

EFFECTO DE LOS SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE DOS INCEPTISOLES DE LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA. I. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Tillage systems effects on two Inceptisols from the western plains of Venezuela. I. Soil chemical 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 lozano@camelot.rect.ucv.ve

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

Resumen

Es necesario conocer si los sistemas de labranza de conservación afectan beneficiosa o detrimentalmente las propiedades químicas del suelo, importantes para la producción de los cultivos, ya que dichos sistemas han sido ampliamente promovidos y adoptados en suelos de los Llanos Occidentales de Venezuela, por sus ventajas en la conservación de suelos y aguas. El objetivo de este estudio fue evaluar la tendencia de los cambios producidos por la labranza en algunas propiedades de los suelos. Los cambios temporales 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 químicas fueron evaluados en el período de lluvia del año 1996, bajo la siembra del cultivo de maíz. Se evaluó: capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO) y los contenidos de potasio intercambiable (K), fósforo disponible (P) y nitrato (NO₃). Los resultados indicaron que no se produjeron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos de labranza en las propiedades pH, CIC y CO, mientras que en K, P y NO₃, se produjeron 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 clave: Labranza convencional, labranza reducida, maíz, propiedades químicas.

Abstract

Is necessary to determine whether, conservation tillage systems beneficially or detrimentally affect soil chemical properties important for crop production, because these systems are being widely promoted and adopted to conserve soil and water resources on the western plains of Venezuela. The objective of this study was to evaluate the trend of changes of some soils properties by effect of tillage. Temporary changes were measured in an on going long-term experiment established in Agua Blanca soils (since 1994) and in Ospino soils (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 chemical properties were measured during the maize growth season of 1996. In this case, pH, cation exchange capacity (CEC), organic carbon (OC), exchangeable potassium (K), phosphorus content (P) and nitrate content (NO₃), were evaluated. The result showed that there were no significant differences in pH, CEC and OC. However, K, P and NO₃ were significantly different between tillage treatment.

Key words: Conventional tillage, reduced tillage, maize, western plains, chemical properties.

INTRODUCCIÓN

El interés hacia los sistemas de labranza conservacionista observado en las últimas décadas, se debe a los cambios que los sistemas convencionales han producido en la agricultura, en relación al excesivo uso de energía, contaminación ambiental, degradación de los recursos suelo y agua y a la reducción del beneficio para los agricultores. Los sistemas conservacionistas presentan ventajas al compararlos con los convencionales, en los aspectos de reducción de costos de producción y mejoramiento de las propiedades del suelo. En general, las propiedades de la capa superficial de los suelos se ven favorecidas bajo sistemas de labranza conservacionista y con la presencia de residuos en superficie en forma de mulch, en relación a los sistemas de labranza convencional basados en el uso de arados o rastras, donde no se dejan residuos en superficie; sin embargo, la magnitud relativa de las diferencias de-

pende de las propiedades del suelo, clima y los sistemas de cultivo empleados.

Los cultivos varían en sus requerimientos y tolerancia a ciertos atributos del suelo, que para algunas condiciones pueden ser modificados por los sistemas de labranza. La labranza tiene efectos sobre las propiedades y procesos químicos del suelo (pH, capacidad de intercambio catiónico, lixiviación, difusión de iones, etc.), las propiedades y procesos físicos (textura, estructura, capacidad de agua disponible, distribución de tamaño de poros, movimiento de agua, compactación, erosión, etc.) y las propiedades y procesos biológicos (carbono orgánico, biomasa microbial, biodiversidad del suelo, mineralización, respiración etc.) y la interacción entre ellas (Lal, 1997). La labranza afecta las características químicas relacionadas con la oferta natural de elementos nutritivos y su disponibilidad, los cuales a su vez están condicionados por las características

físicas que permiten un buen desarrollo radical y una provisión adecuada de agua. En general las características químicas de la capa superficial del suelo se ven más favorecidas bajo los sistemas de labranza conservacionista con la presencia de residuos en superficie en forma de mulch, que bajo labranza convencional. El uso de la labranza de conservación puede requerir ciertos cambios en el manejo de la fertilidad del suelo, debido a que se presenta una variación en la distribución de los contenidos totales, disponibles y de reserva de los nutrientes principales en la zona de exploración de las raíces. Sin embargo, como es posible el desarrollo de poros más continuos entre el horizonte superficial y las capas más profundas, pueden producirse pérdidas de los nutrientes por lixiviación más rápidamente que en sistemas de labranza convencional (Evangelou y Blevins, 1988; Franzluebbers y Horn, 1996).

En varios estudios se ha observado que por efecto de los sistemas de labranza conservacionista se presentan disminuciones de los valores de pH, a nivel superficial (Unger, 1991; Yiribin *et al.*, 1993), especialmente cuando se hacen altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (Ismail *et al.*, 1994). En otras investigaciones no se han encontrado diferencias en el pH atribuibles a los sistemas de labranza (Comia *et al.*, 1994; Lal *et al.*, 1994). Los contenidos de los elementos disponibles para las plantas también varían con los sistemas de labranza y uno de los elementos más estudiados es el nitrógeno del cual se ha señalado que disminuye su disponibilidad cuando se utiliza labranza conservacionista, por una mayor cantidad de pérdidas por lixiviación, inmovilización y volatilización. El aumento de la permeabilidad del suelo explica las mayores pérdidas por lixiviación, principalmente de nitrato, mientras que la inmovilización está estrechamente relacionada con el aumento de las poblaciones microbianas que asimilan el N para la generación de nuevo protoplasma (Aciego *et al.*, 1996). Por otro lado, existen evidencias de una mayor actividad de ureasa en sistemas de labranza conservacionista (Contreras *et al.*, 1995), lo que produce una mayor transformación de la urea aplicada a amonio. En la forma de amonio es susceptible a perderse por volatilización, si se encuentra dentro de los residuos, debido a la falta de humedad para su transformación a nitrato.

Con relación al fósforo (P), debido a su escasa movilidad, este elemento tiende a quedarse donde el sistema de labranza y cultivo lo ubican; en los sistemas conservacionistas como la siembra directa (SD) permanece en una capa de 0 a 5 cm, mientras que en LC se distribuye uniformemente en unos 0 a 20 cm (Unger, 1991). La acumulación superficial del P en SD es debida a la aplicación de los fertilizantes y al retorno del elemento al suelo por la descomposición de los residuos, pudiendo restringirse su disponibilidad. Sin embargo, bajo condiciones de siembra directa, un menor contacto suelo-fertilizante y un mayor grado de humedad producen una menor adsorción de P en relación a los sistemas convencionales. Aunque en algunos casos se puede llegar a sobreestimar el P disponible en los sistemas conservacionistas, debido a que al no estar lo suficientemente mezclado el fertilizante con el suelo, éste no ha alcanzado aún su estado de equilibrio.

