

Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum sp.*) en la Amazonia colombiana

Occurrence of arbuscular mycorrhizae fungi in red pepper (*Capsicum sp.*) in the Amazonian region of Colombia

Gladys Cardona¹, Clara Patricia Peña-Venegas² y Adriana Arcos³

RESUMEN

Capsicum sp. es una especie nativa de América de gran importancia por su diversidad de usos. La Amazonia colombiana es considerada uno de los centros de origen y alberga una gran riqueza de morfoespecies. A pesar de su importancia para el crecimiento y supervivencia de plantas bajo condiciones limitantes de nutrientes, son escasos los trabajos relacionados con la dinámica de los hongos formadores de micorriza arbuscular (HFMA) en *Capsicum*. Se estudió la ocurrencia de HFMA, a partir de colecta de rizósferas y raíces de ají en diferentes rutas. La colonización se evaluó por medio de la metodología de Phillips y Hayman (1970), con modificaciones de Sieverding (1983). El aislamiento y cuantificación de esporas por la técnica de Gerdeman y Nicolson (1963), modificada por Sieverding (1983). La asignación de géneros se realizó a partir de la descripción morfológica de esporas. Todas las plántulas de ají muestreadas presentaron asociaciones con HFMA. Características químicas del suelo, presencia de otras especies vegetales en chagras, fuente de colecta y especies del género *Capsicum* incidieron en una alta o baja alta ocurrencia de la simbiosis micorrízica. Se identificaron nueve morfotipos de endomicorrizas; *Glomus sp.* fue el de mayor ocurrencia.

Palabras clave: simbiosis, bosque tropical, suelo, cultivo.

ABSTRACT

Capsicum sp. is a native American specie highly important around the world because of its wide array of uses. The Colombian Amazon is considered one of the main origin sites that contain a richness of morph species. However, very few studies have evaluated the dynamics between Arbuscular Mycorrhizae Fungi (AMF) and red pepper in spite of its relevance to growth and survival of plants under limiting nutrient conditions. AMF occurrence was studied from the collection of roots and rhizosphere of pepper in different routes. Colonization was assessed by the Phillips and Hayman methodology (1970) with Sieverding modifications (1983). Spores isolation and quantification was evaluated by Gerdeman y Nicolson (1963) methodology and modified by Sieverding (1983). Species determination was carried out by AMF spore description. All of the evaluated red chillies pepper samples showed AMF associations. Chemical characteristics of soils, plant diversity on the *chagras*, different collections types and *Capsicum* species influenced the high and low occurrence of AMF symbiosis. Nine morph species of AMF were identified and *Glomus sp.* the genus most frequently related.

Key words: symbiosis, tropical forest, soil, crop.

Introducción

La Amazonia representa una de las regiones con mayor diversidad biológica en recursos faunísticos, florísticos y en formas de vida macro y microscópicas (Borneman y Triplett, 1997). Sin embargo, la exuberancia y la complejidad de la vida vegetal no guardan proporción con la limitada fertilidad natural de sus suelos (IGAC, 1997). Allí la transformación de la materia orgánica, mineralización y movilización de nutrientes son mediadas por los microorganismos (Nsabimana *et al.*, 2004), los cuales desempeñan

un papel fundamental en el mantenimiento de la función ecológica del ecosistema natural y en la sostenibilidad de los sistemas productivos establecidos.

Dadas las limitaciones del suelo en proveer los nutrientes a las plantas, las comunidades vegetales en la Amazonia han desarrollado complejas relaciones con microorganismos que les permiten acceder en forma más eficiente a los nutrientes que requieren. Una de estas asociaciones es la simbiosis con hongos formadores de micorriza arbuscular (HFMA), la cual ocurre en el 99% de las plantas vasculares

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2007. Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2008

¹ Investigadora, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Bogotá (Colombia). gcardona@sinchi.org.co

² Investigadora, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Leticia (Colombia). cpena@sinchi.org.co

³ Investigadora senior biocomercio sostenible, Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá (Colombia). alarcos@humboldt.org.co

de la región (Peña-Venegas *et al.*, 2006). Por medio de esta asociación las plantas absorben eficientemente los nutrientes del suelo, especialmente fósforo, cuando su disponibilidad en el suelo es limitada (Guerrero *et al.*, 1996).

Los HFMA son simbiontes obligados de las raíces de las plantas, presentes en la mayoría de los ecosistemas terrestres, pertenecen al phylum *Glomeromycota*, con alrededor de 150 especies descritas (Öpik *et al.*, 2006). En la simbiosis el hongo crece dentro de la corteza de la raíz y coexiste íntimamente con la planta (Isayenkov *et al.*, 2004). En esta asociación el hongo recibe fotosintatos de la planta mientras esta recibe nutrientes minerales y carbono a través de las redes miceliales del hongo en el suelo (Fritz *et al.*, 2003). Adicionalmente la simbiosis permite que la planta incremente su resistencia a enfermedades y su tolerancia a la sequedad y a las temperaturas extremas.

El ají, como especie nativa de la región amazónica, no es la excepción en presentar la simbiosis micorriza arbuscular. Janos (1983) estableció un rango de afinidad de las plantas por esta simbiosis dependiendo de la frecuencia con que estas la establecen. De acuerdo con los registros de la base de datos sobre HFMA del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, que recoge datos de esta asociación para la región amazónica colombiana, el ají (*Capsicum sp.*) podría considerarse una planta micorriza-dependiente debido a que de manera muy frecuente se encuentra asociada con HFMA.

El ají es una de las especies vegetales más importantes en el mundo. Perteneció a la familia Solanaceae. Es un arbusto perenne que produce pequeños frutos picantes agrupados en racimos. Las principales áreas productoras son la India, Tailandia, Indonesia, Japón, México, Kenia, Sudán, Uganda y Nigeria. El cultivo está adaptado a condiciones tropicales, donde la producción excede las 30 t·ha⁻¹ durante el periodo de maduración del fruto. Los frutos son variables en tamaño; muchas veces son rojos cuando maduran, con muchas semillas y usualmente muy pungentes (Amusa *et al.*, 2004).

En Colombia el pimentón y el ají son cultivos relativamente recientes y comienzan a expandirse en vista de su buena rentabilidad, producción y posibilidades para exportación. Actualmente las zonas de producción comercial en Colombia se ubican principalmente en los departamentos de Santander y Valle del Cauca y en la costa Atlántica. En la región amazónica es uno de los géneros más cultivados por sus etnias, haciendo parte del patrimonio cultural de la región, lo cual ha dado lugar a variedades adaptadas a

los diferentes ambientes y a los requerimientos agroclimáticos donde se cultiva. La Amazonia es considerada como el centro de origen del complejo *Capsicum annum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, y donde se localizan variaciones, tanto morfológicas como reproductivas y moleculares, dentro del género *Capsicum* (Quintero, 2000); igualmente reúne una gran oferta de variedades de carácter pungente además de características de precocidad, productividad y demanda comercial, lo que brinda grandes potencialidades de uso (Melgarejo *et al.*, 2004).

