

IMPACTO DE LA APLICACIÓN CONSECUTIVA DE LA LABRANZA CERO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN ENTISOL DE LA MESETA DE IBAGUÉ Y SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ

IMPACT OF SEQUENTIAL APPLICATIONS OF ZERO TILLAGE ON PHYSICAL PROPERTIES OF AN ENTISOL OF THE IBAGUE PLATEAU AND ON RICE YIELDS

César Giovanni Álvarez Abril¹

RESUMEN

En una hacienda comercial de arroz de la Meseta de Ibagué, se evaluó el efecto de la denominada labranza cero -L0- (aplicación de glifosato al material vegetal del cultivo anterior y siembra directa con sembradora de chorrillo) a un lote que entraba al cuarto ciclo consecutivo con este sistema sobre las variables físicas del suelo: densidad aparente, sortividad, conductividad hidráulica, estabilidad estructural y porosidad, y se compararon estos efectos respecto a un sistema de labranza convencional -LC- (tres pases de rastra y siembra con máquina voleadora) de uso común, en la zona de estudio. El ensayo, se dispuso en lotes experimentales de una hectárea en un diseño completo al azar con tres repeticiones. Los resultados muestran que LC presentó mayores valores de conductividad hidráulica, de porosidad total, macroporosidad y sortividad, pero menor estabilidad estructural y densidad aparente frente a L0. Los cambios físicos observados en L0 no tuvieron un efecto detrimental sobre los rendimientos del arroz.

Palabras clave: Sistemas de labranza, labranza cero, labranza convencional, propiedades físicas del suelo, adensamiento, arroz.

SUMMARY

In a commercial rice field of the Ibagué plateau (Tolima, Colombia) the effect of the denominated zero tillage -ZT- (glyphosate application to crop residues and direct seeding with drill planter) on a plot that had entered its fourth season with this system was assessed. The physical soil variables apparent density, sorptivity, hydraulic conductivity, structural stability and porosity were assessed and were compared with those of a system of conventional tillage -CT- (three trail passes and seeding with broadcast planter) of common use in the study area. The trial was conducted on 1-ha experimental plots in a completely randomized design with three repetitions. The results show that CT lead to larger values for hydraulic conductivity, total porosity, macroporosity and sorptivity but smaller values for structural stability and apparent density compared to ZT. These observed differences did not have any detrimental effects on rice yields.

¹ Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia (UNC), Bogotá. cesargok@yahoo.com.mx

Key words: Farming systems, zero tillage, conventional tillage, physical soil properties, high bulk density, rice.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza se pueden clasificar en convencionales, de mínima labranza y cero labranza. Esta clasificación, se basa en el grado de utilización de las operaciones e implementos. Así, la labranza convencional generalmente implica una o más operaciones de arada, una o más rastrilladas y una nivelación posterior. La mínima labranza disminuye el número de labores mencionadas anteriormente, buscando obtener condiciones de suelo que permitan una emergencia óptima del cultivo. La cero labranza, se puede definir como la no-utilización de implementos de labranza como arados, rastras y rastrillos, colocando el propágulo del cultivo en una ranura o canal hecho en el suelo, por un elemento a través del manto de residuos del cultivo anterior (Montenegro, 1990).

Lo ideal es escoger el sistema de labranza más adecuado para el cultivo y el tipo de suelo. Sin embargo, debido a varios factores, esto no ocurre frecuentemente y la labranza se hace más por costumbre que por el empleo de criterios técnicos. Así, por ejemplo, es común en muchas zonas del país, especialmente en la región del Tolima, el empleo excesivo de maquinaria e implementos usados en la labranza convencional, en condiciones inadecuadas de humedad y con un elevado número de labores, lo cual ha generado efectos adversos sobre el suelo, tales como la pérdida de estabilidad estructural, adensamiento o pérdida del espacio poroso, disminución de la infiltración, pérdida de la capacidad de retención de humedad, generación de pisos de arado, afloramiento de horizontes no aptos para la agricultura y mayor susceptibilidad a la erosión. Esto además favorece la emergencia de malezas, la pérdida de nutrientes, eleva las tasas de evaporación y aumenta los costos del cultivo.

En este escenario, se requieren esfuerzos que conduzcan a aplicar tecnologías que minimicen el impacto degradante de la agricultura sobre los suelos y además sean económicamente justificables. Así, los sistemas de labranza mínima y cero, se perfilan como una opción tecnológica práctica y potencial en la consecución de estos objetivos.

