

LABOREO Y FERTILIZACIÓN DEL KIKUYO (*PENNISETUM CLANDESTINUM* HOECHST): EFECTO SOBRE VARIABLES EDÁFICAS

EFFECT OF TILLAGE AND FERTILIZATION OF KIKUYO
(*PENNISETUM CLANDESTINUM* HOECHST) ON SOME SOIL CHARACTERISTICS

Apráez Guerrero¹, E. y O.A. Moncayo Otero²

¹Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. E-mail: eapraezg@yahoo.com

²Zootecnista. Corpoica. Obonuco. Pasto. Colombia. E-mail: oamonkyo@yahoo.com

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Estiércol bovino. Fertilización. Labranza. Suelo.

ADDITIONAL KEYWORDS

Bovine dung. Fertilization. Ploughing. Soil.

RESUMEN

El trabajo se realizó en la granja Botana de la Universidad de Nariño sur de Colombia. Sobre una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) se evaluó el efecto de dos sistemas de labranza y fertilización orgánica y/o mineral sobre algunas características químicas, físicas y microbiológicas de un andisol, para lo cual se utilizó el arado criollo tirado por bueyes y bovinaza sola o en mezcla con fertilizante mineral de fórmula 17-6-18-2 Mg. Mediante un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas se determinó que al disturbar el suelo con arado criollo el nitrógeno total incrementó de 0,4 a 0,7 p.100, el fósforo en algunos casos subió de 5,7 a 14 ppm, el potasio descendió especialmente con la fertilización mineral de 3 a 2 meq/100g, los nitratos incrementaron de 20 a 127 ppm sin que su nivel pueda generar toxicidad para la planta o comprometer la salud animal. Con respecto a las variables físicas se observó un efecto marcado de la labranza sobre la densidad aparente al descender de 0,82 a 0,62 g/cm³, la porosidad incrementó un 5 p.100 y la

capacidad de campo un 11 p.100 con fertilización mixta.

La población microbiana también se favoreció con la fertilización mixta y la labranza, salvo los hongos donde no se observó efecto alguno de las labores culturales; las bacterias totales incrementaron de 9,9 a 47 x 10⁸, las bacterias nitrificantes pasaron de 35 a 217 x 10³, las desnitrificantes de 1250 a 21760 y los actinomicetos de 1,8 a 4,36 x 10¹⁰.

Se concluyó que la fertilización orgánico-mineral bajo un sistema de labranza reducida mejora algunas características físicas del suelo y con ello se incrementa la población microbiana mejorando la disponibilidad especialmente de nitrógeno y potasio.

SUMMARY

The investigation was made in the Botana farm property of the University of Nariño located to the South West of Colombia. In a pasture of

Arch. Zootec. 55 (209): 39-50. 2006.

kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) were evaluated the effect of two forms of tillage and fertilization: organic, mineral or mixed, and their effect on chemical, physical and microbiological characteristics of an Andean soil; for it the creole plough hauled by oxen and bovine dung alone or in mixture with mineral fertilizer of formula 17-6-18-2 Mg were used. By means of a randomized blocks design in a system of divided parcels, it was possible to establish that when ploughing the soil, total nitrogen increases from 0.4 to 0.7 percent, the phosphorus in some cases raised from 5.7 to 14 ppm, the potassium descends specially when applying mineral fertilizer from 3 to 2 meq/100 g, the nitrates increased from 20 to 127 ppm, this level causes no toxicity for plant or animal health. With respect to the physical variables, a clear effect of the tillage on the apparent density was observed that descended from 0.82 to 0.62 g/cm³, the porosity increased in a 5 p. 100 and the field capacity in 11 percent under mixed fertilization.

The microbial population also increased with the mixed fertilization and tillage; any effect of the working was not observed on fungi population; the total bacteria increased from 9.9 to 47 x 10⁸, the nitrificant bacteria increased from 35 to 217 x 10³, like the unnitrificants from 1250 to 21760 and actinomycetes from 1.8 to 4.36 x 10¹⁰.

One concludes that mixed fertilization, in a system of reduced tillage, improves some physical characteristics of the soil and increased the microbial population and the mineral availability specially of nitrogen and potassium.

INTRODUCCIÓN

En Colombia al igual que en muchos países de Sudamérica, se persiste en el uso de maquinaria pesada para la preparación de suelos, incluso en regiones como la andina caracterizada por su alta pendiente, donde los deterioros causados por estas prácticas son muy

difíciles de remediar a corto plazo, llegándose a estimar que casi un tercio del área total de la zona andina de Nariño no es apta para actividades agropecuarias (Fuentes, 1994).

