

# Actividad microbiana en un andisol (*Typic Dstrandept*) utilizando diferentes alternativas conservacionistas en la rotación yuca-fríjol

W. F. Triana G.,<sup>1</sup> M. Prager M.,<sup>2</sup> M. Sánchez de Prager<sup>3</sup>

## COMPENDIO

Se evaluó la actividad microbiana en un andisol de ladera del norte del Cauca, durante la rotación yuca-fríjol, utilizando varias alternativas sencillas de conservación de suelos. No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de colonización (57%) de hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) en raíces de yuca antes de la cosecha. En el fríjol fue de 74%, presentándose diferencias significativas durante postsiembra y precosecha, donde sobresalió el manejo labranza mínima y cobertura (85%). La respiración microbiana, evaluada a través de la cuantificación del CO<sub>2</sub> en el suelo, no presentó diferencias significativas en los períodos vegetativos de la yuca, excepto antes de la cosecha donde sobresalió el manejo labranza convencional complementado con barrera y cobertura. En fríjol no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las fases de desarrollo. La mayor productividad de yuca se alcanzó con el manejo labranza convencional y cobertura (35 t/ha) y la de fríjol con labranza mínima más cobertura (1.2 t/ha). En yuca se presentó alta correlación ( $R^2 = 0.97$ ) entre rendimiento y porcentaje de colonización de micorriza. En fríjol la correlación fue menor entre rendimiento y porcentaje de colonización de micorriza y también con la respiración microbiana.

**Palabras claves:** micorriza, respiración microbiana, yuca, fríjol, andisoles, suelos de ladera.

## ABSTRACT

The microbial activity was evaluated in a hillside soil andisol from northern Cauca, during the cassava - beans rotation, using several simple alternatives for soil conservation. There were no significant differences in the colonisation (57%) percentage of arbuscular micorrhizogen fungi (AMF) on cassava roots before the harvest. In beans there were 74%, presenting significant differences during postsowing and pre-harvest, where minimum tillage and mulch management stood out (85%). The microbial breathing evaluated through CO<sub>2</sub> quantification in the soil did not show significant differences in the cassava vegetative periods, except before the harvest, where the conventional tillage in addition to mulch and barrier excelled. With beans, there were no significant differences in any of their stages of development. The best productivity with cassava was obtained with conventional tillage and mulch management (35 t/ha), and in beans with minimum tillage plus mulch management (1.2 t/ha). With cassava a high correlation was shown ( $R^2 = 0.97$ ) between cassava yields and HMA percent. In the beans the correlation was less between the output and the colonisation percentage of arbuscular micorrhizogen fungi, and also the microbial breathing.

**Key words:** micorrhiza, microbial respiration, cassava, bean, andisols, hillside soils.

## INTRODUCCIÓN

La microbiota del suelo al participar en los procesos de descomposición del material orgánico, en la inmovilización de moléculas y elementos en sus componentes orgánicos, garantiza la disponibilidad de nutrientes para los ciclos vegetativos y por consiguiente la obtención de mejores cosechas.

Un cambio dado en las condiciones de humedad, pH, aireación, temperatura, material parental, materia orgánica y otros factores ecológicos que influyen directamente sobre la distribución, abundancia y diversidad de la vida microbiana tiene implicaciones en la productividad, conservación y sostenibilidad del recurso. El sinnúmero de prácticas agrícolas realizadas al suelo crea diversidad de condiciones para la proliferación o disminución de la biota y su diversidad, razón por la cual se deben realizar estudios que lleven a entender el impacto de estas prácticas. Evaluar tipos de labranza, coberturas y barreras hace parte de la búsqueda orientada a la preservación de este valioso recurso para la sostenibilidad del planeta.

1. Estudiante de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
2. Profesor Asociado. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
3. Profesora Titular. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

Para cumplir estos propósitos, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Evaluar efectos de prácticas conservacionistas (labranza reducida, cobertura muerta o *mulch* y barreras vivas) sobre la actividad biológica del suelo.
- b) Correlacionar la actividad microbiana con la productividad de los cultivos de yuca y fríjol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área experimental

El lote experimental que pertenece a la Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR) está localizado en la vereda La Independencia, municipio de Piendamó, Cauca (2°56' latitud Norte y 76°32' latitud Oeste); está en la parte media y baja de la subcuenca del río Cabuyal, ubicado a 1.400 m.s.n.m. La zona pertenece a la parte baja de la meseta de Popayán. La temperatura promedio rural es de 19.3°C, con pequeñas variaciones durante el año, y la precipitación de 1.950 mm, con distribución bimodal; los meses de máxima precipitación son marzo-abril, octubre-noviembre, y dos períodos secos (junio-septiembre, diciembre-marzo). Según la clasificación de Holdridge, la vereda corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Premontano (bh-pm) (Alzate y Sánchez, 2000).