Teniendo presente que los sistemas de labranza mínima y cero pueden ser contraproducentes para condiciones muy especiales de suelo, existe un consenso generalizado en la literatura acerca de que estos sistemas traen muchos beneficios (Camacho *et al.* 1996; Castilla, 2001; Matin & Hossain, 1998). En términos generales, la labranza cero puede favorecer algunas propiedades físicas del suelo, disminuir las pérdidas de agua por evaporación, generar menor susceptibilidad a la erosión y disminuir sustancialmente los costos de preparación (Montenegro, 1990). Sin embargo y especialmente en la meseta de Ibagué, se han generado dudas acerca de las bondades de estos sistemas, sobre todo cuando se emplean de manera consecutiva en un mismo lote durante varios ciclos de cultivo, pues se afirma que la compactación o adensamiento en estos lotes, producto de la aplicación de estos sistemas, perjudica el rendimiento del cultivo de arroz.

Por tanto, resulta valioso identificar, cuantificar y comparar la magnitud de los cambios que sobre la dinámica de algunas propiedades físicas del suelo tiene el empleo de la labranza cero, en lotes que vienen con varios ciclos de aplicación consecutiva de ese sistema, respecto a la labranza convencional y observar si los cambios ocasionados al suelo por la aplicación de la labranza cero durante esos ciclos realmente perjudican los rendimientos del cultivo de arroz. Dado lo anterior, esta investigación estuvo orientada a determinar cambios en algunos parámetros físicos del suelo incluyendo: densidad aparente, sortividad, conductividad hidráulica, estabilidad estructural y porosidad de un lote bajo labranza cero que entraba al cuarto ciclo de producción bajo este sistema, respecto a un lote preparado de manera convencional, en un cultivo comercial de arroz ubicado en la Meseta de Ibagué.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, clima y suelos

El trabajo se realizó en una hacienda comercial arrocera, ubicada en la vereda Buenos Aires, del municipio de Ibagué, en el departamento del Tolima. Las coordenadas del lote son: N 4° 26' 12" y O 75° 02' 43". El trabajo se realizó durante el segundo semestre del 2001.

El clima de la zona es cálido seco, con una temperatura promedio de 24°C y una precipitación anual promedio cercana a los 1.200 mm, la cual se distribuye en forma bimodal. El material parental de los suelos de la zona corresponde a flujos de lodo provenientes de los volcanes del Tolima y Santa Isabel, que conformaron un abanico antiguo en un paisaje de piedemonte (relieve de tipo deposicional), el cual se conoce como el abanico de Ibagué.

La unidad cartográfica de suelos corresponde a la asociación PWFA según estudio general de suelos del departamento con los suelos *Typic usthorment* (50%), *Lithic usthorment* (30%) y *Typic natrustalf* (20%). En Ibagué, esta asociación de suelos se denomina Asociación Alvarado, la cual consta de los conjuntos Alvarado de suelos *Lithic usthorment* (50%) y Venadillo (40%) de suelos *Typic usthorment* (CORTOLIMA, 2000).

El relieve es plano a ligeramente inclinado, con frecuente pedregosidad superficial y erosión ligera a moderada. El clima ambiental es cálido seco y el edáfico es ústico e isohipertérmico. La vegetación natural herbácea y arbustiva, ha sido reemplazada por cultivos, especialmente arroz. La profundidad efectiva del lote es muy poca (máximo 15 cm), lo cual está dado por un contacto lítico.

La descripción del perfil del suelo, en el que se realizó el ensayo, es como sigue:

Horizonte A (0-15cm): Color en húmedo pardo oscuro (10 YR 3/3), textura franco arenosa a franco arcillosa con fragmentos de roca, estructura en bloques subangulares finos, consistencia friable, dura, no pegajosa y no plástica; cantidad regular de poros finos y medianos; regular actividad de microorganismos, cantidad regular de raíces finas y el límite es claro y ondulado. Corresponde como horizonte diagnóstico a un horizonte ócrico.

Horizonte R (15-100 cm): Material parental compacto de color en húmedo gris oliva (5Y 4/2); textura arenosa, sin estructura, sin poros; sin reacción al HCl y NaF. El pH es 6,6. El horizonte corresponde, dentro de la taxonomía, a un contacto lítico.