Dentro de los varios usos que tiene el germoplasma de ají está el de aliviar gripas hasta curar enfermedades mentales. Se ha reconocido el ají como elemento protector y curativo bioenergético y metafísico (Vélez, 1991). En el departamento del Guaviare algunos colonos e indígenas emplean el ají molido y rezado para controlar plagas que se comen los cultivos en los conucos o chagras. A nivel mundial el ají se usa en estas y otras formas, pero con un aspecto mucho más amplio y tecnificado como en la obtención de oleorresinas, para la producción de repelentes y gases lacrimógenos, en la industria alimenticia, principalmente en la elaboración de carnes, como especia y condimento, y para la extracción de metabolitos de importancia farmacológica como capsaicina (Melgarejo *et al.*, 2004).

A pesar de la importancia del género *Capsicum* para la región y el país, y la necesidad de esta planta de establecer una buena asociación con HFMA, es poco lo que se conoce sobre esta asociación simbiótica en la región. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la ocurrencia de HFMA asociados a *Capsicum sp.* y su relación con características físico-químicas de los suelos bajo estudio y condiciones de cultivo en la Amazonia colombiana.

Materiales y métodos

Trabajo de campo

Se realizó durante los meses de marzo de 1998 a julio de 1999, época lluviosa y seca, en chagras y huertos habitacionales ubicados en las riberas de los principales ríos que atraviesan la Amazonia colombiana. Se realizaron colectas en suelos oxisoles y ultisoles de 6 departamentos y 7 rutas: medio Caquetá, bajo Putumayo, Puerto Inírida, alto Putumayo, Vaupés, Vichada y Guaviare. En la figura 1 y la tabla 1 se especifican las trayectorias de las rutas muestreadas.

En total se tomaron 56 muestras; se extrajeron al azar, como muestra representativa, raíces y suelo rizosférico de una planta de *Capsicum* de dos años de edad, por cada 10-15 plantas de las cuales se colectaron frutos para la

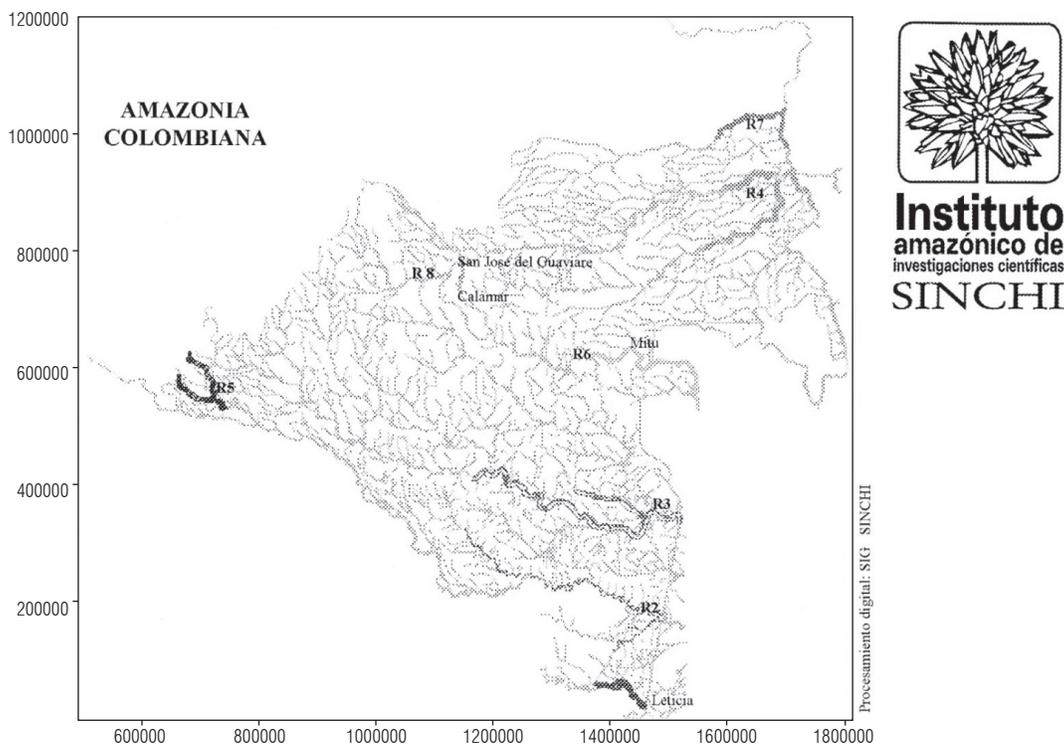


FIGURA 1. Mapa de rutas de colecta. 1999.

TABLA 1. Descripción de rutas muestreadas en la Amazonia colombiana.

Número	Departamento	Ruta
1	Amazonas	Medio Caquetá - Río Mirití: a lo largo del río Caquetá, desde Aracuara hasta La Pedrera y sobre la ribera del río Mirití-Paraná, desde las bocas del Guayaca hasta su desembocadura en el río Caquetá.
2	Putumayo	Bajo Putumayo: sobre la ribera del río Igará-Paraná, desde La Chorrera hasta su desembocadura al río Putumayo y desde Puerto Arica hasta Tarapacá por la ribera del río Putumayo (límite con Perú); luego desde Tarapacá hacia el centro por el río Cotuhe hasta Buenos Aires y el caño Pupuña.
3	Guainía	Puerto Inírida: márgenes de los ríos Inírida desde Puerto Inírida hasta la comunidad de Matraca; por el río Guaviare desde Paujil hasta la inspección de Cejal (Vichada) y por el río Atabapo ubicado en la frontera con Venezuela desde San Fernando de Atabapo hasta el corregimiento de Cacahual.
4	Putumayo	Alto Putumayo: valle de Sibundoy, municipios de Santiago, Colón, Sibundoy, San Francisco, Mocoa, Villa Garzón, Puerto Limón, Puerto Guzmán, Puerto Caicedo, Orito, La Hormiga, Valle del Guamuez, San Miguel y Puerto Asís.
5	Vaupés	Vaupés: desde Mitú al oeste por el río Vaupés hasta el raudal Yuruparí, Puerto Bejuco, Los Cerros, San Pedro del Ti (por el caño Ti), Santa Rosa de Lima, Virabasu (por el caño Cubiyu), Yacayaca, Bocas del Yi. Desde Mitú al norte por el río Vaupés y el caño Cuduyarí, en Pirasemo, Garrafa, Puerto Clara y Puerto Morichal. Desde Mitú al este por el río Vaupés hasta el raudal de Tatu, en las comunidades Trubón y Macaquiño; casco urbano de Mitú y por la zona carretable al sur hasta finalizar en el kilómetro 67 en Cachibera, Murutinga y Betania.
6	Vichada	Vichada: por el río Guaviare en ambas orillas. Se inició en la laguna Colorada (Guainía) hasta la laguna Marimunda. Posteriormente se recorrió el río Uva desde la comunidad de Manajuare hasta la comunidad de Caño Bocón, cerca a su desembocadura al río Guaviare; por el río Vichada desde la comunidad de Cajaro hasta la desembocadura al río Orinoco y por este y algunos pequeños caños afluentes (Sama y Fruta) hasta la isla de Caraben.
7	Guaviare	Guaviare: zona carretable desde San José del Guaviare hasta el municipio de Calamar.

