

RELACION ENTRE EL MANEJO DEL CULTIVO DE LA YUCA, LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO

299

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

COMPENDIO

En suelos arenosos de la Costa Norte de Colombia, entre 1988-1996, se investigó el efecto de 1) Cobertura vegetal muerta "mulch" a partir de *Panicum maximum* L., 2) moderada aplicación de N, P, K y 3) labranza, sobre los rendimientos de la yuca y las propiedades del suelo. Durante el octavo ciclo de cosecha se efectuaron dos muestreos (1995 II y 1996 I) de las propiedades físico-químicas, respiración (mg C-CO₂/10gss) y detección de la presencia de siete enzimas en poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos. El porcentaje de materia orgánica se incrementó a través del tiempo en las parcelas que recibieron mulch; el P en aquellos sujetos a fertilización química y el K aumentó independiente de los tratamientos. En comparación con el pH del suelo en 1988 (6.1) la tendencia ha sido hacia la acidificación, especialmente en labranza convencional (4.1). La fertilidad potencial del suelo (N, P, K, Ca, y Mg) sigue siendo baja. El C-CO₂ presentó diferencias altamente significativas debidas a la labranza; la cobertura vegetal muerta dinamizó esta actividad microbiana al igual que la combinación de los tres factores (labranza, mulch, fertilizante). Los coeficientes de correlación simple entre rendimiento de la yuca y C-CO₂ no arrojaron diferencias significativas. La mayor cantidad de especies que realizaban actividades enzimáticas (catalasa, ureasa, proteasa, amilasa, prueba de oxidación/fermentación, producción de indol y H₂S) se concentró en los tratamientos que recibieron mulch.

Palabras clave : Actividades enzimáticas, CO₂, yuca, *Manihot esculenta*

ABSTRACT

RELATION BETWEEN THE MANAGEMENT OF THE CASSAVA CROP THE PHYSICAL CHEMISTRY PROPERTIES AND THE MICROBIAL ACTIVITIES OF SOIL

In sandy soils from the northern coast of Colombia, between 1988 and 1996 it was carried out this research with the aim of observing the effect of: 1) Mulch, produced from *Panicum maximum*, L., 2) Moderated application of N, P, K and 3) plowing; over cassava yield and soil properties. During the eighth harvest cycle were taken two samples (1995-II and 1996 I) in order to observe the physical chemistry properties after those years and the influence of the agronomic practices over the soil microbial activity, measured in terms of respiration (mg C-CO₂/ 10 gss) and detection of seven enzymes in fungi, bacteria and actinomyces population isolated from the soil. The organic matter was increased through out the time at the plots which received mulch; P and K were higher when chemical fertilization was done, independence of the treatments. The pH in 1988 was 6.1 and the trend was through a lower one (4.1) especially in conventional plowing. The potential fertility of the soil (N, P, K Ca and Mg) continued being low C-CO₂ showed highly significant statistical differences due to plowing; the mulch helped to improve the microbial activity, the same as the combination of the three factors (plowing, mulch and fertilizer). Simple correlation coefficients between cassava yield at the eighth cycle and C-CO₂ did not show significant differences. The highest amount of species making different studied enzymatic activities (amylase, protease, catalase, oxidaton/ fermentation test, indol and H₂S production) was concentrated in the mulch treatments.

Keys Words : Enzymatic actyviles, CO₂, cassava, *Manihot esculenta*

INTRODUCCION

El manejo agrícola, incide sobre la rizosfera y por ende sobre la microbiota del suelo, de allí la necesidad de estimar los efectos de tal actividad sobre este

componente. Comúnmente se evalúa la incidencia de estas prácticas en el rendimiento del cultivo o en las condiciones físico-químicas del suelo y se omiten sus repercusiones en la actividad biológica y en particular, la microbiana.

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

La tasa de emisión de CO_2 , uno de los parámetros usados para evaluar la actividad microbiana en términos metabólicos, se puede determinar usando técnicas sencillas como la incubación del suelo en recipientes cerrados «atmósferas» que contiene peróxido de bario que aporta oxígeno para la respiración de los microorganismos, en tanto que el bario se combina con el dióxido de carbono que se produce para formar carbonato, medible mediante un calcímetro volumétrico (Burbano, 1989).