Se encontró que el suelo del ensayo se ajusta, al nivel taxonómico del sub-grupo; a un *Lithic usthorment*. El

análisis completo de suelos elaborado a partir de 30 submuestras obtenidas de los lotes experimentales mostró que el suelo tenía una textura franco arcillo arenosa, un pH de 6,1; contenidos de carbón orgánico del orden de 0,8%, una C.I.C. de 14,6meq/100g, un contenido de Ca de 6,1meq/100g, un contenido de Mg de 2,5meq/100g, un contenido de K de 0,3meq/100g y de Na de 0,8 meq/100 g de suelo. La saturación de bases fue del 70 % y el contenido de fósforo fue de 22ppm por el método de Bray II. Al final del ensayo se hizo otro análisis de suelos para cada tratamiento encontrando en términos generales, valores similares entre sí. Se verificó así, la importancia del efecto de las propiedades físicas del suelo en las diferencias observadas entre los tratamientos.

Tratamientos y variables evaluadas

Se adecuaron seis lotes, cada uno de aproximadamente una hectárea, correspondientes a dos tratamientos de labranza, con tres repeticiones así, en un área de producción comercial:

Cero (L0). Consistente en un control pre-emergente de malezas con glifosato (en la dosis de 4L/ha) y posterior siembra con una máquina sembradora de chorrillo en dosis de 187,5kg/ha de semilla. Los tres lotes correspondientes a este tratamiento entraron al cuarto ciclo continuo bajo este tipo de labranza.

Convencional (LC). Consistente en tres rastrilladas y un pase de pulidor para tapar la semilla, la cual se sembró al voleo a razón de 250kg/ha. Estos lotes, al igual que los anteriores, entraron al cuarto ciclo de cultivo con arroz.

La variedad de arroz usada en el ensayo fue la Coprosem 1. Para el manejo agronómico del cultivo, se fertilizó al voleo con Fosfato Diamónico (DAP, 150kg/ha), Cloruro de Potasio (KCl, 100kg/ha), Sulfato de Amonio (SAM, 50kg/ha) y Úrea (800kg/ha) fraccionando la fertilización en seis aplicaciones quincenales, a partir del mes de siembra. Después de establecidos los tratamientos de labranza se aplicaron herbicidas post-emergentes en las épocas de mayor incidencia de malezas, una aplicación de fungicida para el control preventivo de *Piricularia* sp. y una de insecticida 15 días antes de la cosecha en las dosis recomendadas por las casas comerciales. El método

de riego empleado, común en la Meseta de Ibagué, fue el de "mojes periódicos" mediante "riego corrido". La cosecha se hizo mecánicamente con combinada en la modalidad "a granel". El manejo agronómico fue igual para todos los tratamientos.

Se determinó el efecto de los tratamientos de labranza sobre las variables físicas: densidad aparente, sortividad, conductividad hidráulica, estabilidad estructural y porosidad.

Para la densidad aparente (D.A.) se empleó el método del cilindro de volumen conocido. Las muestras se tomaron antes de la siembra, una vez aplicados los tratamientos, y al momento de la cosecha, en ambos sistemas.

La sortividad (s'), que se puede definir como la fase inicial de la infiltración, ocurre cuando la entrada de agua al perfil es rápida debido al fuerte gradiente de potencial mátrico y a la poca fuerza que ejerce el potencial de gravedad. La sortividad depende de la estructura del suelo y del contenido inicial de agua y se representa como:

$$s' = I/vt,$$

donde I , es la infiltración acumulada y t es el tiempo. La sortividad se determinó antes de la siembra para L0 y para LC antes y después de la preparación del suelo. Este parámetro, se estimó a partir de una prueba hecha con un anillo infiltrómetro de 11 cm de diámetro y 25 cm de altura, siguiendo el procedimiento y presentando los resultados de acuerdo a lo sugerido por Orozco (1991).

La conductividad hidráulica (K), se determinó empleando el método del permeámetro con cabeza constante a muestras indisturbadas de suelo tomadas a 10 cm de profundidad a la siembra y a la época de cosecha, antes de que la cosechadora combinada pasara por los lotes.

La estabilidad estructural se determinó usando el método de Yoder modificado por el IGAC, en tres momentos: antes de aplicar los tratamientos, después de la labranza convencional y a la cosecha para ambos tratamientos. Se calculó así el Diámetro Ponderado Medio (D.P.M.) y el Índice de Estabilidad Estructural (I.E.E.), para ambos tratamientos en las tres épocas descritas.

La porosidad total, la macroporosidad o la porosidad de aireación (poros > 50 micras) y la microporosidad (poros < 10 micras) se estimaron antes de la siembra y a la cosecha, a partir de las relaciones masa-volumen, determinando para ello, la densidad real del suelo, establecida mediante el método del picnómetro.