Aunado a lo anterior, el exagerado uso de fertilizantes minerales ha conducido a un empobrecimiento de la biota del suelo, tornando a los agricultores en dependientes forzados de productos minerales con las ya consabidas consecuencias ecológicas y económicas. Paradójicamente, los sistemas ancestrales de laboreo utilizados por los indígenas y campesinos que incluyen herramientas rudimentarias como el *arado de chuzo* tirado por bueyes y el estiércol animal han recobrado vigencia debido a su respeto por la *Pacha Mama* (Madre Tierra) y los recursos bióticos que de ella se obtienen.

Con base en estas consideraciones, se miró la necesidad de establecer las repercusiones de la fertilización orgánica y/o mineral bajo dos sistemas de labranza sobre algunas características edáficas de un andisol del altiplano de Nariño.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Agropecuarias y Biológicas (CIAB), ubicado en la Granja Botana de la Universidad de Nariño, localizada a 9 km al sur de la Ciudad de San Juan de Pasto, en el suroccidente de la República de Colombia, con una altitud de 2809 msnm, temperatura promedio de 11°C, precipitación anual de 870 mm y una hume-

dad relativa de 85 p.100. Sobre una pradera de kikuyo implantada en un suelo andisol pardo oscuro (Burbano, 1989) y con una pendiente de 35 p.100, bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela principal correspondió al sistema de labranza y la subparcela a la fertilización, factores que se cotejaron mediante análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

En un lote experimental de 3800 m² el cual se dividió en dos bloques iguales en uno de los cuales se escarificó el suelo a una profundidad de 15 cm mediante labranza mínima (LM) con arado criollo tirado por bueyes; el otro lote no se laboreó (L0). Los bloques a su vez se subdividieron en 30 parcelas de 40 m² sobre las cuales se abonó utilizando bovinaza fresca con 0,2 p.100 de nitrógeno, 0,1 p.100 de fósforo, 0,11 p.100 de potasio y 0,05 p.100 de magnesio o fertilizante mineral de fórmula 17-6-18-2 Mg. La cantidad aplicada se determinó con base en una dosis de 100 kg/N/ha de la siguiente manera: T0: sin fertilizante; T1: 100 p.100 fertilizante orgánico; T2: 75 p.100 fertilizante orgánico, 25 p.100 fertilizante mineral; T3: 50 p.100 fertilizante orgánico, 50 p.100 fertilizante mineral; T4: 25 p.100 fertilizante orgánico, 75 p.100 fertilización mineral; T5: 100 p.100 fertilizante mineral.

VARIABLES EVALUADAS

Todas las variables estudiadas se midieron al inicio del experimento y después de cuatro cortes consecutivos del pasto cultivado (239 días). Las variables químicas y físicas se determinaron siguiendo la metodología descrita por el Instituto Geográfico Agus-

tín Codazzi (IGAC, 1995). La cuantificación de microorganismos se realizó siguiendo la metodología descrita por Mayea, Novo y Valiño (1982) e IGAC (1995).

Químicas. pH (potenciometría), nitrógeno total (p.100 $N=0,014497 + 0,044757 \times (\text{p.100 MO}) - 0,000597 \times (\text{p.100 MO})^2$), fósforo disponible (Bray II y Kurtz), potasio de cambio (acetato de amonio 1N a pH neutro y absorción atómica), materia orgánica (oxidación por dicromato de potasio y Walkley Black colorimétrico) y nitratos (ácido cromotrópico y colorimétrico).

Físicas. Densidad aparente (cilindro graduado de Abel González), densidad real (picnómetro), porosidad ($P=1-DA/DR$), capacidad de campo (columnas de Chapingo) y textura.

Microbiológicas. Número total de bacterias, bacterias nitrificantes, bacterias desnitrificantes, (medio Thornton), bacterias solubilizadoras de fósforo ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), hongos (Czapek dox), actinomicetos (agar almidón) y número de lombrices.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES QUÍMICAS

La **tabla I** resume los resultados de las características químicas encontradas en el experimento las cuales se discutirán en el orden en que en ella aparecen.

pH. Se encontraron diferencias significativas ($p<0,05$) entre los niveles de fertilización, los sistemas de labranza y la interacción no presentaron diferencias (**tabla II**).

El valor de pH más alto ($p<0,05$) se observó en T0L0, con 6,5, mientras

Tabla I. Química de suelo bajo diferentes labores culturales. (Soil chemistry under different tillage).