La yuca, base alimenticia de millones de personas en el mundo, se adapta a suelos con bajos contenidos de nutrientes y materia orgánica como los arenosos de la Costa Norte de Colombia; pero los rendimientos son inferiores a 6.0 t/ha y declinan cuando se persiste en el agrosistema sin aplicación de fertilizantes (El-Sharkawy, 1993; Howeler, 1994).

Con el fin de mejorar la sostenibilidad del agrosistema, durante ocho ciclos de cosecha (1988-1996) se efectuó un ensayo para estudiar el efecto de (1) cobertura vegetal muerta (mulch) a partir de residuos de *Panicum maximum* L., (2) moderada aplicación de N, P y K y (3) labranza, sobre los rendimientos de la yuca, calidad de raíces y propiedades del suelo (Cadavid et al, 1998). Los resultados indicaron la conveniencia de las aplicaciones de mulch y/o fertilización, resultados que coinciden con otros ensayos en suelos ácidos de Colombia (Cadavid y Howeler 1982, 1984; Howeler y Cadavid, 1990) y en varias regiones templadas y tropicales (Sánchez de P., 1990; Unger, 1994; Müller - Sämman y Kotschi, 1994; Thurston et al, 1994)

Esta investigación se realizó desde la premisa que el suelo está vivo y como tal, en él tienen lugar actividades microbianas como la respiración y transformaciones bioquímicas que repercuten en la productividad y sanidad del cultivo y que aquellas prácticas agrícolas que se realizan en los agroecosistemas afectan estas actividades metabólicas. Los objetivos fueron:

Observar en el agrosistema de la yuca *Manihot esculenta* Crantz establecido en la Costa Norte de Colombia, la influencia de prácticas de manejo agronómico sobre la respiración y algunas actividades enzimáticas microbianas

Establecer posibles relaciones entre actividad respiratoria y el rendimiento de la yuca en el octavo ciclo de cosecha.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En 1988 el CIAT inició un experimento en la finca Media Luna, municipio de Pivijay (Magdalena), a 33 m.s.n.m. temperatura promedio de 28°C y 72% de

humedad relativa, el suelo que circunda al río Grande de la Magdalena, se caracterizó como Cambic Arenosol (FAO), formados por arena gris (80%) con escasez de limos (6%) y arcillas (14%), asentados en arcillas sedimentarias terciarias sepultadas (Estación CIAT Pivijay - Magdalena - 1996. Cadavid et al, 1998).

En el momento del ensayo (1995-1996), la yuca — cultivar MCOL 1505 («verdecita») una de las variedades regionales — iniciaba el octavo ciclo consecutivo de cultivo. Los tratamientos fueron:

1. Labranza convencional + abono (LC + a): 2 rastri-lladas, triple 15 a razón de 330 kg/ha para un total de 50 de Nitrógeno, 21.6 de fósforo, 41.3 kg potasio /ha)
2. Labranza convencional (LC)
3. Labranza convencional + cobertura vegetal muerta + abono (LC+M+ a): *Panicum maximum* L. en estado seco, a razón de 12 t/ha/ ciclo y misma dosis de abono
4. Labranza convencional + cobertura vegetal muerta (LC +M): en la misma cantidad
5. Cero labranza + abono (CL + a)
6. Cero labranza (CL)
7. Cero labranza + cobertura vegetal muerta + abono (CL +M+ a)
8. Cero labranza +cobertura vegetal muerta (CL +M)

El modelo estadístico fue un arreglo en parcelas divididas, con parcelas mayores en bloques al azar, con 4 repeticiones. Las subparcelas fueron: con y sin fertilización, para un total de 32 subparcelas. El área de la parcela principal fue de 100 m² y el de la subparcela de 50 m². La densidad estimada fue 10.000 plantas/ha, el área de cosecha fue 18 m² para un total de 18 plantas/subparcela.

Se efectuaron dos muestreos: al séptimo mes de siembra (1995 -II) del cultivo de la yuca y al momento de la cosecha (1996 - I) Cada subparcela se recorrió en zigzag y se obtuvo una muestra de 1 kg de suelo rizosférico, a partir de 5 submuestras tomadas al azar y homogenizadas previamente, recogidas en los primeros 15 cm de profundidad.