Con la información recolectada en los ítems anteriores, se realizaron cuadros y figuras descriptivas, analizando la significancia de las diferencias observadas mediante pruebas de hipótesis y utilizando el programa estadístico S.A.S.

El modelo estadístico empleado para el procesamiento y análisis de parte de la información fue el de un diseño completo al azar para las variables: densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad total, macro y microporosidad. El análisis de parámetros como sortividad y estabilidad estructural, se analizaron gráficamente en consonancia con trabajos anteriores (Castilla, 2001; Hernández *et al.* 2000; Orozco, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Densidad aparente y rendimientos. La figura 1 ilustra el efecto de los tratamientos de labranza sobre la densidad aparente en los lotes del ensayo. Se observa un mayor promedio de la D.A. en los lotes bajo L0 al momento de la siembra, con relación a los convencionales recién preparados (1,68 vs. 1,41 g/c.c.), presentando diferencias significativas. Los altos valores en los lotes L0 muestran el efecto de los ciclos repetidos de cultivo bajo ese sistema de labranza. También es interesante mencionar que al momento de la cosecha ocurrió un leve descenso en el valor de la D.A. para los lotes bajo L0 situándose en 1,64 g/c.c., mientras que los lotes convencionales mostraron una clara tendencia a aumentar la D.A. durante el desarrollo del cultivo (1,54 g/c.c. a la cosecha). El adensamiento en el tiempo para LC, ha sido reportado en arroz y otros suelos y cultivos bajo este sistema de labranza (Bejarano, 2000, Castilla, 2001), por efecto del re-acomodamiento en el tiempo de los agregados del suelo y, adicionalmente, en el caso de arroz irrigado por el posible efecto compactador de las láminas de riego aplicadas al cultivo.

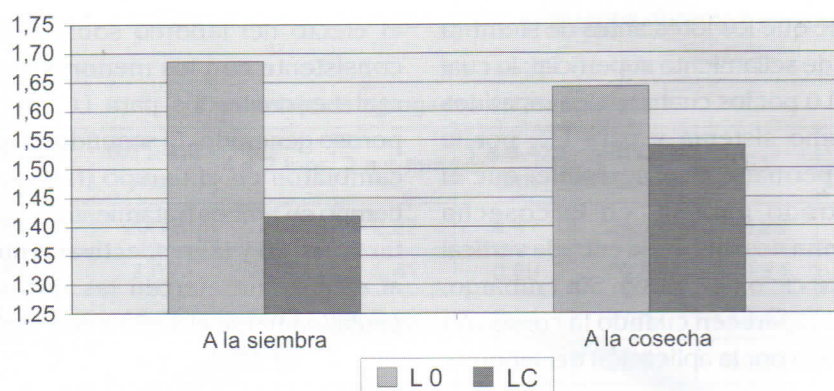


Figura 1. Promedio de tres repeticiones para la variable Densidad aparente (g/cc) en los lotes sometidos a dos sistemas de labranza

Los valores relativamente altos de D.A. para L0, no mostraron un efecto nocivo en el desarrollo y rendimientos del cultivo, que fueron de 8.172kg/ha para L0 y 7.524kg/ha para LC. Al respecto, cabe anotar que los valores encontrados para L0 se encuentran dentro del rango de 1,6-1,7g/c.c. planteado por FEDEARROZ (2000), para suelos de textura FArA y por Ortiz & Castilla (2001), en alfisoles de la Meseta de Ibagué, respectivamente, encima del cual el cultivo de arroz puede comenzar a verse afectado en su desarrollo y rendimiento.

El desempeño del cultivo bajo L0, en el presente trabajo, concuerda con otros autores quienes reportan buen comportamiento del arroz en suelos más bien densos y rendimientos óptimos a densidades aparentes promedio

de 1,62g/c.c. en suelos minerales de textura gruesa (Castilla, 2001, Matin & Hossain, 1998).

2. Sortividad. La figura 2 muestra el comportamiento de la sortividad promedio en ambos tratamientos y las líneas de regresión asociadas a estos valores. Se observa, que para L0 y para LC antes del laboreo, la sortividad del suelo presenta un comportamiento similar, mostrando que el agua ingresó muy lentamente al suelo (los modelos lineales son $Y = 0,0045X - 0,0069$ para L0 y $Y = 0,0037X + 0,0086$ para LC, con un ajuste o r^2 de 0,94 y 0,96, respectivamente). Una vez preparado el suelo en los lotes bajo LC, el ingreso del agua al suelo se incrementó sustancialmente (el modelo lineal para LC después de labranza es $Y = 0,0304X + 0,1603$, con un r^2 de 0,87).

