

EVALUACION PRELIMINAR DE LA MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR EN DOS SISTEMAS : PASTIZAL Y CEBOLLA DE BULBO Allium cepa

Vanessa Bastidas*

Marina Sánchez de Prager**

Jaime Eduardo Muñoz F.**

COMPENDIO

Se evaluó durante dos semestres la micorriza en dos sistemas: pastizal y cultivo de Allium cepa, en un mismo sitio con un contenido de P alto. Para el pastizal se tomaron muestras en cinco lotes identificando las especies presentes y su abundancia relativa, en A. cepa se tomaron muestras en cinco edades del cultivo. En ambos sistemas se evaluó porcentaje de infección por MVA (PI), número de esporas por 50 g de suelo (NES), se identificaron las especies de MVA y se obtuvo su frecuencia. En el pastizal la especie predominante Paspalum notatum presentó los mayores PI (16.2 y 15.4) y el mayor NES, Penisetum clandestinum no adaptada a la zona presentó el menor PI(0.1%) y el menor NES; para los dos semestres hubo correlación entre PI y NES y para cada variable a través de semestres, lo que indica que el comportamiento fue similar en las dos épocas. En Allium cepa, para los dos semestres, no se presentó infección por MVA en semillero y los PI de infección fueron muy bajos, menores de 5.3%, no obstante que la especie es considerada de alta dependencia de la MVA; ésto puede deberse al alto contenido de P del suelo (167 ppm), y a la aplicación de fungicidas. En ambos sistemas las especies de MVA fueron las mismas, Glomus geosporum, Glomus mosseae, Glomus versiforme, Acaulospora longula, Glomus monosporum y Glomus sp; Entrophospora infrequens no se presentó en A. cepa. Las especies predominantes en los dos sistemas fueron Glomus geosporum y Acaulospora longula.

ABSTRACT

During two semesters Micorriza (VAM) was evaluated in two systems: pastures and Allium cepa culture, in the same place, which had a high P content. For pastures were taken samples in five lots, identifying present species and their relative abundance. In A. cepa samples were taken in five culture ages. In both systems were evaluated infection percentage (IP) for VAM, number of spores for 50 g of soil (NSS), were identified the VAM species and was obtained their frequency. At the pastures the predominant specie was Paspalum notatum showing the greatest IP and NSS (16.2% and 15.4), respectively; Penisetum clandestinum, not adapted to the place, showed the lowest IP (0.1%) and a lower NSS. For the two semesters there was correlation between IP and NSS and for each variable through out the semesters, indicating a similar response between the two epochs. In Allium cepa, for the two semesters there was no VAM in seed bed and the IP was too low (5.3%), despite that such specie is highly VAM dependent, which can be due to the soil P level (167 ppm) and to the application of the fungicides. In both systems the VAM were the same: Glomus geosporum, G. mossae, G. veriforme, Acaulospora longula, G. monosporum and Glomus sp.; Entrophospora infrequens was absent in A. cepa. The predominant species in the two systems were: Glomus geosporum and Acaulospora longula.

INTRODUCCION

Un sistema natural lo conforman diversidad de plantas y animales (macrobiota) y organismos que forman la meso y la microbiota, entre estos últimos están las bacterias nitrificantes y los hongos que forman simbiosis y habitan en el suelo.

La comunidad biótica ha coevolucionado y funcionado en un medio físico (Odum, 1972), cuando se modifica el sistema natural para aumentar la producción de un cultivo específico, se forman los agroecosistemas, se introducen nuevas fuentes de energía, se reduce la diversi-

* Estudiante de pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

** Profesores Asociados. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

dad de organismos y los que dominan son aquellos que se han adaptado a las nuevas condiciones (Odum, 1972; Margalef, 1978).

Entre los ecosistemas terrestres las praderas cubren grandes extensiones, están constituidas por gran diversidad de plantas, predominan las gramíneas y las leguminosas (Eusse, 1988; Odum, 1972), algunos de los géneros más conocidos son: Panicum, Andropogon, Paspalum, quienes proporcionan la cobertura dominante; los árboles se encuentran dispersos (Odum, 1972).

Entre los hongos del suelo, se destacan los que establecen asociaciones mutualistas con las raíces de la mayoría de las plantas, es el caso de las micorrizas (Odum, 1972; Patiño, 1984), que han coevolucionado con sus sistemas radicales (Peterson 1992, Pirozynski, 1981); posiblemente las plantas primitivas que crecieron en un ambiente pobre en nitrógeno y fósforo fueron dependientes de las asociaciones micorrícicas (Pirozynski y Malloch, 1975).

La simbiosis micorriza vesículo-arbuscular (MVA) es la asociación más común (Gerdemann, 1968; Bauvin, 1986; Schenck, 1981; Koide y Schreiner, 1992), aproximadamente 120 especies de hongos MVA han sido descritos (Schenck y Perez, 1987, citados por Koide y Schreiner 1992). Perez y Schenck (1990) proponen un código único para las MVA y mencionan 136 especies pertenecientes a 6 géneros: Acaulospora: (27), Entrophospora (3), Gigaspora (7), Glomus (69), Sclerocystis (10); se estima que entre el 85 y 90% de las angiospermas presentan la asociación (Law, 1985, citado por Koide y Schreiner, 1992). Aproximadamente hay 23100 especies de angiospermas (Stewart y Press, 1990), lo que indica que una especie de MVA puede formar simbiosis con gran número de especies vegetales (Carline y Brown, 1982); no obstante la ubicuidad de las MVA, la infección depende de la especie vegetal (Ocampo et al 1980; Schenck y Kinloch 1980); el nivel de dependencia es diferente, algunas especies no forman asociaciones o no presentan infecciones arbusculares bien desarrolladas (Gerdemann, 1968; Koide y Schreiner, 1992), la infección y

los efectos fisiológicos dependen de la combinación hospedero-endófito y de las condiciones ambientales que se presenten.

