

# Evaluación del efecto de la intensidad de labranza en la formación de costra superficial de un oxisol de sabana en los Llanos Orientales de Colombia:

## I. Caracterización química y textural en superficie

### Evaluation of harrowing intensity on surface crusting on an oxisol of the eastern plains of Colombia: I. Chemical and textural characterization in soil surface

Jesús H. Galvis,<sup>1</sup> Edgar Amézquita,<sup>2</sup> Edgar Madero M.<sup>3</sup>

<sup>1-2</sup>Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali-Palmira. j.h.Galvis@cgiar.org <sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. eemaderom@unal.edu.co

REC.: 24-10-07 ACCEPT.: 02-11-07

#### RESUMEN

Se planteó un ensayo de campo para evaluar los efectos acumulados de la fertilización y la labranza en el cultivo de maíz y en pastos sin carga animal. Se evaluaron cambios en parámetros químicos y físicos del suelo en el primer centímetro de suelo de parcelas que se establecieron en 1995 en la finca Matazol, ubicada al este de Puerto López – Meta, Colombia. Al cabo de ocho años, los resultados indicaron que el sistema de maíz mejoró significativamente la fertilidad de la sabana, pero empeoró parámetros estabilizadores del suelo como materia orgánica, Fe-orgánico y limo fino, y estos efectos se pronunciaron con la intensidad de la labranza. El sistema de pastos mejorados incrementó significativamente la materia orgánica y el pH del suelo, pero con tendencia a disminuir con la labranza. Estos resultados puntualizan la necesidad de considerar una fase de pastos en rotación para mejorar el manejo de la tierra y la sostenibilidad de la producción agrícola.

**Palabras claves:** Orinoquia; labranza; fertilidad

#### ABSTRACT

A field trial was conducted to evaluate the cumulative effects of fertilization and tilling on corn crop and introduced pasture under no grazing. Changes in soil physical and chemical parameters were evaluated in the first centimeter depth of top soil of field plots that were established in 1995 in Matazol farm located at the east of Puerto Lopez, Meta, Colombia. After eight years of establishment, results showed that corn system significantly improved soil fertility of savanna but soil stabilizer parameters such as organic matter, organic-Fe and fine silt were negatively affected. These effects were more pronounced with harrowing intensity. The system of improved pastures significantly increased soil organic matter and pH but with a tendency to decrease with tilling. These results point out the need for improved pasture phase in the rotation for sustainable land management and agricultural productivity.

**Key words:** Orinoquia; tilling; soil fertility

#### INTRODUCCIÓN

Estudios de campo realizados por Amézquita *et al.* (2003) indican que la mayoría de los suelos de los Llanos Orientales de Colombia poseen un alto grado de evolución, con arcillas de baja actividad química, pobre retención de bases y baja disponibilidad de nutrientes, y denotan alta capacidad búffer. El humus que se logra acumular en estas condiciones ambientales de pérdida es de carácter ácido, y en las sabanas nativas y los bos

ques de galería puede acercarse al 5%. Es decir, se trata de terrenos frágiles, con poco soporte para sistemas agropecuarios intensos.

Estos estudios muestran que ha habido degradación ambiental en aspectos como la erosión de los suelos y pérdida de diversidad de algunas especies nativas, como resultado del uso intensivo de los recursos y la implantación de prácticas agrícolas no apropiadas de preparación y manejo de suelos y aguas.

Para dar respuesta a interrogantes generados en ensayos anteriores, en los cuales las producciones de sistemas tradicionales de cultivo y ganadería no fueron sostenibles en el tiempo, la unidad de suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1995 inició un ensayo denominado “Yield decline” (caída de rendimientos) en la hacienda Matazul, municipio de Puerto López – Meta, para entender las causas y dinámica de la insostenibilidad de la agricultura en los Llanos Orientales.

También se quiso confirmar si los procesos de degradación de estos suelos están ligados a la intensidad de labranza, principalmente por el número de pases de rastra que se aplican sobre un terreno a través del tiempo, al debilitar la estructura, sellar la superficie y formar una costra que afectará las características físicas, químicas y biológicas del perfil del suelo, de acuerdo con lo reportado por Arias *et al.* (2001) para suelos de esta misma región.