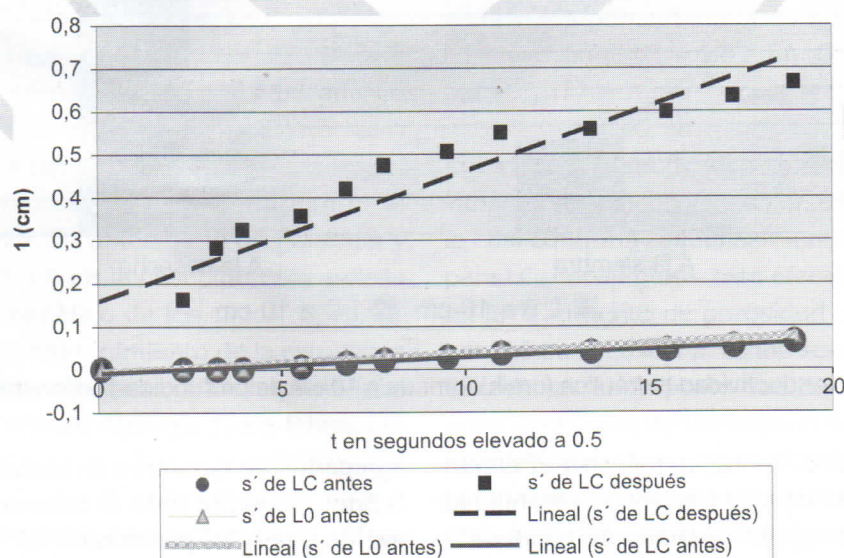


Figura 2. Sortividad (s') de los tratamientos de labranza

Esto muestra el hecho de que los lotes antes de siembra presentaban evidencias de sellamiento superficial, lo cual resulta justificable para L0 por los cuatro ciclos repetidos de cultivo bajo el mismo sistema y para LC, por la aplicación del laboreo permanente. Es posible, que el adensamiento encontrado para LC en la cosecha repercuta también de forma negativa en la entrada vertical de agua para el siguiente ciclo de cultivo. Sin embargo, para LC estos efectos desaparecen cuando la condición inicial del suelo se modifica por la aplicación del laboreo.

3. Conductividad hidráulica. La figura 3 muestra los promedios de conductividad hidráulica (K): a la siembra, la K de LC fue 2,04 cm/h superior respecto a L0, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Al momento de la cosecha, la diferencia a favor de LC fue de 5,56cm/h la cual tampoco fue significativa (en ambos casos, debido a la alta variabilidad de los datos). De acuerdo a la tabla de interpretación de este parámetro sugerida por el IGAC (Montenegro, 1990), la K pasó de ser lenta a moderada en L0 y moderada a moderadamente rápida en LC, en el período de cultivo considerado.

La tendencia observada en la figura 3 muestra aspectos valiosos. El primero es que la K en LC tiende a ser superior en ambas épocas respecto a L0, lo cual refleja

el efecto del laboreo sobre este parámetro y que es consistente con los menores valores de densidad aparente encontrados para LC, debido al mayor espacio poroso generado. El segundo es que ambos tratamientos cambiaron en el tiempo (fue significativo el efecto del tiempo en ambos tratamientos), haciendo que la K aumentara para L0 y LC respectivamente. Esto se puede deber al efecto que ejercen las raíces del cultivo aflojando paulatinamente el suelo hasta el momento de la cosecha.

Es interesante notar también la relación de la conductividad hidráulica con la sortividad. Hay una correspondencia entre los mayores valores de conductividad hidráulica encontrados para LC en la siembra y la mayor sortividad que se advierte para este tratamiento, después de aplicado el laboreo en la figura 2. Así mismo, los menores valores de K hallados en L0 tienen correspondencia con la menor sortividad de este tratamiento.

Los bajos valores de sortividad y conductividad hidráulica hallados para L0, determinan una baja velocidad en el movimiento del agua tanto en su entrada vertical como en su recorrido al interior del perfil, lo cual sugiere la necesidad de regar lotes con varios ciclos bajo este tipo de labranza, con bajos caudales y mayores tiempos de riego.

