

EFFECTO DE LOS SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE DOS INCEPTISOLES DE LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA. II. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.

Tillage systems effects on two Inceptisols from the western plains of Venezuela. II. Soil physical properties.

Zenaida Lozano¹, Samuel Cabrera², Jesús Peña² y Melitón Adams¹

¹ Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Maracay, Edo. Aragua. Apdo. 4579. E-mail lozanos@camelot.rect.ucv.ve.

² Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Araure, Edo. Portuguesa. E-mail scabrera@cantv.net.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la tendencia de los cambios producidos por la labranza en algunas propiedades físicas de los suelos. Los cambios fueron medidos en un experimento de largo plazo establecido en los suelos Agua Blanca (desde 1994) y Ospino (desde 1992), ambos clasificados como Inceptisoles. Se evaluaron dos sistemas de labranza: convencional (LC) y reducida (LR), los cuales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en cada suelo, y los cambios en las propiedades físicas fueron evaluados hasta el período de lluvia del año 1996, bajo la siembra del cultivo de maíz. Se evaluó: distribución de tamaño de partícula (DTP), límites de plasticidad (LP), distribución de agregados estables al humedecimiento (DAEH), infiltración de agua (IA), capacidad de campo (CC), contenido de humedad (%H), resistencia a la penetración (RP), densidad aparente (Da), distribución de tamaño de poros (DP) y módulo de ruptura (MR). Los resultados indican que no se produjeron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos de labranza en las propiedades %H, RP, Da, DP, y MR, mientras que en las propiedades IA y DAEH, se encontraron diferencias entre los tratamientos de labranza, con variaciones dependiendo de las características de los suelos y del tipo de residuo incorporado total o parcialmente.

Palabras claves: Labranza convencional, labranza reducida, maíz, propiedades físicas.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the trend of the changes of some soil properties by the effect of tillage. Temporal changes were measured in an on going long-term experiment established in the soils Agua Blanca (since 1994) and Ospino (since 1992), both classified as inceptisols. Two tillage treatment: conventional tillage (CT) and reduce tillage (RT), were laid out in a randomized block design with three replications in both soils, and the changes in physical properties were measured during maize growth season of 1996. In this case, the distribution of particle size (DPS), plasticity limits (PL), wet stability aggregate distribution (WSAD), water infiltration (WI), field capacity (FC), moisture content (MC), penetration resistance (PR), bulk density (BD), porosity (PT) and modulus of rupture (MR), were evaluated. The results showed that there were no significant differences in MC, PR, BD, PT and MR. However, WI and WSAD were significantly different between tillage treatment.

Key words: Conventional tillage, reduce tillage, maize, physical properties.

INTRODUCCIÓN

La labranza es una importante actividad agrícola debido a su impacto sobre la producción de los cultivos, las propiedades del suelo y el ambiente. Cuando se usa adecuadamente puede ser una herramienta regenerativa importante que permite solventar algunas limitaciones del suelo, como la eliminación de la compactación, el incremento de la tasa de infiltración y de la profundidad de enraizamiento, el mejoramiento del drenaje, la eliminación del encostrado superficial, el mezclado de materiales orgánicos y la enmienda del subsuelo, entre otros (Malicki *et al.*, 1997). Esta práctica, cuando se usa inapropiadamente puede producir un amplio rango de procesos degradativos como el deterioro de la estructura, la erosión acelerada, cambios en la biodiversidad, presencia de regímenes de humedad extremos, la disminución de la materia orgánica y nutrientes por la modificación de los ciclos del agua, carbono y la mayoría de los elementos nutritivos para las plantas. El uso muy frecuente de labranza convencional y su aplicación en momen-

tos inadecuados (suelos muy secos o muy húmedos), son las principales causas de su efecto degradante de las propiedades del suelo, con la pérdida de la calidad natural del mismo (Lal *et al.*, 1994).

La propiedad física más afectada por la intervención con implementos de labranza es la estructura. La labranza convencional deja los agregados del suelo expuestos a los efectos degradantes de las lluvias y con su uso prolongado se tienden a crear problemas como: formación de costras por la pulverización del suelo, o capas compactadas subsuperficiales por la labranza a contenidos de humedad no adecuados, mayor susceptibilidad a la erosión por disminución del contenido de materia orgánica, entre otros. La compactación también trae consigo una menor infiltración del agua de lluvia, disminución del intercambio gaseoso, problemas de germinación de la semilla y dificultades para el desarrollo radical. Cabe destacar que contrariamente a la creencia general, la labranza convencional a través de la creación de una baja densidad aparente en la zo-

na de germinación, no induce una alta porosidad del suelo al aire, ya que la continuidad de los macroporos disminuye (Roseberg y Mc Coy, 1992).

