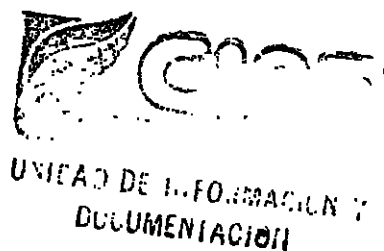




**VIII CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA
DEL SUELO**



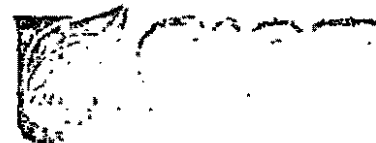
026883

27 NOV 1996

SANTA MARTA, Octubre 2 al 5 de 1996

**CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LOS SUELOS
DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA
SOMETIDOS A VARIOS SISTEMAS DE MANEJO**

E. Amézquita, J.I. Sanz, R.J. Thomas, R.R. Vera, P. Hoyos, D.L. Molina
y L.F. Chavez¹



UNIDAD DE INFORMACION Y
DOCUMENTACION

RESUMEN

La productividad y sostenibilidad de los suelos depende de la obtención y/o conservación de un equilibrio dinámico adecuado entre las propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, los cuales determinan la disponibilidad de agua y nutrientes para el cultivo en el volumen de suelo explorado por raíces a través del ciclo vegetativo.

Una de las propiedades más sensibles a cambio por la intensidad de uso y manejo de los suelos es la estructura, especialmente en los suelos tropicales. La distribución de agregados de diferentes tamaños, así como su estabilidad, constituyen un buen índice para determinar el efecto de la intensidad de uso en las características estructurales resultantes en el suelo.

En el presente trabajo se presentan y discuten resultados obtenidos en términos de distribución de agregados superficiales (0 - 2.5 cm) y de estabilidad estructural de agregados procedentes de cuatro sistemas de manejo de suelos: sabana nativa, *Brachiaria* pura, *Brachiaria* + leguminosa y monocultivo en tratamientos que desde hace siete años se vienen realizando en las fincas Matazul y Primavera en las cercanías de Pto. López en los Llanos Orientales. En ambos casos, el suelo es un Typic haplustox isohipertérmico caolínfíco. Los resultados muestran diferencias entre tratamientos e indican que el D50 (diámetro medio del 50% de los agregados), es un buen indicativo para diferenciar intensidad de uso y puede en el futuro convertirse en un índice de evaluación de estado de degradación.

Palabras claves: suelo tropical, distribución de agregados, tamaño de poros, estabilidad estructural, sistemas de manejo.

Programa de Trópico Bajo, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), A.A. 6713,
Cali, Colombia.

Summary

Soil productivity and sustainability depends on the building and/or conservation of an adequate and dynamic equilibrium between physical, chemical and biological properties and processes in the volume of soil explored by roots, so that there is no constraints in the availability of water and nutrients to plants.

Soil structure is one of the soil properties that is more vulnerable to the intensity of use in tropical soils. Aggregate size distribution, aggregate stability and pore size distribution are some of the attributes that are usually used to describe structural changes and can act as indicators of structural sustainability. This paper presents and discusses the behaviour of these attributes under different soil management treatments (native savanna, Brachiaria alone; Brachiaria + legume and monocrop) in the Colombian Eastern plains soil classified as Typic haplustox kaolinitic isohyperthermic.

These results showed highly statistical significant differences between treatments in the parameters studied and allow to conclude that aggregate size distribution and stability could be indicators of susceptibility to degradation.

Key words: Tropical soil, aggregate distribution, pores size, structural stability, management systems.

1. INTRODUCCION

La estructura del suelo es definida por Marshall (1962) como el arreglo de las partículas del suelo y de los espacios porosos que están entre ellas. También es entendida como el arreglo de partículas y agregados de varios tamaños unidos por materiales orgánicos e inorgánicos (Tisdall, 1996). Desde el punto de vista agrícola el estudio de la estructura debería concentrarse más en la distribución del tamaño de los poros, que en las unidades estructurales como tales, porque son los poros los que determinan las propiedades físicas de suelo importantes para las plantas (Greenland, 1977).