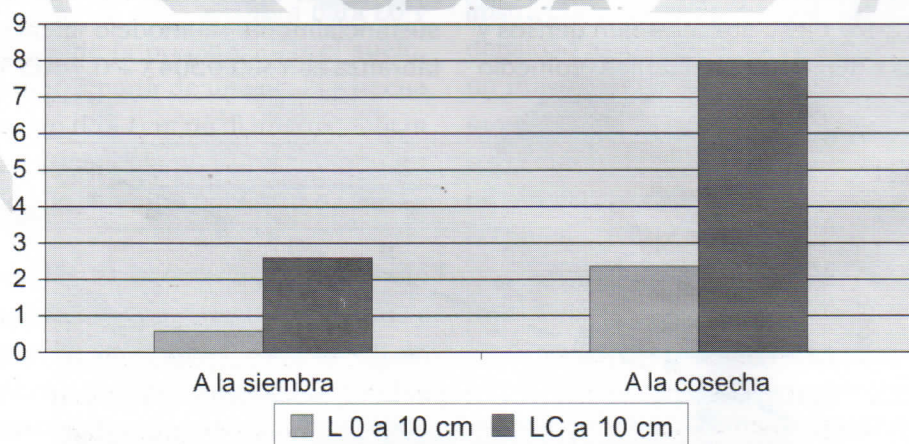


Figura 3. Promedios de Conductividad hidráulica (cm/h) tomada a 10 cm de profundidad en los tratamientos de labranza

4. Estabilidad estructural. La tabla 1 ilustra el efecto de los tratamientos de labranza sobre la estabilidad estructural. En los lotes bajo L0, el Diámetro Ponderado Medio (D.P.M.) se conservó alrededor de 4mm (recibiendo el calificativo de "estable") y cerca del 40% a 48% de sus

agregados, se quedaron en los tamices más grandes -8 y 6,3mm-, durante todo el ciclo de cultivo. Por su parte, los lotes bajo LC pasaron de ser "muy estables" (D.P.M. de 5,35mm) a "moderadamente estables" después de que se les preparó (D.P.M. de 3,21mm), manteniendo

Tabla 1. Resultados de la Estabilidad Estructural en los tratamientos evaluados durante tres épocas

Tratamiento	Porcentaje de agregados en los tamices						I.E.E.	D.P.M	Calificación
	8 a 6,3 mm	6,3 a 4,2 mm	4 a 2 mm	2 a 1 mm	1 a 0,425 mm	Menor a 0,425 mm			
L0 antes siembra	44,77	20,78	3,06	2,27	4,41	24,71	75,29	4,43	Estable
LC antes siembra	68,65	7,02	1,77	1,41	0,89	20,26	79,54	5,35	Muy estable
L0 siembra	42,72	15,76	4,93	3,98	5,04	27,57	72,43	4,13	Estable
LC siembra	33,78	9,7	3,06	7,45	6,84	39,17	60,83	3,21	Mod. Estable
L0 cosecha	48,54	11,04	4,39	4,59	4,93	27,51	73,49	4,02	Estable
LC cosecha	32,59	10,16	5,19	3,52	3,95	44,59	55,41	3,09	Mod. estable

este valor hasta la cosecha (D.P.M. de 3,09mm). En LC, de casi un 70% de agregados que quedaron en el tamiz más grande antes de la preparación, se pasó a solo un 34% y además aumentó considerablemente el porcentaje de agregados que alcanzaron los tamices más pequeños. Esto es consistente con Hernández *et al.* (2000) quienes hallaron que el tratamiento convencional fue el que menor porcentaje de macroagregados estables al agua presentaba frente a suelos con labranza directa y suelos bajo cobertura natural.

Por su parte, el Índice de Estabilidad Estructural (I.E.E.), que muestra el porcentaje de suelo retenido en los tamices de mayor diámetro, revela que antes de la preparación, L0 y LC presentaban valores similares de I.E.E. (75,3% y 79,6%, respectivamente). Sin embargo, después de la preparación del suelo en LC, este valor cayó a 60,8%, mientras que en L0, el I.E.E. se mantuvo en 72,4%. A la cosecha, L0 presentó un valor de 73,5% y LC uno de 55,4%. Es interesante anotar que en L0, este parámetro se mantuvo relativamente constante en el tiempo, mientras que en LC bajó de manera importante, al presentar un I.E.E. de 79,7% antes de la preparación y llegar a un I.E.E. de 55,4% en la cosecha. Esto guarda relación con el efecto benéfico de los ciclos repetidos de L0, que favorecen el mantenimiento de la estructura y para LC, con el efecto desagregante de los implementos usados en este tipo de labranza (Herrera, 1989; Primavesi, 1982; Orozco, 1991).