Tratamientos	pH (p.100)	N total (ppm)	P disp (meq/100g)	K de cambio (ppm)	Nitratos (p.100)	Materia org
T0LO	6,50 ^a	0,45 ^f	6,4 ^c	3,8 ^c	2,0 ^f	10,57 ^l
T1LO	6,1 ^{ode}	0,53 ^{ode}	8,1 ^b	4,6 ^a	2,0 ^f	14,20 ^f
T2LO	6,10 ^{ode}	0,49 ^{ode}	11,5 ^b	4,6 ^a	2,0 ^f	11,30 ^k
T3LO	6,20 ^{bc}	0,46 ^{ef}	8,30 ^b	4,3 ^b	2,0 ^f	11,80 ^j
T4LO	6,00 ^{de}	0,48 ^{de}	5,50 ^c	3,8 ^c	2,0 ^f	12,50 ^h
T5LO	6,30 ^b	0,47 ^{de}	7,0 ^b	3,2 ^e	2,0 ^f	12,20 ⁱ
T0LM	6,00 ^{de}	0,4 ^f	5,7 ^c	3 ^f	51,8 ^e	14,40 ^d
T1LM	6,00 ^{de}	0,53 ^{cd}	11,9 ^a	2,8 ^g	74,7 ^d	22,00 ^a
T2LM	5,70 ^f	0,61 ^a	6,40 ^c	2,5 ⁱ	126,9 ^a	17,10 ^b
T3LM	5,90 ^e	0,54 ^{bc}	3,80 ^c	2 ⁱ	77,9 ^e	14,30 ^e
T4LM	6,00 ^{de}	0,7 ^a	14,0 ^a	2,7 ^h	82,6 ^b	12,70 ^g
T5LM	6,20 ^{bc}	0,56 ^{bc}	12,0 ^a	3,7 ^d	82,6 ^b	15,30 ^c

abodefghijkl Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (p<0,05).

que el más bajo lo presentó el T2LM con 5,7. Los resultados dejaron entrever que la labranza *per se* no afectó significativamente el pH, mientras que los niveles de fertilización sí lo hicieron y actuaron independientemente del tipo de labranza aplicada, que de acuerdo a lo manifestado por Demolon (1967) las

variaciones observadas pudieron obedecer a que los compuestos orgánicos o uréicos tuvieron un efecto inmediato diferente a la reacción final con elevación pasajera del pH debido a la amonización o quizá porque las gramíneas son capaces de acidificarlo especialmente en la rizosfera como conse-

Tabla II. Cuadrados medios para variables químicas. (Square means for chemical characteristics).

Fuentes de variación	GL	pH	Nitrógeno total	Fósforo total	Potasio de cambio	Materia orgánica	Nitratos
Labranza (factor A)	1	0,49NS	0,052**	1236,79**	14,439**	134,94NS	8652,7**
Tratamientos (factor B)	5	0,1179*	0,018**	2039,09**	0,238**	26,48NS	899,1**
Interacción (AxB)	5	0,0508NS	0,013**	4513,49**	1,624**	10,53*	898,6**
Error	20	0,01	0,002	448,16	0,662	0,01	0,27
Total	31	0,671	0,087	8237,44	16,964	171,987	60450,8
Coefficiente de variación		23,25	2,73	1,69	4,14	10,08	3,34

**p<0,01; *p<0,05; NS= No significativo.

cuencia del CO₂ desprendido.

Nitrógeno total. Se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) tanto para sistemas de labranza como para niveles de fertilización y la interacción entre las anteriores (**tabla II**). Los tratamientos T4LM y T2LM con 0,7 y 0,61 p.100 presentaron los valores más altos ($p < 0,05$), mientras los tratamientos T0LM y T0L0 con 0,4 y 0,45 p.100 respectivamente fueron los más bajos. Se encontró un efecto positivo tanto del sistema de labranza mínima como de los niveles de fertilización, evidenciando la interacción entre estos dos factores, tal vez, la aireación del perfil superficial aunado a la incorporación del abono mediante la labranza incrementaron la actividad microbiana responsable de las funciones de nitrificación, adicionalmente el nitrógeno presente en el horizonte superior normalmente es de origen orgánico, razón por la cual los procesos de acumulación del nitrógeno están íntimamente relacionados con la acumulación de materia orgánica (Mader *et al.*, 2002).

Fósforo disponible. Se hallaron diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización e interacción. Los mayores niveles de fósforo ($p < 0,05$), se obtuvieron en los tratamientos T4LM, T5LM y T1LM con 14, 12 y 11,9 ppm respectivamente, en tanto que el menor valor se encontró en el T3LM con 3,8 ppm.