El relieve es quebrado con pendientes del 35%. Los suelos se clasifican como Typic Dystrandept, derivados de cenizas volcánicas, de color rojo oscuro (Zamorano, 2000).

En la zona priman los andisoles, de alto componente orgánico.

### Diseño experimental

El ensayo de diseño en bloques completamente al azar con tres repeticiones, el área del lote (2.640 m<sup>2</sup>) se dividió en 15 parcelas (22x8 m), separadas entre sí 0.5 m para establecer los siguientes tratamientos:

Labranza convencional (LC): La fuerza de trabajo empleada es la tracción animal (bueyes), se realiza un pase de arado con vertedera reversible. El terreno se prepara a una profundidad de 25 cm.

Labranza convencional + barrera (LCB): Después del laboreo se establecen barreras de pasto vetiver *Vetiveria zizanoides* y pasto elefante *Pennisetum purpureum* cada ocho metros.

Labranza convencional + cobertura (LCCo): Cada cuatro meses se distribuye el corte de las barreras aleatorias.

Labranza convencional + barrera + cobertura (LCBCo): Cada ocho metros se establecieron barreras de pasto vetiver *Vetiveria zizanoides* y pasto elefante *Pennisetum purpureum*. Las barreras se cortan cada cuatro meses, se pican y se distribuye en la superficie del suelo.

Labranza mínima + cobertura (LMCo): No se realiza labranza. Para la siembra de fríjol *Phaseolus vulgaris* se adecua el sitio de siembra con un barretón; para la siembra de yuca *Manihot esculenta* se preparan cajuelas de 20x20x20 cm, a una distancia de un metro en cuadro; cada cuatro meses se adiciona la cobertura del corte de las barreras de las parcelas aledañas.

Se realizaron las evaluaciones en un período que comprendió el cultivo de la yuca, seguido por un período de descanso y finalmente el fríjol.

### Manejo del ensayo

En el período 1995-1996 se estableció el cultivo de yuca, con fertilización de 3 t/ha de gallinaza + 500 kg/ha de cal dolomita. En el segundo semestre de 1997 se cultivó fríjol, con aplicación de 3 t/ha de gallinaza + 2 t/ha de cal dolomita + 50 kg/ha de fertilizante Agrimins granulado. En el primer semestre de 1998 se sembró yuca incorporando abono de síntesis 10, 20, 10 a razón de 200 kg/ha y 500 kg/ha de cal dolomita.

En el segundo semestre de 1999 se sembraron en asocio los cultivos de maíz y fríjol, fertilizados con 3 t/ha de gallinaza + 500 kg/ha de cal dolomita.

Durante el primer semestre de 2000 y el segundo semestre de 2001 se estableció nuevamente el cultivo de yuca. Por último en el primer semestre de 2002 se cultivó el fríjol con una fertilización de 3 t/ha de gallinaza + 50 kg/ha de Agrimins granulado. Las evaluaciones de la actividad microbiana se realizaron durante este último ciclo de rotación (yuca-fríjol).

Se utilizó el híbrido de yuca CG 40211, de amplia adaptación a la región, el cual ha sido promovido por funcionarios del Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, y la Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola-FIDAR. Para el cultivo de fríjol se utilizó la variedad África 612 de expresión genotípica y rendimientos aceptables en la zona.

### Muestras para el análisis

Durante el ciclo correspondiente al establecimiento del cultivo de yuca, el período de descanso y el cultivo de fríjol siguiente (primer semestre del año 2000 y segundo de 2001) se estimaron las siguientes variables:

Respiración microbiana, porcentaje de colonización por hongos que forman micorriza arbuscular (HMA), y el rendimiento de yuca y fríjol (t/ha).

Los muestreos se realizaron en los estados de postsiembra, prefloración y precosecha. Se tomaron tres submuestras para todas las variables. El muestreo se realizó con barreno a 0-20 cm de profundidad en zonas sin presencia de raíces para la estimación de la respiración microbiana. Para el porcentaje de colonización de hongos que forman micorriza arbuscular (HMA) se tomaron plantas al azar separando de ellas las raíces jóvenes.

