

EFFECTO DE LOS AÑOS DE LA PARCELA EN ROTACIÓN DE CULTIVOS (ALGODÓN - MANÍ - MANDIOCA - MAÍZ) BAJO SIEMBRA DIRECTA EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS DE CHORÉ ¹Edgar Dario Benitez Caballero ²Julio Renán Paniagua Alcaraz ³**ABSTRACT**

The objective of the work was to evaluate the effect of years in rotation of cultivations about the physical properties of the soils of the Experimental Center of Choré. For the effect a trial was selected with different species of traditional cultivations in rotation and no tillage. Samples of soils of three different depth were taken (0 - 10, 10 - 20 and 20 - 30 cm), by means of cylinders of Kohle of 100 cm³ of volume. These samples were subjected to different tensions by sand columns and centrifuge to obtain the curves of water retention. It was also determined the soils density and the macro, meso and micro porosity. The variables were analysed statistically using the variance analysis and the Tukey test of comparison, as well as regression analysis of Van Genuchten. The results obtained under the conditions of the present work allow to mention the following conclusions: (1) the rotation of crops by itself didn't improve the physical conditions of the soil; (2) in the 0 - 20 cm layer, the porosity was higher than under conventional tillage, however, in the 20 - 30 cm layer, porosity was higher under no tillage; (3) the lowest porosity values were found in the first year of crop rotation and no tillage.

KEY WORDS: Crop rotation, physical properties, soil.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de años en rotación de cultivos sobre las propiedades físicas de los suelos del Centro Experimental de Choré. Para el efecto fue seleccionado un ensayo con diferentes especies de cultivos tradicionales en rotación y siembra directa. Fueron extraídas muestras de suelo de tres camadas diferentes (0 - 10, 10 - 20 y 20 - 30 cm), por medio de cilindros de Kohle de 100 cm³ de volumen. Estas muestras fueron sometidas a diferentes tensiones mediante la columna de arena y la centrífuga para obtener los puntos de la curva de retención de agua. Se determinaron además la densidad del suelo y la macro, meso y microporosidad. Todas las variables fueron analizadas estadísticamente utilizando el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, así como el modelo de Van Genuchten. Los resultados obtenidos en las condiciones del presente trabajo permiten realizar las siguientes conclusiones: (1) La rotación de cultivos por sí sola no mejoró las condiciones físicas de los suelos; (2) En la camada de 0 - 20 cm, la porosidad fue mayor bajo labranza convencional, sin embargo, en la camada de 20 - 30 cm, lo fue en siembra directa; (3) Los menores valores de porosidad fueron encontrados en el primer año de la rotación bajo siembra directa.

PALABRAS CLAVE: rotación de cultivos, propiedades físicas, suelo.

¹ Parte de un Estudio de Casos presentado en la Orientación de Ingeniería Agrícola de la FCA-UNA.

² Ing. Agr., egresado de la FCA-UNA. Promoción 2001.

³ Ing. Agr., M. Sc., Docente-Investigador del Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial de la FCA - UNA.

INTRODUCCIÓN

En el Paraguay la agricultura mecanizada con labranza convencional empezó a entrar en apogeo con la revolución verde y fue expandiéndose en todos los niveles de las unidades de producción agrícolas en detrimento directo de los bosques naturales que existían anteriormente, causando grandes perturbaciones en las características físicas, resultando en el deterioro de los suelos e incidiendo negativamente en la producción.

Actualmente se viene implementando un sistema de rotación de cultivos en siembra directa, cuya característica es dejar cubierto el suelo todo el tiempo manteniendo una cobertura de rastrojos de las cosechas anteriores con el fin de reducir el impacto de las gotas de lluvia y aumentar la materia orgánica en el perfil del suelo; de esta forma se consigue aumentar la infiltración y se reduce la erosión. En el país existe un cambio muy lento hacia este sistema, sobre todo entre los pequeños productores, sin embargo se viene incrementando el área cultivada debido principalmente a los efectos positivos sobre las características físicas del suelo, resultado de un mayor porcentaje de materia orgánica, mayor contenido de agua, etc.