Edafológicamente la estructura del suelo debería definirse como tamaño, forma, arreglo y continuidad de poros y de espacios vacíos (voids); así como su capacidad para retener y transmitir fluidos y sustancias orgánicas e inorgánicas y la habilidad para permitir un vigoroso crecimiento y desarrollo de raíces (Lal, 1991). La estructura gobierna la suplenencia de oxígeno, agua y nutrientes a plantas y microorganismos y la dinámica espacial y temporal de las poblaciones microbiales (Crawford et al, 1993).

Aunque la estructura ha sido estudiada extensivamente es todavía la menos entendida de las propiedades físicas que tienen efectos significativos en la producción de cultivos, sostenibilidad agrícola y calidad ambiental, por el hecho de que la estructura tiene gran complejidad de atributos (Lal, 1991). La principal razón para estudiar la estructura del suelo es que ésta es la propiedad intrínseca del suelo que más fácil y frecuentemente se altera por la labranza (Hamblin, 1985).

La buena estructura del suelo para el crecimiento de los cultivos depende de la presencia de agregados de partículas entre 1 y 10 mm de diámetro. Tales agregados deben ser estables al agua cuando se humedecen y poseer un buen volumen de poros (mayores de $75\mu\text{m}$ de diámetro), de tal manera que permanezcan aeróbicos en tiempos lluviosos, y puedan retener agua útil para las plantas (poros de 30 a $0.2\mu\text{m}$). Los poros entre agregados deben ser lo suficientemente grandes como para permitir una infiltración rápida y buen drenaje (Tisdall y Oades, 1982).

La agregación del suelo es una de las propiedades más dinámicas con las cuales tiene que enfrentarse un investigador que tenga que ver con labranza, erosión y otros problemas de orden físico de suelos (Yoder, 1936).

Existen varios métodos para la caracterización de la estructura del suelo tanto en campo como en laboratorio (Burke et al, 1986). Los más comúnmente utilizados son: distribución de diferentes tamaños de agregados, caracterización del espacio poroso utilizando las curvas características o el porosímetro de mercurio, adsorción de gases y uso de imágenes por métodos microscópicos. El uso de uno u otro método depende de la disponibilidad de equipos, pero es aconsejable hacer métodos combinados (Darbyshire et al, 1993).

Cuando un suelo es cultivado permanentemente los agregados son expuestos a fragmentación por rápido humedecimiento, por impacto de las gotas de agua lluvia y por el impacto directo de los implementos de labranza. El efecto neto de esto es que se expone la materia orgánica que antes era inaccesible a descomposición por los microorganismos y por lo tanto se produce pérdida de materia orgánica. Este decaimiento en materia orgánica usualmente esta acompañado de una disminución en el porcentaje de agregados estables al agua (Tisdall y Oades, 1982).

Los suelos sometidos a laboreo intensivo están sujetos a la pérdida de la estructura por acción mecánica debida a los implementos de labranza y por acción química debida a la pérdida de la materia orgánica, esto implica que los suelos tropicales así tratados sufren procesos severos de degradación. Como degradación de suelos debe entenderse la pérdida actual o potencial de la productividad y utilidad como resultado de factores naturales o antrópicos. Se refiere al decaimiento de la capacidad inherente del suelo para producir bienes y cumplir funciones ecológicas. El grado de degradación depende de la susceptibilidad del suelo a los procesos degradativos (Lal, 1993).

La labranza juega un papel importante en la dinámica del proceso de degradación. Propiamente usada puede ser una herramienta restaurativa importante para mejorar los limitantes físicos del suelo e incrementar su potencial de productividad y utilidad. Impropiamente usada puede causar un amplio rango de procesos degradativos como deterioro de la estructura, erosión acelerada, disminución de la materia orgánica y de la fertilidad del suelo y cambios en los ciclos del agua, del carbono y de los nutrientes (Lal, 1993).

2. MATERIALES Y METODOS

Con el fin de encontrar parámetros sensibles a degradación que puedan ser usados como indicadores de sostenibilidad, se realizó un muestreo intensivo en las fincas Matazul y Primavera (en la vía Puerto López - Puerto Gaitán), en un suelo Typic haplustox isohipertérmico caolinítico, para evaluar la influencia de diferentes usos y manejos de suelos, en el comportamiento de algunas propiedades estructurales.