Las muestras se almacenaron en el laboratorio en refrigeración a 4°C, se trabajaron a la mayor brevedad con el fin de disminuir la actividad y detener el crecimiento de la población microbiana. La metodología para la estimación de las variables fue la siguiente:

Para estimar la actividad microbiana del suelo (AMS) a través de la respiración (CO<sub>2</sub>) se acudió a la metodología del Centro de Agrobiología del Brasil (Guitián y Carballas, 1976, descrito por Cadena y Madriñán, 1998), que consiste en un sistema cerrado donde se incuba la muestra por espacio de cinco días, adicionando un cristallizador que capte el CO<sub>2</sub> - NaOH 1N, luego se precipita con BaCl<sub>2</sub> como carbonato de bario y se agregan dos gotas de fenolftaleína al 1%. La mezcla toma color morado indicando pH básico por la formación de BaCO<sub>3</sub> y NaCl. Por último se titula con HCL 0.5N para cuantificar el volumen de hidróxido que no reaccionó con el CO<sub>2</sub>. Se incluye siempre una muestra testigo sin suelo. La actividad microbiana del suelo (AMS) se calcula en términos de C-CO<sub>2</sub>, así:

$$AMS \left[ \frac{(B-T) \times NHCl \times 0.006}{P} \right] \times 10^6 = \frac{\mu gC - CO_2}{g \text{ Suelo Seco}}$$

Donde:

- B = Titulación en blanco  
 T = Titulación muestra del suelo  
 NHCl = Normalidad del ácido  
 P = Peso seco de la muestra  
 FD = Factor de dilución (0.006)

El porcentaje de colonización de hongos que forman micorriza HMA se calculó de acuerdo con la metodología descrita en 1983 por Sieverding y utilizada por Gómez (1997), con las modificaciones requeridas para tinturar raicillas de yuca y fríjol.

Se efectuó análisis gráfico para cada una de las variables con el fin de observar tendencias. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y prueba de Duncan en los casos donde se detectaron diferencias significativas. También se realizó análisis de correlación entre las variables evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de colonización de hongos formadores de micorriza arbuscular -HMA, en raíces de yuca

No se presentaron diferencias significativas entre las alternativas evaluadas de conservación de suelos (Tabla 1). En general los porcentajes de colonización obtenidos fueron menores a los registrados en otros ensayos en medios agroecológicos similares, posiblemente en el comportamiento influyó la aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos que se realiza en los cultivos.

Gómez (1997) afirma que en la costa norte colombiana la utilización de labranza convencional, el abonamiento y la utilización de cobertura disminuyen la colonización, y es mayor (88.8%) cuando se utilizan sistemas de labranza cero y sin abono.

**Tabla 1. Actividad microbiana en raíces de yuca en diferentes manejos alternativos de un *Typic Dstrandept*. La Independencia, Piedanamó-Cauca.**

Tratamiento	(% colonización (HMA))	Respiración microbiana (mg de CO <sub>2</sub> /10 g de suelo)		
		Postsiembra	Prefloración	Precosecha
		LC	57.7 a	130.6 a
LCB	59.0 a	130.2 a	114.6 a	115.3 b
LCCo	47.3 a	136.3 a	114.8 a	110.0 b
LCBCo	68.7 a	130.0 a	125.8 a	143.1 a
LMCo	55.0 a	125.6 a	117.9 a	120.0 b

### Respiración microbiana

Se presentaron diferencias significativas entre los estados fenológicos del cultivo, y el período postsiembra es el de mayor actividad, posiblemente estimulada por la actividad radical y los aportes de materia orgánica realizados en la siembra (Tabla 1).

La actividad microbiana medida a través de esta variable es más estable comparada con la evaluación de la biomasa microbiana. No se presentaron diferen-

cias significativas entre las técnicas evaluadas en los períodos de postsiembra y prefloración; en precosecha se presentaron diferencias significativas, y fue LCBCo la que mostró mayor actividad microbiana.

En ensayos realizados en la costa norte de Colombia la labranza convencional y la aplicación de cobertura vegetal dinamizan la actividad microbiana; la aireación que se logra con la labranza estimula el aumento y la actividad en la flora microbiana.