Posiblemente, los mayores niveles de fósforo obtenidos se deben al fósforo residual que aún no ha sido utilizado por la planta, quizá por encontrarse en un proceso de mineralización o inmovilizado por los microorganismos en el suelo, lo que hace que la fracción solu-

ble del suelo disponga de este elemento en cantidades relativamente altas y sea tomado por la raíz en forma lenta (Dibb, 2002). No obstante, los niveles de fósforo observados en T2LM y T3LM sugieren que la combinación de las fuentes orgánica y mineral incorporadas al suelo mediante la labranza producen un efecto complementario que favorece la extracción de este elemento por parte de la planta (Mader *et al.*, 2002).

Potasio de cambio. Se encontraron diferencias ($p < 0,01$) para los sistemas de labranza, niveles de fertilización y la interacción. Los tratamientos T2L0 y T1L0 presentaron los mayores valores ($p < 0,05$), con 4,6 meq/100 g para cada uno, mientras que el menor valor se obtuvo en el tratamiento T2LM con 2 meq/100 g.

Las concentraciones más bajas de potasio observadas en el sistema de labranza mínima, evidencian que la disturbación del horizonte agrícola favorece la mineralización de este elemento y por ende su extracción por la planta.

Nitratos. Se observaron diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización e interacción. Se encontró un evidente incremento en la concentración de nitratos cuando se realizó disturbación de la rizosfera especialmente en T2LM, T4LM y T5LM con 126,9 y 82,6 ppm respectivamente ($p < 0,05$). Los tratamientos sin labranza presentaron valores mínimos menores a 2 ppm.

El significativo incremento de los nitratos en el lote laboreado puede explicarse bajo dos puntos de vista: Tandom y Dar citados por Jurado y Jurado (1977) afirman que un suelo

Tabla III. Física de suelo bajo diferentes labores culturales. (Soil physics under different tillage).

Tratamientos	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad (p.100)	Capacidad de campo (p.100)
T0L0	0,82 ^a	2,07 ^a	62,4 ^e	50,59 ^b
T1L0	0,77 ^c	2,05 ^a	63,8 ^{de}	51,08 ^b
T2L0	0,76 ^d	2,05 ^a	63,29 ^{de}	48,3 ^b
T3L0	0,79 ^b	2,05 ^a	64,49 ^{ode}	49,53 ^b
T4L0	0,76 ^d	2,23 ^a	66,82 ^b	50,12 ^b
T5L0	0,75 ^e	2,19 ^a	63,79 ^{de}	44,4 ^c
T0LM	0,74 ^f	2,1 ^a	64,86 ^{od}	51 ^b
T1LM	0,7 ^f	2,1 ^a	70 ^a	60,19 ^a
T2LM	0,62 ^k	2,16 ^a	64,72 ^{od}	47,5 ^{bc}
T3LM	0,73 ⁱ	2,3 ^a	64,35 ^{de}	61,48 ^a
T4LM	0,74 ^f	2,33 ^a	67,51 ^b	48,81 ^b
T5LM	0,74 ^f	2,00 ^a	66,38 ^{bc}	57,43 ^a

^{abodeghij} Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (p<0,05).

con la superficie expuesta a la luz del sol, puede acumular nitratos por medio de un proceso de fotonitrificación muy complejo.

Por otra parte según (Burbano, 1989), la acumulación de nitratos se atribuye esencialmente a los factores estacionales de precipitación y humedad del suelo, además de la actividad nitrificante de las bacterias responsables de estas funciones; teoría que satisface más el comportamiento observado en esta investigación ya que el análisis microbiológico de suelos corrobora el aumento de la actividad nitrificante estimulada por la aireación del perfil superficial e incorporación de materia orgánica al mismo.

Materia orgánica. Se observaron diferencias (p<0,05) para la interacción. Los sistemas de labranza y niveles de fertilización no las presentaron.

Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (p<0,05), co-

rrespondiendo los mayores promedios a los tratamientos T1LM, y T2LM con 22 y 17 p.100 respectivamente. El tratamiento T0L0 obtuvo el menor promedio con 10,57 p.100.

Los valores observados en T1LM y T2LM posiblemente se deben a las cantidades de estiércol aplicadas, sin embargo, no se observó resultados similares en los tratamientos 1 y 2 sin labranza, debido quizá a que la forma de aplicación y el fieltro superficial del césped dificultó su incorporación al suelo, adicionalmente, en el bloque bajo labranza mínima el pase del arado quizá incorporó material vegetal como raíces y estolones (Dibb, 2002).