El muestreo se realizó en lotes experimentales en los cuales por alrededor de 7 años se vienen aplicando cuatro tratamientos de uso y manejo de suelos que se describen a continuación:

Matazol	Primavera
Arroz monocultivo (A/M)	Brachiaria asociada con leguminosa y renovado con arroz (BAs/RA)
Brachiaria sola sin renovación* (B/SR)	Brachiaria sola renovada tradicionalmente (B/RT)
Brachiaria asociada con leguminosa con renovación (BA/CR)	Brachiaria sola sin renovación (B/SR)
Sabana nativa (SN)	Sabana nativa (SN)

* Renovado indica que se pasaron 2 pases de rastra para mejorar la condición física del suelo.

En cada tratamiento se tomaron 10 submuestras superficiales entre 0 y 2.5 cm con un cilindro de 7.2 cm de diámetro que conformaron una muestra. Se tomaron tres muestras por tratamiento.

La toma de muestras se hizo superficial porque es la superficie del suelo la que está sometida a los mayores impactos ambientales y de manejo y por lo tanto es la que más sufre degradación, que en los suelos de los Llanos se manifiesta en pérdida de estructura y en sellamiento y encostramiento superficial.

En las muestras así tomadas se hicieron determinaciones de distribución de agregados y de estabilidad estructural siguiendo las instrucciones de Kemper y Rosenau (1986) y utilizando el método de Chepil (1962) y de Yoder (1936) respectivamente. En el análisis de estabilidad de agregados se tuvo en cuenta los contenidos de partículas minerales gruesas. Se utilizaron los siguientes diámetros de malla: mayores de 6, 6-4, 4-2, 2-1, 1-0.125 y menores de 0.125 mm para tamizado en seco y mayores de 2, 2-1, 1-0.5, 0.5-0.25, 0.25-0.125 y menores de 0.125 mm para estabilidad estructural.

Separadamente se tomaron muestras volumétricas no disturbadas para hacer determinaciones de curvas características (Amézquita, 1989) para determinación de la distribución de tamaño de poros (Amézquita, 1981).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Distribución de tamaño de agregados

La distribución porcentual de tamaño de agregados en Matazol (Cuadro 1) muestra que

se presentan diferencias significativas entre tratamientos. Los agregados mayores de 6, entre 4-6 y entre 4 y 2 mm han disminuído notablemente por acción del monocultivo, respecto a sabana nativa. Los agregados entre 2-1, 1-0.125 y menores de 0.125 mm, aumentaron significativamente su proporción respecto a sabana nativa, indicando que el uso permanente de rastra disminuye notablemente el tamaño de los agregados. Los otros tratamientos que contienen *Brachiaria* y que de alguna forma han recibido labranza, muestran cierto deterioro respecto a sabana nativa.

Cuadro 1. Distribución porcentual del tamaño de agregados en Matazul y la Primavera.

SITIO	TRATAMIENTO	TAMIZ (mm)					
		>6	6-4	4-2	2-1	1-0.125	<0.125
MATAZUL	B/SR	13.72b*	11.00b	16.55a	15.09b	31.96b	11.79ab
	BA/CR	20.92a	11.47b	14.57ab	14.99b	27.28c	11.02b
	A/M	6.89c	6.71c	13.08b	16.73a	43.53a	12.99a
	SN	22.48a	14.42a	16.46a	11.37c	24.48c	10.30b
PRIMAVERA	BAs/RA	12.66a	11.55b	15.25b	18.31b	31.40a	10.33a
	B/RT	5.84b	7.02c	17.39ab	22.39a	36.65a	10.65a
	B/SR	14.23a	15.02a	26.31a	17.23b	21.76b	5.44b
	SN	11.27a	11.34b	26.38a	17.51b	24.29b	9.06ab

* Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas.

En la Primavera se observan las siguientes tendencias respecto a los tratamientos. En los tratamientos que han sido intervenidos: renovación tradicional y renovado con arroz, tienen a tener dominancia de agregados pequeños (2-1, 1-0.125 y <0.125 mm), presentando porcentajes acumulados de 60 y 69% para agregados inferiores a 2 mm. El tratamiento puro sin renovación, para el mismo tamaño de agregados, presenta un porcentaje de 44.3% confirmando el poder reestructurador que tienen las gramíneas. La sabana nativa acumula 50.5% para agregados inferiores a 2 mm.