obtención de semilla, necesaria para la multiplicación y posterior evaluación morfoagronómica del género; actividad contemplada en otro proyecto de investigación. Se extrajo el sistema radical en la cantidad que fue posible sin perjudicar la planta, se sacudió para eliminar el suelo adherido e inmediatamente se guardó en bolsa plástica con solución AFA (90 mL de alcohol al 50%, 5 mL de ácido acético y 5 mL de formaldehído). Alrededor de la planta se tomaron aproximadamente 4 submuestras de suelo que incluían también raíces secundarias, se mezclaron para sacar una muestra compuesta de aproximadamente 250 g, la cual se guardó también en bolsa plástica con cierre hermético. Tanto las muestras de suelo rizosférico como las de raíces se conservaron en nevera con hielo hasta su envío al laboratorio. Adicionalmente se adquirió información de campo sobre la composición florística de la zona de cultivo, prácticas agrícolas, edad de las plantas, presencia de edafofauna, entre otros.

Para los análisis físico-químicos se seleccionó un sitio distante de la planta, que en lo posible no mostrara incorporación de abonos orgánicos a una distancia entre 2 y 15 m aproximadamente, se retiró la cobertura herbácea y a una profundidad de 20 cm se tomaron aproximadamente 500 g de suelo, el cual se conservó en bolsa plástica hasta su envío al laboratorio de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), donde se evaluaron parámetros físicos y químicos del suelo. En la tabla 2 se presentan las variables evaluadas así como la metodología empleada para su determinación.

TABLA 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en los laboratorios del IGAC de los suelos asociados a la rizosfera de *Capsicum sp.*

Parámetro evaluado	Metodología usada
Textura (% arena, % limo, % arcilla)	Bouyoucos
Acidez Intercambiable (A.I)	KCI
Conductividad eléctrica (CE)	En extracto de saturación
Carbón orgánico (C.O.)	Walkley - Black
Fósforo disponible (P)	Bray II
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y bases Intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio)	Acetato de amonio 1 normal y neutro

Trabajo de laboratorio

Para la evaluación de la colonización endomicorrícica se siguió la metodología de Phillips y Hayman (1970), con modificaciones de Sieverding (1983), que consiste en el clareado de las raíces con KOH 10% y la posterior tinción con azul de tripano. Las raíces teñidas se cortaron en segmentos de aproximadamente 1-1,5 cm, se acomodaron

paralelas sobre láminas portaobjeto para su observación microscópica. Allí se determinó la presencia de vesículas, hifas y arbusculos en el interior de la raíz; las lecturas se realizaron con 3 réplicas cada una. Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de colonización total.

Para el aislamiento y cuantificación de esporas se utilizó la técnica de tamizado en húmedo y centrifugación en solución saturada de azúcar de Gerdeman y Nicolson (1963), modificado por Sieverding (1983). Las esporas se cuantificaron y separaron por morfotipos, a partir del reconocimiento de parámetros morfológicos usados en la taxonomía de los Glomales, como tamaño, diámetro, estructura superficial, estructura del citoplasma, color (usando la tabla de color para suelos Munsell), forma de las esporas, número y grosor de las paredes (observación y conteo en el microscopio del número y su medición en μm), presencia de ornamentaciones, reacción Melzer, presencia de célula suspensora y conexión hifal; siguiendo las claves morfológicas de Schenck y Pérez (1990), Invam (2006) y el catálogo ilustrado de Peña-Venegas *et al.* (2006).

Para la purificación y multiplicación de esporas se siguió la metodología propuesta por Sieverding (1983) que consiste en la inoculación de cepas nativas de micorriza arbuscular en potes con un hospedero, en este caso kudzu (*Pueraria phaseoloides*).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de similaridad multivariable (Anosim) con el fin de evaluar si existían diferencias significativas entre las variables físicas y químicas de los diferentes sitios o rutas de muestreo evaluadas. La prueba de hipótesis se llevó a cabo a través de la permutación de los grupos con el método de Monte Carlo, para establecer si la distribución de las rutas correspondía a una distribución aleatoria, descartando así sesgos en la selección de las rutas que incidiera sobre los análisis del comportamiento de la simbiosis micorriza arbuscular. Se determinó el Anova de 1 vía para cada variable después de normalizar los datos. Con el test de Levene se verificó la homogeneidad de varianzas. Para identificar cuáles fueron los sitios o rutas que presentaron diferencias significativas en cada variable, se realizó una prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Características físico-químicas de los suelos

El Anosim mostró que no existieron diferencias significativas entre las características físicas y químicas de los suelos

correspondientes a los diferentes sitios o rutas muestreadas (R global = 0,073; $P = 0,08$).

De manera general se observó que el 75% de las muestras de suelo presentaron texturas franco, tendientes a ser arcillosos, el 25% correspondieron a suelos arcillosos y solo una muestra de suelo del Guainía mostró una textura arenosa. El pH de los suelos fue ácido, en promedio de $5 \pm 0,8$, con un porcentaje de saturación de aluminio alta, en promedio de $64,7 \pm 23,1\%$, un porcentaje de materia orgánica bajo a muy bajo, en promedio de 2,97% con una desviación estándar alta ($\pm 2,94$). La capacidad de intercambio catiónico fue baja, en promedio de $12,6 \pm 7,32$ ppm.