En el caso del potasio (K), este elemento a diferencia del fósforo es soluble y móvil, por lo cual su disponibilidad es menos afectada por los sistemas de labranza. Algunas diferencias han sido observadas en cuanto a su concentración superficial en labranza conservacionista, pero con menor consistencia que la observada en el caso de P. Otras investigaciones han demostrado que en suelos franco limosos cultivados de manera continua bajo no labranza, disminuye la afinidad del suelo por los cationes monovalentes K^+ y NH_4^+ y que se debe a la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo, ya que esta última exhibe una más baja afinidad por el K que las arcillas como la illita y la montmorillonita (Evangelou y Blevins, 1988). Con relación a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), se ha señalado que ésta es mayor bajo sistemas conservacionistas y que está muy relacionada con la presencia de residuos, debido a la producción de compuestos que contienen grupos funcionales carboxílicos y fenólicos, capaces de suministrar cargas negativas (Lal *et al.*, 1994; Lal, 1997).

La labranza convencional provoca un descenso violento en los contenidos de materia orgánica, por favorecer su rápida oxidación, ya que la ruptura de los agregados expone la MO, antes inaccesible (Hakansson, 1994). Por el contrario, cuando se aplica algún sistema de labranza conservacionista, principalmente SD, se producen mayores niveles de residuos que al quedar en superficie son degradados lentamente y se obtiene un incremento de MO, que usualmente se restringe a los primeros 10 cm del perfil (Comia *et al.*, 1994). El efecto de la labranza de conservación sobre la MO depende del tipo específico de labranza. En el caso de SD, se producirá la máxima acumulación de residuos en la superficie con casi ningún movimiento para acelerar su descomposición, mientras que en los de labranza reducida (LR), con el aflojamiento del suelo se aumenta el contacto residuo-suelo y por lo tanto, sus posibilidades de descomposición. Algunos autores indican que el incremento en los contenidos de MO en los sistemas conservacionistas, produce cambios apreciables sólo después de 20 a 30 años (Blevins *et al.*, 1977; Lal, 1997); sin embargo, se ha demostrado que el contenido de MO en los primeros centímetros del perfil de un suelo cultivado bajo SD, aumenta en un período de 4 años (Germon y Taurean, 1991, citado por López-Bellido *et al.*, 1997).

En el país, la promoción del uso de sistemas de labranza de conservación, por parte de las casas comerciales distribuidoras de implementos para siembra directa, ha provocado la adopción de esta tecnología por un grupo numeroso de productores de cereales, principalmente en los Llanos Occidentales. Esto ha sido posible ya que los productores de la zona tienen un sistema de producción y un nivel económico tal, que les permite adoptar la tecnología sin mayores problemas. Sin embargo, no se han tomado en cuenta los efectos que dicho sistema puede tener sobre algunas propiedades del suelo, ni las necesidades de cambio en los paquetes tecnológicos de los cultivos, principalmente en la fertilización. Para afrontar tal problemática, en la zona de los Llanos Occidentales, específicamente en el estado Portuguesa, se han instalado ensayos a largo plazo para evaluar el efecto de diferentes sistemas de labranza, como alternativas para una agricultura sustentable, sobre las propie-

dades del suelo. El primero de los ensayos se instaló en 1992 en una finca particular en la localidad de la Trinidad de Ospino y el otro en 1994 en el campo experimental de Agua Blanca (FONAIAP), ambos en el estado Portuguesa. Hasta el momento de la realización de este trabajo, sólo se había evaluado en forma periódica algunas propiedades físicas como densidad aparente, contenido de humedad y resistencia a la penetración y algunos parámetros de rendimiento del sistema maíz-barbecho en Agua Blanca y maíz-frijol en Ospino. Por tanto, era necesario evaluar el cambio en las propiedades químicas y biológicas, principalmente las relacionadas con la materia orgánica y la dinámica de los nutrientes principales. Los datos de este estudio corresponden a las evaluaciones del año 1996.

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. El primero de los suelos identificado como Agua Blanca (ABL) es un Aeric Tropaquepts, franco arcillosa fina, no ácida, mixta, isohipertérmica (MOP, 1965), ubicado en el campo experimental Agua Blanca del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONA-IAP) y el segundo, identificado como Ospino (OSP), es un Fluvaquentic Ustropepts, francosa gruesa, isohipertérmica (Ca-brera, 1993), ubicado en la finca Los Gallos, en la localidad de la Trinidad de Ospino, ambos en el estado Portuguesa y bajo cultivo de maíz de secano. Las evaluaciones se realizaron en ensayos a largo plazo sobre sistemas de labranza instalados desde 1992 en Ospino y 1994 en Agua Blanca.

Los tratamientos evaluados fueron: Labranza convencional (LC), constituido por una preparación del terreno con 4 pases de rastra de disco y luego siembra con una sembradora convencional y labranza reducida (LR), constituido por una preparación del terreno con 2 pases de rastra de disco y siembra con una sembradora adaptada para siembra directa; distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, en ambos sitios experimentales. Las mediciones se realizaron en el ciclo de secano de 1996. 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 parcela con aproximadamente 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 las parcelas con unas dimensiones de 80 m de largo y 6 m de ancho. En cada unidad experimental se separó un área de 180 m² de área para la realización de los muestreos.

Antes del establecimiento de los ensayos se realizó una caracterización química de los sitios experimentales, tomando con barrenos tres muestras compuestas dentro de cada unidad experimental a las profundidades previamente establecidas: 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm en Agua Blanca y 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 en el suelo Ospino, las muestras fueron secadas a aire

y tamizadas (2 mm), determinando en cada una por duplicado: pH y conductividad eléctrica en relación 1:2 (suelo:agua), los métodos descritos por Gilbert *et al.*, (1990), contenido de carbono orgánico, por el método de la combustión húmeda de Walkley y Black (1934), con las modificaciones hechas por Heanes (1984), capacidad de intercambio catiónico por el método del acetato de amonio (Bascomb, 1964), fósforo disponible extraído con la solución de Olsen y detectado por colorimetría con el método del molibdato-ácido ascórbico (Olsen y Summers, 1982) y potasio intercambiable extraído con acetato de amonio y detectado por espectrofotometría de absorción atómica (Thomas, 1982). Además, antes del establecimiento de los tratamientos de labranza en el año 1996, se tomaron muestras de la vegetación remanente que sirvió de residuo a los tratamientos en ambos suelos, constituida por restos de maíz y malezas en el suelo Agua Blanca y restos de frijol y malezas en el suelo Ospino. Para el muestreo de la vegetación remanente, en cada suelo se lanzó un cuadrado metálico de 40 x 40 cm, tres (3) veces al azar en cada unidad experimental, tomando todo el material presente; las muestras se lavaron y secan en estufa a 70 °C por 48 horas para su análisis y se evaluaron los contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, carbono y se calculó la relación carbono:nitrógeno y carbono:fósforo de ambos residuos. La cantidad de biomasa vegetal incorporada (LC) o dejada en superficie (LR) fue de 10,69 Mg.ha⁻¹ en el suelo Agua Blanca y de 6,96 Mg.ha⁻¹ en Ospino.