Ollivier et al (1983) encontraron diferente crecimiento del hospedero y actividades fosfatásicas (implicadas en la asociación), dependiendo de los genotipos del hongo y del hospedero, esto sugiere que hay factores genéticos en los dos organismos que en conjunto están implicados en la simbiosis; la capacidad de una planta para formar micorrizas, depende del control de varios genes recesivos (Duc et al 1989).

La selección de germoplasma vegetal en condiciones de fertilización, puede haber reducido la frecuencia de genes que controlan la simbiosis, los materiales silvestres tienen mayor dependencia que las plantas mejoradas (Hetrick et al 1992; St. John y Coleman, 1983), también la selección de plantas resistentes a patógenos, puede haber incidido desfavorablemente sobre la simbiosis; por ejemplo, las líneas de maíz resistentes a patógenos, tienen bajos niveles de MVA, maduran más rápidamente y tienen sistema radical más desarrollado; la resistencia general a los patógenos o la tasa de crecimiento de raíces. separadamente o en conjunto, pueden influir sobre la menor colonización de las raíces por MVA (Toht et al, 1990), en trigo se benefician más de las MVA las variedades primitivas, ancestros y "Landraces" que las variedades modernas (Hetrick et al, 1992).

Entre los procesos que inciden sobre la composición de especies vegetales en los ecosistemas naturales está la competencia por recursos limitados (St. John y Coleman, 1983), la MVA puede influir en la eficiencia con que se utilizan los elementos, especialmente el fósforo; hay especies que son más favorecidas que otras, cuando están compitiendo en el mismo espacio (Fitter, 1977).

La dependencia de los vegetales de la asociación está influenciada por la edad de la planta y la frecuencia de hongos micorrizógenos varía a través del desarrollo del hospedero (St. John y Coleman, 1983), lo anterior sugiere que se debe evaluar la dinámica de la infección en diferentes

dad de organismos y los que dominan son aquellos que se han adaptado a las nuevas condiciones (Odum, 1972; Margalef, 1978).

Entre los ecosistemas terrestres las praderas cubren grandes extensiones, están constituidas por gran diversidad de plantas, predominan las gramíneas y las leguminosas (Eusse, 1988; Odum, 1972), algunos de los géneros más conocidos son: Panicum, Andropogon, Paspalum, quienes proporcionan la cobertura dominante; los árboles se encuentran dispersos (Odum, 1972).

Entre los hongos del suelo, se destacan los que establecen asociaciones mutualistas con las raíces de la mayoría de las plantas, es el caso de las micorrizas (Odum, 1972; Patiño, 1984), que han coevolucionado con sus sistemas radicales (Peterson 1992, Pirozynski, 1981); posiblemente las plantas primitivas que crecieron en un ambiente pobre en nitrógeno y fósforo fueron dependientes de las asociaciones micorrízicas (Pirozynski y Malloch, 1975).

La simbiosis micorriza vesículo-arbuscular (MVA) es la asociación más común (Gerdemann, 1968; Bauvin, 1986; Schenck, 1981; Koide y Schreiner, 1992), aproximadamente 120 especies de hongos MVA han sido descritos (Schenck y Perez, 1987, citados por Koide y Schreiner 1992). Perez y Schenck (1990) proponen un código único para las MVA y mencionan 136 especies pertenecientes a 6 géneros: Acaulospora: (27), Entrophospora (3), Gigaspora (7), Glomus (69), Sclerocystis (10); se estima que entre el 85 y 90% de las angiospermas presentan la asociación (Law, 1985, citado por Koide y Schreiner, 1992). Aproximadamente hay 23100 especies de angiospermas (Stewart y Press, 1990), lo que indica que una especie de MVA puede formar simbiosis con gran número de especies vegetales (Carline y Brown, 1982); no obstante la ubicuidad de las MVA, la infección depende de la especie vegetal (Ocampo et al 1980; Schenck y Kinloch 1980); el nivel de dependencia es diferente, algunas especies no forman asociaciones o no presentan infecciones arbusculares bien desarrolladas (Gerdemann, 1968; Koide y Schreiner, 1992), la infección y

los efectos fisiológicos dependen de la combinación hospedero-endófito y de las condiciones ambientales que se presenten.

Ollivier et al (1983) encontraron diferente crecimiento del hospedero y actividades fosfatásicas (implicadas en la asociación), dependiendo de los genotipos del hongo y del hospedero, esto sugiere que hay factores genéticos en los dos organismos que en conjunto están implicados en la simbiosis; la capacidad de una planta para formar micorrizas, depende del control de varios genes recesivos (Duc et al 1989).