El porcentaje de bases totales fue uno de los parámetros con mayor variación, bajo y en promedio de $3,74 \pm 6,9\%$. La alta variación en las bases totales se relacionó con la alta fluctuación en las concentraciones de calcio. El fósforo disponible en el suelo fue el otro parámetro con alta variabilidad, el promedio estuvo en $43,13 \pm 86,67$ ppm, considerado como de disponibilidad moderada a alta (SCCS, 1990). Esta variación se relacionó directamente con

el porcentaje de bases totales, pero con ningún otro de los parámetros considerados.

Los resultados de los análisis físico-químicos de los suelos son consecuentes con las zonas de muestreo, las cuales correspondieron a zonas de várzea en donde la acidez es menor que en los suelos de tierra firme (lomerío y terraza) y existe una mayor disponibilidad de fósforo, dados los aportes de nutrientes que los ríos de origen andino como el Caquetá y el Putumayo hacen a sus orillas (IGAC, 1979).

Distribución de especies de *Capsicum* sp. en la Amazonia colombiana

En el estudio se colectaron accesiones de cinco especies de *Capsicum* diferentes: *Capsicum annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*, además de 7 accesiones que no pudieron ser determinadas hasta especie. La distribución de las especies en la región no se relacionó con las rutas de muestreo; estas se distribuyeron aleatoriamente en los diferentes departamentos muestreados y el departamento de Amazonas fue el que presentó mayor riqueza de especies: cuatro de las cinco determinadas (tabla 3).

TABLA 3. Accesiones de *Capsicum* muestreadas en la Amazonia colombiana.

Ruta	Departamento	Especies	No. accesiones	Accesiones CS	Total accesiones
1	Amazonas	<i>C. annum</i>	5	92,141,191,219,248	22
		<i>C. baccatum</i>	2	170,172,	
		<i>C. chinense</i>	4	94, 124,168,203,227	
		<i>C. frutescens</i>	7	97,126,154,214,237,242,245	
		<i>Capsicum sp.</i>	4	103,138,207	
2 y 4	Putumayo	<i>C. chinense</i>	2	341,360	4
		<i>C. pubescens</i>	1	369	
		<i>Capsicum sp.</i>	1	338	
3	Guainía	<i>C. annum</i>	4	281,295,316,448	7
		<i>C. chinense</i>	1	309	
		<i>C. frutescens</i>	1	306	
		<i>Capsicum sp.</i>	1	300	
5	Vaupés	<i>C. annum</i>	4	370,386,410,414	10
		<i>C. chinense</i>	1	384	
		<i>C. frutescens</i>	4	373,376,380,398	
		<i>Capsicum sp.</i>	1	401	
6	Vichada	<i>C. annum</i>	3	326,459,463	7
		<i>C. chinense</i>	2	324,325	
		<i>C. frutescens</i>	1	466	
		<i>Capsicum sp.</i>	1	467	
7	Guaviare	<i>C. annum</i>	1	417	6
		<i>C. chinense</i>	3	416,420	
		<i>C. frutescens</i>	1	419	
		<i>Capsicum sp.</i>	1	424	

Este hecho indica que la domesticación, conservación y distribución de los ajíes en la región no se basan en características específicas de una u otra especie, lo que implica que la selección antrópica que ha llevado a la diferenciación de tipos de ajíes diferentes no reconoce especies sino características particulares de algunos tipos que son seleccionados hasta obtener ajíes fenotípicamente particulares. Esta selección de las especies tampoco se relaciona con la diversidad de culturas indígenas de una zona dada ya que departamentos culturalmente diversos con respecto a otros, como Amazonas y Guaviare, no mostraron una relación marcada en cuanto al número de especies de *Capsicum* encontradas.

Colonización y número de esporas de hongos micorrícicos en *Capsicum sp.*

Como se observa en la tabla 4, todas las accesiones del género *Capsicum* evaluadas reportaron alta afinidad por HFMA. La colonización de raíz se caracterizó por presentar siempre hifas como estructura dominante del hongo. Con base en los promedios de colonización de las raíces por hifas de HFMA en las 56 accesiones evaluadas, se puede inferir que las especies del género *Capsicum* presentaron niveles medios de micorrización que oscilaron entre 33,6 y 41,29%.

La presencia de vesículas ocurrió en un 51,5% de las muestras; fueron escasos arbuscúlos, los cuales solo aparecieron en el 21,4%. La baja presencia de arbuscúlos, estructura en la que ocurre el intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo, podría relacionarse con la moderada disponibilidad de fósforo en los sitios muestreados, ya que generalmente la

simbiosis es más efectiva en suelos pobres en fósforo. Para la región amazónica colombiana se ha determinado que niveles de fósforo inferiores a 10 ppm estimulan simbiosis más efectivas (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

Es importante resaltar el corto ciclo de vida de los arbuscúlos (de 4 a 15 días), por lo que actualmente se les reconoce también a las hifas la formación de una zona de interfase que permite la transferencia inicial de nutrientes mientras se establecen los arbuscúlos; además son las hifas las que forman las unidades de colonización y las que por medio de divisiones celulares específicas generan arbuscúlos y vesículas (Sánchez de Prager, 1999).

Los resultados indicarían que en la zona de muestreo la planta de ají se abastece de fósforo por dos mecanismos: uno, en forma directa al asimilar el fósforo disponible adyacente a su sistema radicular; dos, por medio de la simbiosis con HFMA lo que le permite acceder al fósforo adyacente a su rizósfera y que puede ser efectivamente movilizado por la red micelial del hongo. De acuerdo con Melgarejo *et al.* (2004), en el trapecio amazónico el comportamiento de *C. annuum*, *C. chinense* y *C. baccatum* muestra ser precoz, lo que puede darse por factores ambientales como humedad relativa, intensidad de radiación solar, temperatura y condiciones edáficas, entre otros; esto permite que las plantas adelanten su pico máximo de producción.

Respecto al número de esporas se reportó una alta variabilidad por especie, sin embargo vale la pena anotar que las accesiones colectadas en las rutas en el alto Putumayo y Guaviare tuvieron el mayor número de propágulos de

TABLA 4. Colonización y número de esporas de HFMA en plantas de *Capsicum sp.* en la Amazonia colombiana representada.

No. accesiones	Especie	% Hifas		% Vesículas		% Arbuscúlos		No. esporas/100 g suelo	
		Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS
15	<i>C. annuum</i>	41,29	24,40	6,07	13,81	0,28	0,68	801,80	642,36
2	<i>C. baccatum</i>	33,60	22,06	0,00	0,00	0,00	0,00	401,50	331,63
14	<i>C. chinense</i>	35,10	24,30	2,43	3,32	0,06	0,21	1.596,71	1.679,44
13	<i>C. frutescens</i>	38,55	23,36	6,25	9,95	0,83	1,40	1.195,92	1.928,27
1	<i>C. pubescens</i>	37,50	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	6.567,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	196,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	3,50	0,00	5,00	0,00	2,50	0,00	201,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	29,10	0,00	2,60	0,00	1,25	0,00	378,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	31,30	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	488,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	52,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	565,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	75,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	757,00	0,00
1	<i>Capsicum sp.</i>	36,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.216,00	0,00

HFMA, pero a la vez los valores más bajos de colonización. Igualmente las accesiones colectadas en las rutas en el medio Caquetá, Vaupés y Vichada reportaron valores altos de colonización por hifas, pero también los números más bajos de esporas.