VARIABLES FÍSICAS

La discusión de este acápite se abordará con base en los resultados que se presentan en la **tabla III**.

Densidad aparente. Se observó que existen diferencias altamente sig-

LABOREO REDUCIDO Y ABONADO ORGÁNICO-MINERAL EN PRADERA DE KIKUYO

nificativas ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización y la interacción (**tabla IV**).

Los menores promedios ($p < 0,05$), se obtuvieron en los tratamientos T1LM y T3LM con 0,7 y 0,73 g/cm³ respectivamente, el mayor valor se encontró en el T0L0 con 0,82 g/cm³. Los menores valores de densidad observados en el bloque bajo labranza mínima, posiblemente obedecen a que la remoción de la capa superficial permitió una reorganización de los poros incrementando la presencia de oxígeno y el volumen del suelo en función de los implementos y presión de laboreo de las tierras (Grillo y Camero, 1981).

Se observó también un efecto favorable en esta variable al incorporar materia orgánica al suelo, posiblemente la interacción positiva entre sistemas de labranza y fertilización, mejoró la distribución de los agregados del suelo al entrar en contacto directo con el estiércol aplicado (Castro, 1990).

Densidad real. Se observó que no existen diferencias estadísticas para las fuentes de variación. Se puede afirmar que los valores encontrados en

este trabajo se encuentran en un término medio debido a la estructura franco arenosa que presentó el suelo en estudio con distribución equilibrada entre material mineral y orgánico. El suministro de estiércol ni la labranza, incidieron significativamente sobre esta variable.

Porosidad. Se encontraron diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización e interacción. El tratamiento T1LM fue significativamente mayor ($p < 0,05$) a los demás, presentando un promedio de 70 p.100, en tanto que el valor más bajo se obtuvo en el T0L0 con 62,4 p.100.

En líneas generales se observó que los lotes donde se realizó labranza mínima presentaron mayores porcentajes de porosidad total, además el tratamiento T1LM, corrobora la interacción labranza por fertilización ya que el estiércol adicionado a este tratamiento posiblemente fue bien incorporado al suelo a través de su aplicación en fresco, lo cual aumentó la porosidad total del suelo al incrementar el espacio ocupado por macro y micro poros (Castro, 1990).

Tabla IV. Cuadrados medios para variables físicas. (Square means for physics characteristics).

Fuentes de variación	GL	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad total	Capacidad de campo
Labranza (factor A)	1	0,036**	0,03NS	43,75**	262,27NS
Tratamientos (factor B)	5	0,005**	0,037NS	13,518**	60,99*
Interacción (Ax B)	5	0,003**	0,031NS	7,37**	66,97*
Error	20	0,0004	0,007	1,192	2,135
Total	31	0,045	0,107	65,84	392,38
Coeficiente de variación		1,9	6,62	2,17	2,74

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; NS= No significativo.

Capacidad de Campo. Se hallaron diferencias ($p < 0,05$) para los tratamientos y la interacción, los sistemas de labranza no presentaron diferencias. Los tratamientos T3LM y T1LM presentaron los mayores promedios ($p < 0,05$) con 61,48 y 60,19 p.100 respectivamente, en tanto que el menor valor se obtuvo en el T5L0 con 44,4 p.100.

Los mayores valores encontrados en los tratamientos T3LM y T1LM se atribuyen a la capacidad de la materia orgánica de absorber y retener humedad, lo cual incrementó la capacidad de campo debido a un mayor espacio poroso el cual en su momento fue ocupado por el agua (Benítez *et al.*, 1983). Por otra parte, la labranza mínima posiblemente influyó sobre esta

variable, ya que la disturbación de la rizosfera ocasionó un reordenamiento de los poros y esponjamiento de la capa superficial del suelo incrementando el espacio entre los agregados disponible para albergar agua (Castro, 1990).

Textura. Todas las parcelas y subparcelas del experimento se clasificaron en un grado textural francoarenoso tanto en el análisis inicial como en el final, significando con esto que ni la fertilización ni la labranza pudieron modificarla.

Al respecto Baver (1973) sostiene que la textura de un suelo es difícilmente modificable mediante labores culturales, aunque la adición de materiales orgánicos y enmiendas calizas pueden alterar en bajo grado esta pro-

Tabla VI. Población microbiana de suelo bajo diferentes labores culturales (*microorganismos/g/suelo seco*). (Microbial soil population under different tillage).

