

**EVALUACION DE LA PRESENCIA DE MICORRÍZAS EN LULO *Solanum quitoense*.  
Lam. EN LA ZONA NORTE DE NARIÑO\***

**ASSESSMENT ON THE PRESENCE OF MYCORRHIZAL IN LULO *Solanum quitoense*  
Lam. IN NORTHERN NARIÑO\***

John Freddy Muñoz Daza<sup>1</sup> Juan Adolfo Narváez Erazo<sup>1</sup> Alberto Unigarro Sánchez<sup>2</sup>

**RESUMEN**

Con el propósito de identificar algunos factores físicos, químicos y biológicos asociados con la presencia de micorriza arbuscular (HMA), se muestrearon 20 fincas sembradas con lulo *Solanum quitoense* Lam., en los municipios de Buesaco, San Pedro de Cartago, La Unión, Taminango y San Lorenzo. Se encontró que las variables cuantitativas que más influyeron positivamente en la presencia de micorrizas (colonización de las raíces) fueron: pH moderadamente ácido (6,0), P-aprovechable alrededor de 50 ppm, contenido de arenas, cercano a 60%, limos, alrededor de 30% y arcillas de 15% y una porosidad cercana al 50%; entre las variables cualitativas: la presencia de una estructura granular, baja presencia de arvenses, una cobertura muerta superior al 50%, ausencia de capas compactas en los primeros 15 cm de profundidad, baja o nula actividad biológica (presencia de artrópodos y lombrices). Los porcentajes de colonización por HMA estuvieron entre 51.85 y 98.73%. Se identificaron los géneros *Glomus sp.*, *Gigaspora sp.*, *Acaulospora sp.* y *Entrophospora sp.*

**Palabras clave:** HMA, colonización, arvenses, coberturas - Micorrizas – Lulo – Departamento de Nariño – Investigación.

**ABSTRACT**

With the aim of identifying some physical, chemical and biological processes associated with the presence of arbuscular mycorrhizal (HMA), 20 farms were sampled with Lulo sown *Solanum*

---

\* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo.2009.

<sup>1</sup> Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. E-mail: johnfmunoz@hotmail.com, j.narvaezerazo@gmail.com.

quitoense Lam., in the municipalities of Buesaco, San Pedro de Cartago, La Union, Taminango and San Lorenzo. We found that the variables that positively influenced the presence of mycorrhizae (root colonization) were moderately acid pH (6.0), P- available for about 50 ppm, content of sand, close to 60%, silt around 30% and 15% clay and a porosity close to 50%; between qualitative variables: the presence of a granular structure, low presence of weeds, covering more than 50% dead, no compact layer in the first 15 cm deep, low or no biological activity (presence of arthropods and earthworms). Percentages of colonization by HMA were between 51.85 and 98.73%. We identified the genus *Glomus* sp. *Gigaspora* sp, *Acaulospora* sp. and *Entrophospora* sp.

Keywords: HMA, colonization, weeds, hedge.

## INTRODUCCION

Tradicionalmente el lulo *Solanum quitoense* Lam. Ha sido una alternativa agrícola importante en la zona norte del departamento de Nariño (Sañudo *et al.*, 2002). Sin embargo, no se han realizado estudios relacionados con la presencia de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) y la influencia que sobre su infectividad y efectividad pudieran tener las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual plantea alternativas de desarrollo e implementación de buenas prácticas agrícolas, en las que el aporte de los recursos nutricionales para la planta como resultado de la simbiosis, puede dar lugar a una producción agrícola sin deterioro de la calidad del suelo.

El lulo, es una planta semi-silvestre en vía de domesticación; es considerado una de las especies agrícolas más promisorias para el país en el contexto de la internacionalización de la economía. Es una de las frutas andinas con mayor potencialidad dada su amplia aceptación en los mercados nacionales por la calidad de sus frutos, valor nutritivo y múltiples usos en la agroindustria (Bernal *et al.*, 1999); sin embargo, el rendimiento de éste es relativamente bajo debido a problemas del cultivo, particularmente a la baja disponibilidad de fósforo (P) en los suelos en los cuales comúnmente se cultiva. La alta capacidad de retención de P que exhiben los suelos del

trópico andino limita la eficiencia de la fertilización fosfórica ya que el ión fosfato rápidamente es precipitado o adsorbido (González y Osorio, 2008). Las plantas en suelos fijadores de P se adaptan incrementando su habilidad para competir por nutrientes estableciendo asociaciones simbióticas con microorganismos del suelo como los hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) (Azcón y Barea, 1988; Forero *et al.* 1997; Sánchez, 2007).