3.2. Diámetro medio del 50% de los agregados (D_{50})

Con el fin de visualizar mejor el comportamiento de los tratamientos respecto al tamaño de agregados, se utilizó el D_{50} . Conceptualmente el D_{50} indica el diámetro medio equivalente que divide el 50% de los agregados, es el límite de diámetro por debajo del cual existe el 50% de agregados. Los resultados se presentan en las Figuras 1 y 2. Para el caso de Matazul se puede observar que el mayor D_{50} (1.90

FIG 1. COMPORTAMIENTO DEL D-50 EN AGREGADOS SUPERFICIALES DE VARIOS TRATAMIENTOS DE USO Y MANEJO DE SUELOS EN MATAZUL

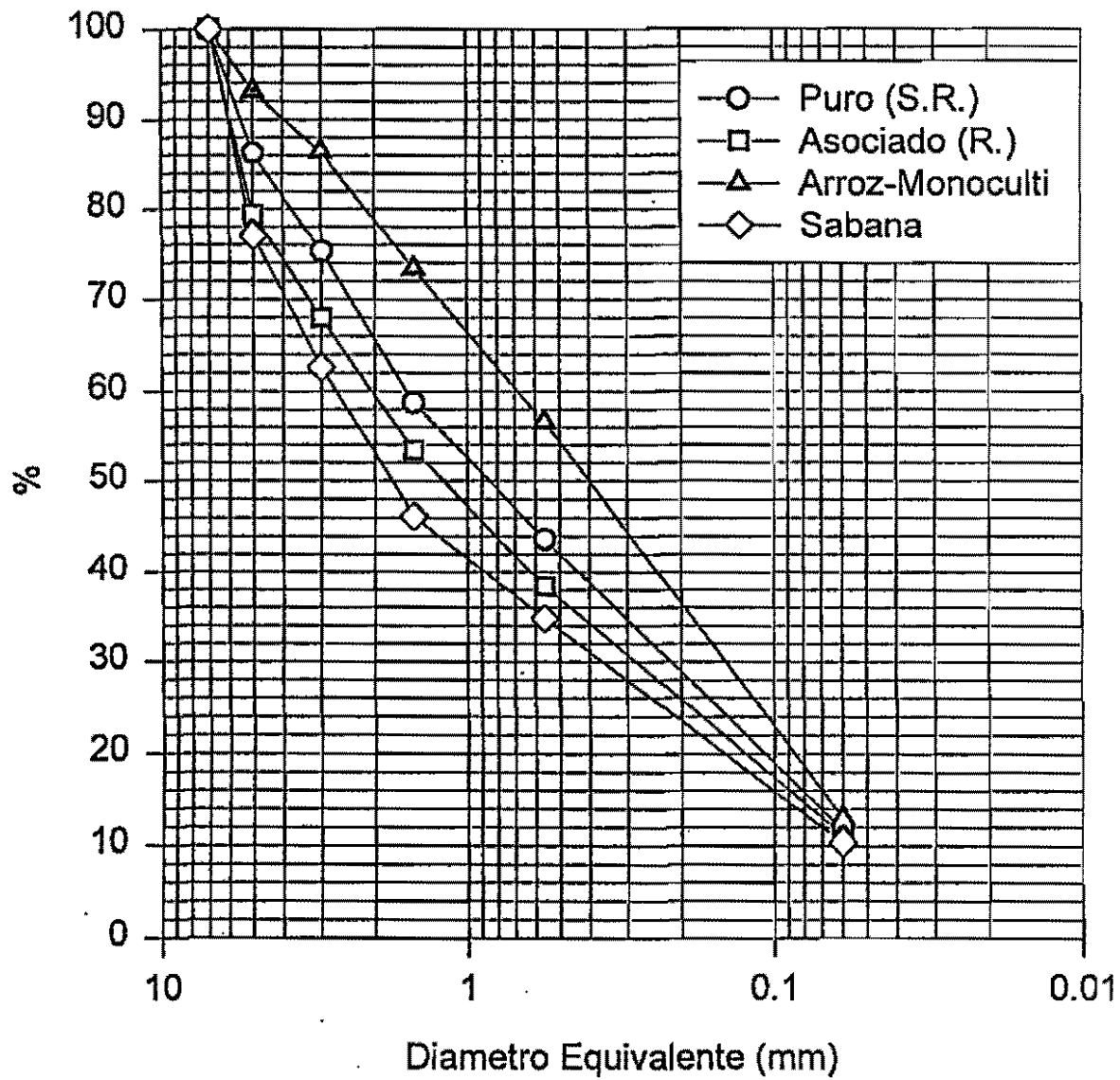