Los efectos de los sistemas de labranza de conservación sobre las propiedades del suelo, están muy relacionados con la presencia de residuos, los cuales son capaces de absorber la energía cinética de caída de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, evitando así la formación del sello superficial, disminuyendo las pérdidas de suelo por erosión; además de ayudar a la conservación del agua en el suelo por un decrecimiento de las pérdidas de agua por evaporación (Lal *et al.*, 1994). La labranza de conservación (reducida o siembra directa), aumenta la continuidad y preserva la geometría de los macroporos y aumenta los microporos, mejorando las propiedades de transmisión y retención de agua, (Wagger y Denton, 1992). Otros autores sugieren que aunque la cantidad total de poros no se ve afectada por la labranza de conservación y que en algunos casos pueden disminuir los poros de transmisión, aumenta la continuidad de los mismos entre la capa superficial y el subsuelo y disminuye su tortuosidad, por lo que aumenta la penetración de agua, aunque ésta puede variar de año en año (Ekebert y Riley, 1997). Sin embargo, cuando la causa inicial de la baja penetración de agua en el suelo es una limitación física, como un sello superficial o una capa compactada, el suelo requiere de una recuperación física por medios mecánicos (labranza) o biológicos (plantas y sus raíces), antes de que el incremento de materia orgánica o las coberturas puedan mejorar la infiltración.

Aún cuando existen grandes ventajas, algunos autores han señalado que el uso continuo de sistemas de labranza conservacionista, principalmente de siembra directa, puede causar problemas de compactación, sobre todo si la siembra y la cosecha son mecanizadas. Esta compactación se refleja en aumentos en la densidad aparente y la resistencia a la penetración en las capas de suelo no labradas, en comparación con las labradas en sistemas convencionales (Comia *et al.*, 1994), aunque otros autores no han encontrado diferencias entre ambos sistemas de labranza para este parámetro.

El objetivo del trabajo fue evaluar la tendencia de los cambios temporales y con la profundidad de algunas propiedades físicas, de dos suelos representativos de los Llanos Occidentales, cuando son sometidos a sistemas de labranza convencional y reducida.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos suelos representativos de los Llanos Occidentales (LIO), en zona de Bosque Seco Tropical a una altura aproximada de 230 msnm, con una precipitación promedio de 1200 a 1500 mm y una temperatura de 24 a 27° C, con 4 a 5 meses secos (Cabrera, 1993). El primero, Agua Blanca (Aeric Tropepts, franco arcillosa fina, no ácida, mixta, isohipertérmica), ubicado en el campo experimental Agua Blanca del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) y el segundo, Ospino (Fluvaquentic Us-

tropepts, francosa gruesa, isohipertérmica), ubicado en la finca Los Gallos, en la localidad de La Trinidad de Ospino, ambos en el estado Portuguesa. Algunas características de estos suelos se presentan en Lozano *et al.* (1997).

Las evaluaciones se realizaron en ensayos instalados desde 1992 en Ospino (OSP) y 1994 en Agua Blanca (ABL), con los siguientes tratamientos: Labranza convencional (LC), con 4 pases rastra de disco como preparación del terreno y luego siembra con una sembradora convencional y labranza reducida (LR), con 2 pases de rastra de disco y siembra con una sembradora adaptada para siembra directa. Estos tratamientos en ambos sitios se distribuyeron en bloques al azar con tres repeticiones. La cantidad de biomasa vegetal incorporada (LC) o dejada en superficie (LR) fue de 10,69 Mg.ha⁻¹ en el suelo ABL y de 6,96 Mg.ha⁻¹ en OSP.

En el suelo ABL, cada bloque se estableció en bancales instalados desde la década de los setenta, con unas dimensiones de 21, 24 y 27 m de ancho y 200 m de largo, quedando cada unidad experimental con 50 m de largo. En el suelo OSP, la distribución de los tratamientos en el campo se basó en un estudio previo de variabilidad espacial (Cabrera, 1993), quedando la parcela con unas dimensiones de 80 m de largo y 6 m de ancho. Para los muestreos se seleccionó en cada unidad experimental, un área de 180 m².

Antes del establecimiento de los ensayos se realizó una caracterización física de los sitios experimentales, realizando una calicata en un sitio típico para cada suelo, a fin de identificar las capas u horizontes contrastantes que pudiesen producir limitaciones de orden físico, lo cual sirvió de base para el establecimiento de las profundidades de muestreo; quedando distribuidas en ABL: 0 - 15, 15 - 30 y 30 - 45 cm y en OSP: 0 - 10, 10 - 20 y 20 - 30 cm de profundidad. Se prolongaron las calicatas en escalones, colocando un escalón por cada horizonte o capa y en ellos se realizaron medidas de campo: tasa de infiltración en el perfil y en cada uno de los horizontes o capas por el método del cilindro, infiltración a través del sello, con los métodos descritos por Pla (1983 y 1992) y se tomaron muestras para hacer medidas de laboratorio: a) alteradas (toma muestra tipo barreno): distribución de tamaño de partícula, límites de plasticidad, estabilidad de agregados al humedecimiento por el método de tamizado en húmedo de Yoder (Pla, 1983) y estabilidad de agregados al impacto de gotas, a través de la conductividad hidráulica del sello formado en muestras del suelo superficial (Nacci y Pla, 1991; Lozano, 1995); b) no alteradas (toma muestra tipo Uhland): densidad aparente, distribución de tamaño de poros, módulo de ruptura y contenido de agua retenido a una succión de 10 kPa realizada en la mesa de tensión (Capacidad de Campo). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Antes de la siembra del maíz en el año 1996, se tomaron muestras alteradas y no alteradas para realizar nuevamente las evaluaciones físicas, por triplicado en cada unidad experimental. En dichas muestras se evaluó: densidad aparente, distribución de tamaño de poros, módulo de ruptura, estabilidad de agregados al humedecimiento y al impacto de gotas y ade-