Estos datos son consistentes con los de varios autores (Merryweather y Fitter, 1998) quienes sostienen que la producción de propágulos está limitada, dependiendo de parámetros fisiológicos, y puede no correlacionarse con colonización en raíz, lo que significa que no necesariamente tiene que existir una relación directa entre colonización y esporulación. La falta de esporulación no necesariamente significa ausencia de la micorriza. McGee (1989) afirma respecto a las esporas que, aunque son las estructuras reproductivas más importantes, su número en el suelo está poco relacionado con la micorrización de la raíz; para algunas especies la producción de esporas solo ocurre cuando un nivel umbral de colonización ha sido alcanzado (Gazey *et al.*, 1992), comportándose muchas veces solo como estructuras de supervivencia a largo plazo.

Se encontró una relación directa entre la colonización del género *Capsicum* por HFMA y las características culturales de las chagras o huertos de donde se tomaron. Los mayores porcentajes de colonización se registraron en cultivares viejos (6 años de edad) y provenientes de rastrojos, donde con el tiempo las poblaciones microbiológicas del suelo se han estabilizado, aspecto que puede ser importante para un buen establecimiento del cultivo.

Por otro lado, las chagras en que se colectaron varias de las accesiones con alta colonización micorrícica se caracterizaron por tener como cultivo dominante la yuca (*Manihot esculenta*), especie vegetal que presenta alta micotroficidad

y estimula la multiplicación y establecimiento de cepas nativas de HFMA, al igual que piña (*Ananas comosus* L. Merr.) y plátano (*Musa sapientum* L.) establecidos hace varios años. Las dos últimas especies también han presentado la simbiosis con HFMA todas las veces que han sido evaluadas. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Arcos y Benavides (1996) quienes encontraron una alta presencia de micorrizas en chagras donde están sembradas especies con alta dependencia micorrícica.

Relación del porcentaje de colonización micorrícica con el número de esporas y los contenidos de fósforo disponible en el suelo

Se observó como tendencia general una correlación inversa entre el porcentaje de colonización y los contenidos de fósforo disponible en los suelos de la mayoría de las accesiones evaluadas (figura 2). La baja presencia de este elemento puede haber contribuido a una alta presencia de la simbiosis en estas accesiones. Como ya se ha reportado, las plantas que crecen en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes tienden a ser micotróficas obligadas debido a su necesidad de conseguir el fósforo que requiere tanto el hongo simbionte como la planta huésped (Peña-Venegas *et al.*, 2006), y es en condiciones de escasez cuando la simbiosis expresa su máximo potencial (Arcos y Benavides, 1996). Así mismo, Cardona *et al.* (2005) reportaron la presencia de cepas nativas de MA en el departamento del Guaviare, en zonas bajo diferente grado de intervención en suelos con contenidos muy bajos de fósforo (entre 0,8 y 3,7 ppm), corroborando que bajo estas condiciones se expresa la funcionalidad de la simbiosis.

Según registros de la Universidad de Kent, el pimentón (*Capsicum annuum*) se reporta como un cultivo muy dependiente de HFMA en condiciones de bajo fósforo, lo

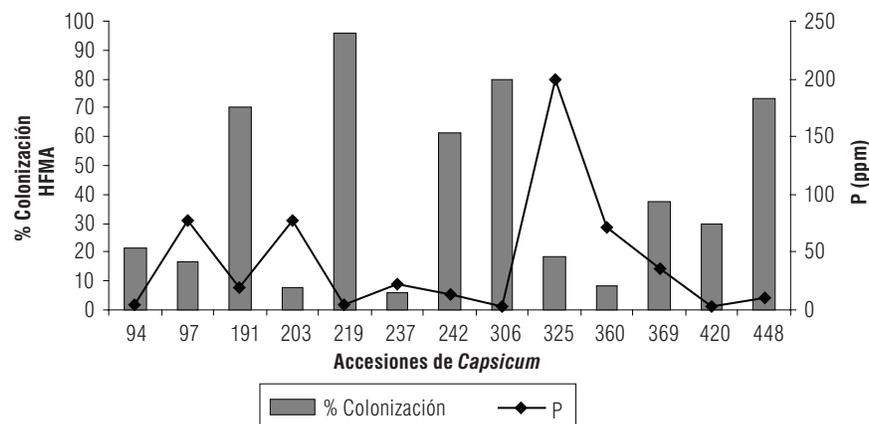


FIGURA 2. Porcentaje de colonización de HFMA y relación con P del suelo.

que implica que su desarrollo y rendimiento están estrechamente ligados a la presencia de estos hongos (Sánchez de Prager, 1999).

Es importante anotar que a concentraciones de fósforo entre 60 y 200 ppm los porcentajes de colonización de HFMA en raíces de *Capsicum sp.* disminuyen (figura 2), pudiendo ser el contenido de fósforo la característica química del suelo con mayor influencia para que se establezca una simbiosis efectiva para este tipo de cultivos.

Colonización micorrícica y su relación con los valores de pH, porcentaje de materia orgánica y concentración de aluminio

Las accesiones que reportaron valores medios y altos de colonización micorrícica registraron igualmente mayores porcentajes de materia orgánica (MO). En la región amazónica la materia orgánica es la principal fuente de fósforo, así como la de otros macro y micronutrientes. La simbiosis será efectiva cuando existe fósforo disponible para movilizar hacia la planta, para ello el hongo colonizará la raíz a fin de tener un mayor número de puntos de intercambio con

la planta. En caso contrario, cuando la materia orgánica es poca y de ella depende el suministro de fósforo, el hongo permanecerá como simbionte obligado unido a la raíz de la planta, pero el poco fósforo disponible se usará para suplir primero las necesidades del hongo, y se transferirá muy poco de este elemento hacia la planta.

En cuanto a los valores de pH se encontró una relación inversa con el porcentaje de colonización micorrícica (figura 3); estos resultados indican que en suelos con niveles de pH fuertemente ácidos la colonización por HFMA presenta valores más altos, lo cual puede deberse a la tolerancia y adaptabilidad de estos morfotipos a condiciones de alta acidez. Guerrero (1996) menciona que la adaptación de ciertas cepas de hongos micorrícicos a condiciones de suelo ácido podría estar relacionada con tolerancia a toxicidad por aluminio (Al).