La presente investigación buscó estudiar, de una parte, dos componentes claves de la matriz del suelo para ayudar a interpretar las características físicas y la eficiencia del manejo del suelo: los contenidos de Fe-libre y Fe-orgánico y, de otra parte, el grado de fertilidad que se puede obtener al cabo de 8 años de mejoramiento químico del suelo a partir de dos sistemas agropecuarios de relativa intensidad: maíz tradicional y pastos mejorados, en ensayos de “caída de rendimientos” (“Yield decline”).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la finca Matazul, localizada a 40 km al oriente del municipio de Puerto López, en el departamento del Meta, localizada a 4° 5' de Latitud Norte y 72° 58' de Longitud Oeste, a una altura de 160 m.s.n.m. La precipitación media anual de la finca es de 2.251mm, La temperatura media anual es de 26°C. El suelo de la finca Matazul se clasifica como Typic Haplustox Isohipertérmico Caolínico, con pH extremadamente ácido (4.5-5.0), baja disponibilidad de bases totales (0.3 cmol/kg), bajos contenidos de P (2.6 mg/kg) y bajo porcentaje de materia orgánica (3.5%) de 0-15 cm de profundidad. Estos suelos se caracterizan por los altos contenidos de sesquióxidos de hierro y aluminio; este último alcanza concentraciones probablemente tóxicas para la mayoría de cultivos.

En 1995 se seleccionó un suelo de textura franco-arcillo-arenoso (52, 18 y 30% de arena, limo y arcilla, respectivamente) con pendiente del 5%, altamente representativa de las condiciones de la zona. Con un diseño en franjas se asignaron tres intensidades anuales

de labranza con rastra de disco: 2, 4 y 8 pases con cinco repeticiones de campo, con tamaños de faja de 20 m de ancho x 54 m de largo para las repeticiones 1 a 4 y de 30 m x 54 m para la repetición 5.

Anualmente se aplicó cal (1.5 t / ha), superfosfato triple (250 kg / ha), cloruro de potasio (200 kg / ha), Urea (178 kg / ha) y sulfato de zinc (22 kg / ha). Cada año, para el arroz y el maíz la cal dolomita se aplicó a comienzos de abril, un mes antes de la siembra y se incorporó con rastra de discos. La totalidad del fósforo, el zinc, el boro y 1/3 del potasio se aplicó al momento de la siembra al fondo del surco del cultivo, la cantidad de potasio restante y la urea se aplicaron al voleo durante el ciclo del cultivo, a los 30 y 60 días de edad. La siembra de los cultivos se realiza sólo en el primer semestre de cada año (no hay rotaciones), y se utiliza una máquina sembradora de surcos, espaciados 17 cm para el arroz y 75 cm para el maíz. El pasto llanero se sembró al voleo en forma manual. Las densidades de siembra fueron 90, 20 y 3 kg/ha de arroz, maíz y pasto llanero respectivamente.

Durante el período 1995-1996 se sembró toda el área en arroz monocultivo, variedad Oryzica Sabana 6. A partir de 1997 se dividió en dos el área de cada faja, continuando con la siembra de arroz monocultivo en una de ellas y la otra mitad se sembró en *Bracharia dictyoneura*. En 1998, con intensidades de rastra acumuladas de 6, 12 y 24 pases por tratamiento, se implantaron, en las repeticiones 1 a 4, cuatro tratamientos de recuperación de estructura del suelo: No-labranza, labranza con dos pases de cincel rígido + un pase de pulidor, siembra de abonos verdes y siembra de cultivos de raíces profundas, establecidos los dos últimos tratamientos con dos pases de rastra. Se sembraron los cultivos de arroz y maíz en cada uno de los dos primeros tratamientos y Caupí y Crotalaria en los tratamientos 3 y 4, respectivamente.

Se tomaron seis muestras de suelo en parcelas de 15 m x 54 m a una profundidad de 1 cm, siguiendo una trayectoria en zigzag en cada tratamiento. Los puntos de muestreo dentro de cada parcela se georreferenciaron. Esta investigación se realizó en sistemas con labranzas de 2, 4 y 8 pases de rastra en dos sistemas: maíz y lotes de *B. dictyoneura* sin pastoreo, y se compararon con ecosistemas de sabana nativa y bosque de galería. Los muestreos se realizaron al cabo de 8 años del establecimiento de los sistemas; en maíz se hizo 25 días después de la cosecha; en este cultivo las labranzas sucesivas acumularon 16, 32 y 64 pases.