La micorriza es una condición común en la mayoría de las plantas terrestres incluyendo las cultivadas. Esta simbiosis mutualista está ampliamente distribuida entre las familias vegetales y parece haberse dispersado y evolucionado junto con las primeras plantas terrestres. Se han reconocido al menos siete diferentes tipos de micorriza: arbuscular, arbutoide, ericoide, monotropoide, orquideoide, ectomicorriza y endomicorriza que se caracterizan por las estructuras que el hongo forma dentro de la raíz así como por las plantas y los hongos involucrados (Azcón y Barea, 1988; Sánchez, 1999; Varela y Trejo, 2001).

El proceso de colonización de una raíz por parte de un hongo micorrizógeno es un proceso que involucra una secuencia de etapas reguladas por una precisa interacción entre endosimbionte y hospedero (Sanchez, 1984). La etapa de preinfección está asociada a la activación de los propágulos infectivos (esporas o micelio fúngico) presentes en el suelo que circula la raíz, la unión de una planta susceptible junto con la unión de la hifa infectiva a la superficie de la raíz inicia la formación de los primeros puntos de penetración del hongo, cada espora genera un punto de entrada, mientras que un segmento de raíz puede eventualmente originar más de uno (Rosero y Solarte, 2004). Una vez penetra el hongo inicia la colonización, esta genera un proceso proliferativo mediante hifas que se ramifican intercelular e intracelularmente que conduce al establecimiento de una unidad de colonización formando arbusculos, estos son las estructuras responsables de la transferencia bidireccional de nutrientes entre los simbioses (Barea, 1991). Simultáneamente al desarrollo intraradical del hongo, se realiza la etapa de desarrollo del micelio externo, las hifas de penetración se ramifican exteriormente actuando como un puente que conecta el suelo con el interior de la raíz. Algunas semanas después de iniciada la infección, el hongo está en condiciones de esporular, lo cual es dependiente a las condiciones ambientales del suelo (Sieverding, 1984b). Las hifas externas están en capacidad de reinfectar el mismo sistema de raíz del cual se originan y sobre el micelio se forman esporas de resistencia, estas son ricas en material lipídico y se acepta que son el constituyente final y principio del ciclo de vida de estos hongos (Siqueira, 1992).

Esta investigación se realizó para determinar la influencia de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sobre la presencia de micorrizas arbusculares en cultivos de lulo *Solanum quitoense* Lam. en la zona norte del departamento de Nariño.

## METODOLOGÍA

En los municipios de Buesaco, San Pedro de Cartago, La Unión, Taminago y San Lorenzo, se muestrearon 20 fincas en cultivos establecidos de lulo *Solanum quitoense* Lam. (Tabla1).

**Toma de muestras de suelo y raíces:** para determinar la presencia de micorrizas en las raíces de las plantas de lulo y de esporas de HMA en el suelo, se siguió la metodología descrita por Sieverding (1983), la cual consiste en tomar submuestras de suelo y raíces alrededor de las plantas entre 50 – 80 cm del tronco y entre 0 – 20 cm de profundidad; las muestras se llevaron al laboratorio y se colocaron en nevera a 4 °C hasta su uso. Se tomó como muestra representativa las raíces y suelo de una planta presente en cada finca seleccionada.

**Tabla 1. Municipios y veredas estudiadas de la zona norte del departamento de Nariño**

Suelo	Municipio	Vereda / Corregimiento	Suelo	Municipio	Vereda / Corregimiento
1	La Unión	Cusillo Bajo	11	Taminago	Turbambilla
2	La Unión	Cusillo Alto	12	Taminago	Alto Don diego
3	La Unión	La Chorrera	13	Taminago	Llano Verde
4	San Pedro de Cartago	San Isidro	14	Buesaco	Parapetos
5	San Pedro de Cartago	Martín	15	Buesaco	Pajajoi
6	San Pedro de Cartago	Botanilla	16	Buesaco	Llano Largo
7	San Pedro de Cartago	La Rinconada	17	Buesaco	Villa Moreno/ La esperanza
8	Taminago	El Páramo	18	Buesaco	Pajajoi Alto
9	San Lorenzo	Los Pinos	19	San Lorenzo	La Honda
10	San Lorenzo	La Honda	20	San Lorenzo	Los Pinos

**Tinción del hongo en la raíz y determinación de la colonización:** para realizar la tinción del hongo en las raíces, se utilizó la metodología de clarificación y posterior tinción con azul de

tripano. Para cuantificar la colonización por HMA, una vez teñidas las raíces se distribuyeron en una caja de petri, se cortaron en segmentos de 2 cm y se seleccionaron 25 para su observación al microscopio de luz con un aumento de 100 X (Sieverding, 1983).