En la preparación convencional, en diferentes tipos de suelos, AZOOZ et al. (1996), encontraron mayor volumen de macroporos en una camada de suelo preparada convencionalmente en relación a la siembra directa, explicando que el movimiento de las partículas causado por la labranza convencional es responsable de esta variación. Sin embargo, ELTZ et al. (1989), no encontraron diferencias estadísticas significativas para la misma característica en la misma camada entre los dos sistemas de labranza.

HAMBLIN & TENNANT (1981), estudiando la influencia de los sistemas de labranza convencional y de siembra directa en el cultivo de trigo en la distribución del tamaño de los poros, en un suelo de textura arenosa, observaron mayores valores de porosidad total y de macroporos en el sistema de labranza convencional.

A corto plazo, las alteraciones sufridas por el suelo con el método convencional son favorables para el crecimiento de los cultivos, en tanto que, a medida que el suelo es sometido a sucesivos años de cultivo, presenta tendencia de disminuir gradualmente su aptitud agrícola a causa de las alteraciones físicas (MACHADO, 1976). La mayor retención de agua en suelos bajo sistema de siembra directa es consecuencia de la disminución de los macroporos, además del método de preparación y el mayor contenido de materia orgánica en la camada superficial. Esto es diferente de lo que ocurre en el sistema de preparación convencional, donde el suelo es pulverizado, la macroporidad es mayor debido al movimiento realizado y el tenor de materia orgánica es menor (SIDIRAS et al., 1984).

SOANE & PIDGEON¹ y GOWMAN & KRESMER² citados por VIEIRA (1981) afirman que al aumentar la densidad de suelo, también aumenta la resistencia a la penetración mecánica de las raíces y observaron que la densidad del suelo en la camada superficial es menor en el sistema de preparación de suelo convencional.

El presente trabajo es producto del interés por acompañar la evolución en los atributos físicos del suelo modificados por un sistema de rotación de cultivos en siembra directa e identificar los grados de modificación con respecto al laboreo convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el Campo Experimental de Choré, ubicado en el Distrito de Choré, Departamento de San Pedro, a 24° 19' de latitud sur, 56° 55' de longitud al oeste de Greenwich, propiedad del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 3, donde los tratamientos fueron los diferentes años en la implementación del sistema de siembra directa en una rotación de cuatro cultivos (algodón, maní, mandioca, maíz) y las tres profundidades de muestreo, con 2 repeticiones (Figura 1). Las muestras, extraídas con su estructura natural, fueron obtenidas por medio de cilindros de Kohle de 5,1 cm de altura y 5 cm de diámetro, con un volumen total de 100 cm³. El muestreo fue realizado a tres profundidades diferentes para cada unidad experimental (0 - 10, 10 - 20 y 20 - 30 cm).

El muestreo de la parcela con labranza convencional fue realizada en una parcela contigua a la del ensayo utilizado.

Todos los análisis de laboratorio fueron realizados en la Sección Suelos y Nutrición de Plantas del Instituto Agronómico Nacional. Para el efecto fueron utilizadas la columna de arena y la centrífuga, equipos especialmente preparados para trabajar con el tipo de cilindro utilizado para el muestreo, y una balanza con una precisión de 0,01 gramo. En la columna de arena fueron colocadas las muestras en las tensiones bajas (0, 0,1 y 0,3 metros de columna de agua). Para el inicio de los trabajos se procedió a la saturación de las muestras de suelo, colocando un tejido de algodón sujeto con una goma en la parte inferior de los cilindros, los que fueron sumergidos en agua hasta una altura de 4 cm y quedaron en reposo por 24 horas. A seguir fue aplicada la primera tensión en la columna de arena permaneciendo las muestras por 48 horas bajo esta presión. Posteriormente fueron pesadas para obtener el peso húme-

1 SOANE, R.; PIDGEON, L. Effects drilling cultivation on soil. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, v 61. p. 548. 1965.