El pH se determinó utilizando el potenciómetro (Mosquera y García, 2004); los sesquióxidos de Fe y Al

se determinaron según la metodología de Ross y Wang (1993) y Van Reeuwijk (1992); la materia orgánica se realizó con el protocolo de oxidación húmeda (Walkley and Black, 1934) donde la concentración de carbono se estimó por colorimetría a una longitud de onda de 620nm, obteniendo el porcentaje de carbono orgánico, y posteriormente se calculó el porcentaje de materia orgánica multiplicando por un factor de conversión (%C x 1.724). Los nutrimentos se determinaron siguiendo las metodologías fundamentadas en McKean (1993).

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.12. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de los pases de rastra sobre la formación del sello del suelo y, utilizando la prueba de comparación de medias de Duncan, su efecto sobre las propiedades físicas y químicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH y MO

Analizando la reacción del suelo, la cual representa la disponibilidad inmediata de bases, evidentemente se notó la influencia de la adecuación del suelo para introducir maíz y pastos, debido a un incremento significativo del pH frente a sabana y bosque nativos; si bien este incremento del pH indica mayor capacidad para retener nutrimentos contra el lavado, también señala un aumento relativo de la inestabilidad física de las arcillas (Quirk, 1994). El incremento de la intensidad de la labranza produjo una ligera y poco consistente tendencia a disminuir este parámetro (Tabla 1).

La materia orgánica, representativa de la reserva de bases a largo plazo e indicadora de la capacidad de la matriz del suelo para mantener y mejorar la estabilidad física, mostró niveles relativamente altos en todas las parcelas y enriquecimiento significativo con pastos que le pueden significar mayor resistencia a la acción de la intemperie y a la acción mecánica (Arias *et al.* 2001), a diferencia del sistema de maíz cuyos contenidos se asimilaron a los de la sabana nativa. Los incrementos en la intensidad de labranza hicieron menos notorio este efecto en el caso de pastos, ya que solamente se labró una vez en ocho años, y con maíz agotaron parte importante de las reservas superficiales.

### Fe- orgánico

Por ser un agente aglutinante por excelencia, los valores, significativamente menores bajo maíz y dos tratamientos de pastos, pueden llegar a influir en un decrecimiento de la estabilidad física superficial a los esfuerzos mecánicos comparado con la sabana (Arias *et al.*, 2001); es posible creer que en parte se acumula a partir del Fe-libre, afectado por el incremento en la intensidad de la labranza especialmente en maíz, donde se realizó antes de cada siembra (Tabla 1).

### Textura

Con los sistemas de maíz y pastos los suelos se hicieron menos arenosos y más limosos frente a sabana. Hubo aumentos generales de limo fino bajo maíz, y de limo grueso bajo pastos que podrían facilitar la erosión hídrica. El cambio en la distribución de estas partículas

Tabla 1. Algunas características físico-químicas

Tratamiento	pH	Fe-L Mg-kg	Fe-Org Mg/kg	Arcilla %	Limo fino %	Limo grueso %	Limo total %	Arena %	M.O. %
Maíz 2 pases	5.03 b	18082 a	1561 b	22.2 b	21.7 a	13.8 c	35.6 a	42.2 c	3.8 c
Maíz 4 pases	5.64 a	16897 a	1376 c	25.5 a	21.9 a	13.2 c	35.1 a	39.2 d	3.3 d
Maíz 8 pases	4.81 c	16293 a	1536 c	25.4 a	20.6 a	16.1 b	36.8 a	37.8 d	3.3 d
Pastos 2 pases	5.58 a	16235 a	1245 c	24.5 a	19.2 b	18.1 b	37.3 a	38.1 d	4.9 a
Pastos 4 pases	5.08 b	16227 a	2044 a	26.4 a	14.6 c	20.1 a	34.7 a	38.8 d	4.0 b
Pastos 8 pases	4.80 c	16379 a	1553 b	24.2 a	16.6 b	16.2 b	32.9 a	42.8 c	4.0 b
Sabana nativa	3.99 d	14317 b	2023 a	26.8 a	14.9 c	10.2 d	25.1 b	48.0 b	3.8 c
Bosque	4.20 d	13044 b	1196 d	14.2 d	8.5 d	7.0 d	15.6 c	70.2 a	4.8 a
D.M.S.	0.2	1770	283	2.8	3.1	5	4.2	4.2	0.5
C.V.	2.76	6.34	10.31	6.9	10.3	19.9	7.6	5.4	7.36
Pr > F	<0001	0.001	<0001	<0001	<0001	<0014	<0001	<0001	<0001

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (P<0.05)

se debió posiblemente a la preparación del suelo, y puede ayudar a aumentar la susceptibilidad a la formación de costras y por ende a la erosión hídrica (Wischmeier y Smith, 1978), especialmente con el incremento en el número de pases de labranza y la periodicidad como se pudo constatar estadísticamente en los valores de arena con los tratamientos de maíz (Tabla 1).

