

# **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.**

## **II. Caracterización física en superficie**

### **Evaluation of harrowing intensity on surface crusting on an oxisol of the eastern plains of Colombia. II. Physical 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](mailto:j.h.Galvis@cgiar.org) <sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. [eemaderom@unal.edu.co](mailto:eemaderom@unal.edu.co)

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

#### **RESUMEN**

La metodología presentada en este artículo permitió correlacionar el sellamiento del suelo y propiedades físicas como estabilidad estructural, velocidad de infiltración, suelo erosionado, escorrentía, resistencia normal y torsional, y distribución de agregados. Los resultados mostraron que los pastos mejorados después de ocho años de sembrados produjeron una respuesta relativamente positiva del suelo a la erosión y a los esfuerzos mecánicos. Pero la labranza y la fertilización periódicas que demandó la producción de maíz, aunque prepararon relativamente bien la cama de semillas y propiciaron un buen ambiente para el almacenamiento de humedad, permitieron un incremento de la erosión hídrica y un decrecimiento de la estabilidad de la estructura.

**Palabras claves:** Encostramiento del suelo; escorrentía; Orinoquia

#### **ABSTRACT**

The outlined methodology in this article allowed correlating soil sealing and soil physical properties as structural stability, infiltration velocity, soil loss erosion, run-off, normal and torsion resistance and aggregate distribution. The output showed that improved pastures after eight years of sowing produced a relatively positive response to soil erosion and mechanical strengths. But periodic farming and fertilization that are required for corn production although resulted in good seed bed preparation and created a good environment to store moisture, it allowed an increase of soil erosion and decrease of soil structure stability.

**Keywords:** Soil crusting; run-off.; Orinoquia.

#### **INTRODUCCIÓN**

Los Llanos Orientales de Colombia abarcan cerca de 26 millones de hectáreas, de los cuales 53% pertenecen a la Orinoquia bien drenada y el restante a la Orinoquia inundable. Los paisajes que comprende incluyen el piedemonte, planicie aluvial de los ríos orinoquenses y la altillanura con diferentes grados de disección. Estas áreas, al igual que extensas márgenes del bosque de galería (morichal), han sido tradicional-

mente utilizadas en sistemas de ganadería extensiva, con pasturas de baja calidad nutritiva y niveles muy bajos de productividad, situación que ha cambiado con la introducción de cultivos anuales y sistemas más modernos de producción animal.

Estudios realizados por Amézquita *et al.* (2003) en varios sectores de la Orinoquia colombiana a nivel de campo muestran aumento en la 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.

Arias *et al.* (2001) para muestras de suelo de Orinoquia y Amazonia concluyen que los contenidos de óxidos de hierro, aluminio y materia orgánica son una buena herramienta de predicción de la estabilidad física y erosionabilidad de estos suelos álicos.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto acumulativo de la intensidad de labranza sobre las propiedades físicas de la superficie de un Typic Hapludox franco fino isohipertérmico caolínico de sabana en los Llanos Orientales de Colombia, para determinar su estado actual.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La localización y el manejo del experimento se describió en el artículo anterior (Galvis *et al.*, 2007). En campo se hicieron las siguientes determinaciones a muestras del primer centímetro de suelo: Resistencia a la penetración medida utilizando el penetrómetro de cono especial para costras DIK 5560; la resistencia tangencial al corte se determinó con el torcómetro; la infiltración se determinó mediante la metodología de anillos concéntricos (Forsythe, 1980).

En laboratorio se evaluaron las siguientes propiedades físicas: en muestras sin alterar, humedad gravimétrica; conductividad hidráulica saturada método permeámetro de cabeza constante; curvas de retención de humedad, métodos, mesa de tensión, platos y ollas de presión.

Y en muestras alteradas: distribución de agregados en seco con shaker; estabilidad de agregados, métodos Yoder e impacto de gotas (Pla, 1986); textura método de la pipeta, y densidad real método del picnómetro.

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.12. Con un diseño de bloques completos al azar se corrió un ANDEVA con análisis de comparación de medias de Duncan a un nivel de probabilidad del 5%, con el fin de determinar el efecto de los pases de rastra sobre la formación del sello y sobre las propiedades físicas del suelo.

### RESULTADOS

La presente discusión se basó en los siguientes supuestos:

- Al discutir los resultados de resistencia normal y torsional, se adquirieron argumentos para interpretar el estado del lecho de semillas.
- Al discutir los resultados obtenidos a partir de una

lluvia inducida sobre suelo desnudo (lámina acumulada, tasa promedio de infiltración, sortividad, lámina de escorrentía y suelo erosionado) se visualizó el alcance de lluvias intensas sobre la superficie de suelo desnudo.