En el ciclo de secano de 1996, se realizaron las siguientes labores: el suelo de Agua Blanca, se sembró el día 29.05.96, maíz del cultivar híbrido P-3086 de la Pioneer a una distancia entre hileras de 0,8 m; la fertilización básica se realizó tomando en cuenta el análisis de suelo al momento de la siembra, en dosis de 42 kg N, 42 kg P₂O₅ y 60 kg de K₂O, en forma de 12-12-17/2 MgO.ZnO CP, se realizó un reabono a los 25 días después de la siembra con 42 kg de N, en forma de nitrato de amonio. El control de malezas se realizó postemergente a los 20 días después de la siembra, en ambos tratamientos con los productos Nicosulfurón (40 g.ha⁻¹)+2,4-D(2 L.ha⁻¹). Para el control del gusano cogollero se realizó una aplicación de Metomil en dosis de 1 kg.ha⁻¹ al momento de la floración. Ambas aplicaciones con asperjadora acoplada al tractor. En el suelo de Ospino, se sembró el día 18.06.96, el mismo material genético a una distancia entre hileras de 0,8 m, tratada con Tiodicarb a razón de 1 L.100 kg⁻¹, para disminuir los ataques de cortadores; la fertilización básica se realizó al momento de la siembra, tomando en cuenta el análisis de suelo en dosis de 56 kg N, 56 kg P₂O₅ y 56 kg de K₂O, en forma de 14-14-14 CP, se realizó un reabono a los 35 días después de la siembra con 46 kg de N, en forma de urea. El control de malezas se realizó postemergente a los 20 días después de la siembra con Nicosulfurón (40 g.ha⁻¹) + Atrazina (2 L.ha⁻¹). El control de plagas para el gusano cogollero específicamente, se realizó con Clorpirifos (1 L.ha⁻¹) al inicio de la floración.

Antes de la siembra del maíz en el año 1996 se tomaron muestras compuestas, por triplicado en cada unidad experimental. En dichas muestras se evaluó: pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico.

Estos resultados se compararon con la caracterización inicial, para evaluar la variación de las características de los mismos luego de dos (ABL) y cuatro (OSP) años bajo los sistemas de labranza evaluados. Durante el período de crecimiento del maíz en el año 1996, se realizó un programa intensivo de muestreos y medidas de las características de los suelos en cada tratamiento. En ambos suelos se dividió el primer horizonte en tres capas, con la finalidad de poder evaluar pequeñas variaciones en las propiedades químicas por efecto de los residuos en superficie, tal y como lo recomienda Unger (1991), quedando las profundidades de muestreo; en Agua Blanca 0 - 2,5; 2,5 - 5,0; 5 - 15; 15 - 30 y 30 - 45 y para Ospino: 0 - 2,5; 2,5 - 5,0; 5 - 10; 10 - 20 y 20 - 30, tomando las muestras entre las hileras del cultivo. En cada época y profundidad consideradas se evaluó: nitrógeno nítrico, extraído con cloruro de potasio 2 M y detectado por colorimetría con el método del reactivo de Bray (Bremner, 1965; Keeney y Nelson, 1982), fósforo disponible extraído con la solución de Olsen y detectado por colorimetría con el método del molibdato-ácido ascórbico (Olsen y Summers, 1982), potasio intercambiable extraído con acetato de amonio y detectados por espectrofotometría de absorción atómica (Thomas, 1982). En el suelo Agua Blanca se evaluó durante las siguientes épocas: al aplicar los tratamientos de labranza (0), 44 días después de la emergencia (dde), lo que correspondió a 23 días después de reabono, 57 dde y 123 dde y para el suelo Ospino: al aplicar los tratamientos de labranza (0), 29 dde, 58 dde, lo que correspondió a 27 días después del reabono y 129 dde, las muestras recibieron el mismo tratamiento descrito anteriormente. Las fechas de muestreo se ajustaron para hacer evaluaciones antes de la siembra, en época de máximo crecimiento, en época de floración y en madurez fisiológica del cultivo, teniendo cuidado de no muestrear los 15 días siguientes a las aplicaciones de fertilizantes.

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, también se realizaron análisis de correlación entre todas las variables. Los valores de pH fueron convertidos a concentración del ion hidronio para el análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas de los suelos evaluados antes de la instalación de los ensayos se presentan en el cuadro 1, y son consistentes con las descritas para otros inceptisoles de los Llanos Occidentales. En éste se destaca, que la reacción del suelo Agua Blanca es de neutra a moderadamente alcalina, sin problemas de sales, los contenidos de carbono orgánico son bajos en todo el perfil, siendo ésta su mayor limitación de fertilidad, mientras que los contenidos de fósforo y potasio son altos hasta los 15 cm, y de medios a bajos en los horizontes más profundos, lo que puede ser debido a un efecto residual de fertilizaciones previas a la instalación de los ensayos. La capacidad de intercambio catiónico es media en todo el perfil y la clase textural del suelo es franca en los primeros 15 cm, y en el resto franco arcillosa. Por su parte el suelo OSP, presentó una reacción moderadamente ácida en las cuatro primeras capas y ligeramente ácida en la más profunda, sin problemas de sales, con un contenido de carbono orgánico bajo y contenidos de fósforo y potasio de altos a medios, mientras que la capacidad de intercambio catiónico es baja aumentando en el horizonte más profundo, y la textura es franca.

Al igual que el suelo ABL, la mayor limitación de fertilidad del suelo OSP es su bajo contenido de carbono orgánico, seguido de su baja capacidad de intercambio catiónico. Se presentan diferencias en las características de los suelos con la profundidad de muestreo, siendo mayores las concentraciones de los constituyentes químico en la capa superficial en relación al horizonte subsiguiente, en un 38 % para el carbono orgánico, en 57 % para el fósforo y en 37 % para el potasio en el suelo Agua Blanca y en un 21 % para carbono orgánico, 50 % para fósforo y 56 % para potasio en el suelo Ospino.

Los análisis de la vegetación remanente se presentan en el cuadro 2. La cantidad de carbono no varió grandemente entre los dos tipos de residuos, pero los otros constituyentes variaron notablemente. Se aprecia que los contenidos totales de los elementos Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio en el residuo del suelo Ospino son aproximadamente el doble de los del suelo Agua Blanca, mientras que las relaciones Carbono:Nitrógeno y Carbono:Fósforo son la mitad, esta diferencia se debe al tipo de residuo, en el caso de ABL de restos de

Cuadro 1. Algunas características físico químicas de los suelos evaluados.