	Bacterias totales ($\times 10^9$)	Bacterias nitrificantes ($\times 10^3$)	Bacterias desnitrificantes	BSP ($\times 10^3$)	Hongos ($\times 10^7$)	Actino- micetos ($\times 10^{10}$)
Tratamientos						
T0L0	9,9 ⁱ	35 ^c	1250 ^g	605 ⁱ	6,22 ^a	1,80 ^b
T1L0	19 ^j	67,5 ^b	3750 ^e	2880 ^c	5,71 ^a	2,60 ^b
T2L0	15,9 ^k	13,5 ^c	2000 ^f	1060 ^j	7,31 ^a	3,67 ^a
T3L0	20,6 ^g	14,7 ^c	1250 ^g	1210 ^h	10,1 ^a	3,8 ^a
T4L0	34,4 ^d	8,7 ^c	1250 ^g	1370 ^g	6,8 ^a	1,85 ^b
T5L0	22,0 ^f	74,7 ^b	12500 ^b	1420 ^f	6,25 ^a	1,80 ^b
T0LM	17,3 ^j	24,4 ^c	1500 ^g	733 ^k	9,76 ^a	8,43 ^b
T1LM	47,0 ^a	110,0 ^a	1250 ^g	5741 ^a	8,01 ^a	6,90 ^b
T2LM	33,3 ^e	82,5 ^b	1250 ^g	1692 ^d	14,5 ^a	3,92 ^a
T3LM	44,0 ^b	217,5 ^a	21760 ^a	3630 ^b	6,19 ^a	4,36 ^a
T4LM	20,5 ^f	163,2 ^a	5539 ^d	904 ^l	7,83 ^a	3,79 ^a
T5LM	41,3 ^c	140,0 ^a	12500 ^b	1501 ^e	9,29 ^a	2,88 ^a

^{abodefghijkl} Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

BSP= Bacterias solubilizadoras de fósforo.

LABOREO REDUCIDO Y ABONADO ORGÁNICO-MINERAL EN PRADERA DE KIKUYO

riedad a lo largo de varios años de constante aplicación.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La **tabla V** resume los resultados de este acápite que se discutirán a continuación.

Bacterias totales. Se observó diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización y la interacción de las anteriores. Todos los tratamientos fueron diferentes estadísticamente, ($p < 0,05$) (**tabla VI**), las poblaciones más altas se encontraron en los tratamientos T1LM con $4,7 \times 10^9$, seguido del T3LM con $4,4 \times 10^9$ microorganismos/gramo de suelo seco (mo/g/ss). Las poblaciones más bajas se obtuvieron en el tratamiento T0L0, con $9,9 \times 10^8$ mo/g/s.s.

Las mayores poblaciones bacteriales encontradas en los tratamientos T1LM y T3LM, posiblemente se deben a la materia orgánica incorporada

en la rizosfera y su aporte nutritivo para la microbiota del suelo que aumentaron el volumen de la población zimógena, especialmente de aquellas bacterias de naturaleza heterotróficas y quimioheterotróficas, las cuales emplean carbono para su síntesis celular (Barbosa y Posada 1994).

Los conteos bacteriales en el T0L0, fueron estadísticamente menores ($p < 0,05$), a los demás tratamientos, posiblemente este presentó condiciones menos favorables para los microorganismos especialmente por deficiencia en nutrientes y poca aireación. La población encontrada en este tratamiento pudo incluir microorganismos nativos adaptados a estas condiciones, quienes obtienen su energía a partir de tejido radicular muerto y bacterias autótrofas que dependen de compuestos inorgánicos como fuentes energéticas (Orozco, 1990).

Bacterias nitrificantes. Se obser-

Tabla VI. Cuadrados medios para variables microbiológicas. (Square means for microbial population).

Fuentes de variación	GL	Bacterias totales	Bacterias nitrificantes	BDN	Actinomicetos	Hongos	BSP
Labranza (factor A)	1	1,664E+19**	6,854E+10**	1,188E+8**	4,365E+15NS	2,346E+19NS	4,004E+12NS
Tratamientos (factor B)	5	3,245E+18**	6,860E+9**	1,566E+8**	1,214E+15**	7,516E+20NS	1,036E+13
Interacción (AXB)	5	3,433E+18**	9,078E+9**	1,100E+8**	1,969E+15**	2,913E+20NS	2,808E+12
Error	20	2,061E+17	1,712E-1	3,322E+7	7,167E+14	2,082E+20	3,090E+12
Total	31	2,3527E+19	8,45E+10	4,19E+8	8,2651E+15	1,27456E+21	2,42644E+13
Coefficiente de variación		20,78	17,82	2,58	17,33	23,02	18,96

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; NS= No significativo.