- Al discutir la relación obtenida de dividir humedad fácilmente aprovechable (CC – 2 bar) y humedad aprovechable (CC – 15 bar), se pudo interpretar el almacenamiento de humedad de fácil aprovechabilidad en la sección de suelo estudiada.
- Al discutir los resultados de estabilidad de agregados al agua, se tuvo una idea de la sensibilidad al estrés mecánico cuando se llevó la muestra del primer centímetro de suelo al límite.

Por último, a partir de la intencionalidad de este estudio de adaptar un suelo nativo de las sabanas de la Orinoquia colombiana a usos agropecuarios, con adiciones importantes de fertilizantes e intensidad de labranza, se calificó de la siguiente manera el estado final de las propiedades físicas en superficie, con el fin de ayudar a su interpretación.

### DISCUSIÓN

Bajo bosque, el estado físico en el primer centímetro prácticamente correspondió al de un suelo de muy buena condición, no obstante la textura arenosa y reacción fuertemente ácida (parte I), ya que éste presentó el siguiente equilibrio: de un lado, tuvo un lecho de semillas de baja resistencia normal o torsional, y una humedad fácilmente aprovechable (CC – 2bar) cercana al 80% de la humedad aprovechable (CC – 15bar); y de otro lado, baja resistencia al impacto de lluvias tropicales, y baja sensibilidad al estrés hídrico. Cualquier sistema de uso y manejo agropecuario que se introduzca en estas tierras deberá considerar para el éxito factores que asemejen este ambiente (Tablas 1 y 2).

La sabana nativa presentó un lecho de semillas de menor calidad, especialmente por la mayor resistencia torsional y disminuida estabilidad a los agentes erosivos, según la totalidad de los resultados con el simulador de lluvias, probablemente como consecuencia de haber presentado cobertura por matojos, que dejó áreas con poca o ninguna protección a la intemperie donde se ha almacenado relativamente menos humus y bases. No obstante mantuvo adecuada disponibilidad de humedad y baja sensibilidad a los esfuerzos hidromecánicos, lo cual estuvo en relación directa con el contenido significativamente alto de Fe-orgánico (parte I y Tablas 1 y 2).

De otra parte, la opción de introducir pastos mejorados con adecuación química en tres intensidades

Tabla 1. Promedio de algunas características físicas

Tratamientos	Resistencia		Lluvia inducida				Rel. humedades		Estabilidad	
	Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Torsional (k Pa)	Lám acum. (m m)	Tasa Infil. Media (mm/h)	Sortividad	Lám escorr (mm)	Suelo eros. (g)	CC -2bar) *100/(CC-15bar)	Agreg > 2 mm	DMPmm
Maíz										
2 pases	33.3 d	1.86 e	85.06 a	9.70 a	12.93 b	6.8 d	8.54 c	70.00 a	66.01 b	113 c
4 pases	10.58 e	7.09 e	18.05 b	2.10 b	3.89 c	15.3 b	14.65 b	67.50 b	29.74 d	1.13 c
8 pases	13.1 e	26.7 d	6.45 b	0.15 b	4.51 c	25.6 a	19.23 a	71.79 a	19.87 e	1.00 c
Pastos										
2 pases	48.48 c	58.11 c	14.25 b	1.10 b	4.12 c	1.1 e	1.22 d	57.25 c	84.72 a	5.56 a
4 pases	100 a	80.67 b	6.59 b	0.72 b	2.06 c	0.8 e	0.31 d	66.11 b	82.8 a	5.93 a
8 pases	68.13 b	95.33 a	6.45 b	0.63 b	2.11 c	0.6 e	0 d	66.05 b	79.8 a	5.73 a
Sabana nativa	13.9 e	67.67 c	15.15 b	1.60 b	4.83 c	11.4 c	8.13 c	64.90 b	79.33 a	4.6 b
Bosque natural	0.25 f	0.61 e	76.79 a	8.30 a	22.43 a	0 e	0 d	66.67 b	44.16 c	5.56 a