Suelo	Profundidad	pH	CE	CO	P	K	CIC	Clase textural
	(cm)		(mS.cm ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(cmol ⁺ .kg ⁻¹)		
Agua Blanca	0 - 15	6,87	0,09	11,5	23,48	137,2	16,83	F
	15 - 30	7,43	0,07	7,1	10,19	86,0	16,87	FA
	30 - 45	7,71	0,09	6,0	4,57	78,2	18,69	FA
Ospino	0 - 10	5,22	0,08	9,9	58,64	185,2	7,07	F
	10 - 20	5,51	0,04	7,5	29,23	82,1	9,80	F
	20 - 30	6,23	0,05	6,3	12,01	66,5	12,26	F

CE = Conductividad eléctrica; CO = Carbono orgánico; P = Fósforo; K = Potasio; CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 2. Análisis de la vegetación remanente antes del establecimiento de los tratamientos de labranza en la estación de crecimiento de 1996, en los suelos evaluados.

Suelo	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)	Carbono (%)	Relación	
							C:N	C:P
Agua Blanca	0,68	0,08	0,14	0,34	0,14	16,24	24:1	203:1
Ospino	1,38	0,15	0,29	0,66	0,29	15,38	11:1	102:1

Cuadro 3. Variación de algunas características químicas en el suelo Agua Blanca por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida (1994 - 1996).

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	pH	Conductividad eléctrica (mS. cm ⁻¹)	Carbono orgánico (g.kg ⁻¹)	Capacidad de intercambio catiónico (cmol ⁺ . kg ⁻¹)
Convencional	0 – 15	6,74 a ¹	0,05 ab	11,4 a	20,61 a
	15 – 30	7,29 b	0,04 b	8,4 b	15,82 b
	30 – 45	7,52 b	0,04 b	5,0 c	14,01 c
Reducida	0 – 15	6,40 a	0,05 a	9,5 a	18,18 bc
	15 – 30	6,97 b	0,04 a	6,0 b	17,71 c
	30 – 45	7,35c	0,05 a	5,0 c	20,62 a
Significancia	Labranza	NS	NS	NS	NS
	Duración	NS	*	NS	*
	Profundidad	*	NS	*	*

*Significativo a un nivel de probabilidad del 95% (Tukey). NS: No significativo. ¹Las letras minúsculas diferentes indican diferencias entre valores con la profundidad dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%).

Cuadro 4. Variación de algunas características químicas en el suelo Ospino por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida (1992 - 1996).

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	pH	Conductividad eléctrica (mS. cm ⁻¹)	Carbono orgánico (g.kg ⁻¹)	Capacidad de intercambio catiónico (cmol ⁺ . kg ⁻¹)
Convencional	0 – 10	5,16 a ¹	0,05 a	8,8 ab	8,38 c
	10 – 20	5,96 b	0,04 b	6,5 bc	9,79 b
	20 – 30	6,40 b	0,03 b	5,7 c	12,16 a
Reducida	0 – 10	5,09 a	0,04 a	12,1 a	9,24 c
	10 – 20	5,90 bc	0,03 b	7,2 b	11,29 b
	20 – 30	6,64 c	0,03 b	6,2 b	12,46 a
Significancia	Labranza	NS	*	*	NS
	Duración	NS	*	*	*
	Profundidad	*	*	*	*

*Significativo a un nivel de probabilidad del 95% (Tukey); NS: No significativo; Las letras minúsculas diferentes indican diferencias entre valores con la profundidad dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%).

maíz y malezas y en OSP de restos de frijol y malezas. Estas diferencias probablemente produjeron variaciones en la tasa de mineralización de los residuos, la cual no fue evaluada en el presente trabajo.

Las características químicas de los suelos evaluados luego de 2 y 4 años bajo los sistemas convencional y reducida se presentan en los cuadros 3 y 4 para los suelos Agua Blanca y Ospino, respectivamente.

Reacción (pH)

Esta variable no presentó diferencias significativas a-

tribuyentes a los sistemas de labranza convencional o reducida, ni en relación a los valores iniciales antes del establecimiento de los ensayos, solo se produjeron diferencias significativas con la profundidad en ambos suelos, asociadas a diferencias en la composición química de los diferentes horizontes considerados. Los resultados concuerdan con los presentados por Comia *et al.*, (1994), Lal *et al.* (1994), Ismail *et al.* (1994); Franzluebbers y Horn (1996) y Staley y Boyer (1997) quienes no consiguieron efecto de los sistemas de labranza sobre el pH, luego de 8 y 28 años bajo sistemas de siembra directa. A pesar de que las diferencias entre los tratamientos de labranza y con la duración bajo los sistemas de labranza no son significativas, se aprecia cierta disminución de los valores de pH en ambos sis-

temas a todas las profundidades; estas disminuciones son más marcadas en el suelo ABL, alrededor de 0,45 unidades en la labranza reducida (LR) y 0,15 unidades en labranza convencional (LC), mientras que en el suelo OSP la disminución fue sólo a nivel superficial en LR y en el orden de 0,13 unidades. Estas disminuciones en el pH pueden ser atribuidas a la nitrificación del amonio proveniente del fertilizante aplicado cada año superficialmente, en lugar de la mineralización de los residuos de las plantas, tal y como lo sugiere Lal (1997) quien encontró que el pH de los suelos, no varió luego de 4 años bajo el sistema de siembra directa en el caso de cultivos como el maíz y que las disminuciones en el pH pueden atribuirse a la aplicación de amoníaco anhidro como fertilizante. En las capas más profundas del suelo OSP se produjo por el contrario un aumento del pH de alrededor de 0,4 unidades, el cual no fue posible explicar.

Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de conductividad eléctrica en ambos suelos son sumamente bajos (alrededor de $0,05 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) y reflejan los iones presentes en la solución del suelo. En el suelo ABL los valores no presentan diferencias entre tratamientos de labranza ni con la profundidad, sólo con la duración bajo los sistemas de labranza, mientras que en el suelo OSP se presentaron diferencias entre tratamientos de labranza, con la profundidad y la duración; sin embargo, estas diferencias no tienen gran significado en relación a la fertilidad de los suelos. Estos resultados coinciden con los señalados por Lal (1997).

Contenido de carbono orgánico (CO)

La cantidad de la materia orgánica del suelo (MOS), evaluada a través del carbono orgánico (CO), depende del tipo de material incorporado (relación C:N) y de la forma de aplicación (en superficie o incorporado). La variación en el contenido de carbono orgánico del suelo debido al método de labranza está estrechamente relacionado con el período de tiempo bajo el sistema conservacionista y con la cantidad de residuos que retornan al suelo (Utomo *et al.*, 1990; Lal *et al.*, 1994). Para los suelos evaluados, se puede apreciar como en el suelo ABL no se produjeron cambios temporales, ni con el sistema de labranza en el CO del suelo, solo con la profundidad, siendo los valores más altos los superficiales. En el suelo OSP se produjo un incremento significativo en el contenido de CO para el tratamiento LR a nivel superficial, luego de 4 años de establecidos los tratamientos de labranza, mientras que en LC la tendencia del contenido del CO es mantenerse igual o a disminuir con el tiempo.