más, se midió la lámina de agua infiltrada en un período de dos horas, por los métodos indicados con anterioridad. Estos resultados se compararon con la caracterización inicial de los suelos, para evaluar la variación de las características de los mismos luego de dos (ABL) y cuatro (OSP) años bajo los sistemas de labranza evaluados. En el ciclo de secano de 1996, se realizaron las siguientes labores: Agua Blanca, se sembró maíz del cultivar híbrido P-3086 de la Pioneer a una distancia entre hileras de 0,8 m; se fertilizó con 42 kg.ha⁻¹ N, 42 kg.ha⁻¹ P₂O₅ y 60 kg.ha⁻¹ K₂O, a la siembra y se reabonó a los 25 días con 42 kg.ha⁻¹ de N. Se controló malezas con Nicosulfurón (40 g.ha⁻¹) + 2,4-D (2 L.ha⁻¹), 20 días después de la siembra. Ospino, se sembró el mismo material genético a igual distancia; se fertilizó con 56 kg.ha⁻¹ N, 56 kg.ha⁻¹ P₂O₅ y 56 kg.ha⁻¹ de K₂O, a la siembra y se reabonó a los 35 días con 46 kg.ha⁻¹ de N. Se controló malezas a los 20 días después de la siembra con Nicosulfurón (40 g.ha⁻¹) + Atrazina (2 L.ha⁻¹).

Durante el período de crecimiento del maíz en el año 1996, se realizaron cuatro (4) muestreos: En ABL durante las siguientes épocas: al aplicar los tratamientos de labranza (0), 44, 57 y 123 días después de la emergencia (dde) y en OSP: al aplicar los tratamientos de labranza (0), 29, 58 y 129 dde. Las fechas de muestreo se ajustaron para hacer evaluaciones antes de la siembra, máximo crecimiento, floración y en madurez fisiológica del cultivo. En cada época y profundidad consideradas se evaluó: la resistencia a la penetración del suelo, con un penetrómetro de impacto de punta cónica de 80 mm² de área de la base (Nacci y Pla, 1991) y el contenido de humedad por el método gravimétrico (Pla, 1992). Los rendimientos fueron estimados al momento de la madurez del cultivo, en un área de 20 m² en ABL y 16 m² en OSP y corregidos a un contenido de humedad de 12 %. Los datos de cada suelo fueron analizados en forma separada utilizando el programa estadístico *Statgraphics Plus for Windows* (Pérez-López, 1997), de acuerdo al diseño de Bloques al Azar, realizando análisis de varianza y usando el test de Tukey para detectar las diferencias entre las medias, aceptando un nivel de probabilidad del 0,05 como nivel de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización inicial

Al observar la información presentada en el cuadro 1,

se nota que ambos suelos tienen altos contenidos de partículas de diámetros entre 2 a 250 µm (limos y arenas finas a muy finas), alrededor del 70% en el suelo Agua Blanca y el 80% en el suelo Ospino, lo que los hace susceptibles a la formación de sello superficial. Los contenidos de arcilla son más altos en el suelo ABL y aumentan con la profundidad, mientras que en el suelo OSP, el mayor contenido de arcilla se presenta en la capa de 10 a 20 cm, lo que lo hace susceptible a la compactación subsuperficial, aunque los índices de plasticidad (diferencia entre los límites superior e inferior de plasticidad), indican que son de moderada (ABL) a baja (OSP) plasticidad, lo cual está muy relacionado con sus contenidos de arcilla (Pla, 1983).

Las capacidades de campo (CC), alrededor de 30% p/p en ABL y de 25% p/p en OSP, son muy similares dentro del perfil de cada suelo. Al comparar CC con el límite inferior de plasticidad (LIP), se puede calcular el índice de susceptibilidad a la compactación (CC-LIP) propuesto por Boekel's en 1963 y modificado por Mengel y Barber (1974). En la medida que este índice es mayor, indica una mayor susceptibilidad del suelo a la compactación y están relacionados con altos contenidos de partículas del tipo limo (Barber *et al.*, 1989). Los valores de este índice son 1; 0,9 y 1,70 para las tres profundidades consideradas en el suelo Agua Blanca y 3,2; 0,8 y 0,1 para las tres profundidades del suelo Ospino; presentando éste último una mayor susceptibilidad a la compactación a nivel superficial.

En relación a la penetración de agua en el suelo, Se aprecia en la figura 1 que en el caso de ABL la infiltración de agua en el perfil es limitada por la permeabilidad de la capa localizada entre los 15 a 30 cm de profundidad; mientras que en el suelo de OSP la infiltración de agua en el perfil, es limitada por la permeabilidad de una capa localizada entre 10 a 20 cm y el sello superficial, esto coincide con lo indicado anteriormente sobre la mayor susceptibilidad de este suelo a la compactación.

Variación de las propiedades físicas de los suelos

Las características físicas relacionadas con las condiciones estructurales de ambos suelos, no variaron ni con el sistema de labranza, ni con la duración bajo dicho sistema (2 años en ABL y 4 años en OSP), solo se presentaron diferencias significativas con la profundidad, en la densidad aparente, poros

Cuadro 1. Algunas características físicas de los suelos evaluados.