**Nutrientos**

Como se esperaba hubo en general en el suelo incremento significativo en el contenido de nutrientes esenciales con maíz, a tal punto que este análisis puede corresponder al de un suelo fértil, seguido de lejos por pastos ya que la condición todavía es de escasez en general. Para elementos como Mg, Mn y Cu solo se

vieron incrementos significativos con maíz, aunque no en todos los tratamientos de labranza. Interesa destacar que al aumentar el número de pases de labranza, Ca, Mg y Zn se redujeron significativamente en los dos sistemas introducidos, y P incrementó en el caso de pastos.

Los resultados anteriores indican que en estos suelos el ciclo de los nutrimentos en el primer centímetro tiene gran porcentaje de pérdidas, de tal manera que para introducir en estas tierras especies con más exigencias nutricionales que las nativas y garantizar buena cobertura del suelo, se hace necesario, bien sea, reforzar semestralmente la fertilización, como se demostró con maíz, o bien, trabajar con pastizales mejorados, solos o en rotación (Tabla 2).

**Tabla 2. Contenido de nutrientes en el primer centímetro de profundidad**

Tratamiento	K	Ca Cmol/kg	Mg	P	B	Mn mg/kg	Cu	Zn
Maíz 2 pases	0.22 b	2.68 a	1.15 a	19.08 a	0.41 c	2.50 b	0.37 b	8.61 a
Maíz 4 pases	0.22 b	2.20 b	1.03 a	14.81 b	0.39 c	3.05 a	0.40 b	6.80 b
Maíz 8 pases	0.23 a	1.53 c	0.47 b	8.51 d	0.47 b	2.54 b	0.71 a	4.70 c
Pastos 2 pases	0.18 d	0.49 d	0.27 c	6.52 f	0.31 d	2.42 b	0.47 b	4.59 c
Pastos 4 pases	0.11 e	0.31 e	0.15 d	7.78 e	0.34 d	1.86 c	0.42 b	2.88 d
Pastos 8 pases	0.18 d	0.28 e	0.14 d	9.28 d	0.28 d	1.37 d	0.45 b	3.19 d
Sabana nativa	0.08 f	0.12 f	0.11 d	3.77 g	0.23 e	2.14 b	0.46 b	0.77 e
Bosque	0.19 c	0.37 e	0.32 c	11.73 c	0.72 a	0.81 e	0.32 b	1.07 e
<b>D.M.S.</b>	0.008	0.16	0.27	1.2	0.09	0.60	0.13	0.64
<b>C.V</b>	2.86	9.33	34.54	6.95	13.97	16.67	17.23	9.02
<b>Pr &gt;F</b>	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<.0001	0.0033	<0001

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (P<0.05)

**AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto de Suelos del CIAT que financió y apoyó académicamente la tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas de Jesús H. Galvis de donde se derivó la información para el presente artículo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Amézquita, E.; Hoyos, P.; Molina, D. L.; Chávez, L.; Galvis, J. H. 2003. Resultados de la investigación en suelos de la altillanura colombiana 1996 – 2002. CIAT. Ministerio de Agricultura (MADR) 46 p.
- Arias, D.; Madero, E.; Amézquita, E. 2001. Susceptibilidad al encostramiento en algunos suelos álicos colombianos. *Suelos Ecuatoriales*. 31.
- Mc Kean, S. 1993. Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Guía teórica y práctica de metodologías. CIAT. 103 p.
- Mosquera, O.; García, N. 2004. Manual de métodos de análisis CIAT.
- Quirk, J. P. 1994. Interparticle forces: A basis for the interpretation of soil physical behaviour. *Adv. Agron.* 53: 121-182.
- Rippstein, G.; Escobar, G.; Motta, F. 2001. Agroecología y Biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. CIRAD – CIAT.
- Ross, G.J.; Wang, C. 1993 Extractable Al, Fe, Mn and Si. M.R. In: Carter (ed.) Soil Sampling of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, pp. 239-246.
- Van Reeuwijk, L.P. 1992. Procedures for soil analysis. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen – Holanda. pp 11-1 a 12-8.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion: A guide to conservation planning USDA. Handbook No. 282.