**Tabla 2. Actividad microbiana en raíces de fríjol en diferentes manejos alternativos de un *Typic Dstrandept*. La Independencia, Piendamó, Cauca.**

Tratamiento	Porcentaje de colonización de HMA/Respiración microbiana (mg de CO <sub>2</sub> /10g de suelo)					
	Postsiembra		Prefloración		Precosecha	
LC	79.6 a	115.6 a	69.4 a	127.7 a	70.3 b	115.1 a
LCB	80.3 a	115.5 a	71.1 a	123.8 a	72.7 ba	118.3 a
LCCo	72.8 ba	116.3 a	77.1 a	125.3 a	81.3 ba	117.2 a
LCBCo	54.7 c	117.5 a	71.0 a	111.5 a	75.3 ba	117.0 a
LMCo	71.2 b	120.2 a	72.6 a	189.2 a	84.8 a	121.9 a

### Porcentaje de colonización de hongos formadores de micorriza arbuscular HMA, en raíces de fríjol

Se registraron en general altos porcentajes de colonización (Tabla 2), superiores a los obtenidos en yuca; quizás, debido a mayor exigencia de nutrientes, especialmente fósforo, demandados por el fríjol y a menor período vegetativo (cien días).

Aunque en general el porcentaje de colonización es poco variable a través del desarrollo fenológico del cultivo, se presentó diferencia significativa por efecto del período.

El promedio más alto se obtuvo en precosecha con el manejo LMCo. En postsiembra se presentaron diferencias significativas entre las técnicas de conservación evaluadas. La interacción barrera y cobertura deprimió el porcentaje de colonización, pero este efecto no se presentó en prefloración y precosecha. En prefloración no hubo diferencia significativa entre las tecnologías evaluadas. Es posible también que los aportes de materia orgánica propiciaran mayor desarrollo del sistema radicular del fríjol.

### Respiración microbiana del suelo en el cultivo del fríjol

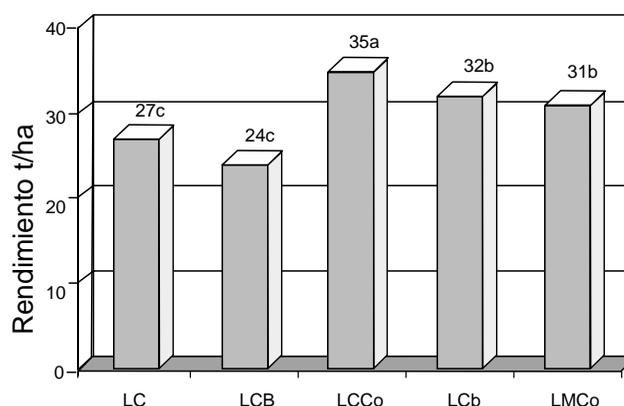
No se presentaron diferencias significativas entre los estados fenológicos del fríjol, tampoco por efecto de las tecnologías evaluadas; los valores registrados fueron similares a los obtenidos en yuca. El comportamiento de esta variable fue muy estable a través del

desarrollo del fríjol, obteniéndose la mayor actividad en prefloración, sobresaliendo LMCo.

### Rendimiento del cultivo de yuca

Se presentaron diferencias significativas entre las técnicas de conservación evaluadas (Figura 1), el mayor rendimiento se obtuvo con el empleo de cobertura.

También se observó efecto positivo cuando se emplearon de manera simultánea barrera y coberturas y se practicó la labranza reducida.



**Figura 1. Rendimiento de yuca (t/ha) en un *Typic Dstrandept* en diferentes tecnologías de conservación. La independencia, Piendamó (Cauca).**

El análisis de correlación entre el rendimiento de la yuca y las variables microbiológicas (Tabla 3) mos-

tró alta correlación entre el porcentaje de colonización de hongos micorrizógenos (0.97) y entre la respiración

microbiana en prefloración (0.82) y el rendimiento del cultivo.

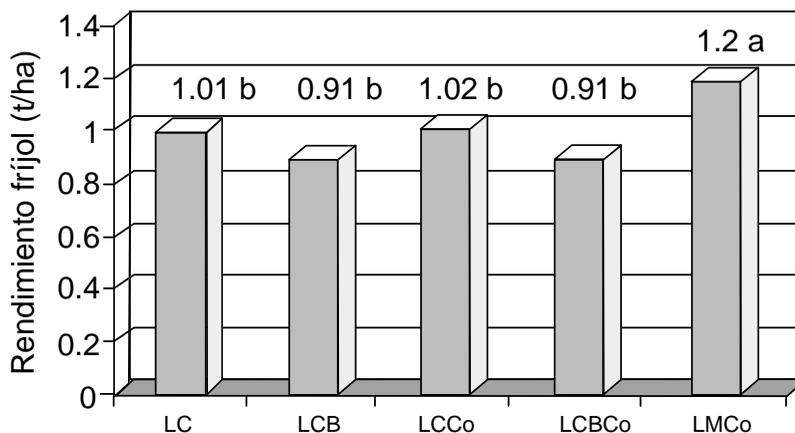
**Tabla 3. Matriz de correlaciones (niveles de significancia) entre las variables microbiológicas y el rendimiento (t/ha) en el cultivo de yuca.**