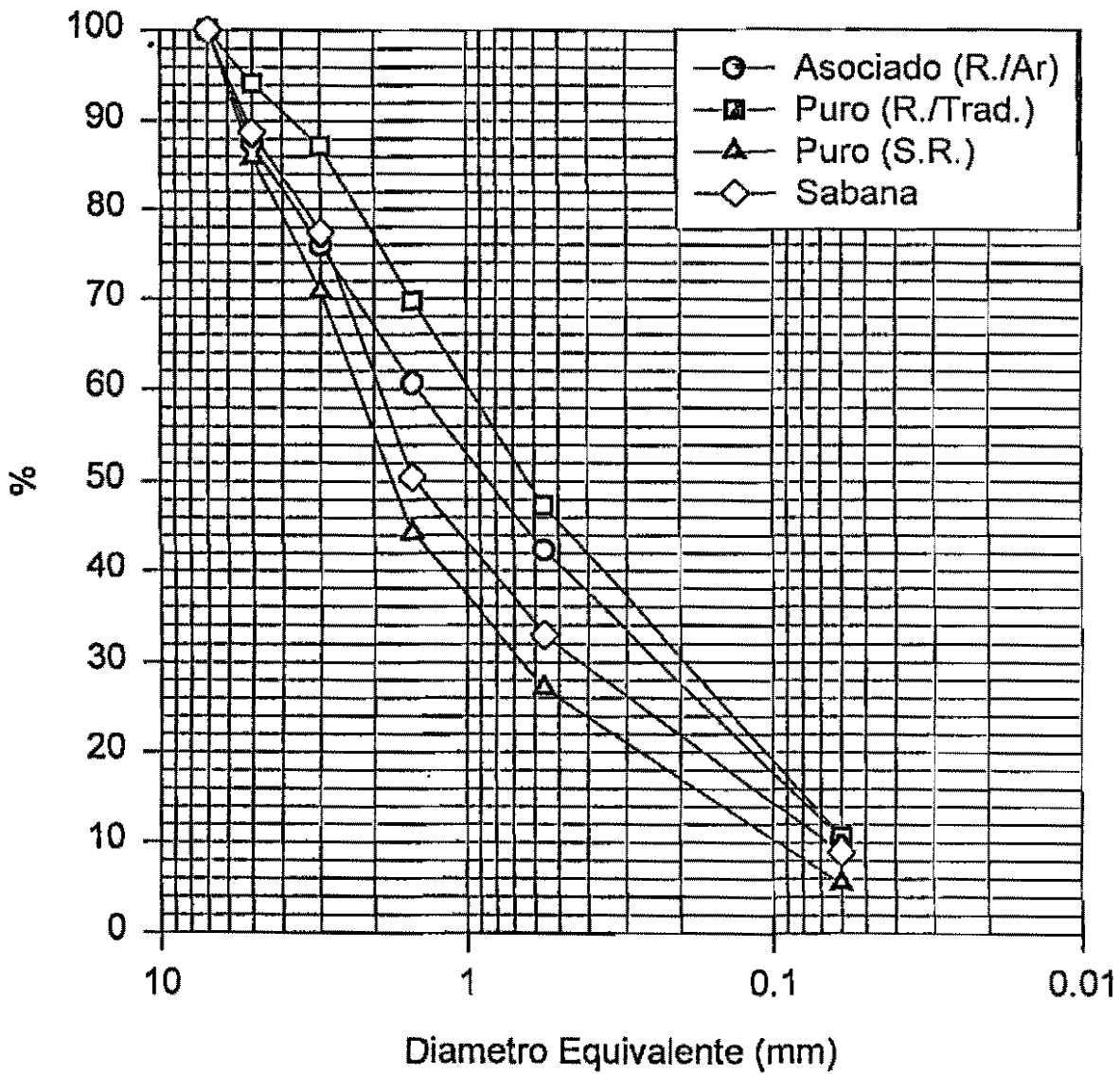


FIG 2. COMPORTAMIENTO DEL D-50 EN AGREGADOS SUPERFICIALES DE VARIOS TRATAMIENTOS DE USO Y MANEJO DE SUELOS EN LA PRIMAVERA



mm) lo presenta sabana nativa y el menor (0.40 mm) arroz-monocultivo, reflejando que el uso intensivo del suelo ha degradado la estructura superficial. Los tratamientos asociado-renovado (1.35 mm) y puro-sin renovación (0.85 mm) presentan valores intermedios. Entre estos tratamientos el asociado-renovado es el que mejor está conservando y/o posiblemente recuperando la estructura, por lo cual es uno de los usos que debe tenerse en cuenta en manejo de la estructura.