Relacionando esta parte con las evidencias que muestran el adensamiento en los lotes bajo L0, Primavesi (1982) comenta que la compactación de la superficie de campos

arroceros es favorable, siempre y cuando la estructura se conserve en buen estado, tal como lo señalan las figuras anteriores para L0. Respecto a esto, autores como Castilla (2001) plantean que un exceso de agua enmascara las propiedades estimadas por la estructura y algunos, como Chancellor (1976), encontraron que suelos con alta humedad también pueden enmascarar los efectos negativos de la compactación del suelo y facilitar la penetración de las raíces de las plantas y desarrollo de cultivos.

5. Porosidad. Los valores de porosidad total (P.T.), macroporosidad (MacPor) y microporosidad (MicPor), a la siembra y a la cosecha, se ilustran en la figura 4. Se encontraron diferencias altamente significativas en la porosidad total entre los tratamientos al momento de la siembra (10,1 puntos porcentuales superior para LC), y en la macroporosidad entre tratamientos a la siembra y a la cosecha (8,71 y 4,62 puntos porcentuales superior para LC a la siembra y a la cosecha, respectivamente).

Además fue significativo el efecto del tiempo en las variables P.T., MacPor y MicPor, para ambos tratamientos, lo cual confirma el adensamiento encontrado a cosecha para LC. Por su parte, este efecto del tiempo hace notar un leve aumento de porosidad total y macroporosidad para L0 en la cosecha. Es interesante mencionar que las diferencias en la porosidad total tienen implicaciones en la aplicación de láminas de saturación de agua. Así, mientras que se requieren 70,6mm de agua en promedio para saturar el sistema de LC a la siembra, se requieren 55,5 mm de agua en promedio para saturar el sistema de L0, sugiriendo la posibilidad de economizar agua de riego en este último sistema.

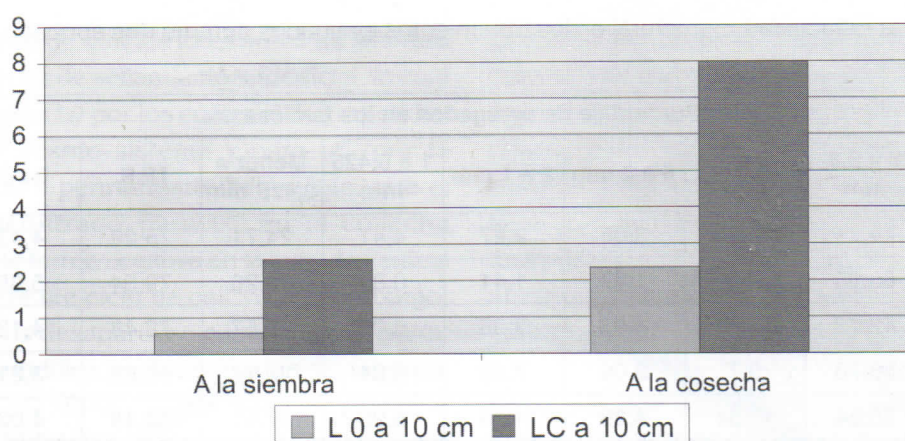


Figura 4. Distribución del espacio poroso (%) en los tratamientos de labranza

La distribución de poros muestra en LC una porosidad total y macroporosidad mayor que en L0. Esto confirma que la labranza conduce a una mayor aireación, pero a una menor capacidad de retención de agua (Castilla, 2001). Además, esto es consistente con lo encontrado en estabilidad estructural y con Hernández *et al.* (2000) quienes plantean que con la labranza se pueden aumentar los macroporos, pero disminuirse los poros de almacenamiento de agua aprovechable.

En términos de la justificación del empleo de la labranza convencional para arroz irrigado, se tiene que ésta aumenta la porosidad total, lo cual es deseable para cultivos que requieran una buena aireación en la zona radical (Camacho *et al.* 1996). Sin embargo, ya que el arroz es un cultivo que puede crecer bien con poco aire en el suelo (CIAT, 1985; Datta, 1986), desde este punto de vista se debiera cuestionar la pertinencia de usar sistemas convencionales de preparación en este cultivo.

En resumen, a pesar del adensamiento encontrado para los lotes bajo L0, con cuatro ciclos consecutivos de cultivo bajo ese sistema, se pueden señalar tres causas por las cuales este fenómeno no incidió negativamente en el cultivo y de hecho, probablemente influir en el mayor rendimiento observado: a) el efecto de la alta humedad del suelo que pudo enmascarar el efecto del adensamiento y facilitar la penetración radical, b) la conservación de los poros de almacenamiento de agua aprovechable, con relación a la pérdida de este tipo de poros en sistemas de preparación convencional y c) el mantenimiento de una buena estructura asociada a este tratamiento.