La selección de germoplasma vegetal en condiciones de fertilización, puede haber reducido la frecuencia de genes que controlan la simbiosis, los materiales silvestres tienen mayor dependencia que las plantas mejoradas (Hetrick et al 1992; St. John y Coleman, 1983), también la selección de plantas resistentes a patógenos, puede haber incidido desfavorablemente sobre la simbiosis; por ejemplo, las líneas de maíz resistentes a patógenos, tienen bajos niveles de MVA, maduran más rápidamente y tienen sistema radical más desarrollado; la resistencia general a los patógenos o la tasa de crecimiento de raíces. separadamente o en conjunto, pueden influir sobre la menor colonización de las raíces por MVA (Toht et al, 1990), en trigo se benefician más de las MVA las variedades primitivas, ancestros y "Landraces" que las variedades modernas (Hetrick et al, 1992).

Entre los procesos que inciden sobre la composición de especies vegetales en los ecosistemas naturales está la competencia por recursos limitados (St. John y Coleman, 1983), la MVA puede influir en la eficiencia con que se utilizan los elementos, especialmente el fósforo; hay especies que son más favorecidas que otras, cuando están compitiendo en el mismo espacio (Fitter, 1977).

La dependencia de los vegetales de la asociación está influenciada por la edad de la planta y la frecuencia de hongos micorrizógenos varía a través del desarrollo del hospedero (St. John y Coleman, 1983), lo anterior sugiere que se debe evaluar la dinámica de la infección en diferentes

épocas y conocerse los cambios cualitativos y cuantitativos en las especies de hongos.

En Colombia no se encontró efecto del pastoreo sobre la infección por MVA, las tasas fueron mayores en gramíneas que en leguminosas y el fósforo aplicado disminuyó la infección (CIAT, 1982), hubo efecto sobre la asociación de época (lluviosa, seca), textura del suelo, especies vegetales, ecotipos; aumentos de N P K redujeron la infección (Saif, 1986).

En el estado de Ceara en Brasil, Almeida et al (1984), encontraron que entre 143 gramíneas evaluadas, las mayores infecciones correspondían a Brachiaria brizanthus, B decumbens, Paspalum notatum y Cynodon dactylon y en las leguminosas Cratilia sp., C. floribunda y Calopogonium mucunoides.

Las propiedades de las micorrizas justifican el interés que han generado: mayor crecimiento de las plantas en suelos infértiles por el aprovechamiento de elementos poco móviles en el suelo, especialmente el fósforo (Schenck, 1981), en menor grado K^+ y NH_4^+ (Smith y Gianinazzi-Pearson, 1988), Zn (Larue et al, 1975), S (Rhodes y Gerdemann, 1978), Fe (Treeby, 1972); aumenta el transporte de agua hacia la planta (Safir et al, 1971, Faber et al, 1991); disminuye el efecto de ciertos patógenos del suelo (Schenck, 1981; Graham, 1988; Vargas, 1991; Zhengjia y Xiangdong, 1991); contribuyen a que las plantas soporten mejor altas temperaturas (Marx y Bryan, 1971); el incremento en la absorción de fósforo estimula la fijación de nitrógeno por Rhizobium (Carline et al, 1978), influye sobre el tamaño y número de cloroplastos (Krishna et al, 1981); las raíces de plantas micorrizadas son funcionales más tiempo (Bowen et al, 1975).

La cebolla Allium cepa, es una de las hortalizas de mayor importancia económica en Colombia, para su producción el uso de agroquímicos es elevado. Presenta un sistema radical reducido (Federación Nacional de Cafeteros, 1987), sus raíces son gruesas y con pocos pelos absorbentes (Hayman, 1983), por lo cual puede responder a la MVA. Debido a que no puede explorar sufi-

cientemente el suelo se han realizado diversas investigaciones sobre la MVA, observaciones ultraestructurales (Cox y Sanders, 1974), dinámica de la infección (Hayman, 1974), respuesta en el crecimiento a diferentes niveles de P (Hayman y Mosse, 1971), entradas del hongo en la raíz (Sanders y Tinker, 1973; Ocampo et al, 1980), crecimiento de la infección en la raíz (Cox y Sanders, 1974), efecto de la luz (Hayman, 1974), influencia de la MVA sobre la enfermedad "raíz rosada" (Schenck, 1981), respuesta a la salinidad (Hirrel y Gerdeman, 1980), efecto de fungicidas sobre la asociación (Manjunath y Bagyaraj, 1981), absorción de S (Rhodes y Gerdemann, 1978-a, 1978-b).

En varios cultivos se ha estudiado la influencia de productos fitosanitarios sobre la micorriza, los fungicidas han sido los más evaluados; inhiben la micorriza el PCNB (Gray y Gerdemann, 1969; Rhodes y Larsen, 1981), Benomyl (Beiley y Safir 1978; Rhodes y Larsen, 1981; Bentivenga y Hetrick, 1991), Chlorathalonil, Iprodione, Triadimefon, Anilazine y Chloroneb (Rhodes y Larsen, 1981).

En general las concentraciones necesarias de herbicidas para afectar la asociación son más elevadas que las recomendadas por los fabricantes y son pocos los estudios para evaluar el efecto de insecticidas (Bauvin, 1986).