Variable	% HMA	AM1	AM2	AM3	Rendimiento
% HMA	1.00	0.99	0.89	0.09	0.97
AM1		1.00	0.41	0.27	0.05
AM2			1.00	0.37	0.82
AM3				1.00	0.61
Rendimiento					1.00

**Rendimiento del fríjol**

Se presentaron diferencias significativas en el ren-

dimiento entre las tecnologías de conservación, destacándose LMCo (Figura 2).



**Figura 2. Rendimiento del fríjol en un *Typic Distrandep*, manejado con diferentes tecnologías de conservación. La Independencia. Piendamó (Cauca).**

El análisis de correlaciones entre variables microbiológicas y el rendimiento del fríjol (Tabla 4) mostró alta correlación entre el rendimiento y el por-

centaje de colonización de micorriza en prefloración (0.99); la respiración microbiana tuvo una correlación media con el rendimiento.

**Tabla 4. Matriz de correlaciones (Nivel de significancia) entre las variables microbiológicas y el rendimiento en el cultivo de fríjol.**

Variabes	% HMA 1	% HMA 2	% HMA 3	AM 1	AM 2	AM 3	Rto.
% HMA 1	1.00	0.79	0.83	0.73	0.72	0.89	0.52
% HMA 2		1.00	0.33	0.31	0.32	0.89	0.99
% HMA 3			1.00	0.01	0.09	0.29	0.49
AM 1				1.00	0.47	0.24	0.62
AM 2					1.00	0.58	0.22
AM 3						1.00	0.65
Rto.							1.00

**CONCLUSIONES**

- No se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de colonización de hongos micorrizógenos en raíces de yuca. El mayor porcentaje se alcanzó con el empleo de barrera y coberturas.

- La respiración microbiana presentó diferencias significativas durante el desarrollo del cultivo de yuca, y fue la postsiembra el período de mayor actividad; esta variable tiende a tener un comportamiento estable durante el desarrollo del cultivo.

- Se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de colonización de hongos formadores de micorriza durante el desarrollo fenológico del cultivo de fríjol. El mayor porcentaje se alcanzó durante la precosecha, destacándose el empleo de la labranza reducida.
- Se presentaron diferencias significativas en la variable respiración microbiana durante el desarrollo fenológico del cultivo de fríjol. La mayor actividad se presentó en la época de prefloración, destacándose el empleo de la labranza reducida (189.2 mg de CO<sub>2</sub>/10 g de suelo).
- Se presentó alta correlación entre el rendimiento del fríjol y el porcentaje de colonización de hongos formadores de micorriza en el período de prefloración.
- Se obtuvo el rendimiento más alto de yuca con el empleo de la cobertura (*mulch*) de gramínea. El rendimiento más alto de fríjol se obtuvo con el empleo de labranza reducida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alzate, A., Sánchez, M. 2000. Efecto de diferentes sistemas de labranza y manejo del suelo en la vegetación acompañante de andisoles del municipio de Piendamó, departamento del Cauca. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 107 p.
- Cadena, S., y Madriñán, R. 1998. Estimación de la biomasa microbiana en suelos de ladera bajo diferentes sistemas de manejo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 37 p.
- Gómez, E. 1997. Estimación de algunos niveles biológicos del suelo asociado al manejo del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Krantz) en la costa norte de Colombia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 95 p.
- Howeler, R.H. 1983. La función de las micorrizas vesículo arbusculares en la nutrición fosfórica de la yuca. En: *Suelos Ecuatoriales*. Vol. 13. No. 2. p: 51-62.
- Sieverding, E. y Howeler, R.H. 1983. Potentials and limitations of micorrhizal inoculations ilustrated by experiments with field experiments. En: *Plant Soil*. Vol. 75 No. 2. pp: 245-261.
- Zamorano, M. Adriana. 2000. Dinámica de poblaciones de arvenses bajo el sistema de barbechos mejorados, departamento del Cauca, Colombia. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 125 p.