**Aislamiento de esporas del suelo:** se siguió la metodología de tamizado en húmedo y posterior separación por centrifugación utilizando azúcar para crear gradientes de concentración (Sieverding, 1983).

**Identificación de las esporas de HMA:** una vez separadas las esporas del suelo, se realizó la identificación a nivel de género, mediante la observación de características morfológicas de las esporas (forma, diámetro, estructura superficial, estructura del citoplasma, color de las paredes); formación de la hifa de soporte (número, diámetro, color); características del esporocarpo (formación, configuración, color y presencia de peridium) y características de las células auxiliares (Sieverding, 1984a).

**Evaluación de las propiedades del suelo:** para determinar la influencia que sobre la presencia de HMA pudieran tener algunas propiedades edáficas, se procedió a evaluar “in situ”: estructura de la capa arable, presencia de capas compactadas, presencia de actividad biótica en el suelo, abundancia de lombrices, presencia de residuos y estado de descomposición de los mismos, salud y vigor de los cultivos y arvenses asociadas, crecimiento de las raíces, infiltración y disponibilidad de agua (Obando, s.f.; Espinoza y Malpica, 2006 y Pérez , 2007).

En el laboratorio se evaluó: fósforo aprovechable, pH, color, porosidad, densidad aparente, densidad real y textura del suelo de acuerdo a las metodologías propuestas por Unigarro y Carreño (2005).

**Análisis estadístico:** Los datos cuantitativos y cualitativos se analizaron mediante un análisis de componentes principales (ACP) y las variables cualitativas mediante un análisis de correspondencias múltiples (ACM), utilizando el programa SPAD versión 3.5.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En las tablas 2 y 3, San Lorenzo y Buesaco, presentaron los menores porcentajes de colonización por HMA (Tabla 2), siendo ésta, en general, mayor del 60% lo cual se debe a que las HMA son habitantes naturales en el suelo (Azcón y Barea, 1988; Siqueira y Franco, 1988; Sánchez, 2007) con rangos de adaptación amplios, la cual va a depender de su interacción con el entorno.

Si se tiene presente que el rango de pH en el cual se encuentran presentes las micorrizas, es muy amplio 2,7 a 9,2 (Hamel, 2001), el pH en los suelos estudiados presentó un rango que fluctuó entre 4,8 y 6,1 que son valores óptimos no sólo para el desarrollo de la colonización sino para el establecimiento del cultivo. Los valores de P, en general, se pueden considerar altos y contrario a lo relacionado en la literatura (Sánchez, 1999; Sánchez, 2007; Guerrero, 1994; Sieverding, 1984b), los porcentajes de colonización fueron altos, lo que indica que posiblemente haya colonización pero que la eficiencia en la toma de nutrientes, sea baja (Domínguez, 1984.), los valores alcanzados indican que estos suelos reciben, en general, aplicaciones de fertilizantes portadores de fósforo.

**Tabla 2. Variables cuantitativas evaluadas en la Zona Norte del Departamento de Nariño.**

ID	P	pH	DAPR	DAPA	DERE	AREN	ARCI	LIMO	POPA	POPR	PE	AB	PL	IFT	INF
1	77,57	4,8	1,01	1,32	2,27	63,71	8,29	28	42,05	55,72	12	1,33	4	45	81,34
2	39,68	5,3	0,97	1,30	2,34	56,09	12,54	31,37	44,41	58,44	5	1,25	1	48	87,38
3	48,90	6,0	1,18	1,60	2,44	61,04	14,82	24,14	34,44	51,73	20	0,00	4	57	75,42
4	41,45	5,1	0,88	1,50	2,30	57,08	14,78	28,14	35,19	61,96	16	1,25	4	41	61,43
5	48,9	6,0	1,18	1,60	2,44	61,04	14,82	24,14	34,44	51,73	20	0,0	4	57	75,42

P Fósforo (ppm) Bray II; pH potenciométrico (1:1); DAPR densidad aparente (probeta) Mg m<sup>-3</sup>; DAPA densidad aparente (terrón parafinado) Mg m<sup>-3</sup>; DERE densidad real (picnómetro) Mg m<sup>-3</sup>; AREN arenas (%); ARCI arcillas (%); LIMO limos (%); POPA porosidad (por terrón parafinado) (%); POPR porosidad (por probeta) (%) (Bouyoucos); PE profundidad efectiva (cm); AB actividad biológica (número); PL presencia de lombrices (número); IFT infiltración (cm); INF colonización por HMA (%), ID 1: La Unión, 2: San Pedro de Cartago, 3: Taminango, 4: San Lorenzo, 5: Buesaco.

