido *Acaulospora* y *Scutellospora*, Howeler (1983) registró además de los anteriores, todos los géneros observados en esta investigación.

Con relación al tipo de esporas encontradas en este suelo, la mayoría se caracterizaban por diámetros pequeños con abundante micelio disperso, el cual se agrupaba formando marañas, lo cual impidió la estimación de la densidad de esporas/gss.

En cuanto a las especies de hongos micorrizógenos encontradas, *A. myriocarpa*, *S. heterogama*, *G. manihotis* y *E. colombiana*, estuvieron presentes en la mayoría de los tratamientos, independiente de

la condición dada; caso contrario sucedió con *Gi. rosea*, y *G. fasciculatum*, que solo se hallaron cuando se minimizaron las labores agrícolas (en ausencia de fertilizantes, labranza y cobertura vegetal - Cuadro 3.

Gi. margarita y *G. intrarradices* se encontraron en labranza convencional (LC); para *Gi. albida* la preparación o no del terreno y el utilizar o no fertilizantes, fueron condiciones de poca relevancia para su presencia, en cambio, el uso de cobertura vegetal muerta favoreció su establecimiento. También el uso de fertilizantes pareció afectar la presencia de algunas especies, por ejemplo, *A. spinosa* no se encontró en esta condición, caso contrario sucedió con *A. foveata*.

Algunos autores (Howeler and Sieverding 1983, Howeler 1983, Spain y Schenck.) han registrado asociadas a la yuca en Santander de Quilichao, especies como *E. colombiana*, *G. occultum*, *G. manihotis*. También en Yopare (Casanare) se han hallado *E. colombiana*, *Gi. albida*, *S. pellucida* y en suelos de Carimagua (Meta), *A. longula*, *E. colombiana*, *G. fasciculatum*, *G. manihotis*, y una especie de *Gigaspora* que no fue identificada. Estas mismas especies se encontraron asociadas con el cultivo de la yuca en el presente estudio, lo cual indica que están distribuidas en regiones que presentan en común, suelos caracterizados por pobres condiciones químicas y pH ácido.

La diversidad de especies de HMA puede o no tener ventajas en sistemas agrícolas de bajos insumos, la mayor variedad puede hacerlo más sostenible y asegurar la productividad agrícola, pues potencialmente estarían especies que reaccionarían diferente a condiciones de estrés y beneficiarían a la planta hospedera; una baja diversidad lo hace más frágil, sin embargo no sería desventaja si las pocas especies presentes son efectivas en un amplio rango de condiciones edáficas y ambientales (Sieverding, 1991; Sánchez de P., 1999).

Relación entre el rendimiento de la yuca y MA

En este suelo, (Cuadro 4, Figura 2), los rendimientos del cultivo en el octavo ciclo de cosecha fueron similares y muy bajos en ambos tipos de labranza sin ningún otro factor adicional, dadas las deficientes condiciones nutricionales predominantes. Las respuestas a las aplicaciones de la cobertura vegetal muerta significaron aumentos de 371% (LC + M) y 392% (CL + M) en comparación con el testigo (LC). El efecto de la fertilización fue más notorio en LC (342%) que en CL (276%). La combinación de mulch y fertilización (con y sin labranza) incrementaron los rendimientos en 500%, 558% respectivamente. Estos resultados permitieron observar que la labranza fue una práctica

CUADRO 3. Especies de HMA en yuca en Pivijay (Magdalena)

Tratamiento	total	HMA		
		Especies		
1. LC + a	6	<i>A. mellea</i> <i>A. myriocarpa</i>	<i>A. rehmii</i> <i>E. colombiana</i>	<i>G. manihotis</i> <i>Glomus sp. 1</i>
2. LC	14	<i>A. spinosa</i> <i>A. myriocarpa</i> <i>A. mellea</i> <i>A. longula</i> <i>A. rehmii</i>	<i>E. colombiana</i> <i>G. manihotis</i> <i>Glomus sp 1</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>G. clarum</i>	<i>G. intrarradices</i> <i>Gi. albida</i> <i>S. heterogama</i> <i>S. pellucida</i>
3. LC+ M + a	11	<i>A. rehmii</i> <i>A. mellea</i> <i>A. myriocarpa</i> <i>A. longula</i>	<i>E. colombiana</i> <i>G. manihotis</i> <i>G. occultum</i> <i>G. clarum</i>	<i>Gi. albida</i> <i>S. heterogama</i> <i>S. pellucida</i>
4. LC + M	9	<i>A. mellea</i> <i>A. rehmii</i> <i>A. spinosa</i> <i>A. longula</i>	<i>G. clarum</i> <i>G. intrarradices</i> <i>Gi. Albida</i>	<i>Gi. margarita o gigantea</i> <i>Scutellospora spp</i>
5. CL + a	10	<i>A. foveata</i> <i>A. longula</i> <i>A. myriocarpa</i> <i>A. mellea</i>	<i>Gi. rosea</i> <i>G. manihotis</i> <i>G. occultum</i> <i>G. fasciculatum</i>	<i>S. heterogama</i> <i>Scutellospora sp.</i>
6. CL	9	<i>A. longula</i> <i>A. mellea</i> <i>A. rehmii</i> <i>A. spinosa</i>	<i>E. colombiana</i> <i>G. occultum</i> <i>G. mosseae</i>	<i>S. pellucida</i> <i>S. heterogama</i>
7. CL + M + a	10	<i>A. myriocarpa</i> <i>A. mellea</i> <i>A. rehmii</i> <i>A. foveata</i>	<i>E. colombiana</i> <i>G. occultum</i> <i>G. manihotis</i> <i>Glomus sp. 1</i>	<i>Gi. albida</i> <i>S. pellucida</i>
8. CL + M	8	<i>A. myriocarpa</i> <i>G. manihotis</i> <i>Glomus sp. 1</i>	<i>G. clarum</i> <i>Glomus sp. 2</i> <i>Gi. albida</i>	<i>S. heterogama</i> <i>Scutellospora sp.</i>