Como parámetros físico-químicos, se determinaron: textura, estructura, densidad aparente (parafina), densidad real (picnómetro volumétrico) y porosidad total (mesa de tensión); pH, materia orgánica (% m.o) y contenidos de P, K, Ca y Mg. Se registraron las características externas del terreno, como topografía, posición fisiográfica, cobertura, uso, condición de drenaje

Para estimar la influencia de las prácticas de manejo del agroecosistema de la yuca sobre la respiración y actividades enzimáticas, se acudió a las siguientes variables:

Actividad respiratoria de los microorganismos

Esta variable se midió en 1996 I en época de cosecha. En tubos de ensayo de 25 ml se colocaron 10g de suelo cernido con tamiz de 2 mm y se le agregó agua hasta alcanzar capacidad de campo (cálculos previos). En un vial se colocaron 0.2g de BaO_2 y dos gotas de $Ba(OH)_2$, se agitó para que los compuestos se adhirieran uniformemente a las paredes de éste y se depositó sobre el suelo en cada tubo de ensayo, inmediatamente se procedió a sellarlos. El suelo se incubó a 28°C durante 15 semanas.

Para expresar los resultados en base seca, se tomó una muestra de suelo de cada subparcela, se llevó a la estufa a 115°C por espacio de 48 horas; al cabo de este tiempo se determinó el contenido de agua de la muestra.

La estimación del CO_2 se hizo de la siguiente manera:

Se enrasó a cero la columna del calcimetro volumétrico, tomando la precaución de que todas las llaves del aparato se encontraran cerradas y no hubiese escapes. Se retiraba cada vial del tubo de ensayo correspondiente y se colocaba en el frasco del calcimetro que contenía 5 ml de HCl 2N, se agitaba el frasco para que se pusieran en contacto el vial - en el cual se ha formado $BaCO_3$ - y el HCl, para que ocurriera el desprendimiento de CO_2 .

Para determinar el factor de corrección, se utilizó 0.2 g de $BaCO_3$ y se hizo reaccionar en el frasco del calcimetro con HCl 2N replicando esta determinación al menos 6 veces y promediando. Para la conversión de ml a mg $CO_2/10g$ de suelo, se hizo con base a los pesos moleculares del $BaCO_3$ y el CO_2 y los mililitros desplazados de la columna de agua. El desplazamiento de la columna de agua ocasionada por cada una de las muestras incubadas se multiplica por el factor de corrección y los resultados se expresan en producción diaria y acumulada de CO_2 (mg C- $CO_2/10g$ de suelo seco)

Algunas actividades enzimáticas de los microorganismos

Se aislaron hongos, bacterias y actinomicetos se llevaron a cultivo puro y se determinaron las siguientes actividades enzimáticas: producción de catalasa, ureasa, indol, H_2S , proteasas, amilasas y actividades de oxidación /fermentación (Llanos y Sánchez de P, 1982; Sánchez de P 1990).

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades del suelo

Las características químicas de las parcelas en los diferentes tratamientos han variado; en comparación con el pH inicial (6.1) la tendencia a través de los años ha sido hacia la acidificación, especialmente en la condición de labranza convencional (LC) —Cuadro 1—. El % m.o. se ha incrementado independiente del sistema de labranza; las condiciones de cobertura vegetal y el no de abonamiento químico han favorecido la humificación. En estas parcelas la materia orgánica ha pasado de 0.5% en 1988 a 1 % (1996), mientras que en aquellas donde se ha abonado, ha aumentado pero en menor proporción. La tendencia con respecto al $N-NH_4$ no es clara, pero el más alto $N-NO_3$ se presenta cuando se combinan cobertura vegetal y ausencia de abonamiento, situación que se repite en ambos sistemas de labranza, es decir que estas condiciones favorecen la nitrificación.

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

Con respecto a las características físicas, la densidad real de las parcelas está alrededor de 2.6 g/cm³ y la aparente entre 1.5 g/cm³ (LC) y 1.6 g/cm³ (CL +M+ a), valores comunes en suelos franco - arenosos y arenosos (Charry, 1987); en el tratamiento CL +M+ a se ubicó la menor porosidad total (39.8%) y la más alta en LC (43.8%), lo que indica que el agua fluye muy rápido a través de los macroporos y se reliene muy poco, con mayor razón dado el bajo contenido de materia orgánica; estas observaciones las corrobora la escasa agua aprovechable que oscila entre 2.1 y 2.4 % (con y sin cobertura vegetal muerta).