**Tabla 3. Variables cualitativas evaluadas en la Zona Norte del Departamento de Nariño**

ID	ESTR	COIN	PROE	ESRE	COMO	REHU	DERA	COSU	EROS	ACBI	BCA	PRD	ASV	CRP	ADCP	COL	GENP
1	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2	2	A, B, C, D
2	1	2	1	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	2	1	3	A, B, C, D
3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	A, B, C, D
4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	A, B, C, D
5	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	A, B, C, D

ESTR estructura, COIN compactación e infiltración, PROE profundidad efectiva del suelo, ESRE estado de los residuos, COMO color, olor y materia orgánica, REHU retención de humedad, DERA desarrollo de las raíces, COSU cobertura del suelo, EROS erosión, ACBI actividad biológica, BCA buena capa arable, PRD presencia de residuos en descomposición, ASV arvenses saludable y vigorosas, CRP crecimiento de las raíces de la planta, ADCP agua disponible para el crecimiento de la planta, COL porcentaje de colonización, GENP géneros presentes ( A (*Glomus sp.*), B (*Gisgaporá sp.*), C (*Acaulospora sp.*) y D (*Entrophospora sp.*). Siendo 1 calificación menos apta, 2 calificación intermedio y 3 la más ápta, ID 1: La Unión, 2: San Pedro de Cartago, 3: Taminango, 4: San Lorenzo, 5: Buesaco.

Los suelos de La Unión presentaron en promedio los valores más altos de colonización, relacionado posiblemente, como lo mencionan Cadena y Cadena (2006), con el comportamiento ecológico de la micorriza, así como el funcionamiento y proceso sucesional de un ecosistema, de ahí, la cantidad más baja de presencia de lombrices y actividad biológica. Por el contrario los suelos que presentaron el porcentaje de colonización más bajo de la muestra fueron los de San Lorenzo y Buesaco, los que presentaron los valores más altos en la presencia de actividad biológica incluyendo a las lombrices.

Se encontró que en los suelos de la Unión, San Pedro de Cartago y Taminango, donde se registró una infiltración superior a los 45 cm, se presentó una mayor colonización, lo cual parece estar relacionado con la porosidad (adecuada), densidad aparente (baja), densidad real (baja) y textura media (franco –arenosa) que presentaron estos suelos, situación contraria a la que se halló en los suelos de San Lorenzo y Buesaco, que presentaron baja infiltración y como consecuencia baja colonización, situación que puede estar relacionada, como lo manifiestan Faggioli *et al.* (sf), con la inadecuada distribución de poros y como consecuencia, falta de oxígeno en los suelos en épocas de invierno o después de lluvias concentradas lo que afecta las poblaciones de micorrizas.

Al evaluar la profundidad efectiva, se encontró que aquellos suelos que no presentaron resistencia a la penetración en los primeros 15 cm (La Unión y San Pedro de Cartago), tuvieron un mayor porcentaje de colonización, al respecto Lara (2003), encontró que la colonización de la raíz, la densidad total de hifas y la densidad de esporas estuvieron altamente correlacionadas y encontró la mayor población de micorrizas en los primeros 15 cm de profundidad.

Al realizar la evaluación de las propiedades cualitativas, los suelos de San Pedro de Cartago alcanzaron una calificación de 3 que categóricamente significa que las raíces de lulo presentan un porcentaje de susceptibilidad entre el 81 – 100%. En general estos suelos se caracterizan por tener una estructura donde el suelo es polvoso sin gránulos visibles, las

arvenses tienen un crecimiento restringido y desigual, se muestra una capa compacta delgada con presencia de raíces en crecimiento algo limitado y finas, se presenta una cobertura viva ó muerta en mas del 50% del suelo por lo tanto presentan pocos signos de erosión aunque la actividad biológica es mínima, no se observan lombrices o invertebrado, posiblemente por la aplicación de pesticidas. La infiltración del suelo es lenta y presenta una capa compacta delgada, el subsuelo se encuentra casi expuesto, por lo tanto, permanece seco en época de verano, aunque persisten residuos de la cosecha anterior en proceso de descomposición, el color es café claro o rojizo sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus, y tiene un grado moderado de disponibilidad de agua.