Algunas accesiones presentaron relación directa entre los porcentajes de saturación por Al y colonización por HFMA (figura 4). La mayor ocurrencia de HFMA en estas condiciones permite inferir que son un recurso biológico

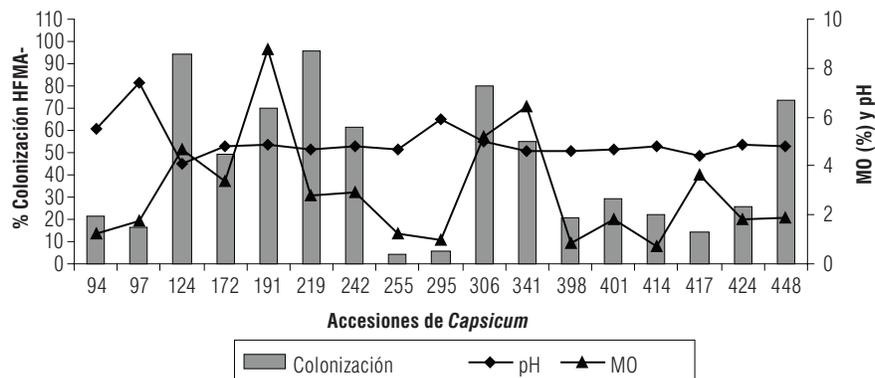


FIGURA 3. Colonización por HFMA, pH y materia orgánica (MO) en el suelo.

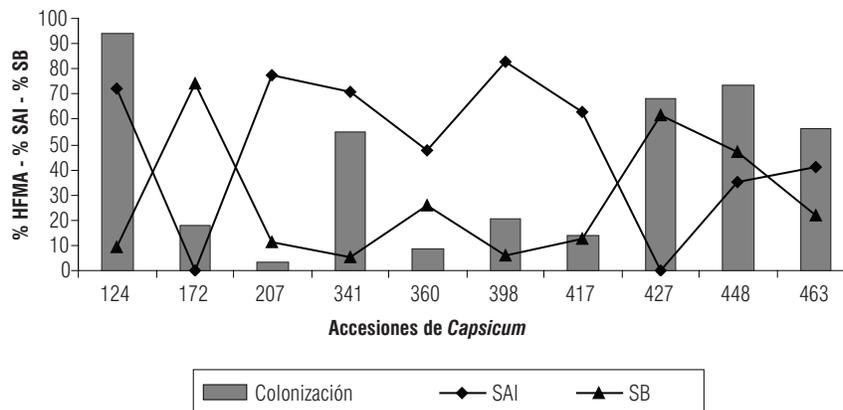


FIGURA 4. Colonización por HFMA y relación con porcentaje de saturación de aluminio (SAI) y saturación de bases (SB).

importante para permitir el establecimiento de estas especies en suelos con altos niveles de aluminio.

Cuenca *et al.* (2001) encontraron que en pH muy ácidos y altas concentraciones de aluminio las plantas colonizadas por micorrizas arbusculares logran tener buenos crecimientos y disminuir el estrés ocasionado por las condiciones químicas del suelo. Barea y Jeffries (1995) mencionan que los HFMA tienen amplia adaptación a condiciones de pH del suelo (de 2,7 a 9,2) pero su adaptación depende de especies y ecotipos presentes en cada región. Así, algunos géneros y especies se han clasificado como acidófilicos por haberse aislado únicamente de lugares con suelos ácidos como *Glomus aggregatum*, *G. fasciculatum*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *Gigaspora gigantea*, *Acaulospora sp.*, *Scutellospora sp.* (Bhatia *et al.*, 1996), *Glomus glomerulatum* (Sieverding, 1987), *Acaulospora foveata*, *A. tuberculata* (Janos & Trappe, 1982), *Acaulospora morrowiae* (Schenck *et al.*, 1984) y *Scutellospora spinosissima* (Walker *et al.*, 1998).

Los niveles de acidez de estos suelos son altos y los porcentajes de saturación de Al son considerados tóxicos para la mayoría de los cultivos (SCCS, 1990); la toxicidad es un mecanismo de rápida iniciación que inhibe el crecimiento de la raíz dañando y reduciendo el sistema radical, limitando por lo tanto la toma de agua y de nutrientes. Inicialmente el Al inhibe la extensión, elongación y división de las células radicales (Kochian, 2004). Se ha descrito que la simbiosis micorrízica interviene en la nutrición mineral de las plantas hospederas haciéndolas tolerantes a los metales pesados cuando crecen en suelos con altas concentraciones de este elemento (Sánchez de Prager, 1999).

Las micorrizas arbusculares favorecen mecanismos de exclusión del aluminio en la raíz al modificar el patrón de exudación de ácidos orgánicos quelantes de aluminio o modificando la capacidad de intercambio catiónico de la pared celular, movilizándolo hasta la parte aérea (Sánchez de Prager, 1999).

La simbiosis del ají con HFMA igualmente puede mejorar la absorción de bases cambiables como calcio, magnesio, potasio y sodio que también registran concentraciones bajas disponibles en los suelos de la región amazónica. Existen reportes de la participación de esta simbiosis en la toma de potasio, calcio y magnesio, encontrándose mayores concentraciones en plantas micorrizadas en comparación con aquellas que no lo están (Sánchez de Prager, 1999).

Especies de HFMA asociados a la rizósfera de *Capsicum*

Se encontraron 9 morfotipos de HFMA asociados a la rizósfera de plantas de *Capsicum* muestreadas, 6 morfotipos pertenecieron al género *Glomus* y 3 al género *Acaulospora* (tabla 5). Estos dos géneros son en su orden los que con mayor frecuencia se aíslan en la región amazónica colombiana. Arcos y Benavides (1996) reportaron a *Glomus* como el género de HFMA de más amplia distribución y tolerancia a niveles altos de acidez. Igualmente la abundancia de *Glomus* en suelos tropicales ha sido descrita en trabajos realizados en la selva amazónica peruana, identificándose en 5 de 7 morfotipos de HFMA aislados de estos suelos (Arcos y Benavides, 1996).