La diferencia en la acumulación de carbono orgánico a nivel superficial entre los suelos evaluados, se debe posiblemente al poco tiempo bajo los sistemas de labranza reducida en el suelo Agua Blanca. Algunos autores indican que cuando se usan sistemas de labranza conservacionista, los contenidos de carbono orgánico aumentan en la capa de 0 a 5 ó 7,5 cm, en relación a la capa subsiguiente y que por debajo de los 15 cm de profundidad, no hay diferencias si se compara con los sistemas de labranza convencional. Este comportamiento es atri-

buido al mezclado de los residuos con el suelo, en la capa de 0 a 15 cm en los sistemas convencionales (Wood *et al.*, 1991; Ismail *et al.*, 1994 y Staley y Boyer, 1997).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En ninguno de los suelos evaluados la CIC presentó diferencias atribuibles a los tratamientos de labranza, produciéndose un ligero incremento a nivel superficial en LC y en todas las capas en LR, en comparación con los valores iniciales. En el suelo ABL las variaciones son del orden de $3,78 \text{ cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ a nivel superficial en LC y de 1,35; 0,88 y $1,93 \text{ cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$, en las capas 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm, respectivamente en LR. En el Suelo OSP las variaciones estuvieron en el orden de $1,31 \text{ cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ a nivel superficial en LC y de 2,17; 1,41 y $0,20 \text{ cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ en las capas de 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30, respectivamente, en LR. Con relación a las variaciones con la profundidad, éstas están posiblemente relacionadas con la composición química y mineralógica de cada una de las capas consideradas en los suelos.

Muchos autores coinciden en que en los sistemas de labranza conservacionista se producen aumentos en la capacidad de intercambio catiónico del suelo, asociados a los aumentos en el carbono orgánico y que se aprecian luego de varios años (Lal *et al.*, 1994; Lal, 1997); sin embargo, en los suelos bajo estudio, no se pueden explicar las variaciones de CIC ya que los cambios en el contenido de carbono orgánico son muy leves, principalmente en LC.

Contenido de nitrato ($\text{N} - \text{NO}_3^-$)

De las formas inorgánicas de nitrógeno en el suelo ($\text{N} - \text{NO}_3^-$ y $\text{N} - \text{NH}_4^+$), en este trabajo se evaluó el nitrógeno nítrico ($\text{N} - \text{NO}_3^-$), como índice de disponibilidad de nitrógeno para el cultivo, basado en los trabajos de Dou *et al.* (1995), quienes indican que los tratamientos de labranza no afectan los procesos de nitrificación y que gran parte del N-inorgánico se encontrará en forma de nitrato tanto en los sistemas de labranza convencionales como en los conservacionistas. En ambos suelos evaluados, el contenido de $\text{N} - \text{NO}_3^-$ presentó diferencias significativas por efectos de los sistemas de labranza, con la profundidad y a lo largo del período de evaluación. En la figura 1, se presentan los contenidos de nitrato para ambos suelos y sistemas de labranza, a la profundidad de 0 a 2,5 cm. Para el suelo ABL, se aprecia como los contenidos de nitrato en la primera evaluación son similares en ambos tratamientos, ya que aún no se había aplicado la fertilización básica al cultivo de maíz; mientras que para la segunda evaluación (44 dde), se observa una gran variación entre los sistemas de labranza, presentándose mayores contenidos de $\text{N} - \text{NO}_3^-$ en el tratamiento LC, lo que probablemente refleja la dominancia de los procesos de mineralización luego de la aplicación de los fertilizantes nitrogenados.

En las evaluaciones siguientes (59 y 123 dde) se produjo un rápido decrecimiento de las concentraciones de $\text{N} - \text{NO}_3^-$ manteniéndose alrededor de $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ hasta el final del ciclo del cultivo, lo que indica la absorción por parte de la planta en

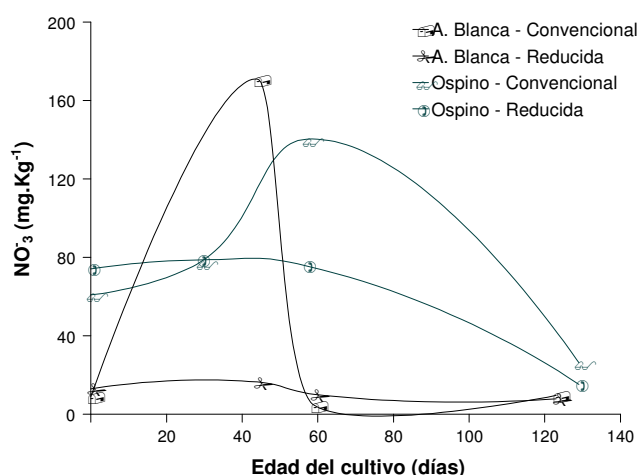


Figura 1. Distribución de los contenidos de nitrato (NO_3^-) en la capa de 0 a 2,5 cm de los suelos, durante el desarrollo del cultivo de maíz, bajo los sistemas de labranza convencional y reducida.

ambos tratamientos (LC y LR). Estos resultados coinciden con los señalados por Unger (1991). En relación a la disminución de los contenidos de N-NO_3^- en el tratamiento LR, Sarrantonio y Scot (1988) y Dou *et al.* (1995) atribuyen resultados similares, a una reducción en la tasa de mineralización debido a la aplicación superficial de los residuos y los fertilizantes, lo que provoca un pobre contacto con el suelo y a las fluctuaciones de humedad en la superficie del suelo.

En el suelo Ospino, la tendencia de la dinámica del N-NO_3^- es similar a la del suelo ABL, con la excepción de que los contenidos iniciales son mayores. Las mayores concentraciones en el sistema LC se presentan en la tercera evaluación y las diferencias entre los tratamientos se mantienen hasta el final del ciclo del cultivo, lo cual es posiblemente debido a las aplicaciones tardías tanto de la fertilización básica como del reabono. Las diferencias en los contenidos de nitrato entre los suelos ABL y OSP pueden deberse tanto a la fuente de nitrógeno aplicada, de nitrato de amonio en ABL y de urea en OSP, como al cultivo precedente. Utomo *et al.*, (1990); Lal *et al.*, (1994) y López-Bellido *et al.*, (1997), indican que los contenidos de N-NO_3^- en el suelo antes de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, son marcadamente dependientes del cultivo previo y que son mayores cuando el cultivo previo es una leguminosa que cuando es un cereal.

En la segunda capa de ambos suelos se presenta un comportamiento similar al descrito, mientras que a partir de los 5 cm de profundidad en ABL y de los 10 en OSP, no hay diferencias entre los tratamientos de labranza, tal y como se aprecia en la figura 2, esto puede deberse a un activo crecimiento de las raíces del maíz en las capas superficiales del suelo, las cuales absorben el nitrato disponible, la disminución normal del nitrato con la profundidad, condiciones de permeabilidad limitada que impidieron la lixiviación del elemento, o pérdida por desnitrificación por condiciones de anaerobiosis temporales.