2 GONMAN, O.; KRESMER, G. Effects on selected soil physical. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, v 53. p. 944. 1988.

do. Para cada tensión se procedió de la misma manera. Para las tensiones de 1, 10 y 150 mca, las muestras fueron llevadas a la centrífuga, la que funcionaba a tres revoluciones diferentes (3.200, 10.100 y 13.000 rpm). En la centrífuga, las muestras fueron colocadas dentro de un dispositivo especial con que cuenta el aparato,

con capacidad para cuatro muestras por vez. Se accionó la centrífuga por un tiempo de 40 minutos, luego del cual las muestras fueron extraídas y pesadas para la obtención del peso húmedo a las tensiones señaladas. Por último, las muestras fueron secadas a 105°C por medio de una estufa durante 48 horas para la obtención del peso seco.

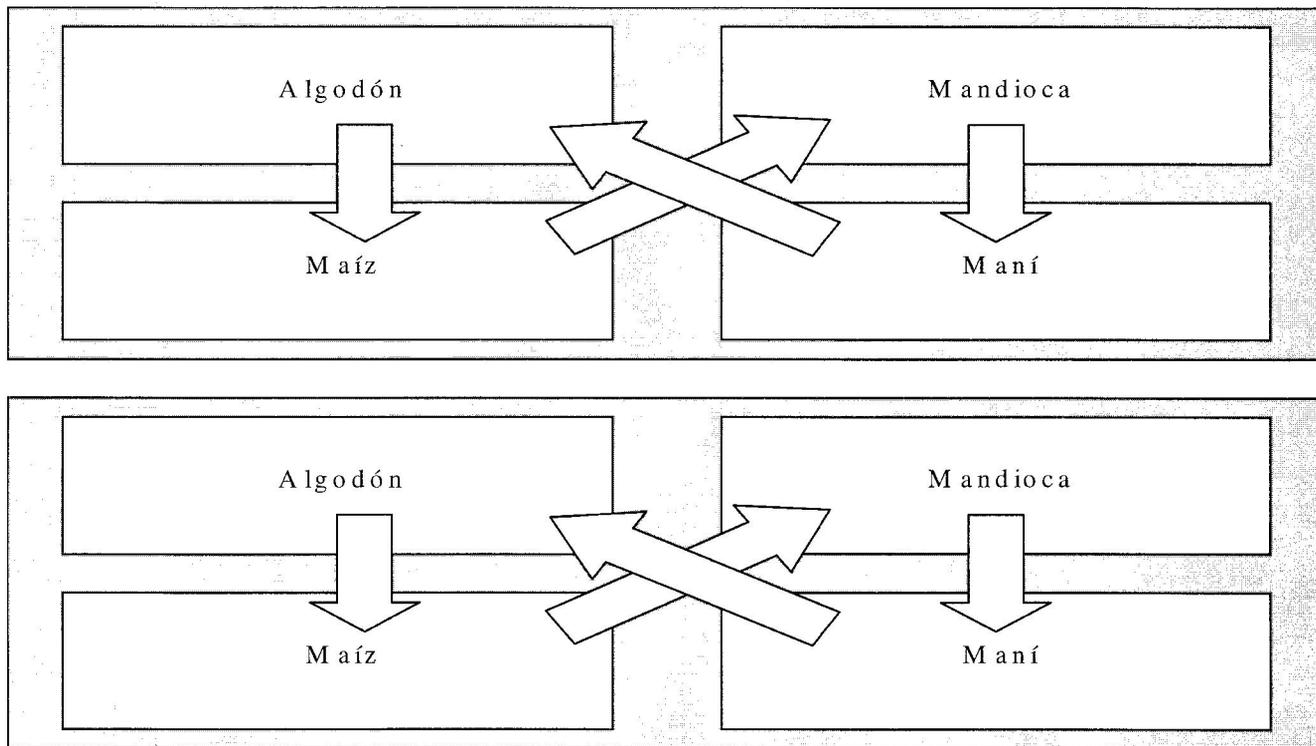


Figura 1. Diseño experimental utilizado en el Centro Experimental de Choré. Las flechas indican el sentido de la rotación.