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la asociación MVA en un sistema de pradera y en un cultivo comercial de cebolla de bulbo, identificando las especies predominantes.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en dos sistemas: pastizal y cultivo de cebolla de bulbo Allium cepa L, en el municipio de Cerrito, corregimiento de Aujá, Departamento del Valle del Cauca, durante dos épocas 1990-B y 1991-A. La formación vegetal de la zona es de bosque seco tropical según Holdridge, o zona Mesoxerófitica, según Cuatrecasas, 1555 m.s.n.m., 929 mm de lluvia como promedio anual y humedad relativa de 65% ¹.

En el pastizal cercano al cultivo de cebolla, se

seleccionaron tres ha, las cuales se dividieron en cinco lotes, en cada uno de ellos se tomaron muestras de suelo y raíces. La vegetación de la pradera artificial estaba constituida por Paspalum notatum, Cynodon plectostachyus, Penisetum purpureum y Penisetum clandestinum.

Para el cultivo de cebolla, se seleccionaron en un mismo lote plantas de diferentes edades: 30 y 45 días (semillero) y 60, 90 y 135 días en el cultivo; para cada edad se tomaron al azar cuatro muestras de suelo y raíces.

Para cada muestra en los dos sistemas, se utilizaron 50 g de suelo, la separación de esporas se realizó por el método descrito por Sieverding (1983), la identificación preliminar se realizó con base en el color, tamaño y forma de las esporas, la identificación definitiva fue realizada por un especialista ², se contó el número de esporas por especie y se halló su frecuencia relativa.

Para cada muestra se determinó el porcentaje de infección (PI) por la MVA, siguiendo la metodología de Sieverding (1983); se hicieron ensayos previos para determinar los tiempos de tinción para cada sistema así: KOH, HCl, Azul de tripano: 10, 3 y 10 minutos respectivamente para el pastizal y 5, 1 y 5 minutos respectivamente para las raíces de cebolla, se tomó una muestra de suelo en cada sistema y se realizó un análisis de caracterización.

En el pastizal se estimó el porcentaje de presencia de las especies vegetales.

En los dos sistemas se halló el coeficiente de correlación entre el porcentaje de infección (PI) y número de esporas por 50 g de suelo (NES) y entre PI o NES a través de épocas.

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS

En el Cuadro 1 se presentan algunas características físico-químicas de los suelos. En el pastizal el pH es neutro 6.8, en cebolla es ácido 5.2, los contenidos de materia orgánica son altos 8.7 y 6.4% para el pastizal y el cultivo de cebolla respectivamente; en ambos sistemas los contenidos de Potasio y Fósforo son muy altos, mayores en el suelo del cultivo de cebolla por los altos niveles de fertilización que son utilizados (Cuadro 2).

COMPOSICION EN ESPECIES VEGETALES Y DINAMICA DE LA INFECCION EN EL PASTIZAL.

Las especies predominantes son gramíneas, con mayor frecuencia del pasto Bahía Paspalum notatum con 48%, seguido por el pasto estrella Cynodon plectotachyus con 28% (Cuadro 3).

CUADRO 1. Características físico-químicas de los suelos

Característica	Unidad	Pastizal	Agroecosistema
pH		6.80	5.20
MO	%	8.70	6.40
P	ppm	117.0	167.0
K	meq/100 g suelo	2.30	3.80
Ca	"	17.20	19.60
Mg	"	8.40	2.80
Na	"	0.31	0.22
Al	"	0.28	0.20
CIC		28.90	23.40
Textura		F-Ar	F-Ar

Los porcentajes de infección fluctúan durante 1990-B entre 16.2% para Paspalum notatum y solo 0.1% para Penisetum clandestinum, valores cercanos se obtuvieron durante la segunda época de evaluación (15.4 y 0.1%). Cynodon plectotachyus presentó PI de 8.1 y 3.9% y Penisetum purpureum 2.4 y 1.6% para 1990-B

¹ Dr. Eugenio Escobar. Información personal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

² Dr. Ewald Sieverding

CUADRO 2. Prácticas para el manejo agronómico en el cultivo de cebolla de bulbo para los semestres 90-B y 91-A.

PRACTICAS DE MANEJO	NOMBRE	I.A.	DOSIS	APLICACION	EPOCA
Fertilización	Fosfato de amonio (DAP)		100 kg/ha	Voleo	15 DAS*1
	KCl		150g/ha	Voleo	15 DAS*2
	Urea + 15-15-15		1/2 L/ha	300 Kg/ha	Voleo 25 DDT*2
	Total (menores)		2 Kg/ha	Foliar	15 DDT*2
	Cosmoceol (20-30-10)			Voleo	4-5 aplicaciones
Herbicidas	GOAL (Postemerg)	Oxifluorfen	1 L/ha		Aplicado al suelo 15 DDT
	Fusilade (Postemerg)	Fluazifop-butyl	1 L/ha		Aplicado al suelo 25 DDT
Fungicidas	Manzate	Mancozeb	1 L/ha	Foliar	Se aplican cada 8 días y se rotan.
	Duter	Brestanid 500	400 g/can	Foliar	
	Ridomil	Metalaxyl	400 g/can	Foliar	
	Derosal	Fluralaxyl	400 cm ³ /can	Foliar	
Insecticidas	Roxton	Dimetoate	500 cm ³ /can	Foliar	Se aplican semanalmente y se rotan.
	Tamaron	Metamidofos	500 cm ³ /can	Foliar	
	Eviset		400 g/can	Foliar	
	Furadan	Carbofuran	400 cm ³ /can	Foliar	

* 1 DAS: Días antes de la siembra *2 DDT: Días después del transplante

CUADRO 3. Pastizal. Especies vegetales establecidas, porcentaje de infección por MVA (PI) y esporas/50 gsh (NES).