Glomus sp1 fue la especie de más amplia distribución en todas las accesiones evaluadas; fue observada el 78,4% de las veces. Le siguen *Acaulospora* sp1 y *Glomus microaggregatum*, con valores de aparición mayores al 49% (45% y 49%, respectivamente) Uno de los morfotipos, *Glomus* sp5, se observó solamente en la rizósfera de una muestra de *C. chinense* proveniente del departamento de Amazonas. Su presencia específica en esta accesión no corresponde ni a la distribución geográfica de la muestra ni a la especie de *Capsicum* muestreada, y más podría corresponder a una especie con baja representatividad en la zona o poco productora de esporas, haciendo que pocas veces se recupere en suelo.

La distribución y ocurrencia de diferentes géneros y especies de HFMA en las rizósferas de *Capsicum* no siguió ningún patrón determinado. Por lo tanto se infiere que cualquier género o especie de HFMA presente en un suelo pueda colonizar el ají y desarrollar simbiosis; sin embargo, esto no necesariamente indica que la simbiosis sea efectiva, es decir, no se puede afirmar que la ocurrencia del simbiote significa beneficio para la planta. Azcon *et al.* (1984) reportan que, en general, los endófitos más infectivos no tienen que ser los más efectivos, puesto que el grado de colonización puede estar determinado por diferentes factores, como características fisiológicas y genéticas de la planta, así como por condiciones medioambientales y edáficas.

Así mismo, se observó que el sistema radical de *Capsicum* presentó colonización por varios HFMA, y es posible que un mismo HFMA colonice en forma simultánea raíces de varias especies vegetales que crecen en proximidad de la planta (Sánchez, 1999), haciendo que el ají sea importante para el mantenimiento de las micorrizas arbusculares en

TABLA 5. Géneros y especies de HMA asociados al género *Capsicum* en la Amazonia colombiana.

Especie de <i>Capsicum</i>	Dpto.	<i>Glomus</i> sp1	<i>Glomus</i> sp2	<i>Glomus</i> sp3	<i>Glomus</i> sp4	<i>Glomus</i> sp5	<i>Glomus microaggregatum</i>	<i>Acaulospora</i> sp1	<i>Acaulospora</i> sp2	<i>Acaulospora foveata</i>	
<i>C. annuum</i>	Amazonas		X					X	X		
		X			X						
		X	X			X		X	X		
	Guainía	X				X		X			
		X						X			
		X							X	X	
	Guaviare				X			X		X	
	Vaupés	X				X		X			
		X		X					X		
		X				X		X	X	X	
	Vichada	X							X		
		X						X		X	
		X				X			X		
	<i>C. baccatum</i>						X		X		
	<i>C. chinense</i>	Amazonas	X					X	X		
X							X				
X						X					
Guainía		X						X			
Guaviare		X	X		X					X	X
			X					X		X	
	X									X	
Putumayo	X		X	X					X		
	X		X						X		
Vaupés	X		X				X	X			
Vichada	X						X				
	X							X			
<i>C. frutescens</i>	Amazonas	X			X						
		X			X		X	X			
		X		X	X		X		X	X	
		X	X					X			
		X							X		
	Guainía	X					X				
	Guaviare				X			X	X		
	Vaupés	X				X			X		
		X				X		X	X	X	
		X				X			X		
Vichada	X		X			X					
<i>Capsicum</i> sp.	Amazonas	X	X					X		X	
		X					X	X			
	Guainía	X					X				
	Guaviare		X						X		
	Putumayo			X	X		X				
	Vaupés	X			X		X	X			
Vichada	X					X					

los sistemas de policultivo como las chagras indígenas y los huertos habitacionales. Arcos y Benavides (1996), en un estudio realizado en el sur del trapecio amazónico, registraron colonización por diferentes morfotipos de HFMA en especies asociadas a chagras indígenas, como yuca (*Manihot esculenta* Crantz), piña (*Ananas comosus* L. Merr.) y maíz (*Zea mays*). La descripción morfológica de las esporas de estos HFMA coincidió con la encontrada en los morfotipos que colonizaron *Capsicum*.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi (Peña-Venegas *et al.*, 2006), que han contribuido al inventario de HFMA en la región amazónica y con los resultados del presente estudio, se ha logrado asociar a la rizósfera de ají 13 morfoespecies diferentes: 5 morfoespecies de *Glomus sp.* sin determinar, *Glomus glomerulatum*, *Glomus rubiformis*, *Glomus microaggregatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora foveata*, *A. rehmi*, *Scutellospora pellucida* y *Archaeospora leptoticha*, lo cual constituye un número importante de simbioses que pueden ser evaluados a futuro como biofertilizantes potenciales para cultivos de *Capsicum* en la región.

Conclusiones

Las 56 accesiones del género *Capsicum* evaluadas reportaron afinidad por HFMA, sin embargo las diferencias en su ocurrencia se relacionaron con las características químicas de los suelos, la fuente de colecta (huerto habitacional o chagra indígena), manejo agronómico del sitio donde se encontró la accesión (rotación, incorporación de residuos orgánicos, asociación de cultivos, entre otros) y con las diferentes especies del género *Capsicum* (*C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*) evaluadas en condiciones naturales.

La colonización y ocurrencia de HFMA en el género *Capsicum* cultivado en chagras indígenas y huertos habitacionales se vio favorecida por la presencia de especies vegetales consideradas hospederas importantes (yuca, maíz y plátano), las cuales estimulan el incremento de estos simbioses por ser consideradas especies de micotroficidad obligada.

Condiciones químicas reportadas en la mayoría de los análisis de suelos, como pH fuertemente ácido, concentraciones altas de aluminio, bajos niveles de fósforo, escasos contenidos de bases totales, contenidos medios y altos de materia orgánica, contribuyeron con una alta ocurrencia de la simbiosis micorrízica en algunas accesiones evaluadas.

Se identificó el género *Glomus sp.* como el HFMA que con mayor frecuencia habita la rizósfera de *Capsicum sp.*; el ají presentó una alta micotroficidad en la Amazonia colombiana por lo que puede considerarse un reservorio importante de HFMA en las chagras y huertos habitacionales.

Es importante resaltar que existe un gran potencial de hongos formadores de micorriza arbuscular que pueden evaluarse en el mediano y largo plazo como insumos para la formulación de biofertilizantes útiles en cultivos de *Capsicum sp.* a nivel comercial y fortalecer los sistemas productivos endógenos y las cadenas agroproductivas regionales.

Agradecimientos

A Colciencias por los recursos de financiación. A los investigadores Fernando Rodríguez, Antonio Vargas, Marcela Torres, Mario Coy y el profesor Mario García de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por contribuir al estudio de esta especie vegetal en la Amazonia colombiana. A las comunidades indígenas de la Amazonia colombiana por permitir la colecta del material de estudio para la realización de este trabajo.