Los suelos de La Unión, Taminango y San Lorenzo presentaron igual porcentaje de colonización con una calificación cualitativa de 2 (60 - 80%), aunque tienen algunas propiedades diferentes. Los suelos de Taminango y la Unión tienen una estructura suelta con pocos gránulos visibles y se pueden romper al aplicar presión suave, el suelo es de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus, presenta una capa delgada compacta donde el agua infiltra lentamente. En San Lorenzo, los suelos presentan una estructura friable con presencia de gránulos donde el suelo no es compacto, sus agregados mantienen la forma después de aplicar una presión suave, el color del suelo es negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, en la actividad biológica se puede observar abundantes lombrices y artrópodos, y el agua infiltra fácilmente.

Las características similares en estas localidades son: una profundidad efectiva mayor a 10 cm, el estado de los residuos persiste de la cosecha anterior y se encuentra en diferentes estados de descomposición, se nota la presencia de materia orgánica y humus, el desarrollo de las raíces es algo limitado y se ven algunas raíces finas, la retención de humedad es intermedia, la cobertura del suelo es menor del 50%, el estado de erosión es evidente pero baja, respecto a la actividad biológica se observan algunas lombrices y artrópodos, las arvenses presentan algún crecimiento restringido y el agua para el cultivo tiene un grado moderado de disponibilidad.

El porcentaje de colonización en los suelos evaluados del municipio de Buesaco, se categorizaron como 1 que representa del 50 al 65% de susceptibilidad de las raíces a la micorrización. La estructura del suelo es suelta con pocos gránulos que se rompen al aplicar una presión suave, presenta una capa compacta delgada y el agua infiltra lentamente, su profundidad efectiva es mayor a 10 cm, se observan residuos de la cosecha anterior en diferentes estados de descomposición, el color es café claro o rojizo, no presenta mayor olor, con algún contenido de materia orgánica o humus, la retención de humedad es intermedia por tanto el suelo permanece seco en épocas de verano, el crecimiento de las raíces es algo limitado pero se ven algunas raíces finas, la erosión es severa y se nota arrastre de suelo acompañado de la presencia de cárcavas y “canalillos”, existen algunas lombrices y artrópodos, el crecimiento de arvenses es irregular y la disponibilidad de agua para el cultivo es moderada.

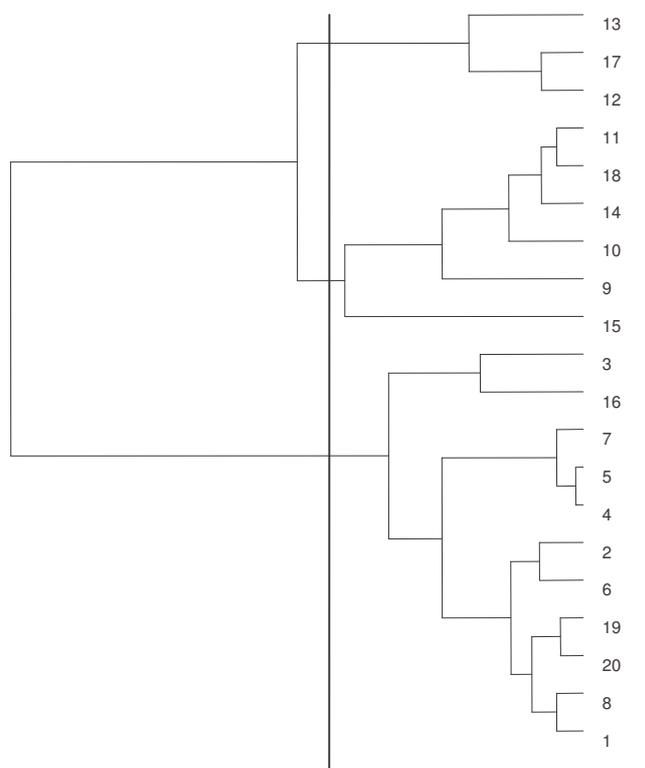
El análisis de componentes principales (ACP) permitió establecer un total de tres componentes, los cuales permiten explicar el 64.79% de la variabilidad total de los suelos estudiados. El primer factor permite explicar el 31.08% de la variabilidad y está conformado por las variables pH con una correlación variable-factor de -0.84, densidad aparente (-0.87), densidad real (-0.60), limos (0.55), porosidad total (método de probeta) (0.73) y profundidad efectiva (-0.78). Este componente está relacionado principalmente con propiedades físicas que determinan la aireación del suelo y la retención de humedad, además del pH.