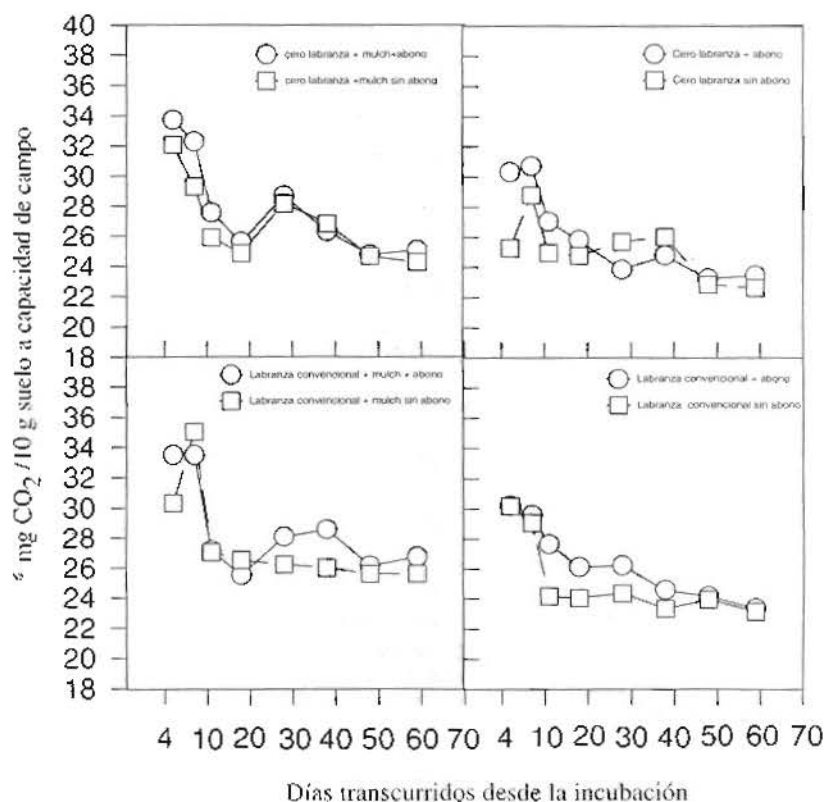
Respiración microbiana

La producción de CO_2 , señaló que la mayor actividad microbiana, se desarrolló en los primeros días de incubación (5- 7 días), luego ocurrió descenso brusco hacia los 14 días para los tratamientos que tenían cobertura vegetal y hacia los 6 días para los que no la tenían; más tarde alcanzó otro pico, descendió con altibajos y finalmente se estabilizó (Figura 1).

CUADRO 1. Características químicas del suelo en estudio

Tratamientos	m.o %	P ppm Brayll	pH	meq/ 100 g			N-NH ₄ ppm	N-NO ₃ ppm
				Ca	Mg	K		
S. inicial	0.48	8.38	6.10	0.87	0.28	0.05	-	-
LC + a	0.83	16.23	4.98	0.50	0.24	0.09	2.77	4.54
LC	1.05	6.62	4.75	0.50	0.26	0.07	2.59	5.54
LC+ M +a	0.90	17.00	4.09	0.56	0.23	0.08	1.89	4.08
LC+M	1.00	6.42	4.45	0.49	0.22	0.07	2.28	6.01
CL +a	0.70	16.40	4.92	0.48	0.22	0.06	2.30	4.24
CL	1.12	7.95	5.25	0.55	0.26	0.77	2.44	4.07
CL +M +a	0.72	16.32	4.97	0.56	0.26	0.08	2.24	4.87
CL+M	1.00	8.07	4.95	0.56	0.27	0.09	2.40	4.98

Dato promedio de 4 subparcelas

Figura 1. Producción de CO₂ por microorganismos en yuca, en diferentes manejos en la Costa Norte de Colombia, Pivijay, Magdalena

Estos altibajos son explicables en razón de las nuevas generaciones de microorganismos, los cuales no alcanzan las mismas tasas de actividad, ya que gran parte del alimento fue consumido por las primeras generaciones; además la acumulación de sustancias como toxinas, antibióticos y reguladores de crecimiento entre otros, pueden inhibir el crecimiento de algunos microorganismos sensibles a estas sustancias. Los resultados indican que no es conveniente hacer incubaciones por largos períodos cuando se utiliza este método y la información se obtiene entre 5 y 10 días (Figura 1).

Esta variable se midió cuando el cultivo alcanzaba su plena madurez (13 meses). En estudios realizados en la Universidad Nacional de Colombia - Palmira - sobre la producción microbiana de CO_2 en sistemas hortícolas, se ha encontrado que la edad del cultivo influye en los resultados y que la más alta actividad microbiana y rizosférica están sincronizadas con la época en la cual la actividad fisiológica de los cultivos es mayor (Benjumea, Sánchez de P., y Miranda, 1996).