Suelo	Profundidad (cm)	Tamaño de partícula (µm)				LIP	LSP (% p/p)	CC
		< 2	2 – 50	50 – 250	250 – 2000			
Agua Blanca	0 – 15	23,1	39,3	34,9	2,7	28,4	40,5	29,4
	15 – 30	26,5	40,0	31,4	2,1	29,9	40,3	30,8
	30 – 45	29,5	38,5	29,4	2,5	27,2	40,0	28,9
Ospino	0 – 10	13,5	39,2	42,9	4,4	21,6	27,4	24,8
	10 – 20	21,0	39,0	38,2	1,8	25,5	33,2	26,3
	20 – 30	17,0	39,5	41,9	1,6	23,7	32,0	23,8

LIP = Límite inferior de plasticidad; LSP = Límite superior de plasticidad; CC = Capacidad de campo.

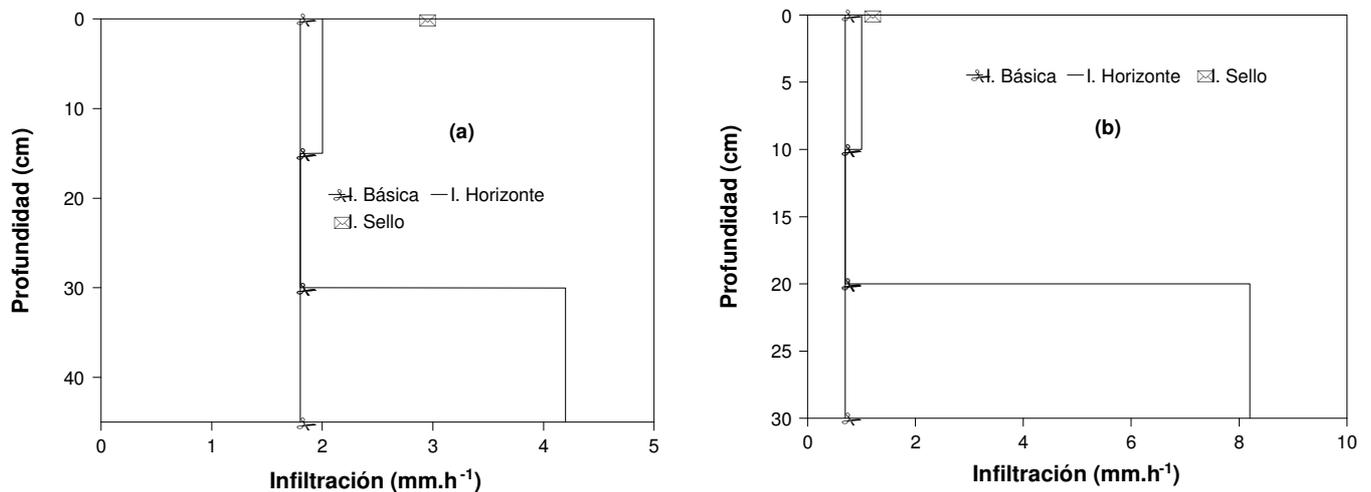


Figura 1. Limitaciones a la penetración de agua en los suelos a) Agua Blanca y b) Ospino.

de radio equivalente mayor de 15 μm y módulo de ruptura; éste último solo en ABL, posiblemente por un efecto residual de la labranza convencional aplicada a estos suelos y a la tendencia a la reconsolidación de los mismos en forma natural, producto de su distribución de tamaño de partícula con altos contenidos de limo (Cuadros 2 y 3).

En cuanto a la penetración de agua en un período de 2 horas, si se presentaron grandes diferencias entre los tratamientos de labranza, donde los valores en LC fueron menores de 8 mm, mientras que en LR fueron de 20 mm para ABL y de 50 mm para OSP. A pesar de que en ese tiempo no se alcanzó la infiltración básica en ninguno de los suelos, las diferencias entre tratamientos permiten inferir que posiblemente en los sistemas LR, hubo un balance hidrológico más adecuado para el desarrollo del cultivo que en los sistemas LC; resultados similares han sido reportados por Jiménez (1998). Este comportamiento coincide con lo señalado en otras investigaciones y se ha atribuido al aumento en la continuidad de los poros en los sistemas conservacionistas, más que a un aumento del volumen total de los mismos (Sow *et al.*, 1997) y también a la presencia de gran cantidad de bioporos, cuando se usa labranza de conservación. Franzluebbbers y Arshad (1996) indican que el tiempo de mejoramiento de las propiedades del suelo depende de la textura del mismo y consiguieron que en suelos de textura franca las diferencias se presentan solo luego de 7 años y de 16 años en suelos de textura franco limosa.