Especie	Presencia %	1990-B		1991-A	
		PI	NES	PI	NES
<u>Paspalum notatum</u>	48	16.2	171	15.4	159
<u>Cynodon plectotachyus</u>	28	8.1	100	3.9	93
<u>Penisetum purpureum</u>	20	2.4	71	1.6	66
<u>Penisetum clandestinum</u>	4	0.1	14	0.1	13

CUADRO 4. Allium cepa. Porcentaje de infección por MVA (PI) y esporas 50 gsh (NES) a diferentes edades del cultivo.

Edad (Días)	PI	NES	PI	NES
30	0.0	50	0.0	53
45	0.0	76	0.5	69
60	4.9	96	5.3	93
90	5.3	101	4.9	66
135	4.6	58	4.2	62

CUADRO 5. Especies y frecuencia de los hongos MVA en los dos sistemas.*

ESPECIE	PASTIZAL		<u>Allium cepa</u>	
	NES	FREC. %	NES	FREC. %
<u>Glomus geosporum</u>	38	26.4	22	32.8
<u>Glomus mosseae</u>	19	13.2	10	14.9
<u>Entrophospora infrequens</u>	7	4.9	0	0.0
<u>Glomus versiforme</u>	16	11.1	9	13.4
<u>Acaulospora longula</u>	27	18.8	13	19.4
<u>Glomus monosporum</u>	17	11.8	7	10.4
<u>Glomus sp.</u>	20	13.8	6	9.0

NES = Número de esporas /50 gsh

* Identificó Dr. Ewald Sieverding

y 1991-A, respectivamente.

El coeficiente de correlación entre los PI de los dos semestres fue 0.965 ($P(\alpha) \leq 0.05$), lo que indica que el comportamiento de las especies vegetales en las dos épocas siguió la misma tendencia, valor similar se encontró en Bentivenga y Hetrick (1992-a) cuando se asoció el porcentaje de presencia de especies de hongos MVA para poblaciones de 1987 y 1989³; lo anterior sugiere que para evaluar los cambios en PI o composición de especies de hongos MVA, es necesario utilizar períodos más largos.

No obstante que el PI de Cynodon plectotachyus disminuyó de 8.1 a 3.9%, la tendencia similar en las otras especies, se debe en parte a que el pastizal es un sistema relativamente estable en su composición de especies vegetales y en el trópico a diferencia de las zonas con estaciones no hay variaciones climáticas altas, y la precipitación es la más variable, aunque Saif (1986) encontró diferencias entre épocas secas y lluviosas en praderas, pero en una región donde las épocas de lluvia y sequía son más drásticas; en países templados se han encontrado variaciones (Bentivenga y Hetrick, 1991 en pastos de estación fría y cálida y (Cade-Menun et al, 1991) en trigo de invierno; otro aspecto a considerar es que solo se hicieron dos evaluaciones, lo cual, como se afirmó con anterioridad, no permite conocer con detalle las variaciones en el PI.

Los más altos PI se presentaron en Paspalum notatum (16.2 y 15.4% para 1990-B y 1991-A respectivamente) lo que indica que es la especie que tiene mayor capacidad de formar asociación en las condiciones de la región, Almeida et al (1984) también reportan esta especie como formadora de asociación MVA. La muy baja infección de Penisetum clandestinum puede deberse a que es un pasto adaptado a temperaturas menores; Bentivenga y Hetrick (1992-B) mencionan que la dependencia por la asociación, es mayor a la temperatura que favorece el desarrollo del hospedero.

Los PI fueron relativamente bajos, esto se puede deber en parte al alto contenido de P en el suelo (117 ppm), altos contenidos de este elemento reducen el PI (Powell, 1980; Hoepfner et al, 1983; Hung et al, 1990; Abbott et al, 1974; Amijee et al, 1986; Hetrick et al, 1990). La regulación de la infección, incluye una combinación de mecanismos que limitan o promueven la infección, cuando el fósforo disponible aumenta el hongo puede ser menos importante para la planta y esta puede utilizar mecanismos para regular la infección como defensas químicas o estructurales, o controlar la tasa de carbohidratos hacia el hongo (Koide y Schreiner, 1992).

El número de esporas por 50 g de suelo (NES) (Cuadro 3), fue mayor en la especie con mayor PI (171 y 159 para los semestres 1990-a y 1991-b) y la menor (14 y 13) para Penisetum clandestinum con el más bajo PI; el coeficiente de correlación 0.999 ($P(\alpha) \leq 0.01$) indica que el comportamiento de las especies vegetales en las dos épocas fue similar.

También se encontró correlación significativa entre PI y NES (0.97 y 0.93 $P \alpha \geq 0.051$, para las dos épocas) lo que indica que el principal propágulo que son las esporas estuvo asociado con la infección, resultados similares obtuvo Hayman (1975), pero además de las esporas, las raíces viejas pueden influenciar la infección (Hayman, 1983).