En la Primavera, el tratamiento puro-sin renovación presentó el mayor valor de D_{50} (1.80 mm) y el menor (0.64 mm) fue para puro-con renovación tradicional, lo cual indica que este último tratamiento es el que más está destruyendo la estructura. Los tratamientos sabana con D_{50} de 1.50 mm y asociado-renovación con arroz (0.85 mm) presentaron valores intermedios, pero se observa claramente que la renovación con arroz, la cual implica el uso de rastras, ha bajado el D_{50} respecto a sabana nativa. Tendencias a disminución en el tamaño de agregados como resultado del uso de maquinaria han sido reportados por otros investigadores (Baldock y Kay, 1987).

3.3 Distribución de tamaño de poros

La distribución de tamaño de poros, como una medida de la estructura (Greenland, 1979) se presenta en el cuadro 2. En ambos casos, Matazul y La Primavera, lo general es que hay un dominio de microporos ($>0.2\mu\text{m}$), sobre meso (60 y $0.2\mu\text{m}$) y macroporos ($>60\mu\text{m}$). Se observa también que el volumen de macroporos es más variable que el de las otras categorías. Esto concuerda con lo expresado por Greenland (1977, 1979) en relación a que los macroporos son los que se ven más afectados por las acciones de uso.

En relación a funcionalidad de poros, los datos muestran que sólo aproximadamente la mitad de la porosidad total es funcional, lo que indica que es absolutamente necesario desarrollar a través de labranzas y de prácticas de desarrollo y de mantenimiento de la estructura, una relación de poros más funcional y más continua en profundidad.

3.4 Estabilidad de agregados

En Matazul la estabilidad estructural (Cuadro 3) estuvo dominada por los agregados superiores a 2 mm, especialmente en la sabana nativa, la cual además presentó mayor porcentaje de estabilidad (diferencia altamente significativa) que los otros tratamientos. Este comportamiento demuestra que la intensidad de la labranza ejerce una acción negativa en los materiales cementantes, posiblemente el más afectado es el contenido de materia orgánica (Lai, 1993; Hamblin, 1985) y dentro de ella algunos de sus componentes específicos (Caron et al., 1992).

Cuadro 2. Distribución de tamaño de poros (%) en Matazul y la Primavera.

SITIO	TRATAMIENTO	Porcentaje (%)				
		Prof (cm)	Macroporos	Mesoporos	Microporos	P. Total
MATAZUL	B/SR	0 - 2.5	11.8	14.4	24.9	51.0
	BA/CR		9.0	12.8	28.0	49.8
	A/M		16.5	15.6	22.8	54.8
	SN		7.1	13.0	27.7	47.8
	B/SR	2.5 - 5.0	10.2	13.9	25.8	49.8
	BA/CR		9.9	12.8	26.0	48.6
	A/M		14.7	11.3	26.2	52.1
	SN		3.6	13.7	27.8	45.2
PRIMAVERA	BAs/RA	0 - 2.5	6.7	15.8	29.9	52.3
	B/RT		13.1	18.0	24.3	55.4
	B/SR		7.4	16.7	27.2	51.4
	SN		5.4	23.0	20.8	49.2
	BAs/RA	2.5 - 5.0	9.5	15.9	27.0	52.4
	B/R.T.		3.6	20.0	27.5	47.5
	B/S.R		7.0	15.3	28.0	50.3

Cuadro 3. Estabilidad estructural por el método de Yoder en Matazul y la Primavera.