La estabilidad de los agregados se evaluó en las muestras del horizonte superficial de los suelos tomadas antes del establecimiento de los ensayos (fase inicial) y en la misma época del año 1996 (fase final) dentro de cada suelo y sistema de labranza. La evaluación fue realizada por el método del tamizado en húmedo (estabilidad al humedecimiento) y por el método de la disminución de la conductividad hidráulica (estabilidad al impacto de gotas). Con relación a la estabilidad al humedecimiento, como se aprecia en el cuadro 4 para las condiciones iniciales, el suelo ABL presenta un alto contenido de agregados de mayor diámetro (51 %), posiblemente debido a

un mayor contenido de carbono orgánico (1,15 % en ABL y 0,99 % en OSP) y de arcilla (23,1 % en ABL y 13,5 % en OSP), lo que favorece la estabilización de los agregados; sin embargo, luego de 2 años en ABL y de 4 años en OSP, la proporción de agregados disminuye en ABL para ambos sistemas de labranza, posiblemente debido a la destrucción de la estructura por la mecanización en LC y en LR al poco tiempo transcurrido para la recuperación de la misma. En el suelo de OSP, en LC no se presentan diferencias en relación a la condición inicial, pero sí se aprecia un ligero aumento de los agregados de mayor diámetro en LR (de 21,90 a 27,65 %). Las variaciones de los agregados mayores de 1 mm de diámetro, afectaron los contenidos de los agregados de tamaños entre 0,5 a 1 mm; mientras que los agregados de diámetro menor a 0,5 mm presentaron valores similares a los iniciales, en ambos sistemas de labranza. El método utilizado no permitió detectar diferencias en la estabilidad de los agregados entre los tratamientos de labranza.

Con respecto a la estabilidad de los suelos al impacto de gotas de lluvia, se aprecia en la figura 2 que en el suelo ABL no se produjeron grandes diferencias en la tendencia de la curva de conductividad hidráulica, ni en el valor final, que se puedan atribuir a los sistemas de labranza, aunque los valores del sistema LC son inferiores a los iniciales. Sin embargo, en el suelo OSP, la tendencia y los valores de conductividad hidráulica finales en el sistema LC, fueron similares a los del suelo antes de la instalación de los tratamientos (iniciales), pero en LR fue alrededor de 8 veces mayor. Las diferencias entre ambos suelos se pueden explicar con los resultados obtenidos por Lal *et al.* (1994), quienes encontraron que la alternancia cereal-leguminosa en sistemas conservacionistas produce residuos de más baja relación C:N y mejora la actividad microbiana, lo que puede incrementar la agregación debido a la formación de complejos organo-minerales. Estos resultados de estabilidad de agregados al impacto de gotas pueden explicar la mayor penetración de agua en los sistemas de labranza reducida del suelo Ospino.

Cuadro 2. Variación de algunas propiedades físicas del suelo Agua Blanca, por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida (Mayo 1994 - Mayo 1996).

Labranza	Profundidad	Lámina infiltrada	Densidad aparente	Porosidad total	Poros de r >15 µm	Módulo de ruptura
	(cm)	(mm.(2h) ⁻¹)	(Mg.m ⁻³)	(%)	(v/v)	(K Pa)
Convencional	0 – 15	8	1,33 b ¹	49,1 a	7,3 a	141 b
	15 – 30		1,50 a	46,8 a	4,8 b	296 a
	30 – 45		1,49 a	43,8 a	5,2 ab	246 a
Reducida	0 – 15	20	1,32 b	45,8 a	6,6 a	137 b
	15 – 30		1,44 a	46,8 a	4,2 b	238 ab
	30 - 45		1,50 a	47,7 a	4,2 b	292 a
Significancia	Labranza		NS	NS	NS	NS
	Duración		NS	NS	NS	NS
			*	NS	*	*

¹Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la profundidad, para cada sistema de labranza (Tukey al 95%); *Diferencias significativas al 95% (Tukey); NS: Diferencias no significativas.

Cuadro 3. Variación de algunas propiedades físicas del suelo Ospino, por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida (Mayo 1992 - Mayo 1996).

Labranza	Profundidad	Lámina infiltrada	Densidad aparente	Porosidad total	Poros de r >15 µm	Módulo de ruptura
	(cm)	(mm.(2h) ⁻¹)	(Mg.m ⁻³)	(%)	(v/v)	(K Pa)
Convencional	0 – 10	6	1,46 b	42,8 a	7,3 a	104 a
	10 – 20		1,64 a	40,3 a	4,5 b	222 a
	20 – 30		1,63 a	41,4 a	5,5 ab	192 a
Reducida	0 – 10	50	1,56 a	42,9 a	5,7 a	115 a
	10 – 20		1,54 a	41,5 a	5,0 a	229 a
	20 – 30		1,58 a	44,5 a	5,8 a	238 a
Significancia	Labranza	-	NS	NS	NS	NS
	Tiempo	-	NS	NS	NS	NS
	Profundidad	-	*	NS	*	*

¹Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la profundidad, para cada sistema de labranza (Tukey al 95%); *Diferencias significativas al 95% (Tukey); NS: Diferencias no significativas.

Cuadro 4. Distribución de agregados estables al humedecimiento y contenido de carbono orgánico en muestras superficiales de los suelos y tratamientos de labranza evaluados (0 – 2,5 cm).