El análisis de varianza corroboró que hubo diferencias altamente significativas debidas a la preparación del terreno, fertilización y la interacción preparación del terreno más cobertura vegetal. Los mayores valores de la producción acumulada de CO_2 se presentaron en labranza convencional (Figura 2) y la práctica de la cobertura vegetal dinamizó la actividad microbiana al igual que la combinación de los tres factores (labranza - cobertura vegetal muerta - fertilizante). Esto es explicable por las características del suelo, ya que su bajo contenido de nutrientes y su escasa materia orgánica, hace que los microorganismos se establezcan donde las condiciones sean más favorables. La tendencia del tratamiento cero labranza, fue similar a labranza convencional, pero la producción de CO_2 más baja, lo que indicó menor actividad microbiana.

La mayor aireación se logró con la labranza la cual estimuló la flora microbiana, al igual que el abonamiento y la cobertura vegetal. Su combinación redujo la inmovilización de nutrientes e incrementó por lo tanto, su disponibilidad. En labranza cero, la mayor actividad microbiana ocurrió en la combinación abonamiento más cobertura vegetal, aunque sus valores fueron menores que los obtenidos en labranza convencional. Estos resultados coinciden con los registros de Primavesi (1982).

La alta actividad microbiana significa mayor disponibilidad de nutrientes (si hay materia orgánica) o inmovilización de ellos (si no la hay), e igualmente mayor o menor humificación (Labrador, 1996). La asequibilidad de nutrientes es un factor condicionado

por la arquitectura del sistema radical de la planta, su estado de desarrollo, movilidad de nutrientes en el suelo, etc (Sánchez de P., 1999). La raíz de la yuca le permite extenderse superficialmente y profundizar en el suelo (de Tafur M, El-Sharkawy y Cadavid, 1997); esto, unido a la presencia de endomicorriza, la hace muy hábil en la captación de nutrientes y agua (Howeler, 1983; Sánchez de P., 1999). Entonces, si la actividad microbiana es permanente sin que se maximice — condición que aparentemente se logra con cero labranza— puede ser una situación benéfica para el cultivo y para la autorregulación del agrosistema. Los resultados en rendimiento corroboran esta afirmación (Cadavid, et al, 1998; Labrador, 1996).

Los coeficientes de correlación simple entre rendimiento en el octavo ciclo de cosecha de la yuca y $\text{mg C-CO}_2/10\text{gss}$ no arrojaron diferencias significativas. A pesar de ello, los factores que estimularon el rendimiento del cultivo también incrementaron el C-CO_2 (Figura 3).

Algunas actividades enzimáticas de los microorganismos

La catalasa media la reacción de degradación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), subproducto tóxico que aparece en la descomposición de la materia orgánica. Los microorganismos catalasa' son aeróbicos estrictos y facultativos y lo convierten en H_2O y O_2 ; su acción detoxifica el suelo, incrementa la humedad y oxigena el medio (Llanos y Sánchez de P., 1982).

En los resultados se apreció el efecto negativo de la sequía de 1996 I y posiblemente la edad de la planta, sobre esta enzima (Cuadro 2). El mayor número de microorganismos catalasa' se concentró en los tratamientos con cobertura vegetal muerta y fue menor, independiente de la fertilización, en aquellos con escasa materia orgánica del suelo (LC +a, LC, CL +a, CL). Esta actividad fue dominada por especies fungosas, seguida de las bacterianas y en menor proporción por actinomicetos.

La ureasa cataliza la degradación de la urea, y las especies microbianas que llevaron a cabo esta labor fueron menores y no se marcaron como determinantes en las condiciones de los diferentes tratamientos. Esta actividad enzimática fue realizada por hongos y bacterias sin dominancia de grupos.