BSP= Bacterias solubilizadoras de fósforo; BDN= Bacterias desnitrificantes.

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 209, p. 47.

varon diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización y su interacción. Los tratamientos bajo labranza exceptuando el testigo, fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a aquellos sin labranza. Se observó un marcado efecto de la labranza y niveles de fertilización sobre esta variable, la interacción positiva ($p < 0,01$) entre estos dos factores, evidencia un incremento en la población nitrificadora debido a los beneficios aportados por la aireación superficial y la incorporación de la materia orgánica al horizonte agrícola ya mencionados.

Por otra parte, la mayor acumulación de nitratos encontrada en el suelo bajo labranza mínima, corrobora una mayor actividad nitrificante bajo este sistema; sin embargo, su extracción y traslocación a los tejidos foliares no fue relevante ya que se encontraron valores mínimos; posiblemente debido a que las condiciones climáticas en especial precipitación no propiciaron desbalances en la tasa de asimilación de estos compuestos Orozco (1990).

Bacterias desnitrificantes. Se observaron diferencias ($p < 0,01$) para sistemas de labranza, niveles de fertilización y la interacción. Los mayores valores ($p < 0,05$), se observaron en los tratamientos T3LM ($2,1 \times 10^4$), seguido del T5L0 ($1,2 \times 10^4$) y T5LM ($1,2 \times 10^4$ mo/g/s.s). La mayor cantidad encontrada en los tratamientos antes citados verifican una relación directa con la producción de nitratos reflejo de una mayor población de bacterias específicas para este fin. Según Mayea, Novo y Valiño (1982) esta relación está determinada en gran medida por la presencia de nitratos y materia orgánica

oxidable, ya que en su mayor parte las bacterias anaerobias y facultativas que hacen posible la desnitrificación son heterótrofas y la presencia de materia orgánica y nitratos favorecen estos procesos.

Bacterias solubilizadoras de fósforo. Se hallaron diferencias ($p < 0,01$) para niveles de fertilización e interacción, los sistemas de labranza no presentaron diferencias. Todos los tratamientos fueron diferentes estadísticamente, ($p < 0,05$) sobresaliendo el T1LM y T3LM con 5×10^6 y 3×10^6 mo/g/s.s respectivamente. Los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos testigo T0L0 y T0LM con 6×10^5 y 7×10^5 mo/g/s.s respectivamente.

Posiblemente la mayor población solubilizadora de fósforo obtenida en los tratamientos T1LM y T3LM obedece a la materia orgánica incorporada al suelo puesto que según Castro y Mejía (1999) los microorganismos responsables de la solubilización o mineralización del fósforo actúan primordialmente sobre el fósforo orgánico para luego transformarlo en inorgánico, considerando una relación directa con respecto al número de microorganismos y a la disponibilidad del sustrato orgánico en el suelo, lo cual ratifica también los conteos bajos obtenidos en los tratamientos sin fertilización.

Hongos. Las fuentes de variación no presentaron diferencias estadísticas, a pesar de esto, se pudo observar una tendencia a aumentar la población fúngica con la labranza del suelo debido a que estos microorganismos son predominantemente aerobios y usualmente se encuentran adheridos o cerca de la materia orgánica, ya que por

su naturaleza heterotrófica dependen de estas sustancias para la obtención de energía, razón por la cual la presencia de hongos está considerablemente limitada a la capa arable ya que es en este horizonte donde puede existir un abundante suministro de alimento aportado por la adición de fertilizantes, materia orgánica y material vegetal muerto. Otra posible razón por la cual los conteos no fueron estadísticamente diferentes es por que se ha encontrado que en los conteos en platos de dilución las colonias desarrolladas mayoritariamente se derivan de esporas inactivas, puesto que los hongos tienen la capacidad de entrar en letargo, condición típica que se presenta cuando encuentran condiciones adversas, pudiéndose encontrar microorganismos inactivos pero viables por décadas (Burbano, 1989).

Actinomicetos. Se encontraron diferencias ($p < 0,01$) para niveles de fertilización e interacción. Los sistemas de labranza no las presentaron. La mayor población ($p < 0,05$) incluyó predominantemente los tratamientos bajo labranza mínima, como son el T3LM, T2LM, T4LM, y T5LM con poblaciones de $4,36 \times 10^{10}$, $3,9 \times 10^{10}$, $3,7 \times 10^{10}$ y $2,8 \times 10^{10}$ mo/g/s.s respectivamente, mientras que de los tratamientos sin labranza solamente se incluyó al T3L0 ($3,8 \times 10^{10}$) y T2L0 ($3,6 \times 10^{10}$) mo/g/s.s respectivamente.