Para determinar la densidad de suelo fue utilizada la Ecuación (1).

$$\delta = \frac{m_s - t}{V} \quad (1)$$

donde: δ es la densidad de suelo en g. cm^{-3} , m_s es la masa del suelo seco a 105°C en g, t es el peso del cilindro con sus tapas, también en g, y V es el volumen del cilindro, que en todos los casos es 100 cm^3 .

La determinación de porosidad del suelo fue calculada mediante la Ecuación (2).

$$\theta = PH_{ss} - PS_s \quad (2)$$

donde: θ es la porosidad del suelo en porcentaje, PH_{ss} es el peso del suelo saturado en g, PS_s es el peso del suelo seco a 105°C en g, y δ_s es la densidad del agua, que en todos los casos es 1 g. cm^{-3} .

Para la determinación de la curva de retención se usó el modelo de VAN GENUTCHEN (1980),

el que se encuentra en la Ecuación (3).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + |\alpha \psi_m|^n\right]^m} \quad (3)$$

donde: θ_r ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) es la humedad residual, θ_s ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) es la humedad de saturación, α ($\text{cm}_{\text{H}_2\text{O}}^{-1}$), m y n son parámetros empíricos.

Después de determinar la ecuación de la curva de retención se procedió a la diferenciación de las tensiones respectivamente para cada clasificación de la porosidad: macroporosidad (agua retenida entre 0 a 0,6 metros de columna de agua - mca); mesoporosidad (agua retenida entre 0,6 a 150 mca) y microporosidad (agua retenida a más de 150 mca). El diámetro de poros para la primera clase es mayor a 50 μm , para la segunda es de 50 a 20 μm y para la tercera es menor a 20 μm (LEGUIZAMÓN, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para la densidad del suelo no ha detectado diferencias estadísticamente significativas, es decir, no hubo efecto de las diferentes coberturas de los cultivos en la densidad del suelo. Sin embargo se han observado diferencias estadísticas cuando se consideró el sistema de labranza convencional.

En el Cuadro 1 se encuentra la comparación de medias de la densidad del suelo bajo los diferentes años de uso de la parcela en la rotación y un testigo de labranza convencional. Se puede observar una mayor densidad del suelo en las parcelas bajo siembra directa, debido principalmente a la influencia de los implementos de preparación de suelo utilizados en la labranza convencional conforme a lo explicado por VIEIRA (1981) y CO-RREA (1985).

Cuadro 1. Comparación de la media de la densidad del suelo bajo siembra directa y la labranza convencional en los suelos de Choré.

Método de labranza	Años en la rotación	Densidad (g cm ⁻³)*
S. directa	5	1,42 a
S. directa	4	1,41 a
S. directa	3	1,46 a
S. directa	2	1,46 a
S. directa	1	1,29 a
Convencional	--	1,25 b

* Medias Requeridas de la misma letra, no difieren significativamente ni por el Test de Tukey a 5% de probabilidad.

El análisis de varianza para el contenido de agua en el suelo reveló la existencia de diferencias significativas en todas las mediciones relacionadas con la tensión aplicada. Esta observación puede ser mejor representada por las curvas de retención de agua que se encuentran en la Figura 2 (a, b, c, d, e y f). Se puede afirmar que en los primeros años de ingreso en el sistema de siembra directa ocurre una disminución del contenido de agua que se encuentra en la macroporosidad de la camada de 0 a 10 cm, la que posteriormente comienza a aumentar para alcanzar valores semejantes a la labranza convencional en el quinto año.

En la Tabla 1 se encuentran los valores para la macro, meso y microporosidad de los suelos de acuerdo a los diferentes años de uso en el sistema de siembra directa y rotación de cultivos comparados con la labranza convencional. Se puede observar una mayor macroporosidad en la parcela de segundo año en el sistema, debido a la preparación mínima de suelo realizada para la plantación de mandioca que consistió en el surcado con buey para las hileras, lo que pudo haber removido el suelo. Sin embargo, en las parcelas con tres a cinco años la macroporosidad tiende a aumentar y los valores no son significativamente inferiores a los obtenidos para el sistema convencional. Los valores para la mesoporosidad bajo siembra directa y en la rotación de cultivos estudiada se encuentran significativamente por debajo de los obtenidos para la labranza convencional. De acuerdo a estos datos la siembra directa y la rotación de los cultivos no mejoran el contenido de agua disponible para las plantas. Se puede observar también un aumento en el porcentaje de microporos en relación al sistema de labranza convencional.