El segundo factor permite explicar el 19.25% de la variabilidad y está conformado por las variables: arenas (0,81), arcillas (-0,69), limos (-0,67), presencia de actividad biológica en el suelo (-0,61) y porosidad total (método del terrón parafinado) (0,58). Este componente esta relacionado principalmente con la textura del suelo y la presencia de organismos vivos en el suelo.

Las variables que aportaron a la conformación del tercer factor, el cual permite explicar el 14.47% de la variabilidad total, fueron: arenas (0,53), presencia de actividad biológica en el suelo (0,61), infiltración (-0,61) y colonización (-0,52).

El análisis de clasificación (Figura 1) permitió agrupar los suelos en tres grandes grupos, caracterizados por su afinidad intragrupal y por sus diferencias intergrupales. El grupo uno estuvo conformado por 11 suelos que representan el 55% de la muestra (identificados como 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16 y 20, Tabla 1), los cuales se caracterizan por presentar una porosidad total promedio para el grupo de 42,91%; contenido de arenas de 63,55%, porcentaje de infección en las raíces de lulo por HMA del 75,21, porcentaje de limos de 27,64 y un contenido de fósforo aprovechable de 59,14 ppm.

**Figura 1. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de la población de los suelos estudiados de la zona Norte del Departamento de Nariño, al evaluar la presencia de HMA, 2009.**



El grupo dos (Figura 1) compuesto por 6 suelos que conforman el 30% de la muestra total evaluada (identificados como 9, 10, 11, 14, 15 y 18, Tabla 1). En este conjunto se presentó un promedio de arcillas de 22,77%, densidad aparente (método del terrón parafinado) de 1,67 Mg m<sup>-3</sup> presencia de lombrices 6,17 por monolito, presencia de actividad biológica en el suelo 3,5 por monolito, limos 29,88%, pH 5,7 y de fósforo aprovechable 60,81 ppm. El porcentaje de colonización en este grupo fue el más bajo de las clases en el promedio general, siendo el promedio del grupo 70.61%.

Los suelos identificados como 12, 13 y 17 (Tabla 1), conformaron el grupo tres que representa el 15%, el cual se identificó por presentar una densidad aparente (método de la probeta) de 1.32 Mg m<sup>-3</sup>, pH de 6,6, profundidad efectiva de 23,33 cm, densidad real de 2,53 Mg m<sup>-3</sup>, densidad aparente (método del terrón parafinado) de 1,78 Mg m<sup>-3</sup>, infiltración de 63,67 cm, porcentaje de arenas de 63,52%, arcillas 16,29% y presencia de lombrices 4,67 por monolito. El porcentaje de infección fue de 73,93%.

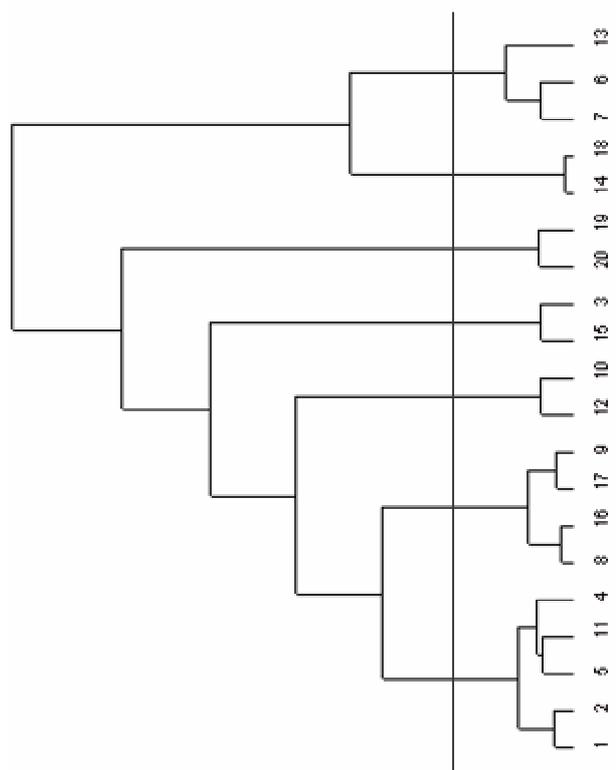
El análisis de correspondencias múltiples (ACM), realizado para las variables cualitativas, permitió observar que predominaron los suelos que presentan: una capa compacta delgada que no permite una rápida infiltración del agua en la superficie; una profundidad efectiva mayor de 10 cm; alta cantidad de residuos orgánicos en diferentes estados de descomposición; color café claro o rojizo sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus; un grado moderado de disponibilidad de agua en épocas de verano, un crecimiento limitado de las raíces de las plantas, se observan algunas raíces finas y más del 50% de cobertura vegetal viva o muerta.