SITIO	TRATAMIENTO	TAMIZ (mm)					
		>2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	<0.125
MATAZUL	B/SR	75.47c	7.22a	4.04a	1.64a	1.64a	9.98ab
	BA/CR	79.39cb	4.52b	2.66b	1.16b	0.88ab	11.39a
	A/M	83.96b	3.63b	2.56b	1.15b	0.90ab	7.80ab
	SN	93.42a	1.19c	0.64c	0.27c	0.27b	4.22b
PRIMAVERA	BAs/RA	83.81b	4.36b	2.33b	0.76ab	0.95a	7.78a
	B/RT	77.55c	7.61a	3.66a	1.29a	1.17a	8.72a
	B/SR	94.12a	1.02c	0.47c	0.46b	0.19b	3.73b
	SN	92.71a	1.73c	0.64c	0.29b	0.20b	4.43b

En La Primavera también dominaron en el porcentaje de distribución de agregados, los mayores a 2 mm. *Brachiaria* pura sin renovación y sabana nativa presentaron los mayores valores y los renovados los menores. Las diferencias fueron significativas. El tratamiento *Brachiaria* puro con renovación tradicional, que sufre la mayor intensidad de rastreo, presentó los mayores porcentajes en agregados pequeños.

4. CONCLUSIONES

El uso más intensivo de implementos agrícolas en la preparación de suelos de los Llanos Orientales, causa disminución en el tamaño de agregados y en su estabilidad, ambas propiedades afectan la distribución de tamaño de los poros. Este comportamiento es indicativo de que las labores agrícolas de preparación de suelos que actualmente se realizan, superan la resistencia que oponen los suelos a la deformación por fuerzas degradativas.

Los parametros de distribución de tamaño de agregado y de estabilidad parecen ser muy utiles para describir el estado de degradación de la estructura de estos suelos por ser sensibles y faciles de determinar.

5. BIBLIOGRAFIA

- AMEZQUITA, C.E. 1981. A study of the water regime of soil during approach to field capacity and wilting point. University of Reading, Soil Sci. Department. Ph.D. Thesis. 224 p.
- AMEZQUITA, C. E. y J. NAVAS. 1989. Métodos para la determinación de algunas propiedades físicas de los suelos. ICA-Tibaitatá. Manual de Asistencia Técnica No. 47. pp 124-174.
- BALDOCK, J.A. y B.D. KAY. 1987. Influence of selected cropping and chemical treatments on the water-stable aggregation of a silt loam soil. Can. J. Soil Sci. 67:501-511.
- BURKE, W., D. GABRIELS AND J. BOUMA. 1986. Soil structure assessment. Balkema, Rotterdam, 92 pp.
- CARON, J., B.D. KAY y E. PERFECT. 1992. Short-term decrease in soil structural stability following bromegrass establishment on a clay loam. Soil Tillage Res. 25:167-185.
- CHEPIL, W.S. 1962. Improved rotary sieve for measuring state and stability of dry soil structure. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 16:113-117

- CRAWFORD, J.W., K. RITZ AND I.M. YOUNG. 1993. Quantification of fungal morphology, gaseous transport and microbial dynamics in soil: an integrated framework utilising fractal geometry. *Geoderma*, 56: 157-172.
- DARBYSHIRE, J.F., S.J. CHAPMAN, M.V. CHESHIRE, J.H. GAULD, W.J. McHARDY, E. PATERSON AND D. VAUGHAN. 1993. Methods for the study of interrelationships between micro-organisms and soil structure. In: L. Brussaard and M.J. Kooistra (Editors), *Int. Workshop on Methods of Research on Soil Structure/ soil Biota Interrelationships*. *Geoderma*, 56:3-23.
- GREENLAND, D.J. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 281, 193-208.
- GREENLAND, D.J. 1979. Structural organization of soil and crop production. In, D.J. Greenland and R. Lal, eds., *soil physical conditions and crop production in the tropics*. Chichester, England. 45-57.
- HAMBLIN, A.P. 1985 The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. *Advances in agronomy* vol 38:95-158.
- KEMPER W.D. y R.C. ROSENAU. 1986. Aggregate stability and size distribution. In, *Methods of soil analysis*. ASA. pp 425-442.
- LAL, R. 1991. Soil structure and sustainability. *Journal of sustainable agriculture*, Vol. 1(4): 67-92.
- LAL, R. 1993. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil & Tillage Research*, 27 (1993) 1-8.
- MARSHALL, T. J. 1962. The nature, development and significance of soil structure. *Trans. Comm. IV and V, Int. Soc. Soil Sci., New Zealand*, pp. 243-257.
- TISDALL, J.M. 1996. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. M. Carter y B. Stewart, eds., Lewis publishers, pp 57-97.
- TISDALL, J.M. y J.M. OADES. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of Soils Sc.* 33:141-163.
- YODER, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of soil erosion losses. *J.Am.Soc.Agron.*, 28:337-351.