Fueron escasos los microbios detectados con actividad proteolítica, tal vez debido al origen ligno-celulósico del mulch (Cuadro 2). Hubo leve incremento en los tratamientos que combinaron cobertura vegetal muerta y fertilización, especialmente en labranza convencional, lo

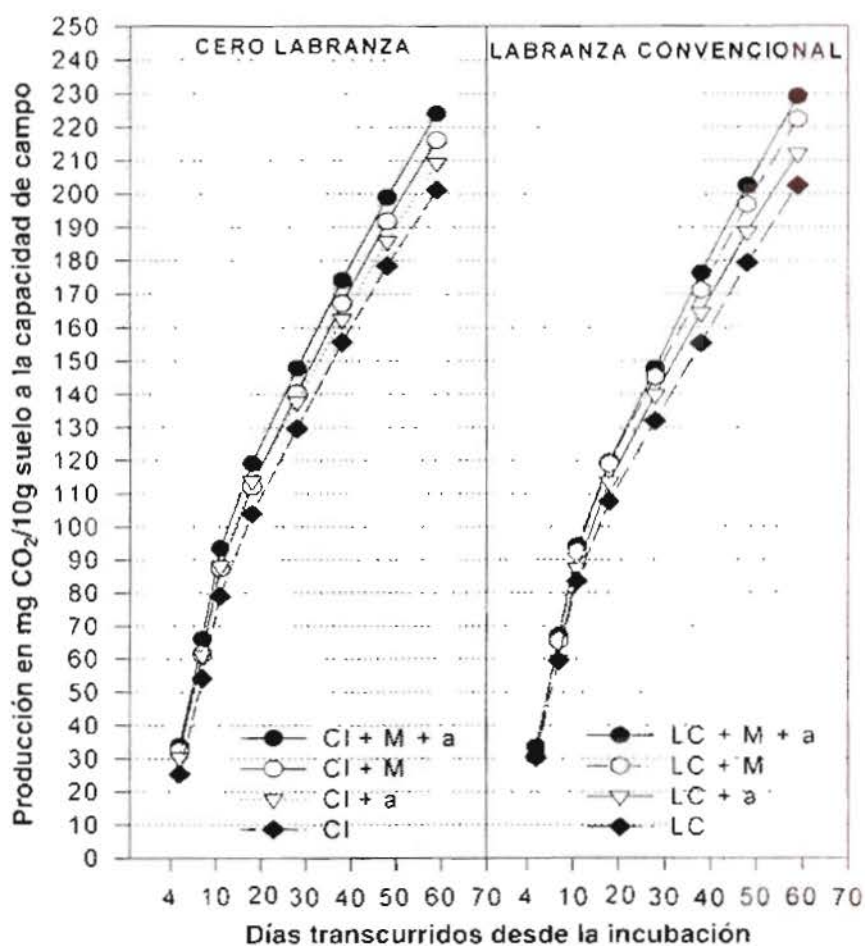


FIGURA 2. Producción acumulada de CO₂, realizada por microorganismos en rizosfera de yuca en diferentes condiciones de manejo.