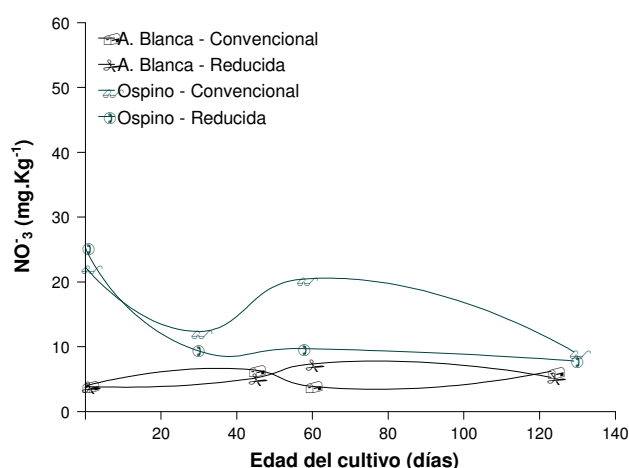


Figura 2. Distribución de los contenidos de nitrato (NO_3^-) en la tercera capa de 5 a 15 cm (ABL) y 5 a 10 cm (OSP), durante el desarrollo del cultivo de maíz, bajo los sistemas de labranza convencional y reducida.

Utomo *et al.*, (1990) atribuyen los mayores contenidos de N-NO_3^- en LC en relación a LR, a una aceleración de la mineralización y de la descomposición de la materia orgánica por efecto de la aplicación de los fertilizantes nitrogenados, principalmente si los residuos son de alta relación C:N. Contreras *et al.*, (1995), lo asocian con una mayor actividad de la enzima ureasa en los sistemas de labranza conservacionista. López-Bellido *et al.*, (1997), lo atribuyen a una mayor cantidad de pérdidas en los sistemas LR por volatilización en forma de amonio del fertilizante nitrogenado aplicado superficialmente, antes de que se produzca la nitrificación o incorporación a la fracción orgánica del suelo.

Algunos autores indican que el mantenimiento del N en los sistemas de labranza conservacionistas está más ligado a mecanismos de protección física que a procesos de inmovilización (Schulten *et al.*, 1990). Resultados contrarios han conseguido autores como Sarrantonio y Scott (1988); Smika (1990) y Franzluebber y Arshad (1996) en ensayos a largo plazo, donde se presentó el mayor contenido de nitrato y mayores pérdidas por lixiviación, en los sistemas conservacionistas en relación a los convencionales y lo atribuyen a un mayor aporte por la vía de la descomposición de los residuos y a un flujo preferencial de agua por las grietas y los macroporos más continuos.

Contenido de fósforo disponible (P)

Cuando se usan sistemas de labranza conservacionista, se produce un incremento en el nivel de algunos elementos en los primeros centímetros del perfil, debido a la aplicación superficial de los fertilizantes, esto es muy importante en el caso de P, por ser un elemento poco móvil en el suelo. La diferencia entre los contenidos de P entre ambos suelos podría obedecer a diferencias en el patrón de liberación del elemento por parte de los residuos y estar relacionada con el contenido inicial de P en los mismos. Al igual que para los contenidos de nitrato,

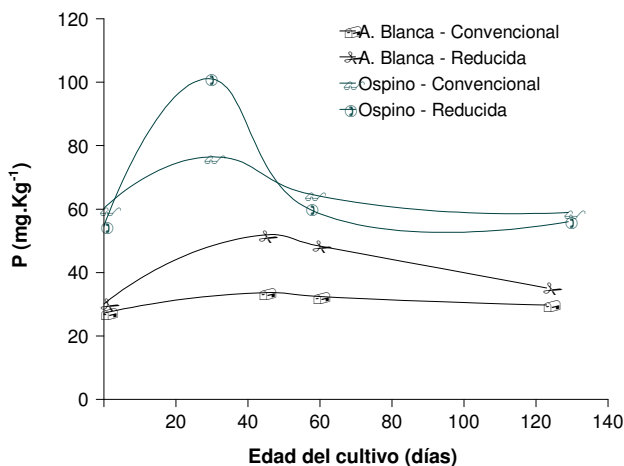


Figura 3. Distribución de los contenidos de fósforo (P) en la capa de 0 a 2,5 cm de los suelos, durante el desarrollo del cultivo maíz, bajo los sistemas de labranza convencional y reducida.

para el contenido de P se presentaron diferencias significativas por efecto de los sistemas de labranza, con la profundidad y a lo largo del período de evaluación, pero la tendencia es inversa, ya que, en ambos suelos las mayores concentraciones se presentan en el sistema de labranza reducida. La dinámica de la concentración de P en los dos suelos a la profundidad de 0 a 2,5 cm, se presenta en la figura 3.

En el suelo ABL, el contenido de P es mayor en el sistema LR en relación al LC a lo largo de todo el período de cultivo, alcanzando sus máximas diferencias en la segunda evaluación (43 dde). En el suelo OSP, la dinámica del P es similar a la del suelo ABL; pero en este caso los mayores contenidos de P en LR se presentan sólo hasta la tercera evaluación (57 dde). En este suelo la dinámica del P en ambos sistemas de labranza, está asociada a la del Calcio en forma negativa (datos no presentados), lo que se evidencia en su alta correlación negativa ($r = -0,7800$).

Las diferencias en los contenidos y el período de disponibilidad de P entre los suelos ABL y OSP, pueden estar asociadas a diferencias en la composición del residuo, aunque su verificación es difícil, ya que como indican Buchanan y King (1993), la relación C:P del residuo incorporado o dejado en superficie no es un buen predictor de la liberación de P para las plantas, ya que el C y el P no están directamente asociados, sino a través de uniones C-O-P, las cuales son estabilizadas por reacciones de adsorción y precipitación con los sólidos del suelo y son mineralizados por enzimas en respuesta a la necesidad microbiana.

A partir de los 5 cm de profundidad las diferencias entre tratamientos van disminuyendo hasta que en la capa de 30 a 45 cm (ABL) y 20 a 30 cm (OSP), no se presentan diferen-

cias en los contenidos de P que se puedan atribuir a los tratamientos de labranza, en ninguna de las épocas evaluadas (Figura 4).

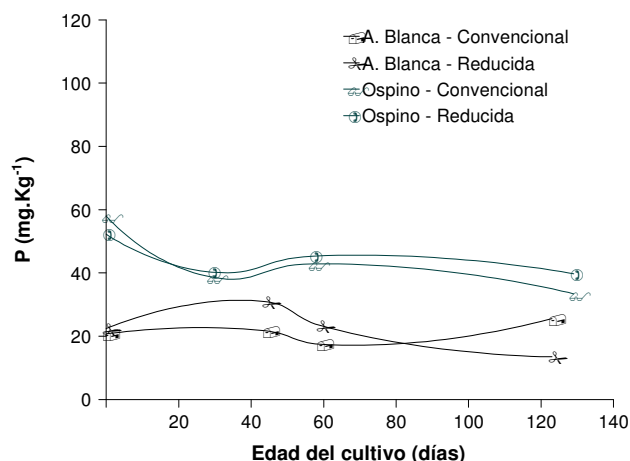


Figura 4. Distribución de los contenidos de fósforo (P) en la tercera capa de 5 a 15 cm (ABL) y 5 a 10 cm (OSP), durante el desarrollo del cultivo maíz, bajo los sistemas de labranza convencional y reducida.

