

PROPIEDADES FISICAS Y CONTENIDO HIDRICO DE UN ARGIUDDL TIPOICO BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA

C I CHAGAS¹, H J MARELLI², O J SANTANATOGIA¹

¹ Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Fac. Agronomía UBA. Av. San Martín 4453 (1417), Capital Federal, Rep. Argentina.

² EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba, Rep. Argentina.

PHYSICAL PROPERTIES AND SOIL WATER CONTENT OF A TYPIC ARGIUDDL UNDER THREE TILLAGE SYSTEMS

International bibliography remarks the need of evaluating long term tillage systems effects on soil, especially those like direct drilling which produce very little or nule soil disturbance and mantains residue cover, favouring soil and water conservation. In order to meet that objective, a fifteen years long trial with continuous maize under three tillage systems (conventional, vertical and direct drilling) on a silty loam soil (Typic Argiudoll from Argentina) was analyzed. Maize crop did not promote detrimental effects on aggregate stability in either tillage system. Direct drilling displayed an aggregate condition, defined as excellent (De Leenheer and De Boodt classification), although it showed a relative unfavourable consistence in the 15 cm topsoil, evaluated through bulk density and mechanical resistance. Direct drilling showed more soil water than the rest of the systems at post emergence and flowering sampling dates, while chisel tillage showed an intermediate behaviour. The larger water content that was measured in direct drilling, represents an important factor over root development, taking into account soil consistence in that tillage systems.

Key words: Tillage - Maize - Consistance - Aggregate stability - Soil water.

INTRODUCCION

Durante los últimos años se incrementó en forma importante en diversos países del mundo la implementación y el estudio de las labranzas conservacionistas. Desde un punto de vista estricto, éstas buscan el control de la erosión. En un sentido mas amplio, se considera conservacionistas a aquellas labranzas que además, reducen la agresión de la propia maquinaria sobre el suelo. Los diferentes tipos de labranza producen modificaciones en las propiedades físicas del suelo, que están condicionadas por factores climáticos, edáficos, de uso y manejo. En la bibliografía internacional se advierte un considerable esfuerzo por caracterizar dichas relaciones para suelos de diferente clasificación taxonómica.

Diversos autores han estudiado el efecto de los sistemas de labranza sobre los parámetros edáficos físicos: densidad aparente y resistencia mecánica (Ross,

Hughes 1985, Ullé, Santanatoglia 1988, Leiva, Hansen 1984), porosidad (Mielke *et al.* 1986), estabilidad estructural (Kladivko *et al.* 1986, Pilatti *et al.* 1988, Rivero *et al.* 1984), movimiento de agua y aire (Chan, Mead 1989) y balance de agua (Power *et al.* 1986, Al Darby *et al.* 1987). Sin embargo no se aprecia aún una cantidad importante de informes que analicen cambios producidos por las labranzas a largo plazo, es decir por más de 10 años, en suelos similares a los mas productivos de nuestro país.

La hipótesis de trabajo consistió en que las labranzas, en función del modo en que disturban al suelo y alteran la cobertura vegetal del mismo, provocan cambios en las propiedades físicas de suelos susceptibles a sufrir degradación física por su elevado contenido de limo, que pueden cuantificarse a largo plazo. El objetivo del presente trabajo fue analizar las modificaciones producidas sobre algunas propiedades físicas y el contenido hídrico de un suelo de la serie Marcos Juárez sometido

durante un lapso de 15 años a tres tipos de labranza: convencional, vertical y siembra directa bajo cultivo continuo de maíz.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del ensayo

El ensayo se halla ubicado en la EEA INTA Marcos Juárez, Provincia de Córdoba, Argentina. El clima de la región es templado subhúmedo, con 16.9 °C de temperatura media con invierno seco y 890 mm de precipitación media. El suelo corresponde a la serie Marcos Juárez, un Argiudol Típico (INTA1978), con horizonte superficial franco limoso (25% de arcilla, 9% de arena y 66% de limo). El relieve local es plano, con pendiente menor a 0.5%.

Tratamientos y diseño experimental

El ensayo consistió en un cultivo continuo de maíz (*Zea mays L.*) durante 15 años bajo tres sistemas de labranza:

(a) labranza convencional con arado de reja y vertedera en primavera y labores secundarias con rastra de discos; la siembra se efectuaba en setiembre/octubre empleando una sembradora convencional previa pasada de rastra de discos, (b) labranza vertical, similar a la anterior pero con el reemplazo del arado de reja y vertedera por arado de cincel y (c) siembra directa, mediante una sembradora especial con cincel abresurcos.

Los dos primeros incluyeron el control mecánico de malezas mientras que en el último se aplicó control químico. Todo el ensayo recibió anualmente una pasada de rastra de discos liviana posterior a la cosecha. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 8 m (10 surcos de maíz) por 15m. Los datos se analizaron estadísticamente a través de análisis de variancia previa validación del modelo lineal aditivo. Las medias de los tratamientos se compararon a través del test de Tuckey.