Literatura citada

- Amusa, N.A., I.A. Kehinde y A. Adegbite. 2004. Pepper (*Capsicum frutescens*) fruit anthracnose in the humid forest region of South-Western Nigeria. *Nutr. Food Sci.* 34(3), 130-134.
- Arcos, A. y G. Benavides. 1996. Ocurrencia y cuantificación de la micorriza arbuscular (MA) bajo bosques y agroecosistemas. pp. 624-627. En: Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú, departamento del Vaupés. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Tercer Mundo Editores, Bogotá. 720 p.
- Azcon, A., J. Barea y B. Roldán. 1984. Avances recientes en el estudio de la micorriza V-A. II: factores que afectan su formación y función y aplicaciones prácticas en la agricultura. *Anales de Edafología y Agrobiología* XLIII, 943-958.
- Barea, J.M. y P. Jeffries. 1995. Arbuscular mycorrhizal in sustainable soil-plant systems. En: Varma, A. y B. Hock (eds.). *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer-Verlag, Berlin. 560 p.
- Bhatia, N., K. Sundari y A. Adholeya, 1996. Diversity and selective dominance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: K. Mukerji y Kluwer, K. (eds.). *Handbook of vegetation science. Concepts in mycorrhizal research*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. pp. 133-177.
- Borneman, J. y E. Triplett. 1997. Molecular microbial diversity in soils from eastern Amazonia: evidence for unusual microorganisms and microbial population shifts associated with deforestation. *Appl. Environ. Microbiol.* 63(7), 2647-2653.

- Cardona, G.I., A. Arcos y U. Murcia. 2005. Abundancia de actinomicetes y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana. *Agron. Colomb.* 23(2), 317-327.
- Cuenca, G., Z. de Andrade y E. Meneses. 2001. The presence of aluminum in arbuscular mycorrhizas of *Clusia multiflora* exposed to increased acidity. *Plant Soil* 231, 233-241.
- Fritz, O., E. Sieverding, K. Ineichen, P. Mader, T. Boller y A. Wiemken. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl. Environ. Microbiol.* 69(5), 2816-2824.
- Gazey, C., L. Abbot y A. Robson. 1992. The rate of development of mycorrhiza effects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of *Acaulospora*. *Mycological Res.* 96, 643-650.
- Gerdeman, J.W. y T. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions British Mycological Soc.* 46, 235-244.
- Guerrero, E., C. Azcon, J. Barea, B. Moyersen, C. Orozco, C. Cano, D. Mejía, J. Mayer, C. Rivillas y E. Rivera. 1996. Micorriza: fundamentos biológicos y estado del arte. En: Guerrero, E. (ed.). *Micorrizas: recurso biológico del suelo*. Fondo FEN Colombia, Bogotá. 208 p.
- IGAC. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos. Proyecto Radargramétrico del Amazonas (Proradam). IGAC-CIAF. Italgaf, Bogotá. 590 p.
- IGAC. 1997. Zonificación ambiental para el plan modelo colombo-brasilero (eje Apaporis-Tabatinga: PAT). Editorial Linotipia Bolívar, Bogotá. 410 p.
- Invam. 2006. International culture collection of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. En: <http://invam.caf.wvu.edu/>. 35 p.; consulta: diciembre de 2006.
- Isayenkov, S., T. Fester y B. Hause. 2004. Rapid determination of fungal colonization and arbuscule formation in roots of *Medicago truncatula* using real-time (RT) PCR. *J. Plant Physiol.* 161, 1374-1383.
- Janos, D.P. y J. Trappe. 1982. Two new *Acaulospora* species from tropical America. *Mycotaxon* 15, 515-522.
- Janos, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrient cycles and plant growth. En: *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 327-345.
- Kochian, L.C., O. Hoekenga y M. Piñeros. 2004. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminium tolerance and phosphorous efficiency. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 55, 459-493.
- McGee, P.A. 1989. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid soil. *Mycological Res.* 92, 28-33.
- Melgarejo, L.M., F. Rodríguez, M. Giraldo, G. Cardona, M. Celis, J. Arias, M. García, L. Quintero, M. Cudris, S. Toquica, I. Monroy, M. Rodríguez, M. Duque y J. Tohme. 2004. Caracterización de accesiones del banco de germoplasma de la región amazónica colombiana. pp. 13-27. En: Melgarejo, L.M., M.S. Hernández, J.A. Barrera y X. Bardales (eds.). *Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico*. Gráficas Ducal, Bogotá. 107 p.
- Merryweather, J. y A. Fitter. 1998. The arbuscular mycorrhizal fungi of *Hyacinthoides non-scripta* II. Seasonal and spatial patterns of fungal populations. *New Phytologist* 138, 131-142.
- Nsabimana, D., R.J. Haynes y F.M. Wallis. 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Appl. Soil Ecol.* 26, 81-92.
- Õpik, M., M. Moora, J. Liira, S. Rosendahl y M. Zobel. 2006. Comparison of communities of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of two *Viola* species. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 55(1), 3-14.
- Peña-Venegas, C.P., G. Cardona y A. Mazorra. 2006. *Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana*. Catálogo ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Scripto, Bogotá. 90 p.
- Phillips, J.M. y D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55, 158-161.
- Quintero, L. 2000. Evaluación de la diversidad genética del género *Capsicum* sp. presente en los departamentos de Vaupés, Guainía y Putumayo por medio de isoenzimas. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 121 p.
- Sánchez de Prager, M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 227 p.
- Schenck, N.C. y Y. Pérez. 1990. Manual for the identification of VA micorrizal fungi. 2nd ed. Synergistic Publications, Florida. 245 p.
- Schenck, N.C., J.L. Spain, E. Sieverding y H. Howeler. 1984. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. *Mycologia* 76(4), 685-699.
- Sieverding, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la MVA en el laboratorio. CIAT, Produmedios, Cali. 80 p.
- Sieverding, E. 1987. A VA-mycorrhizal fungus, *Glomus glomerulatum* sp. nov., with two hyphal attachments and spores formed only in sporocarps. *Mycotaxon* 29, 73-79.
- Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1990. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Prolabo, Bogotá. 323 p.
- Vélez, J. 1991. El ají (*Capsicum chinense* Jacq.), patrimonio cultural y fitogenético de las culturas amazónicas. pp. 161-185. En: Munévar, L. (ed.). *Colombia amazónica*. Corporación Colombiana para la Amazonia-Araracuara (COA), Bogotá. 326 p.
- Walker, C., G. Cuenca y F. Sánchez. 1998. *Scutellospora spinosissima* sp. nov., a newly described Glomalean fungus from acidic, low nutrient plant communities in Venezuela. *Ann. Bot.* 82, 721-725.