DINAMICA DE LA INFECCION EN EL CULTIVO DE CEBOLLA

No se presentó infección durante la etapa de semillero, donde las plantas permanecen hasta los 45 días, el mayor incremento en PI se obtiene después del trasplante (Cuadro 4). Entre los 60 y los 90 días el PI se mantiene relativamente estable, indicando que las tasas de crecimiento de raíces y la infección de estas por las MVA son similares, a los 135 días cuando se cosechan los bulbos hay una ligera disminución de la infección, debido a que el bulbo ya formado sale a la superficie del suelo y las raíces están en la parte final de su actividad, la tendencia del PI en los dos semestres es similar, lo cual se confirma por el coeficiente de correlación (0.99 $P(\alpha) \leq$

³ Cálculo realizado por los autores para hacer la comparación.

0.01).

Los bajos PI obtenidos, pueden tener diferentes explicaciones, una los altos niveles de P del suelo, 167 ppm, no obstante que Allium cepa es una especie dependiente de la asociación y presenta un sistema radical poco desarrollado; otro factor que puede incidir es la adición de agroquímicos (Cuadro 2), en especial fertilizantes fosforados y fungicidas; el Mancozeb no inhibe la simbiosis pero sí la detiene (Menge, 1982), el Metalaxil incide sobre el incremento de la infección pero no hay un incremento en el peso seco (Hetrick y Wilson, 1991).

El número de esporas por 50 g de suelo fluctuó entre 50 a los 30 días y 101 a los 90 días después de siembra para 1990-B y entre 53 a los 30 días y 93 a los 60 días para 1991-A (Cuadro 4). La correlación entre NES y PI fue baja en los dos semestres (0.59 y 0.63 $P(\alpha > 0.05)$, este comportamiento diferente a lo encontrado en el sistema de pradera, se puede deber a que en el cultivo hay factores que continuamente están influyendo en la asociación como la aplicación de agroquímicos; se encontraron gran cantidad de esporas en mal estado, rotas o atacadas por microorganismos.

ESPECIES DE HONGOS MVA

Se encontraron las mismas especies en los dos sistemas con excepción de Entrophospora infrequens, no presente en cebolla (Cuadro 5). Utilizando el código propuesto por Perez y Scheck (1990), las especies encontradas fueron: Glomus geosporum (LGSP), Glomus mosseae (LMSS), Entrophospora infrequens (EIQ), Glomus versiforme (LVSF), Acaulospora longula (ALGL), Glomus monosporum (LMNS) y Glomus sp. Las especies mas frecuentes en los dos sistemas fueron LGSP y ALGL.

En el pastizal el número de esporas promedio fue mayor (20.5 contra 9.5 en cebolla), diferencia que puede deberse a la aplicación de fertilizantes fosforados, no obstante su alto contenido de fósforo, lo que influye negativamente sobre la infección y la posterior producción de esporas y también a la utilización de fungicidas, el pastizal

es un sistema establecido en donde las MVA, encuentran siempre un hospedero que les permite su crecimiento y multiplicación.

El coeficiente de correlación para NES entre los dos sistemas fue 0.963 ($P(\alpha \leq 0.01)$), lo que indica que la tendencia general en las frecuencias de las especies de MVA se conserva, no obstante el manejo diferente de cada sistema. A pesar de la alta correlación, hay algunos cambios importantes, EIFQ no se presentó en el cultivo, lo cual puede indicar que es una especie afectada por el manejo que se le da al cultivo, LGSP aumentó su frecuencia relativa, puede indicar que tolera más que las otras especies la aplicación de agroquímicos, aunque esto debe confirmarse. Hutchinson (1989), clasifica las ectomicorrizas de acuerdo con su sensibilidad a cinco fungitóxicos en: sensitivas, semitolerantes y tolerantes, encontrando diferencias entre especies y en algunos casos entre aislamientos de una especie.

La presencia de las mismas especies en dos sistemas, muy diferentes, confirman la posibilidad de adaptación de éstas a especies vegetales y manejos, pero los cambios en cantidad y en el caso de EIFQ, de no presencia en un sistema con presión por la aplicación de agroquímicos, sugiere que las micorrizas que juegan un papel importante en la mayoría de las plantas deben estudiarse en los sistemas naturales y disturbados para comprender su importancia.

BIBLIOGRAFIA

1. ABBOTT L. K.; ROBSON A. D.; DE BOER G. The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus fasciculatum. New Phytol. 97: 437-446. 1984.
2. ALMEIDA R.T.; FREIRE V.; VASCONCELOS J. Infecao do micorrizas vesiculo arbusculares em gramíneas e leguminosas herbáceas e arbustivas em dois solos do estado do Ceara. Brazil. Ciencia Agronómica. 16(1): 69-73. 1984.