Determinaciones de campo y laboratorio

La distribución de tamaño de agregados del horizonte A (3-15 cm de profundidad) se midió a través del diámetro medio ponderado correspondiente al tamizado en seco (DMP); la estabilidad estructural se evaluó a través del cambio en el diámetro medio ponderado que resultaba de gotear y tamizar el suelo en húmedo (CDMP). Ambos procedimientos corresponden al método de De Leenheer y De Boodt (1958) modificado por Santanoglia y Fernandez (1982). Para ello se tomaron 10 submuestras al azar de cada parcela y se obtuvo así una muestra compuesta por parcela que fue procesada en el laboratorio. La densidad aparente del horizonte superficial (0-15 cm) fue medida a través de un cilindro de 350 cm³, tomándose un promedio de tres duplicaciones por parcela. El contenido hídrico del suelo se midió en forma gravimétrica en intervalos de 10 cm hasta profundidades de 50 y 100 cm dependiendo de la fecha de muestreo. Se tomaron tres lecturas en posición de surco y tres en el entresurco por cada parcela. Los valores obtenidos se transformaron en lámina de agua mediante el empleo de datos de densidad aparente obtenidos aquí y preexistentes. La resistencia mecánica fue cuantificada a través de un penetrómetro de golpes con punta cónica de 2 cm², provisto de una pesa de 2 kg arrojada

desde una altura de 22 cm. Los resultados se expresaron en MPa en intervalos de 5 cm de espesor de suelo hasta una profundidad de 50 cm. Se efectuaron mediciones alrededor de cada sitio donde se registró el contenido hídrico del suelo, con lo cual se tuvieron 3 duplicaciones en el surco y 3 en el entresurco de cada parcela. Se analizó estadísticamente el promedio de las mismas discriminando por profundidad y por posición.

Epoca de muestro y precipitaciones registradas

Las propiedades físicas y el contenido hídrico hasta 50 cm de profundidad fueron medidos en postemergencia mientras que el contenido hídrico hasta 1 m de profundidad fue obtenido en floración. Los muestreos corresponden al ciclo 1989/1990. El muestreo de postemergencia se efectuó a mediados de octubre, el de floración a fin de enero.

Las precipitaciones (mm) durante el ciclo analizado fueron las siguientes: julio-2; agosto-16; setiembre-15; octubre-54; noviembre-88; diciembre-127; enero-149; febrero-226; marzo-128. Las precipitaciones entre muestreos fueron las siguientes (día-mm): octubre 24-24; 25-3; noviembre: 3-17; 11-16; 12-23; 21-9; 23-19; 27-4; diciembre 2-11; 3-6; 6-9; 9-47; 11-8; 13-9; 16-21; 26-17; enero: 1-15; 2-4; 13-2; 17-12.

RESULTADOS Y DISCUSION

Distribución de agregados y estabilidad estructural

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el diámetro medio ponderado (DMP), (Tabla 1) variable que refleja la distribución de agregados en seco en el suelo. Por su parte el cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos indicando contrastes en la estabilidad estructural. Los valores absolutos de los tres sistemas de labranza muestran que existió una elevada estabilidad estructural aún en el tratamiento convencional que tuvo 15 años de maíz continuo con reja y vertedera. Comparados con otros datos de estabilidad obtenidos con diversos métodos para esta serie, los valores hallados son sensiblemente superiores a los que

Tabla 1: Diámetro medio ponderado (DMP), cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) y densidad aparente (DAP) correspondientes al horizonte A.

| | L. Convencional | L. Vertical | Siembra Directa | P=0,05 | P=0,10 |
|---------------------------|-----------------|-------------|-----------------|--------|--------|
| DMP (mm) | 4,60 | 4,61 | 4,62 | 0,16 | 0,11 |
| CDMP (MM) | 1,07 | 0,75 | 0,38 | 0,35 | 0,23 |
| DAP (Mg m ⁻³) | 1,24 | 1,26 | 1,33 | 0,07 | 0,05 |

resultan de realizar agricultura continua convencional con distintos cultivos (Chagas, Gróttola 1994, Arrigó *et al.* 1993), y particularmente con soja continua (Chagas *et al.* 1993a). Si bien otro suelo (serie Pergamino) cultivado convencionalmente con maíz durante cinco años mostró caídas de la estabilidad estructural pronunciadas (Galletto *et al.* 1984) la magnitud de las mismas no superó la registrada en el presente ensayo tras 15 años de cultivo continuo. Lo mencionado pone en evidencia el escaso efecto degradante que indujo el monocultivo de maíz sobre la estructura del suelo particularmente en situaciones en que los residuos del cultivo son aportados al suelo. Esto concuerda con lo mencionado por Lynch (1984) acerca de cultivos que aportan abundantes restos vegetales con elevado contenido de carbono favoreciendo junto con la acción de su sistema radical, la estructura edáfica.