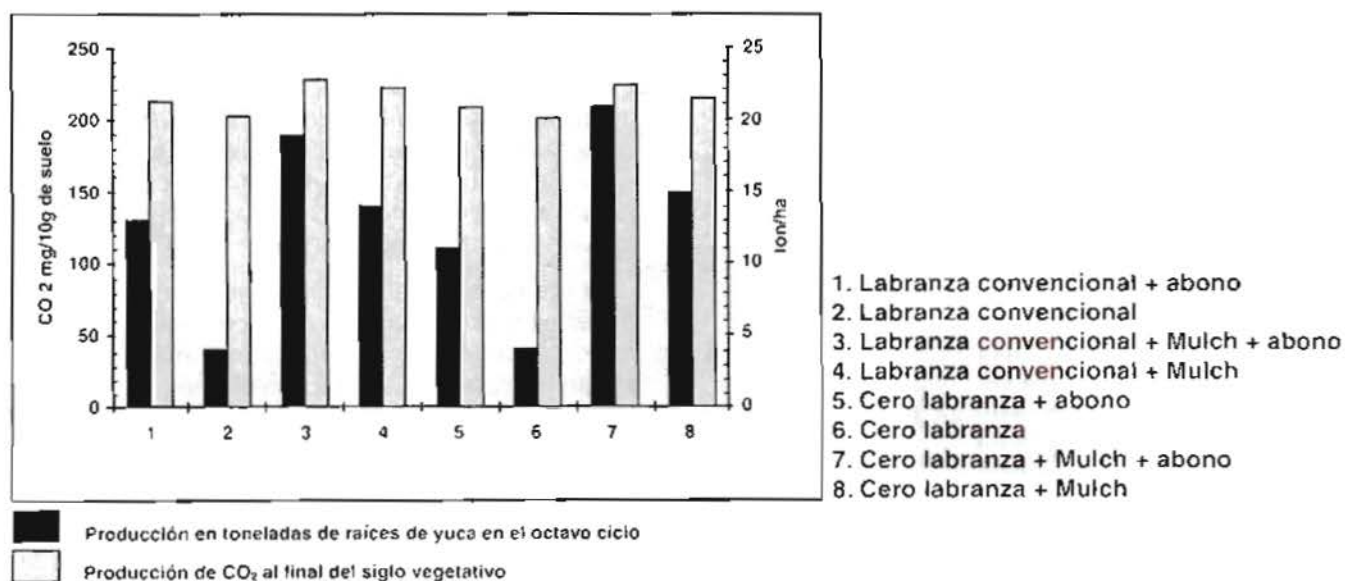


FIGURA 3. Comparación entre actividad microbiana en términos de CO₂ y producción (t/ha.)

CUADRO. 2. Actividades enzimáticas de los microorganismos aislados durante los dos semestres muestreados.

Tratamientos	Muestreos	Número de microorganismos con reacción positiva						Aeróbicos	
		Catalasa	Ureasa	Proteasas	Amilasas	P. Indol	Acido Sulfídrico H ₂ S	Estrictos y Facultativos	Anaeróbicos
LC + a	95-II	19	10	4	10	13	5	24	8
	96-I	18	11	5	12	11	1	24	9
LC	95-II	18	8	4	13	12	4	26	10
	96-I	12	7	2	8	7	2	16	6
LC + M + a	95-II	29	10	6	20	20	8	42	17
	96-I	26	9	7	21	13	4	32	12
LC + M	95-II	27	11	5	13	16	8	27	16
	96-I	21	12	4	15	10	2	23	5
CL + a	95-II	19	10	4	11	11	4	18	8
	96-I	14	6	2	9	6	2	10	4
CL	95-II	16	9	3	8	7	2	14	7
	96-I	16	10	2	7	4	2	14	5
CL + M + a	95-II	28	11	3	17	22	7	30	15
	96-I	20	8	5	14	12	3	21	9
CL + M	95-II	24	9	3	15	14	5	31	10
	96-I	20	9	3	14	10	2	18	5

cual es explicable por la mayor aireación que genera esta práctica.

Independiente de la labranza, el mayor número de microorganismos amilasa⁺, se concentró en los tratamientos con cobertura vegetal muerta y con fertilización. En labranza convencional se incrementó esta actividad bioquímica. La acción proteolítica y amilolítica de hongos y bacterias fue similar; los actinomicetos aislados se comportaron como proteasa⁺.

La humedad afectó esta actividad; la cobertura vegetal muerta y abono, estimularon su presencia, independiente del tipo de labranza. En la combinación de estos dos factores, hubo mayor desarrollo aéreo y de raíces, explicados con base en las propiedades de la materia orgánica, sin embargo, la presencia de poblaciones microbianas con esta actividad pueden incrementar la capacidad rizogénica y de promoción de crecimiento aéreo de la fracción orgánica. No se observó actividad de actinomicetos sobre esta molécula y fue mayor el número de especies fungosas con esta capacidad enzimática.

El número de microorganismos que efectuaron el desprendimiento de H₂S fue bajo; la cobertura vegetal

muerta y humedad favorecieron estas importantes especies; predominaron las bacterias y actinomicetos.

En las pruebas de oxidación-fermentación (O/F) durante los dos semestres, en los diferentes tratamientos predominaron las poblaciones microbianas aeróbicas estrictas y facultativas, siendo mayores en labranza convencional, lo cual se esperaba. La cobertura vegetal muerta incrementó estas poblaciones y las anaeróbicas. Trabajaron hongos y bacterias sin predominancia de grupo; sin embargo, en anaerobiosis dominaron las poblaciones bacterianas y los actinomicetos estuvieron casi ausentes.

Aunque no fue objeto de correlación, se observó que los mayores rendimientos coincidieron con el mayor número de especies microbianas efectuando las actividades enzimáticas que se determinaron, en otras palabras, con mayor diversidad microbiana.

La conservación y restauración del equilibrio dinámico del suelo en un agrosistema como la yuca, llevan al manejo integrado de sus componentes, que se va a manifestar en plantas bien nutridas, las cuales de acuerdo con la teoría de la trofobiosis van a escapar al ataque de plagas y a incrementar su productividad (Chaboussou, 1984). Algunas prácticas agrícolas,

como la aplicación de la materia orgánica, favorece el equilibrio y la autorregulación del agrosistema, y así se manifestó en este ensayo, pues fue el factor que impactó considerablemente los rendimientos del cultivo y las actividades microbianas en el suelo (Labrador, 1996). En cuanto a la fertilización a pesar de ser una alternativa viable, fue menos significativa en las variables analizadas cuando hubo presencia de mulch.