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes  $P \leq 0.05$

Tabla 2. Calificación cualitativa de los resultados físicos

Tratamientos	Resistencia		Lluvia inducida				Rel. humedades		Estabilidad	
	Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	Torsional (k Pa)	Lám acum. (m m)	Tasa Infil. Media (mm/h)	Sortividad	Lám escorr (mm)	Suelo eros. (g)	CC -2bar) *100/(CC-15bar)	Agreg > 2 mm	DMPmm
Maíz										
2 pases	A	A	A	A	A	I	I	A	A	I
4 pases	A	A	P	I	P	I	I	A	I	I
8 pases	A	A	P	P	I	I	I	A	I	I
Pastos										
2 pases	P	P	I	I	I	A	A	I	A	A
4 pases	P	P	P	P	P	A	A	A	A	A
8 pases	P	P	P	P	P	A	A	A	A	A
Sabana nativa	A	P	I	I	I	I	I	A	A	A
Bosque natural	A	A	A	A	A	A	A	A	I	A

A: adecuado

I: insuficiente

P: pésimo

de labranza al momento de la siembra, por un lado endureció la cama de semillas frente a sabana, posible mente por tratarse de una especie mejorada de mayor demanda transpirativa, pero por otro, el incremento de la cobertura y el mayor contenido de humus, nutrimentos en general y Fe-orgánico sobre sabana, produjeron una respuesta positiva y significativa del suelo en lo referente a la resistencia a los agentes erosivos y a los esfuerzos mecánicos, corroborando lo encontrado por Arias *et al.* en 2001, así como una mejora significativa de la humedad de fácil aprovechamiento en superficie con cuatro o más pases de labranza al momento de la siembra (parte I, Tablas 1 y 2). En este sentido vale resaltar que el incremento de limo grueso reportado para estos tratamientos (parte I) no sensibilizó el suelo

a la erosión hídrica como se esperaba (Wischmeier y Smith, 1978).

Finalmente, la labranza y la fertilización periódicas que demandó la introducción de maíz, evidentemente se adaptaron relativamente mejor la cama de semillas y propiciaron buen ambiente para el almacenamiento de humedad frente a pastos, en parte debido al contenido superior de nutrimentos, pero el suelo quedó tan desprotegido y susceptible por los contenidos relativamente altos de limo fino y bajos de humus, que la erosión hizo curso y la estabilidad del suelo fue inferior con relación a los demás sistemas, muy de acuerdo con los resultados de Arias *et al.* en 2001. En este punto se puede señalar que el aumento de cargas negativas propiciado por el encalamiento sucesivo también pudo contribuir con este

deterioro (Quirk, 1994). Al respecto, los tratamientos de tráfico periódico de maquinaria demostraron que es más recomendable baja intensidad de labranza (parte I y Tablas 1 y 2).

### 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

1. Amézquita E. 1998. Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. Trabajo presentado en el taller sobre "Encuentro nacional de labranza". ISBN: 958-608-138-9.
2. Argüello, R. 1991. Influencia de la labranza en la estabilidad estructural de un suelo Ándico. Trabajo de grado (Agrólogo). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogota, Colombia.
3. Arias, D.; Madero, E.; Amézquita, E. 2001 Susceptibilidad al encostramiento en algunos suelos álicos colombianos. *Suelos Ecuatoriales*. 31.
4. Galvis, J. H.; Mosquera, O.; Orozco, O. L. y Amézquita, E. 2004. Caracterización morfológica de costras superficiales en un suelo bajo agricultura intensiva en el Valle del Cauca, Memorias XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del suelo, Cartagena de Indias, septiembre 26 al 1 de octubre del 2004.
5. Galvis, J. H.; Amézquita, E.; Madero, E. 2007. 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. *Acta Agron (Palmira)* 56 (4): 187-191.
6. Martínez, M.A. y Walthall, P. M. 2001. Cambios morfológicos durante el encostramiento de la superficie en suelos de México y Louisiana, E.U. [www.chapingo.mx/terra/contenido/8/3/art187-197.pdf](http://www.chapingo.mx/terra/contenido/8/3/art187-197.pdf).
7. Pla, I. 1986 . Caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Univ. Central Venezuela. 104 p.
8. Quirk, J. P. 1994. Interparticle forces: A basis for the interpretation of soil physical behaviour. *Adv. Agron*. 53: 121-182.
9. Valentín, C.; 1994. Sealing, Crusting and hardsetting soils in Sahelian agriculture. *In: Sealing, Crusting and Harsetting Soils: Productivity and Conservation*. Australian Society of. Soil Science. p 53-76.
10. Wischmeier, W. H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion. A guide to conservation planning USDA. Handbook No. 282.
11. Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. *J. Am Soc. Agron*. 28:337-351.