Resultados similares han sido señalados por Unger (1991), Franzluebbers y Horn (1996), Lal (1997) y Ekebert y Riley (1997), quienes han encontrado que hasta 5 cm de profundidad las concentraciones de P, son mayores en los sistemas conservacionistas y que a partir de allí no se presentan diferencias entre tratamientos de labranza, con tendencia a ser menores en los sistemas conservacionistas. Los autores atribuyen las mayores acumulaciones superficiales de P a la naturaleza poco móvil del elemento, a la aplicación superficial de fertilizantes fosfatados y a la descomposición de los residuos aplicados en superficie. Otros autores atribuyen este comportamiento a que la presencia de residuos y la falta o disminución de la labranza en el suelo produce una mayor disponibilidad de formas de P orgánico (Evangelou y Blevins, 1988) o a un aumento de la actividad enzimática de la fosfatasa ácida, tal y como lo indican Contreras *et al.*, (1996), quienes encontraron que ésta era mayor en Alfisoles bajo sistemas de SD. También se ha indicado que en sistemas de labranza conservacionista se reducen las pérdidas por fijación del P por parte del suelo, al disminuir el contacto suelo-fósforo, por lo cual se deja más P en las formas lábil y en solución, es decir en el pool fácilmente disponible (Selles *et al.*, 1997).

Contenido de potasio intercambiable (K)

Los valores de potasio están en el rango de 0,13 a 0,65 $\text{cmol}^+ \cdot \text{Kg}^{-1}$; en ambos suelos se produjeron diferencias significativas en los contenidos del elemento, por efecto de los sistemas de labranza, la profundidad, y a lo largo del período de desarrollo del cultivo maíz (Cuadros 5 y 6). La distribución de potasio se caracterizó por presentar mayores valores a nivel superficial y en el tratamiento de labranza reducida, lo cual con-

cuerda con lo reportado por Yiribin *et al.* (1993), quienes encontraron que en los primeros 7,5 cm del perfil se presentan los mayores contenidos de K en los sistemas de labranza reducida

y que esta acumulación se debe a la falta de mezclado de los fertilizantes y al retorno del K por la descomposición de los

Cuadro 5. Variación del contenido de potasio intercambiable ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) del suelo Agua Blanca durante el desarrollo del cultivo maíz, por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida.

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	Edad del cultivo (días)			
		0	44	59	123
		Potasio intercambiable ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$)			
Convencional	0 – 2,5	0,44 A ¹ /ab ²	0,38 A/b	0,42 A/ab	0,56 A/a
	2,5 – 5,0	0,43 A/b	0,34 A/c	0,35 B/c	0,52 A/a
	5,0 – 15,0	0,31 B/bc	0,27 AB/c	0,43 A/a	0,39 C/ab
	15,0 – 30,0	0,13 C/c	0,19 BC/bc	0,34 B/ab	0,43 B/a
	30,0 – 45,0	0,14 C/b	0,16 C/b	0,32 B/a	0,41 BC/a
Reducida	0 – 2,5	0,63 A/a	0,38 A/b	0,60 A/ab	0,52 A/b
	2,5 – 5,0	0,65 A/a	0,40 A/c	0,62 A/ab	0,43 AB/bc
	5,0 – 15,0	0,40 B/a	0,24 B/b	0,41 AB/a	0,35 B/ab
	15,0 – 30,0	0,27 BC/a	0,21 B/b	0,30 BC/a	0,21 C/b
	30,0 – 45,0	0,22 C/a	0,21 B/a	0,16 C/b	0,19 C/ab

Significancia:
 Labranza *

¹ Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la profundidad, dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%); ² Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la edad del cultivo, dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%); * Diferencias significativas a un nivel de probabilidad del 95% (Tukey); NS: No significativas.

Cuadro 6. Variación del contenido de potasio intercambiable ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) del suelo Ospino durante el desarrollo del cultivo maíz, por efecto de los sistemas de labranza convencional y reducida.

Sistema de labranza	Profundidad (cm)	Edad del cultivo (días)			
		0	29	57	129
		Potasio intercambiable ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$)			
Convencional	0 – 2,5	0,48 A ¹ /ab ²	0,56 A/a	0,33 A/c	0,40 A/b
	2,5 – 5,0	0,50 A/a	0,42 B/a	0,27 AB/b	0,29 B/b
	5,0 – 10,0	0,46 A/a	0,35 BC/b	0,19 B/c	0,43 A/a
	10,0 – 20,0	0,27 B/b	0,21 CD/bc	0,17 B/c	0,43 A/a
	20,0 – 30,0	0,15 C/b	0,15 D/b	0,15 B/b	0,38 AB/a
Reducida	0 – 2,5	0,59 A/ab	0,65 A/a	0,34 A/b	0,66 A/a
	2,5 – 5,0	0,53 A/a	0,48 B/b	0,30 AB/c	0,56 B/a
	5,0 – 10,0	0,44 B/a	0,25 C/b	0,26 B/b	0,42 C/a
	10,0 – 20,0	0,15 C/bc	0,20 C/b	0,12 C/c	0,43 C/a
	20,0 – 30,0	0,15 C/b	0,13 D/b	0,14 C/b	0,40 C/a

Significancia:
 Labranza *
 Duración *
 Profundidad *

¹ Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la profundidad, dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%); ² Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre valores con la edad del cultivo, dentro de cada sistema de labranza (Tukey al 95%); *Diferencias significativas a un nivel de probabilidad del 95% (Tukey); NS: No significativas.

residuos. Los mayores valores iniciales en LR en ambos suelos principalmente a nivel superficial podrían obedecer a unefecto residual de la aplicación de fertilizantes en cultivos anteriores.

En ambos suelos y sistemas de labranza los contenidos iniciales son mayores y similares en las tres primeras capas consideradas, hasta 15 cm en ABL y 10 cm en OSP, presentándose una disminución debido posiblemente a la mayor absorción del elemento por parte de la planta a los 44 dde en el suelo ABL y a los 57 en el Ospino. Los aumentos en la concentración del elemento en la última fecha de evaluación, incluso en las capas mas profundas, pueden ser debidos a la incorporación de K por la senescencia de las hojas del maíz y movimiento del mismo en el perfil al disminuir la absorción por parte de las plantas. Estos resultados son contrarios a los señalados por otros autores como Ismail *et al.* (1994), quienes no han encontrado efecto de los sistemas de labranza sobre los contenidos de K en el suelo y coinciden con los de Franzluebers y Horn (1996) y Ekebert y Riley (1997), quienes han conseguido mayores valores de K (hasta un 29 % más), en sistemas de labranza conservacionistas como siembra directa, en la capa de 0 a 5 cm de profundidad.