Suelo	Evaluación	Sistema de labranza	Tamaño de agregados estables al humedecimiento (mm)			Carbono orgánico (%)
			> 1,0	1,0 – 0,5	< 0,5	
			(%)			
Agua Blanca	Inicial		51.00	33.10	16.00	1,15
	Final	Convencional	39.68	41.60	18.72	1,14
		Reducida	35.31	45.97	18.22	0,95
Ospino	Inicial		21.90	23.00	55.10	0,99
	Final	Convencional	21.87	23.50	54.63	0,88
		Reducida	27.65	20.12	52.23	1,21

En relación al contenido de humedad, en los cuadros 5 (ABL) y 6 (OSP), se aprecia que los mayores valores se presentaron en el suelo ABL (entre 18 y 38 %) en relación a OSP (17 a 30 %), debido a una mayor capacidad de retención de humedad, producto de sus mayores contenidos de arcilla. Con respecto a los sistemas de labranza, aunque algunos autores (Ewing *et al.*, 1991) indican que el efecto de los sistemas de labranza conservacionista sobre el balance de agua en el suelo se aprecia sólo durante las primeras semanas de la estación de crecimiento, en este trabajo no se presentaron grandes variaciones que se puedan atribuir a los sistemas de labranza en ninguna de las épocas evaluadas. Sin embargo, la tendencia es a presentarse mayor humedad en los sistemas LR a nivel superficial (año 1996), principalmente en el suelo OSP, posiblemente-

le por su mayor contenido de carbono orgánico.

De la resistencia a la penetración, sólo se discuten los valores en la época de máxima exploración de las raíces, que coincide con los 59 dde en el suelo ABL y 57 dde en el suelo OSP, por presentarse en todas las épocas la misma tendencia (Cuadro 7). En esta época el contenido de humedad de ambos suelos fue cercano a la Capacidad de Campo, lo que permite hacer mejores comparaciones entre sistemas de labranza, ya que los valores de RP están muy afectados por el contenido de humedad (Pla, 1992). La tendencia general de ambos suelos es a presentar los menores valores a nivel superficial y a aumentar con la profundidad, debido principalmente a las variaciones en la densidad aparente, producto de la reconsolidación del

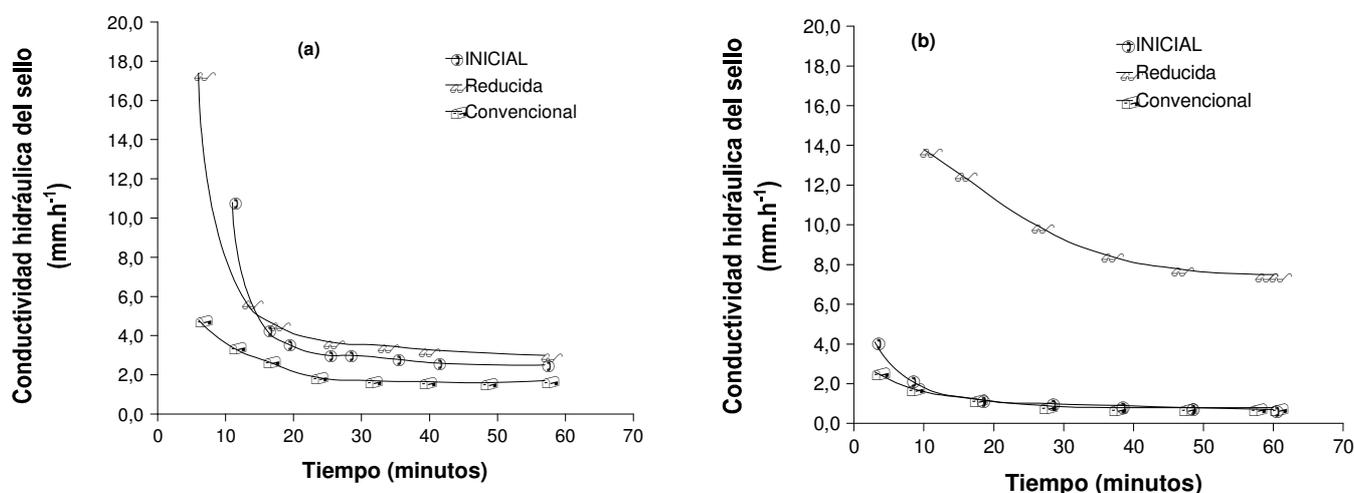


Figura 2. Estabilidad de los agregados el impacto de gotas de los suelos a) Agua Blanca y b) Ospino, bajo los sistemas de labranza evaluados.

Cuadro 5. Variación del contenido de humedad (% p/p) del suelo Agua Blanca durante el desarrollo del cultivo maíz, por efecto de los sistemas de labranza evaluados.

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	Edad del cultivo (días)			
		0	44	59	123
		Contenido de humedad (% p/p)			
Convencional	0 - 2,5	23,20	33,14	38,24	25,95
Reducida		22,90	34,46	31,08	28,25
Convencional	2,5 - 5,0	23,20	30,92	33,85	25,65
Reducida		22,90	33,24	35,95	27,85
Convencional	5,0 - 15	22,85	26,26	31,78	24,60
Reducida		23,70	27,69	32,26	27,45
Convencional	15 - 30	21,75	24,29	26,60	23,85
Reducida		19,40	25,44	30,20	27,25
Convencional	30 - 45	19,75	25,02	28,94	25,20
Reducida		18,70	24,55	27,15	27,80

Cuadro 6. Variación del contenido de humedad (% p/p) del suelo Ospino durante el desarrollo del cultivo maíz, por efecto de los sistemas de labranza evaluados.