Al analizar el histograma de valores propios, permitió seleccionar los dos primeros factores que explican en conjunto un 32.49% de la variabilidad de las determinaciones cualitativas. Se pudo establecer que las variables que más contribuyeron a la conformación del factor uno fueron: la estructura del suelo, compactación e infiltración, el estado de residuos, color, olor y materia orgánica, retención de humedad, susceptibilidad a la erosión, espesor de la capa arable, presencia de arvenses y la disposición de agua para el crecimiento de la planta, las cuales contribuyeron con el 18,21% de la variabilidad.

Las variables que permitieron formar el segundo factor fueron: la estructura del suelo, espesor de la capa arable, el color, olor y materia orgánica, la cobertura del suelo, susceptibilidad a erosión, el crecimiento de las raíces de la planta y el porcentaje de colonización por HMA.

El análisis de clasificación para las determinaciones cualitativas permitió la conformación de siete grupos bien definidos (Figura 2). El primer grupo, conformado por 5 suelos (1, 2, 4, 5 y 11, Tabla 1), representan del 25% de la muestra, en esta clase el 66.67% de las raíces tienen una colonización de 81 al 100% y el 50% de los suelos no poseen mayores signos de erosión.

**Figura 2. Conformación de grupos de acuerdo con las características cualitativas evaluadas en la muestra de suelo de la zona norte del departamento de Nariño, 2009.**



El segundo grupo estuvo conformado por 4 suelos (8, 9, 16 y 17, Tabla 1) que representan el 20% de la muestra total; el 40% de los suelos carecen de signos de actividad biológica, no se observó la presencia de lombrices o invertebrados. La clase tres está conformada por 2 suelos (10 y 12, Tabla 1), donde el grupo presenta menos del 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva. El grupo cuatro conformado por 2 suelos (3 y 15, Tabla 1), donde el grupo presenta un 100% de agua disponible para el crecimiento de la planta y un 50% donde existe mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos. La quinta clase mostró que el 100% de los suelos (19 y 20, Tabla 1) tienen color negro ó café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota la presencia abundante de materia orgánica y humus, y el 66.67% son suelos no compactos y el agua infiltra fácilmente. El sexto grupo mostró que el 50% de los suelos (14 y 18, Tabla 1) presentan colores pálidos con olor malo o químico y es escasa o nula la presencia de materia orgánica o humus; el 50% de los suelos presentaron una erosión evidente pero baja y el 50% presenta una alta actividad biológica representada por alta cantidad de lombrices y artrópodos (Figura 2).

La séptima clase muestra que el 100% de los suelos (6, 7 y 13, Tabla 1) presenta susceptibilidad a la compactación e infiltración, el 42,86 % presentan suelos “terronosos”, polvorientos, masivos o laminares; el 42,86% presentan una estructura sin gránulos visibles y el suelo es polvoso, el 66.67% de los suelos se seca rápidamente y el 66,67% presentan raíces poco desarrolladas, enfermas o cortas (Figura 2).

## CONCLUSIONES

- La colonización por HMA en plantas de lulo en los municipios de la zona norte del departamento de Nariño es estimulada en suelos con pH cercano a la neutralidad, de textura franco - arenosa y porosidad cercana al 50%.

- La presencia de micorrizas en lulo es favorecida en ausencia de capas compactas superficiales, facilidad de infiltración, presencia de residuos orgánicos sobre la superficie del suelo y una actividad biológica escasa.
- Los géneros de HMA asociados a cultivos de lulo fueron: *Acaulospora sp.*, *Glomus sp.*, *Gigaspora sp.* y *Entrophospora sp.*

## BIBLIOGRAFÍA

AZCON, C y BAREA, J. 1988. Micorrizas. En: Biología Vegetal. Prensa Científica. Barcelona, España. pp. 83 – 93.

BAREA, J. 1991. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesiculo arbusculares. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II. España. pp. 149 - 173.

BERNAL, J.; LONDOÑO, M.; FRANCO, G. y LOBO, M. 1999. Lulo La selva. Primer material de lulo mejorado para Colombia. Corpoica Regional 4. Plegable divulgativo. Rionegro 8 p.