CONCLUSIONES

El período de evaluación del presente trabajo, 2 años para el suelo Agua Blanca y 4 años para el suelo Ospino, no fue suficiente para obtener efectos consistentes de los sistemas de labranza convencional y reducida, en las variables químicas: pH y capacidad de intercambio catiónico.

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.

También se afectan temporalmente los contenidos de nitrógeno nítrico, fósforo y potasio, tanto los provenientes de los fertilizantes aplicados como de los que retornan a suelo por la descomposición de los residuos.

La disponibilidad de nitrato, se ve favorecida en los sistemas de labranza convencional en relación a los de labranza reducida y las concentraciones que alcanza a lo largo del período del cultivo van a estar relacionadas con la aplicación y pérdidas del fertilizante aplicado en la superficie del suelo.

Las dinámicas observadas sugieren que el nitrógeno está sujeto a gran cantidad de pérdidas en ambos sistemas de labranza y surge la necesidad de realizar medidas complementarias de contenidos de amonio, para verificar si en los sistemas de labranza reducida se limita al proceso de nitrificación, o si por el contrario, las menores concentraciones de nitrato se deben a otro tipo de pérdidas como volatilización o inmovilización.

Los contenidos de fósforo disponible se ven favorecidos en los sistemas de labranza reducida en relación a los con-

vencionales; pero no queda del todo claro, si realmente aumenta su disponibilidad para las plantas o la fracción que se determina analíticamente corresponde a parte del fertilizante aplicado que no ha alcanzado su estado de equilibrio en el suelo.

El cultivo continuo bajo sistemas de labranza reducida parece no tener un efecto desfavorable sobre la distribución de los elementos en el perfil, ya que los mismos tienden a acumularse en la zona donde las raíces de las plantas los pueden absorber.

LITERATURA CITADA

- Aciego, J., D. Borges y J. Rojas.** 1996. Efecto de los sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica de las poblaciones microbianas de un suelo degradado del estado Yaracuy. *Venesuelos*. Vol. 3(2):73-82.
- Bascomb, C.** 1964. Rapid methods for the determination of cation exchange capacity of calcareous and non calcareous soils. *J. Soil Sci. Food Agri.* Vol. 15:821 - 823.
- Blevins, R., G. Tomas y P. Cornelius.** 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years in continuous Corn. *Agron. J.* Vol. 69:383-386.
- Bremner, J.** 1965. Nitrogen availability in soil. In: W. Bartholomew and F. Clark (Eds). *Soil Nitrogen*. Agronomy 10:93-149. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis., USA.
- Buchanan, M. y L. King.** 1993. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. *Agron. J.* Vol. 85:631-638.
- 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.
- Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la ureasa en un alfisol. *Venesuelos*. Vol. 3(1):2-6.
- Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini.** 1996. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la fosfatasa ácida en un alfisol. *Rev. Fac. Agron (Maracay)*. Vol. 22:139-149.
- Dou, Z., R. Fox y J. Toth.** 1995. Seasonal soil nitrate dynamic in corn as affected by tillage on nitrogen source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 59:858-864.
- 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.
- Evangelou, V. y R. Blevins.** 1988. Effects of long-term tillage systems and nitrogen addition on potassium Quantity-Intensity relationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 52:1047-1054.
- Franzluebbers, A. y F. Hons.** 1996. Soil-profile distribution of primary and secondary plant-available nutrient under conventional and no tillage. *Soil Tillage Res.* Vol. 39:229-239.
- Franzluebbers, A. y M. Arshad.** 1996. Soil organic matter pools with conventional and zero tillage in a cold, semi-arid climate. *Soil Tillage Res.* Vol. 39:1-11.
- Gilbert de B. J., I. López de R. y R. Pérez de R.** 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. Versión preliminar. CENIAP, Maracay. 164 p.
- Hakansson, I.** 1994. Soil tillage for crop production and for protection of soil and environmental quality: A Scandinavian viewpoint. *Soil Tillage Res.* Vol. 39:109-124.
- Heanes, D.** 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* Vol. 15:1191 - 1213.
- Ismail, J., R. Blevins y W. Frye.** 1994. Long-term no tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 58:193 - 198.
- Keeney, D y D. Nelson.** 1982. Nitrogen-inorganic forms. **In:** Page A.L. (Ed). *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological properties.* Agronomy Monograph N° 9 (2nd Edition) ASA. Madison, Wis. pp. 643-698.
- 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. II: Soil chemical properties. *Soil Tillage Res.* Vol. 42:161-174.
- López-Bellido, L., F. López-Garrido, M. Fuentes, J. Castillo y E. Fernández.** 1997. Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rainfed Mediterranean conditions. *Soil Tillage Res.* Vol. 43:277-293.
- Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas.** 1965. Estudio comparativo de perfiles típicos en las series Algodonal y Agua Blanca. Guanare-Venezuela. 11 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.
- Olsen, S. y L. Sommers.** 1982. Phosphorus. **In:** Page A.L. (Ed). *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological properties.* Agronomy Monograph N° 9 (2nd Edition) ASA. Madison, Wis. pp. 403-427.
- Pérez-López, C.** 1997. Análisis estadísticos con Statgraphics. Técnicas básicas. Editorial Alfa-Omega. México. 708 p.
- Sarrattonio, M. y T Scott.** 1988. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 52:1661-1668.
- Schulten, H., R. Hempfling, K. Haider, F. Groblichhoff, H. Ludemann y R. Frund.** 1990. Characterization of cultivation effects on soil organic matter. *Z. Pflanzenerhalr. Bondex.* Vol. 153:97-105.
- Selles, F., R. Kochhann, J. Denardin, R. Zentner y A. Faganello.** 1997. Distribution of phosphorus fractions in Brazilian oxisol under different tillage systems. *Soil Tillage Res.* Vol. 44:23-34.
- Smika, D.** 1990. Fallow management practices for wheat productions in the Central Great Plains. *Agron. J.* Vol. 82: 319-323.
- 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.
- Staley, T. y D. Boyer.** 1997. Short-term carbon, nitrogen and pH alterations in hill-land ultisol under maize silage relative to tillage methods. *Soil Tillage Res.* Vol. 42:115-126.
- Thomas, G.** 1982. Exchange cations. **In:** Page A.L. (Ed). *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological properties.* Agronomy Monograph N° 9 (2nd Edition) ASA. Madison, Wis. pp. 159-165.
- Unger, P.** 1991. Organic matter, nutrient and pH distribution in no and conventional-tillage in semiarid soils. *Agron. J.* Vol. 86:186 - 189.
- Utomo, M., W. Frye y R. Blevins.** 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. *Agron. J.* Vol. 82:979-983.
- Wood, C., D. Westfall, G. Peterson.** 1991. Soil Carbon and nitrogen changes on initiation of no-till cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 55(2):470-476.
- Yibirin, H., J. Johnson y D. Eckert.** 1993. No-till corn production as affected by mulch, potassium placement, and soil exchangeable potassium. *Agron. J.* Vol. 85:639 - 644