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	Edad del cultivo (días)			
		0	44	59	123
		Contenido de humedad (% p/p)			
Convencional	0 - 2,5	25,40	17,01	26,44	21,70
Reducida		27,23	18,77	29,31	21,70
Convencional	2,5 - 5,0	25,40	19,50	24,93	20,85
Reducida		27,25	19,86	29,33	21,40
Convencional	5,0 - 10	26,40	19,13	19,98	19,90
Reducida		24,30	18,22	21,68	21,05
Convencional	10 - 20	21,20	17,63	17,89	18,45
Reducida		23,45	19,74	18,41	20,90
Convencional	20 - 30	21,20	19,14	17,39	19,90
Reducida		21,45	20,00	17,85	22,05

Cuadro 7. Resistencia del suelo a la penetración para los sistemas de labranza evaluados, en la época de máxima exploración de las raíces del cultivo maíz.

Suelo	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (kPa)		Contenido de humedad (% p/p)
		Sistema de labranza		
		Convencional	Reducida	
Agua Blanca	0 - 5	374	758	34,78
	5 - 10	1325	1418	32,13
	10 - 15	1699	1979	32,02
	15 - 20	1885	1885	30,14
	20 - 25	1979	2174	29,40
	25 - 30	2548	2361	28,15
	30 - 35	2735	2921	28,01
	35 - 40	3117	2735	28,32
	40 - 45	2268	2174	27,05
Ospino	0 - 5	47	93	27,50
	5 - 10	93	374	20,83
	10 - 15	1223	1885	18,38
	15 - 20	2455	2548	18,01
	20 - 25	2828	2735	17,91
	25 - 30	2921	3210	17,33

suelo y a un aumento en los contenidos de arcilla (Cuadro 1), principalmente en el suelo ABL. En relación a las diferencias entre los sistemas de labranza, los valores en LR son mayores que en LC hasta los 15 cm de profundidad, a partir de la cual son similares y característicos del suelo sin disturbar. Esto es un reflejo de la profundidad de labor del implemento (rastra).

Resultados similares presentan Lal *et al.* (1994) y Lal (1997), aunque otros autores como Comia *et al.* (1994) y Sow *et al.* (1997) han encontrado diferencias entre los sistemas de labranza, donde la resistencia es menor en los sistemas convencionales hasta los 35 cm de profundidad. En ninguno de los

suelos evaluados los valores de RP fueron mayores al valor crítico de 4000 kPa, reportado por Dexter (1986) como limitante para el crecimiento de las raíces de monocotiledóneas, pero sí al de 2000 kPa, señalado por López y Arrue (1997) como limitante para el crecimiento de las raíces del cultivo de la cebada.

Rendimientos

Los rendimientos en grano del maíz para el ciclo de secano de 1996, en ambos suelos y sistemas de labranza se presentan en el cuadro 8. Tanto en OSP como en ABL los rendi-

mientos en ambos sistemas de labranza son similares. Esto coincide con lo señalado por Nyborg y Malhi (1989), quienes han conseguido rendimientos similares en sistemas de labranza convencional y varios tipos de sistemas conservacionistas. También se ha indicado en algunos cultivos, rendimientos superiores bajo sistemas como siembra directa y lo atribuyen a un mejor balance de agua en el suelo producto de los residuos en superficie, principalmente cuando se presentan períodos de déficit hídrico durante la estación de crecimiento (Sow *et al.*, 1997), no presentándose este déficit en el año bajo estudio y a un aumento en los contenidos de arcilla (Cuadro 1), principalmente en el suelo ABL. En relación a las diferencias entre los sistemas de labranza, los valores en LR son mayores que en LC hasta los 15 cm de profundidad, a partir de la cual son similares y característicos del suelo sin disturbar. Esto es un reflejo de la profundidad de labor del implemento (rastra).

Resultados similares presentan Lal *et al.* (1994) y Lal (1997), aunque otros autores como Comia *et al.* (1994) y Sow *et al.* (1997) han encontrado diferencias entre los sistemas de labranza, donde la resistencia es menor en los sistemas convencionales hasta los 35 cm de profundidad. En ninguno de los suelos evaluados los valores de RP fueron mayores al valor crítico de 4000 kPa, reportado por Dexter (1986) como limitante para el crecimiento de las raíces de monocotiledoneas, pero sí al de 2000 kPa, señalado por López y Arrue (1997) como limitante para el crecimiento de las raíces de la cebada.

Cuadro 8. Rendimiento en grano del maíz al 12 % de humedad en los sistemas de labranza y suelos evaluados.

Suelos	Sistema de labranza	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)
Agua Blanca	Convencional	5338
	Reducida	5371
Ospino	Convencional	3374
	Reducida	3144

Como se puede apreciar de los resultados presentados, los sistemas de labranza convencional y reducida afectaron sólo algunas características físicas de los suelos evaluados, los efectos benéficos del sistema de labranza reducida, se evidenciaron en el aumento de la tasa de infiltración y de la estabilidad de los agregados al impacto de las gotas de lluvia. Los problemas de compactación indicados por algunos autores no se presentaron ni se afectaron los rendimientos del cultivo de maíz, bajo las condiciones de los ensayos.

CONCLUSIONES

El período de evaluación del presente trabajo, 2 años para el suelo Agua Blanca y 4 años para el suelo Ospino, parece no ser suficiente para obtener efectos consistentes de los sistemas de labranza convencional y reducida, en las variables densidad aparente, porosidad total, poros de radio equivalente mayor de 15 µm y módulo de ruptura, por lo cual se sugiere continuar las evaluaciones en los mismos sitios por un mayor

número de años.