CADENA, C. y CADENA, J. 2006. Evaluación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en la etapa de almacigo en cultivos de chontaduro (*Bactris gasipaes HBK.*), cacao (*Theobroma cacao L*) y borojo (*Borojoa patinoi* Cuart.), en Tumaco, Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 89 p.

DOMÍNGUEZ, V. 1984. Tratado de fertilización. Barcelona, Mundiprensa. 585p.

ESPINOSA, Y. y MALPICA, L. Mediciones simples para evaluar el estado de la calidad y salud del suelo bajo pasturas. Revista Digital CENIAP Hoy No. 1. 2006,

[http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n11/arti/espinoza\\_y.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n11/arti/espinoza_y.htm). Fecha de consulta: 30 de julio de 2009.

FAGGLIOLI, V, FREYTES, G y GALARZA, C. 2008. Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo, [http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/Suelos/trigo\\_micorrizas08.pdf](http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/Suelos/trigo_micorrizas08.pdf). Fecha de consulta: 1 de Agosto de 2009.

FORERO, L., UNIGARRO, A y CHAVES, G. 1997. Evaluación cuantitativa de hongos formadores de micorriza vesículo arbuscular MVA en malezas de clima medio. Ediciones UNARIÑO. Pasto, Colombia. 111 p.

GONZÁLEZ, O y OSORIO, W. 2008. Determinación de la dependencia micorrizal del lulo, [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2008000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2008000200011&script=sci_arttext). Fecha de consulta: 31 de julio de 2009

HAMEL, C. 2001. Ecología de los hongos micorrícicos en campos cultivados. Suelos Ecuatoriales. Colombia 31 (2): 198- 205.

LARA, L. Diversidad y actividad de hongos micorrízicos arbusculares, en agroecosistemas cafeteros perturbado por la erosión. [http://www.ecologia.edu.mx/bgbd/resultados\\_articulos\\_archivos/4%20LOS%20HONGOS%20MICORRIZOGENOS%20ARBUSCULARES.pdf](http://www.ecologia.edu.mx/bgbd/resultados_articulos_archivos/4%20LOS%20HONGOS%20MICORRIZOGENOS%20ARBUSCULARES.pdf)- Fecha de consulta: 28 de julio de 2009.

MEJÍA, L y PALENCIA, G. Abono orgánico, manejo y uso de un cultivo de cacao. [http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm). Fecha de consulta: 28 de julio de 2009.

OBANDO, F. Cartilla guía para evaluación del suelo. Universidad de Caldas. Depto de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Manizales, Colombia.

PEREZ, M. 2007. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad y salud de cultivos. Guía Metodológica. Universidad de Córdoba. 69 p.

SANCHEZ, M y BRAVO, N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia Ed. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 1984. pp. 209 - 223.

SANCHEZ, M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ciencias Básicas. Palmira, Colombia. 227 p.

SANCHEZ, M. 2007. Las endomicorrizas: expresión bioedáfica de importancia en el trópico. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 351 p.

SAÑUDO, B, ARTEAGA, G, CHAVES, G, VALLEJO, W. 2002. Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño. Pasto: Universidad de Nariño, 118 p.

SIEVERDING, E. 1983. Manual de metodología para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. CIAT, Cali, Colombia. 56 p.

1984 a. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. pp. 209 – 223.

1984 b. Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesículo arbuscular. En: Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. pp. 1 – 14.

SIQUEIRA, J y FRANCO, A. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasília. Ministerio da educacao, Lavras. 235 p.

SIQUEIRA, P. 1992. Micorrizas. En: Microbiologia do solo. Sociedad de ciencia do solo. Brasil. pp. 257 – 282.

ROSERO, S. y SOLARTE, A. 2004. Determinación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en los sistemas agroforestales tradicionales del municipio de Tumaco. Tesis Ing. Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 112 p.

UNIGARRO, A.; CARREÑO, M. 2005. Métodos químicos para análisis de suelos. Pasto: Universidad de Nariño, p. 72

VARELA, L y TREJO, D. Los hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. [http://www.ecologia.edu.mx/bgbd/resultados\\_articulos/4%20LOS%20HONGOS%20MICORRIZOGENOS%20ARBUSCULARES.html](http://www.ecologia.edu.mx/bgbd/resultados_articulos/4%20LOS%20HONGOS%20MICORRIZOGENOS%20ARBUSCULARES.html). Fecha de consulta: 31 de julio de 2009.