3. AMIJEE F.; STRIBLEY D. P.; TINNER P.B. The development of endomycorrhizal root systems. VI. The relationship between development of infection in young leek roots. *New Phytol.* 102: 293-301. 1986.
4. BAILEY J. E.; SAFIR G. R. Effect of benomyl on soybean endomycorrhizae. *Phytopathology.* 68(12): 1810-1812. 1978.
5. BAUVIN J. P. Mycorrhizes et agriculture : Revue bibliographique. *Bull. Rech. Agron. Gembloux.* 21(1): 59-83. 1986.
6. BENTIVENGAS P.; HETRICK B.A.D. Relationship between mycorrhizal activity, burning and plant productivity in tallgrass prairie. *J. Can Bot.* 69: 2597-2602. 1991.
7. _____. The effect of prairie management practices on mycorrhizal symbiosis. *Mycologia.* 84(4): 522-527. 1992-a.
8. _____. Seasonal and temperature effects on mycorrhizal activity and dependence of cool and warm-season tallgrass prairie grasses. *J. Can. Bot.* 70:1596-1602. 1992-b.
9. BOWEN G. D.; BEVEGE D.I.; MOSSE B. Phosphate physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: SANDERS F.E.; MOSSE B.; TINKER P.B. (Ed.). *Endomycorrhizas.* London: Academic Press, 1975. p. 241-260.
10. CADE-MENUM B.; SHANNON B.; BOMKE A. Seasonal colonization of winter wheat in south coastal British Columbia by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *J. Can Bot.* 69:78-86. 1991.
11. CARLINE D. E.; BROWN M. F. Anatomy and Physiology of vesicular- arbuscular and nonmycorrhizal roots. *Phytopathology.* 72 (8):1108-1114. 1982.
12. CARLINE D.E. et al. Effects of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on nitrate reductase and nitrogenase activities in nodulating and non-nodulating soybeans. *Phytopathology.* 68:1590-1596. 1978.
13. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual. *Microbiología de suelos.* CIAT Colombia. 1982. p. 161-171.
14. COX G.; SANDERS F. Ultrastructure of the host-fungus interface in a vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 73:901-912. 1974.
15. DUC G. et al. First report of non-mycorrhizal plant mutants (Myc⁻) obtained in pea (*Pisum sativum* L.) and faabean (*Vicia faba* L.). *Plant Sci.* 1989. 60:215-222.
16. EUSSE B. T. Pastos y forrajes tropicales : Producción y manejo. 2 ed. Palmira : ICA - Banco Gaudero, 1988. p. 111.
17. FABER B.; ZASOSKI R.; MUNKS D. A method for measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. *Can J. Bot.* 69: 87-94. 1991.
18. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de la cebolla de bulbo. 1987. p. 4-8.
19. FITTER A. H. Influence of mycorrhizal infection on competition for phosphorus and potassium by two grasses. *New Phytol.* 79:119-125. 1977.
20. GERDEMANN J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 6: 397-418. 1968.
21. GRAHAM J. M. Interactions of mycorrhizal fungi with soilborne plant pathogens and other organisms: An introduction. *Phytopathology.* 78(3): 365-366. 1988.
22. GRAY L.E.; GERDEMANN J. W. Uptake of phosphorus-32 by vesicular-arbuscular mycorrhizal. *Plant Soil.* 30:415-422. 1969.
23. HAYMAN D. S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VI. Effect of light and temperature. *New Phytol.* 73:71-80. 1974.
24. _____. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. En: SANDERS F.E.; MOSSE B.; TINKER P.B. *Endomycorrhizas.* London: Academic Press, 1975. p. 495-509.
25. _____. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Can. J. Bot.* 61:944-963. 1983.
26. _____ and MOSSE B. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. growth of *Endogone* inoculated plants in phosphate deficient soils. *New Phytol.* 70:19-27. 1971.
27. HETRICK B.A.D.; WILSON G.W.T.; TODD T.C. Differential responses of C3 or C4 grasses to mycorrhizal symbiosis, phosphorus fertilization and soil microorganisms. *Can. J. Bot.* 68:461-467. 1990.