El efecto más importante de mediano a largo plazo de los sistemas de labranza reducida, es el aumento en los contenidos de carbono orgánico de la capa superficial del suelo, como se evidenció en el suelo Ospino; principalmente por su efecto sobre la estructura, mejorando la estabilidad de los agregados del suelo al impacto de gotas de lluvia y permitiendo un aumento de la infiltración de agua en el perfil.

Las variables físicas contenido de humedad y resistencia a la penetración, no fueron afectadas por el tratamiento de labranza en el período de evaluación y las ligeras variaciones presentadas, están asociadas a su distribución del tamaño de partículas.

Bajo las condiciones de los ensayos, los rendimientos del cultivo maíz no se vieron afectados por los sistemas de labranza en ninguno de los suelos evaluados, lo que indica que los sistemas de labranza reducida pueden ser una alternativa de manejo para la producción de maíz de la zona. Sin embargo, es necesario seguir realizando evaluaciones por un mayor período de tiempo, para obtener resultados más contundentes.

LITERATURA CITADA

- Barber, R., C. Herrerea y O. Diaz.** 1989. Compaction status susceptibility of aluvial soils in Santa Cruz, Bolivia. *Soil Tillage Res.* Vol. 15:153-167.
- Cabrera, S.** 1993. Evaluación de diferentes métodos de labranza en el sistema de producción maíz-frijol en un suelo de Ospino en los Llanos Occidentales. Tesis de Maestría en Conservación de Recursos. UNELLEZ-Guanare. 215 p.
- Comia, R., M. Stenberg, P. Nelson, T. Rydberg e I. Håkansson.** 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Tillage Res.* Vol. 29:335-355.
- Dexter, A.** 1986. Model experiments on behavior of root at interface between a tilled seed-bed and compacted sub-soil. Effects of seed bed aggregate size and subsoil strength on wheat root. *Plant & Soil.* Vol. 95:123-133.
- Ekeberg, E. y H. Riley.** 1997. Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on Morainic loam soil in southeast Norway. *Soil Tillage Res.* Vol. 42:277-293.
- Ewing, R.; M. Wagger y H. Denton.** 1991. Tillage and cover crop management effect on soil water and corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 55:1081-1085.
- Franzluebbers A. Y M. Arshad .** 1996. Soil organic pools with conventional and zero tillage in cold, semiarid climate. *Soil Tillage Res.* Vol. 39:1-11.
- Jiménez, R.** 1998. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas, en un Fluvaquentic Us-

- tropepts de los Llanos Occidentales y el comportamiento del cultivo maíz (*Zea mays* L). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. UCV-Maracay. 58 p.
- Lal, R., A. Mahboubi y N. Fausey.** 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of Central Ohio Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 58(2):517-552.
- Lal, R.** 1997. Long-term tillage and maize monoculture effects on tropical Alfisol in Western Nigeria. I: Crop yield and soil physical properties. Soil Tillage Res. Vol. 42:145-160.
- López, M. y J. Arrúe.** 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in semi-arid region of Spain. Soil Tillage Res. Vol. 44:35-54.
- Lozano, Z.** 1995. Calibración de métodos para la evaluación de limitaciones físicas. Tesis de Maestría en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 151 p.
- Lozano, Z., S. Cabrera, J. Peña y M. Adams.** 1997. Efecto de los sistemas de labranza sobre dos inceptisoles de los Llanos Occidentales de Venezuela. II. Propiedades químicas de los suelos. Venesuelos. 5(1 y 2): 14-24.
- Malicki, L., J. Nowicki y Z. Szwejkowski.** 1997. Soil and crop responses to soil tillage systems: A polish perspective. Soil Tillage Res. Vol. 43:65-80.
- Menl, D. y S. Barber.** 1974. Development and distribution of corn root system under field conditions. Agron. J. Vol. 66:341-344.
- Nacci, S e I. Pla.** 1991. Técnicas y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos. FONAIAP. Serie B, N° 17, Maracay. 40 p.
- Nyborg M. y S. Malhi.** 1989. Effects of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate nitrogen content, moisture and temperature of soil in North-central Alberta. Soil Tillage Res. Vol. 15:1-9.
- Pérez-López, C.** 1997. Analisis estadísticos con Statgraphics. Técnicas básicas. Editorial Alfa-Omega. México. 708 p.
- Pla, I.** 1983. Metodologías para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Rev. Fac. Agron. Alcance N° 32. 91 p.
- Pla, I.** 1992. Evaluación de propiedades físicas del suelo con fines de diagnóstico. Bases, uso y aplicación de metodologías sencillas para la evaluación y modelaje de procesos físicos de suelo. (inédito). 19 p.
- Roseberg, R. y E. Mc Coy.** 1992. Tillage and traffic induced changes in macroporosity and macropore continuity: air permeability assessment. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 56(4):1261-1267.
- Sow, A., L. Hossner, P. Unger y B. Stewart.** 1997. Tillage and residue effects on root growth and yields of grain sorghum following wheat. Soil Tillage Res. Vol. 44:121-129.
- Wagger, M. y H. Denton.** 1992. Crop and tillage rotations: grain yield, residue cover, and soil water. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 56:1233 - 1237.
-