LC = L.convencional CL =cero labranza M = mulch a =fertilización 1 y 2 = especies diferentes

que no se requirió en estos suelos para incrementar los rendimientos. El efecto más impactante lo constituyó la adición de cobertura vegetal muerta, la cual puede reemplazar efectivamente al fertilizante. La combinación de mulch y fertilizante potenció su influencia sobre el rendimiento del cultivo.

La aplicación individual del fertilizante incrementó los rendimientos en 342% (LC) y 276% (CL), sin embargo los cambios sucedidos en las propiedades químicas del suelo, en especial la tendencia hacia la acidificación acelerada sugiere que se examine cuida-

dosamente esta práctica y de la labranza convencional.

El coeficiente de correlación entre los rendimientos de la yuca y el porcentaje de colonización por HMA fue negativo, los tratamientos que presentaron los más bajos rendimientos se encontraron altas tasas de infección por HMA; algo similar ocurrió cuando se relacionó con diversidad de especies (Figura 2).

Algunos investigadores han encontrado que no hay respuesta directa entre productividad de los cultivos y

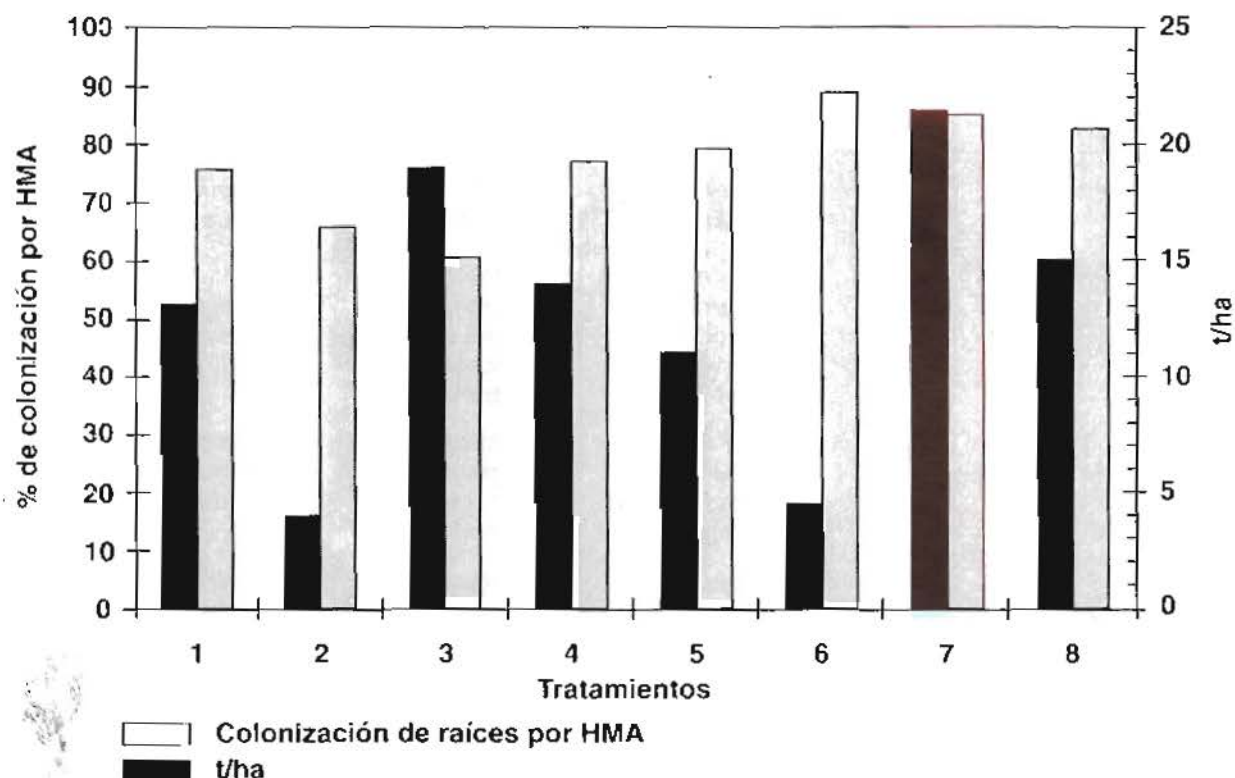


FIGURA 2: Relación entre producción de la yuca en el octavo ciclo de cosecha (t ha⁻¹) y colonización de raíces por HMA.