Se observó una aparente influencia sobre la población de actinomicetos cuando se realizó aireación del sistema radicular, lo cual es explicable teniendo en cuenta la naturaleza aerobia de estos microorganismos y su dependencia de la materia orgánica para obtener

energía. Se han encontrado poblaciones mayores en sitios con alto contenido de material carbonáceo y humus que en hábitats pobres en materia orgánica según afirma Burbano (1989) lo cual corrobora las poblaciones bajas obtenidas en las parcelas sin fertilización.

Por otra parte, la población de actinomicetos obtenida en esta investigación, supera la de bacterias totales, lo cual posiblemente se debe a que los actinomicetos constituyen un grupo de organismos que morfológica y fisiológicamente forman taxonómicamente un puente entre las bacterias y hongos, por tal razón la cuantificación de su volumen poblacional puede en algunos casos superar en número a las bacterias (Orozco, 1990).

Número de lombrices. Al realizar los muestreos tanto al inicio como al final del periodo experimental, no se encontró la presencia de lombrices; a pesar de que las propiedades fisicoquímicas del suelo tales como materia orgánica, pH y densidad aparente no fueron limitantes; estas no se encontraron en ninguno de los lotes evaluados. Las razones de estos resultados pueden explicarse con base en que tanto el muestreo inicial como al final coincidieron con épocas críticas de humedad y temperatura para la presencia de estos organismos.

Al respecto Chamorro (1981) manifiesta que uno de los factores de mayor influencia en la presencia de la lombriz de tierra es la humedad, ya que tanto el exceso como el déficit pueden alterar negativamente las condiciones óptimas de su hábitat el cual debe estar cerca de la capacidad de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, C. e I. Posada. 1994. Comparación cualitativa y cuantitativa entre el compost y lombricompost de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) y clavel (*Dianthus caryophyllus*). Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia. 141 p.
- Baver, L.D. Física de suelos. Hispanoamericana. México. 1973. 529 p.
- Benítez, C., A. Delgado, A. Elías, R. García, R. Herrera, R. Martínez, J. Michelena, E. Muñoz, R. Ortiz, F. Pérez-Infante, R. Ruiz, A. Serna y J. Ugarte. 1983. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. Pueblo y educación. La Habana. Cuba. 676 p.
- Burbano, H. 1989. El suelo: Una visión sobre sus componentes biogénicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 447 p.
- Castro, J. 1989. Influencia del grado de disturbación del suelo y efecto fisiológico de un herbicida de contacto en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Tesis de Zootecnia. Facultad de Zootecnia. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 135 p.
- Chamorro, H. 1981. Correlación entre la población de lombriz de tierra y las características físico-químicas de tres suelos seleccionados de la sabana de Bogotá. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Programa de estudios para graduados en ciencias agrícolas. Universidad Nacional. ICA. Bogotá, Colombia. 87 p.
- Crespo, G. 1990. Estiércol líquido vacuno para la producción de pastos. Pueblo y educación. La Habana. Cuba. 33 p.
- Demolon, A. 1995. Dinámica del suelo. 5ª edición. Edición Revolucionaria. La Habana. Cuba. 521 p.
- Dibb, D. 2000. Nutrientes inorgánicos y orgánicos: Cuál es la diferencia?. En: Investigaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo (IMPOFOS), Canadá. Nº 48. 1-3.
- Fuentes, S. 1994. Respuesta del pasto aubade (*Lolium* sp.) a la aplicación de B, Ca y Zn en un suelo del altiplano de Tuquerres (Nariño). Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 84 p.
- Grillo, L. y M. Camero. 1981. Efecto de tres sistemas de labranza sobre poblaciones de malezas y condiciones físicas del suelo en cuatro hortalizas de trasplante. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. 87 p.
- IGAC. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1995. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 6ª edición. Subdivisión Agrológica. Bogotá, Colombia 502 p.
- Jurado, O. y R. Jurado. 1977. Variaciones estacionales de algunas propiedades físicas y químicas de dos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 66 p.
- Mayea, S., R. Novo y A. Valiño. 1982. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. Pueblo y educación. La Habana. Cuba. 187 p.
- Mader, P., A. Fliebbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296: 1694-1697.
- Orozco, H. 1990. Los microorganismos y su relación con la fertilidad y fertilización del suelo. Ed. Colanta. Medellín. Colombia. p: 63-82.

Recibido: 6-5-03. Aceptado: 13-7-05.

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 209, p. 50.