Tabla 1. Comparación de medias de la macro, meso y microporosidad de acuerdo a los diferentes años de uso en el sistema de siembra directa y rotación de cultivos en la camada de 0 a 10 cm de los suelos Choré.

AÑOS EN LA ROTACIÓN	POROSIDAD (%)*		
	MACRO	MESO	MICRO
5	16 AB	8 cd	5 A
4	15 AB	7 d	5 A
3	15 AB	7 d	5 A
2	22 A	11 b	6 A
1	14 B	9 c	3 B
CONVENCIONAL	20 AB	18 a	3 B

* Medias Requeridas de la misma letra, no difieren significativamente ni por el Test de Tukey a 5% de probabilidad.

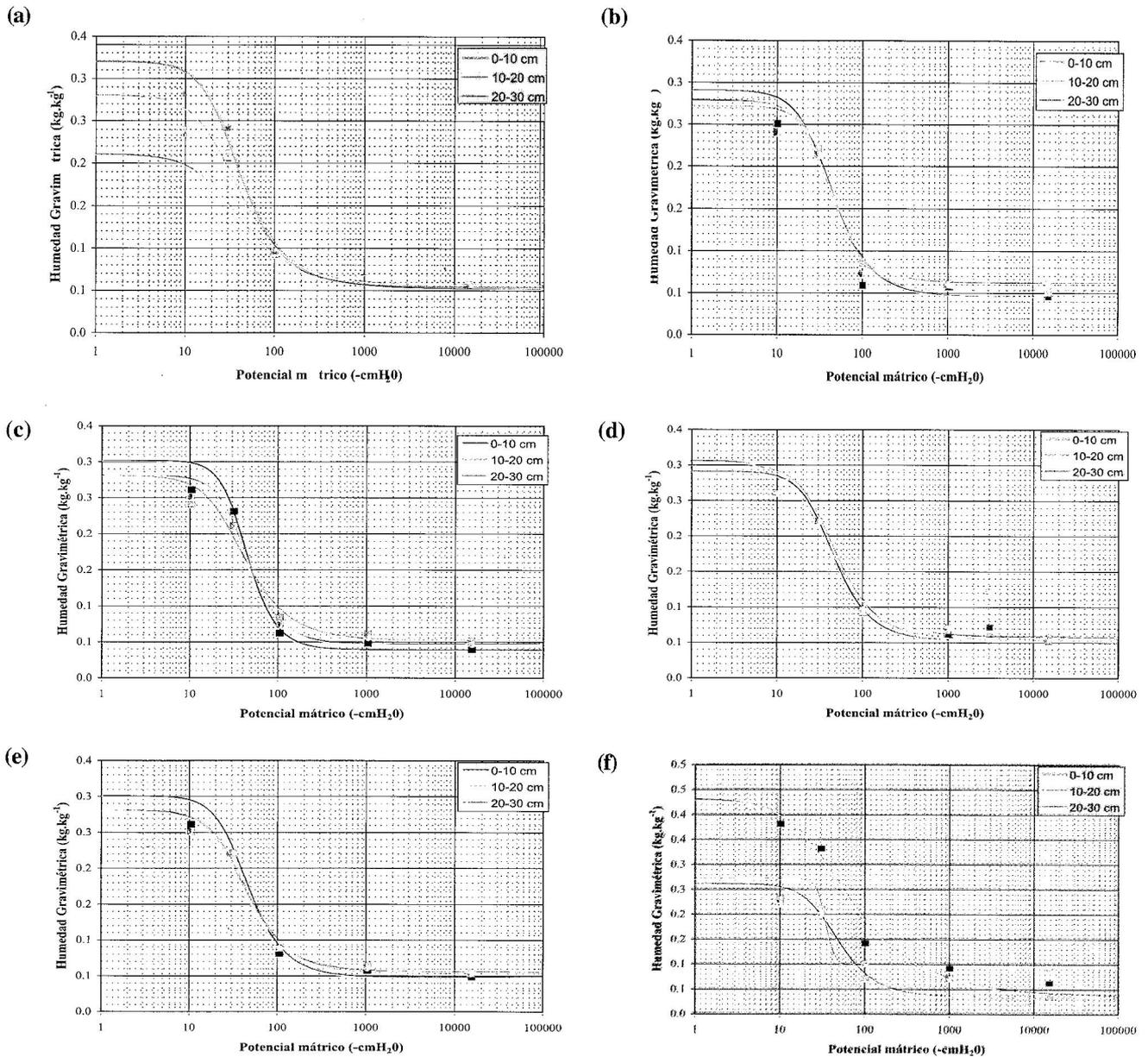


Figura 2 - Curva de retención de agua en el suelo para las parcelas con (a) cinco, (b) cuatro, (c) tres, (d) dos y (e) un año de uso bajo siembra directa y rotación de cultivos y (f) bajo labranza convencional.

Las letras que se encuentran al lado de los números se refieren a la comparación de medias por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la Tabla 2 se encuentra la variación de la porosidad en cada camada de suelo estudiada, comparando el sistema de siembra directa con la labranza convencional.

Tabla 2. Variación de porosidad de acuerdo a la profundidad del suelo en Choré.

Porosidad (%)	Profundidad de muestreo				
	0 - 10 cm		10 - 20 cm		20 - 30
	Conv.	SD	Conv.	SD	Conv.
Macro	20	17	14	15	14
Meso	11	8	9	8	8
Micro	4	5	5	4	5
Total	35	30	28	27	27

Se puede observar que la mayor diferencia ocurre en los primeros diez centímetros de suelo. Estas diferencias pueden estar relacionadas a los años de uso de la tierra en la labranza convencional, puesto que en el caso de este experimento la habilitación de la tierra fue realizada tres años antes de la instalación del mismo.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en las condiciones del presente trabajo se puede concluir que:

1. La rotación de cultivos por sí sola no mejoró las condiciones físicas de los suelos.