CUADRO 4. Rendimientos de la yuca (t ha⁻¹) en el octavo ciclo de cosecha.

Tratamiento	t/ha.	%
1. LC + a	13	342
2. LC	3.8	100
3. LC+ M + a	19	500
4. LC + M	14.1	371
5. CL + a	10.5	276
6. CL	4,5	112.5
7. CL + M + a	21,2	558
8. CL + M	15	392

porcentaje de colonización por HMA; lo mismo sucede con el número de especies, mayor diversidad no significa mayores tasas de infección y efectividad; así como existen HMA que pueden tener gran habilidad para colonizar (infectividad) y beneficiar a su hospedero (efectividad), también los hay muy infectivos pero poco efectivos en la absorción y cesión de nutrientes a su simbionte vegetal (Sánchez de P., 1999).

La labranza, fertilización y aplicación de cobertura vegetal muerta "mulch" tuvieron un efecto significativo sobre la colonización de HMA; fue evidente que la labranza convencional disturbó e inhibió significativamente la infección micorrícica, mientras que el mulch la estimuló; el abonamiento difirió en sus efectos según la condición de labranza. Mientras la combinación de LC+M+A deprimió considerablemente la colonización por HMA, CL+M+A la estimuló, aparentemente la labranza jugó un papel fundamental en este resultado.

La simbiosis MA se ha reconocido como obligatoria en yuca en suelos con bajos niveles de fertilidad; aunque la colonización por HMA y la diversidad de especies no aseguran la efectividad, los altos porcentajes observados, unidos a su omnipresencia en las raíces examinadas y a haber encontrado en su rizósfera especies como *G. manihotis* y *E. colombiana*, registradas en Colombia como altamente eficientes en este cultivo, nos llevan a concluir que esta asociación es muy importante en la yuca sembrada en los suelos de Pivijay.

BIBLIOGRAFIA

- CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M.A.; ACOSTA AND A; SÁNCHEZ T. Long effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. En: Field Crops Res. 57 45-56p. 1998
- CARDOSO, E.J.; TSAI, M. S. Y NEVES, M. C. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de la Ciencia del Suelo, 1992, 360p.
- CARVALHO, P.C.L DE; EZETA, F.N.; CALDAS, R.C. Y RODRIGUES, E.M. Contribuição da endomicorriza para absorção de nutrientes e crescimento da mandioca (Manihot esculenta Crantz). En: Revista Brasileira de Mandioca. 1, no. 1 (1982); p. 55-60.
- CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 1987. p 362.
- HABTE, M.; BYAPPANAHALLI. Dependency of cassava (Manihot esculenta Crantz) on vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi. En: Mycorrhiza 4 (1994); p. 241-245
- HOWELER, R.H. La función de las micorrizas vesículo-arbusculares en la nutrición fosfórica de la yuca. En: Suelos Ecuatoriales. Vol. 13, No. 2 (1983); p. 51-62.
- _____ & SIEVERDING, E.: Potentials and limitations of mycorrhizal inoculations illustrated by experiments with field experiments. En: Plant Soil. Vol. 75, No. 2 (1983); p. 245-261.
- KATO, O.; DE OLIVEIRA, E.; DIAS, A. Y CORREA, H. Efeito de diferentes especies de fungos micorrizicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutricao da mandioca. En: Pesq. Agropec. Vol. 25, No. 8 (1990); p. 1175-1181.
- SÁNCHEZ DE P, M.: Relación entre las características químicas, físicas y microbiológicas de varios suelos del Valle del Cauca y su efecto en algunos cultivos. Palmira, 1990, 114 p. Tesis (Maestría en Suelos y Aguas). Universidad Nacional de Colombia.
- _____: Las endomicorrizas como una alternativa para mejorar la absorción de fósforo. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Boletín técnico. Vol. 7, 18-24p. Diciembre 1996.
- _____. Endomicorrizas en agroecosistemas Colombianos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 1999. 227p.
- SIEVERDING, E. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. Cali : CIAT, 1983. 100p.
- _____. Vesicular – arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, 1991. 372p.
- _____ y TORO, S. Los géneros de la familia endogonaceae y su ecología. p 25-46. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. N° 2. Medellín: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1988.
- SIQUEIRA, O. J. Y FRANCO, A.A. Biotecnología do solo, fundamentos e perspectivas. Brasilia: Ministerio de Educação, ABEAS, 1988. 236p.
- TAVARES, R.; FREIRE, V. y VASCONCELOS, I.: Ocorrência de fungos micorrizicos na raízes e em solos cultivados com mandioca, Manihot esculenta Crantz, no Ceara. En: Cien. Agron. Fortaleza. Vol. 16, No. 2 (1985); p. 23-26.
- VANDER, Z. P.; FOX, R. L, DE LA PEÑA, R. S. y YOST, R. S.: P Nutrición of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. En: Field Crops Res. Vol. 2 (1979); p. 253-263.