28. HETRICK B.A.D.; WILSON G.W.T. Effects of mycorrhizal fungus species and metalaxyl application on microbial supression of mycorrhizal symbiosis. *Mycologia*. 83 (1): 97-102. 1991.
29. _____ and COX T.S. Mycorrhizal dependence of modern wheat varieties, landraces and ancestors. *Can. J. Bot.* 70:2032-2040. 1992.
30. HIRREL M.C.; GERDEMANN J. W. Improved growth of onion and bell peper in saline by two vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44(3): 654-655. 1980.
31. HOEPFNER E.F.; KOCH B.L.; COVEY R.P. Enhancement of growth and phosphorus concentrations in apple seedlings by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *J. Am. Soc. Hort.Sci.* 108 (2): 207-209. 1983.
32. HUNG L.L. SYLVIA D.M.; O'KEEFE D.M. Isolate selection and phosphorus interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in biomass crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 762-782. 1990.
33. HUTCHISON L. J. Studies on the systematics of ectomycorrhizal fungi in axenic culture. IV. The effect of some selected fungitoxic compounds upon linear growth. *Can J. Bot.* 68: 2172-2178. 1990.
34. KOIDE R. T.; SCHREINER R.P. Regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:557-581. 1992.
35. KRISHNA, K.R. *et al.* Changes in the leaves of finger millet due to VA mycorrhizal infection. *New Phytol.* 87: 717-722. 1981.
36. LARUE J.H.; Mc CLELLAN W. D.; PEACOCK M.L. Mycorrhizal fungi and peach nursery nutrition. *Calif. Agric.* 29(5):7. 1975.
37. LAW R. Evolution in a mutualistic enviroment. *In:* BOUCHER, D.A. (ed). *The biology of mutualism, ecology and evolution.* New York : Oxford Univ. Press, 1985. p. 145-170.
38. MANJUNATH A.; BAGYARAJ D.J. Components of V.A. Mycorrhizal inoculum and their effects on growth of onion. *New phytologist.* 87: 355-361. 1981.
39. MARGALEF R. *Perspectivas de la teoría ecológica.* Traducido al español por María Rosa Miraculé Solé. España, 1978. p. 101.
40. MARX D.H.; BRYAN W.C. Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of loblolly pine at high temperature. *For. Sci.* 17:37-41. 1971.
41. MENGE J . A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot.* 61:1015-1024. 1983.
42. OCAMPO J.A.; MARTIN J.; HAYMAND.S. Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. I. Host and non-host plants grown together. *New Phytol.* 84: 27-35. 1980.
43. ODUM E. P. *Ecología.* Traducido al español por C. G. Ottenwalder. 3 ed. México : Interamericana, 1972. 639 p.
44. OLLIVIER B. *et al.* Influence de la variété de *Vigna unguiculata* dans l'expression de trois associations endomycorhiziennes á vesicules et arbuscules. *Can J. Bot.* 61:354-358. 1983.
45. PATIÑO C., H. Las micorrizas como componentes simbióticos de los sistemas selváticos tropicales, implicaciones ecológicas y agronómicas. *En:* SIEVERDINGE., SANCHEZ M.; BRAVO, N. *Investigaciones sobre micorrizas en Colombia.* Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1984. p. 82-106.
46. PEREZ Y.; SCHENCK N.C. A unique fase each especies of VA mycorrhizal fungi. *Mycologia.* 82 (2): 256-260. 1990.
47. PETERSON R. L. Adaptations of root structure in relation to biotic and abiotic factors. *Can. J. Bot.* 70:661-675. 1972.
48. PIROZYNSKI, K.A. Interactions between fungi and plants through the ages. *Can. J. Bot.* 59 :1824-1827. 1981.
49. PIROZYNSKI K.A.; MALLOCH D.W. The origin of land plants: a matter of mycotrophism. *Biosystems.* 6:153-164. 1975.
50. POWELL C. Effect of phosphate fertilizers on the production of mycorrhizal inoculum in soil. *N.Z.J. Agric.* 23(2): 219-223. 1980.
51. RHODES L. H.; GERDEMANN J.W. Hyphal translocation and uptake of sulfur by vesicular-arbuscular mycorrhizae of onion. *Soil Biol. Biochem.* 10:355-360. 1978-a.

52. RHODES L.H.; GERDEMANN J.W. Influence of phosphorus nutrition by vesicular-arbuscular mycorrhizae of onion. *Soil Biol. Biochem.* 10:361-364. 1978-b.
53. RHODES L.H.; LARSEN P.O. Effects of fungicides on mycorrhizal development of creeping bentgrass. *Plant Dis.* 65(2): 145-147. 1981.
54. SAFIR G.R.; BOYER J.S.; GERDEMANN J.W. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiol.* 49:700-703. 1971.
55. SAIF S.R. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in tropical forage species as influenced by season, ecotypes. *Ange wandte Botanik.* 60:125-139. 1986.
56. SANDERS F.E.; TINNER P.B. Phosphate flow into mycorrhizal roots. *Pestic. Sci.* 4:385-395. 1973.
57. SCHENCK N.C. Can mycorrhizae control root disease?. *Plant disease.* 65(3): 230-234. 1981.
58. SCHENCK N.C.; KINLOCH P.A. Incidence of mycorrhizal fungi in six field crops in monoculture on a newly cleared woodland site. *Mycologia.* 72:445-456. 1980.
59. SCHENCK N.C.; PEREZ Y. Manual for identification of V.A. fungi. Gainesville, FL. INVAM. 1987. sp.
60. SIEVERDING E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. Cali : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983. s.p.
61. SMITH S.E.; GIANINAZZI-PEARSON V. Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plan Mol. Biol.* 39: 221-244. 1988.
62. STEWART G.R.; PRESS M.C. The physiology and biochemistry of parasitic angiosperms. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41:127-151. 1990.
63. ST. JOHN T.V.; COLLEMAN D.C. The role of mycorrhizae in plant ecology. *Can. J. Bot.* 61:1005-1014. 1983.
64. TOTH R. et al. Vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization in Zea mays affected by breeding for resistance to fungal pathogens. *Can. J. Bot.* 68:1039-1044. 1990.
65. TREEBY M.T. The role of mycorrhizal fungi and non-mycorrhizal micro-organisms in iron nutrition of citrus. *Soil Biol. Bioch.* 24(9):857-864. 1992.
66. VARGAS R. Combate de Corticium en tomate y Fusarium en fresa mediante el uso de microorganismos antagonistas y/o hongos endomicorrizogénos (MVA). *Agronomía Costarricense.* 15(1-2): 1-6. 1991.
67. ZHENGJIA H.; ZIANGDONG G. Pretransplant inoculation with VA Mycorrhizal fungi and Fusarium blight of cotton. *Soil Biol. Bioch.* 23(2): 201-203. 1991.