La labranza favoreció normalmente la actividad microbiana, sin embargo, los rendimientos de los dife-

rentes ciclos de cosecha mostraron que no es necesaria para la yuca cuando crece en suelos de textura liviana y está involucrada con mayor acidificación del suelo. El hecho que la actividad microbiana sea comúnmente menor bajo cero labranza no significa que esto sea indeseable, pues por el contrario, puede convertirse en regulador del ciclaje de nutrientes, especialmente cuando la planta es tan hábil en su absorción y utilización como es el caso de la yuca.

BIBLIOGRAFIA

- BENJUMEA, C. P.; SANCHEZ DE P. M Y MIRANDA, J. C. Estimación de la actividad microbiana en tres agroecosistemas en Rozo, Valle del Cauca, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Boletín técnico. Vol. (dic. 1996); p. 7-9.
- BURBANO, O.H. El suelo: una visión sobre sus componentes biogénicos. Pasto : Universidad de Nariño, 1989. 447p.
- CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M.A.; ACOSTA AND A, SÁNCHEZ T. Long effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grow in sandy soils in northern Colombia. *En*: Field Crops Res. Vol. 57 (1998); p- 45-56.
- _____; HOWELER, R.H.: Fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en un Inceptisol de Santander de Quilichao, Cauca, y su efecto a largo plazo sobre la fertilidad del suelo. *En*: Suelos Ecuat. 12, 59-74p. 1982
- _____: La fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la región de Mondomo y Pescador, Cauca. *En*: Suelos Ecuat. Vol. 14 (1984); p 199-207.
- CHABOUSSOU, F. Fisiología y resistencia de la planta : Influencia de los abonos y plaguicidas en la fisiología de las plantas y su resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Barcelona: Asociación Vida Sana, 1984. 28p
- CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 1987. 362 p.
- DE TAFUR, S.M., EL-SHARKAWI M.A., CADAVID, L.F. Response of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) to water stress and fertilization. *En*: Photosynthetica. Vol. 34, No. 2 (1997); p. 233-239.
- EL-SHARKAWY, M.A. Drought-tolerant cassava for Africa, Asia and Latin America. *En*: BioScience. Vol. 43 (1993); p. 441-451
- HOWELER, R.H. La función de las micorrizas vesículo-arbusculares en la nutrición fosfórica de la yuca. *En*: Suelos Ecuatoriales. Vol. 13, n 2 (1983); p. 51-62.
- _____. Integrated soil and crop management to prevent environmental degradation in cassava-based cropping systems in Asia. In: Bottema, J.W.T., Stolz, D.R. (Eds.), Upland Agriculture in Asia. Bogor, Indonesia, CGPRT, 1994. p. 195-224.
- _____; CADAVID, L. F.: Short and long-term fertility trials in Colombia to determine the nutrient requirements of cassava. *En*: Fertil. Res. Vol. 26.)1990); p. 61-80.
- LABRADOR M., J. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid: . Mundi -Prensa, 1996. 174p.
- LLANOS, C. Y SANCHEZ M.: Experimentos con microorganismos. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1982. P. 77-80.
- MULLER-SAMANN, K.M AND KOTSCHI, J. Sustaining growth, soil fertility management in tropical smallholdings. Weikersheim, Germany, Margraf, 1994. 486p.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo.:La agricultura en regiones tropicales. Buenos Aires : La Estancia, 1982. 499p.
- SÁNCHEZ de P. M. Relación entre las características químicas, físicas y microbiológicas de varios suelos del Valle del Cauca y su efecto en algunos cultivos. Palmira, 1990, 114 p. Tesis (Maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- _____: Endomicorrizas en agroecosistemas Colombianos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia-1999. 227p.
- THURSTON, H.D., SMITH, M., ABAWI, G., KEARL, S. (eds): Tapado Slash/Mulch. CATIE/ CIIFAD, Cornell Univ: How farmer use it and what researchers know about it. Ithaca, New York, 1994. 302p
- UNGER, P.W (Ed.): Managing Agricultural Residues.. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 448p.