CONCLUSIONES

El empleo de labranza cero (L0), en un lote que entró al cuarto ciclo consecutivo bajo este sistema, generó adensamiento, menor sortividad, conductividad hidráulica, porosidad total y macroporosidad en relación con el sistema de labranza convencional (LC). Sin embargo, el Índice de Estabilidad Estructural fue mayor en L0 que en LC.

Los bajos valores de sortividad y conductividad hidráulica hallados para L0 muestran una menor velocidad en la dinámica del agua en el suelo con relación a los lotes sembrados bajo LC.

Estos aspectos no tuvieron un efecto negativo en los rendimientos del cultivo de arroz sembrado en L0.

La menor porosidad total encontrada en L0, respecto a LC implica menor cantidad de agua requerida para saturar el suelo en L0. Esto sugiere la posibilidad de ahorrar agua de riego con estos sistemas de labranza.

El empleo de LC causó un aumento temporal de la densidad aparente, porosidad total y la macroporosidad. Sin embargo, durante el desarrollo del cultivo ocurrió adensamiento del suelo y una merma de su estabilidad estructural. La sortividad fue baja en este tratamiento antes de la siembra y aumentó después de la preparación.

La labranza cero probó ser una buena alternativa para el cultivo del arroz, encontrándose que se puede emplear consecutivamente con cuatro ciclos de cultivo, en condiciones similares a las reportadas por el presente estudio.

Resulta interesante realizar estudios de este tipo en otros cultivos sembrados en la zona donde se realizó este estudio, debido a las ventajas observadas con la labranza cero. Sin embargo, se debe tener presente que el adensamiento pronunciado, producto de muchos ciclos de siembra sin labranza, puede afectar detrimentalmente cultivos que requieren mayor aireación en su zona radical.

BIBLIOGRAFÍA

- BEJARANO A. 2000. Evaluación de diferentes sistemas de labranza como contribución al desarrollo sostenible de la producción del cultivo de papa en la vereda "Los Soches", localidad de Usme. Trabajo de Grado. Ing. Agrónoma. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. p. 15-25.
- CAMACHO, G.; Guerrero, L.; Castillo H. 1996. Siembra sin labranza: algunas experiencias en Colombia. Revista ICA., Tibaitatá, Cundinamarca. p.17-26.
- CASTILLA, L. 2001. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en tres suelos con diferente contenido de humedad y su incidencia en la producción de arroz *Oriza sativa* L. Tesis de Maestría, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. p.10-38.
- CIAT. 1985. Arroz: investigación y producción. Compilado y editado por E. Tascón y E. García D. PNUD. p. 83-133.
- CORTOLIMA. 2000. Proyecto de zonificación ambiental del municipio de Ibagué. Subdirección de Ordenamiento Territorial, Ibagué. p. 59-64.
- CHANCELLOR, W. 1976. Compaction of soil by agricultural equipment. Division of Agricultural Sciences. University of California. Bulletin 1881:53.
- DATTA, K. 1986. Producción de arroz. Ed. Limusa México D.F. p. 85-112.
- FEDEARROZ. 2000. Manejo y Conservación de suelos para la producción de arroz en Colombia. Bogotá, Colombia. p. 27-34.
- HERNÁNDEZ, R.; Flores, A.; López H. 2000. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el estado Guárico - Venezuela. *Agronomía Tropical*. 50(1):9-30.
- HERRERA, P. 1989. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrología. Tesis de grado. p. 19-24.
- MATIN, M.; HOSSAIN, M. 1998. Impact of tillage and manure on soil physico- chemical properties, water conservation, root growth and the yield of rice. Department of Soil Science. Bangladesh. p.18-26.
- MONTENEGRO, H. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC, Bogotá. p. 67-78.
- OROZCO, O. 1991. Caracterización física y dinámica del agua bajo tres sistemas de labranza en un andisol de la antigua serie Tibaitatá. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. p.15-22.
- ORTIZ, J.; Castilla, L. 2001. Población de microorganismos: clave en la fertilidad del suelo. *Revista Arroz (Colombia)*. 50 (432):8-14
- PRIMAVESI, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. Ed. "El Ateneo" Buenos Aires, Argentina, 5° ed. p. 82-112.

Recibido: Octubre 13 de 2004

Aceptado: Noviembre 29 de 2004