2. En la camada de 0 – 20 cm, la porosidad fue mayor bajo labranza convencional, sin embargo, en la camada de 20 – 30 cm, lo fue en siembra directa.
3. Los menores valores de porosidad fueron encontrados en el primer año de la rotación bajo siembra directa.

LITERATURA CITADA

AZOOZ, R.H; FRANZLUEBBERS, A.J.; RASAD, M.A. 1996. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Northwestern Canada. *Soil Science Society of America Journal*, v. 60: p. 1197-1201.

CORREA, C.A. 1985. Efecto de método de cultivo en algunas propiedades físicas de un suelo latossol amarillo muy arcilloso en el Estado de Amazona. *Pesquisa Agropecuaria*, v.20 (11): p. 1239-1354.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. 1989. Efeito de sistemas de preparo de solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo bruno álico. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v.13: p.259-267.

HAMBLIN, A. P., TENNANT, D. 1981. The influence of tillage on soil water behavior. *Soil Science*, v. 132: p. 233.

LEGUIZAMÓN, C. A. 1998. Alteración física de un podzólico en función al manejo de suelo. *Port Alegre*. 76 p. Disertación (Maestría) – Universidad Federal de Rio Grande do Sul.

MACHADO, J.A. 1976. Efeito do sistema convencional de cultivo na capacidade de infiltração de agua no solo. Santa María, 76 p. Disertación (Masterado) – Universidad Federal de Santa María.

SIDIRAS N., VIEIRA, S. R., ROTH, C. H. 1984. Determinación de algunas características físicas de un Latossol rojo en plantio directo y en preparación convencional. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 8: p. 265-268.

VIEIRA, M.J. 1981. Propriedades físicas do solo. In ALMEIDA, F.S. et al. *Plantio Directo no Estado do Paraná*. Londrina, IAPAR. p. 19-32.

VAN GENUTCHEN, M. T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 44: p. 892 – 898.