Comparando entre sí los tres sistemas de labranza, se pudieron medir diferencias significativas en favor de la siembra directa respecto de los restantes tratamientos ($P=0,05$) en la estabilidad estructural. Ello coincide con lo citado entre otros por Kladvík *et al.* (1986). Por su parte, se midió una tendencia hacia mayor estabilidad estructural bajo cincel que respecto de labranza convencional a pesar que ambos tratamientos solo se diferenciaron en el tipo de labor primaria. En nuestro país Pilatti *et al.* (1988) obtuvieron resultados similares mediante el empleo de esa herramienta. La conservación de la cobertura y su influencia sobre la temperatura (Marelli *et al.* 1981, R. Alvarez comunicación personal), la escasa remoción del suelo y otras variables físicas, serían en parte responsables del comportamiento observado. De acuerdo con la clasificación de De Leenheer y De Boodt (1958) la estabilidad estructural bajo siembra directa resultó excelente, con labranza vertical muy buena y con convencional resultó buena, en comparación con una pradera inalterada (Chagas, Gróttola 1994). Los valores de materia orgánica correspondientes a los 5 cm superiores en las tres labranzas estudiadas no variaron significativamente, oscilando entre 2,8 y 3,0 %, aunque se halló una correlación significativa entre estabilidad estructural y carbono orgánico (Chagas *et al.*, 1993b). Estos resultados muestran la influencia del aporte continuo de residuos en superficie principalmente en siembra directa y en menor medida en labranza vertical. Por su parte, el aporte total de residuos vegetales al suelo estimados a través del rendimiento en grano no fueron determinantes del contenido de carbono orgánico, ya que la siembra directa fue el tratamiento que produjo a lo largo del tiempo los rindes mas bajos (datos no presentados).

Contenido de agua en el suelo

Este parámetro fue medido luego de emergencia (Tabla 2) y en floración (Tabla 3). Con respecto al contenido de agua hasta 50 cm de profundidad en post-

emergencia, se advierte una recarga semejante entre tratamientos en el perfil en la posición de surco, encontrándose diferencias significativas en favor de la siembra directa respecto de la convencional, en la posición de entre surcos. En el sector de surco, el efecto emparejador de la sembradora y de las plantas en crecimiento habría enmascarado la acción de las labranzas. Sin embargo en el sector entre surco esto no fue así, presentando la siembra directa mayor recarga hídrica coincidiendo con lo que se cita en la literatura acerca de la acumulación de agua en las denominadas labranzas conservacionistas (AlDarby *et al.* 1987, Power *et al.* 1986). Esto se debería a la menor remoción del suelo y al efecto protector contra la evaporación de la cobertura de residuos en el período analizado (Doorenbos, Pruitt 1977) ya que durante el barbecho previo a este cultivo, no se produjeron precipitaciones intensas, resultando por el contrario marcadamente mas seco que la media. Power *et al.* (1986) mencionan que existiría una estrecha relación lineal entre cantidad de residuos en superficie y agua acumulada a la siembra de un cultivo de maíz. En Marcos Juárez la siembra directa acumuló agua en forma mas que proporcional al contenido estimado de residuos en superficie a la siembra para

Tabla 2: Contenido de agua en el suelo hasta 50 cm de profundidad en postemergencia en posición de surco y entre surco (mm).

| | L. Con- ven- cional | L. Vertical | Siembra Directa | P=0,05 | P=0,10 |
|----------|---------------------------|-------------|-----------------|--------|--------|
| Surco | 126 | 126 | 128 | 9,5 | 6,4 |
| E. surco | 124 | 128 | 135 | 9,1 | 6,1 |

Tabla 3: Porcentaje de agua volumétrico (%) correspondiente a tres profundidades de muestreo (0-25 cm; 25-50 cm y 50-100 cm) y contenido total de agua (mm) hasta 1 m de profundidad, en floración.

| Prof. | L. Con- ven- cional | L. Vertical | Siembra Directa | P=0,05 | P=0,10 |
|--------|---------------------------|-------------|-----------------|--------|--------|
| 0-25 | 16,0 | 17,7 | 19,0 | 2,7 | 1,8 |
| 25-50 | 21,5 | 22,7 | 23,2 | 2,5 | 1,7 |
| 50-100 | 19,7 | 20,0 | 21,2 | 1,0 | 0,7 |
| Total | 192 | 200 | 211 | 19,3 | 13,0 |

esta campaña (500 kg ha⁻¹) en comparación con la labranza vertical (250 kg ha⁻¹) y convencional (0 kg ha⁻¹) lo cual podría ser atribuido al efecto combinado de la cobertura y la reducción en la remoción del suelo.

Con respecto a la floración (Tabla 3) el contenido de agua en el suelo hasta 1 m de profundidad resultó significativamente mayor para siembra directa respecto de convencional (P=0,05) siendo intermedio para el caso de labranza vertical. Estos resultados concuerdan con los que se obtuvieron en post-emergencia (Tabla 2) ya que previo al muestreo de floración existió un periodo de 40 días extremadamente seco. Las diferencias entre labranzas fueron de 19.2 mm entre convencional y siembra directa; 8.5 mm entre cincel y convencional y 10.8 mm entre siembra directa y cincel para el muestreo de floración. Sin embargo estas cifras no se reflejaron en el comportamiento del cultivo ya que los rendimientos del maíz fueron similares entre sí y no superaron los 2000 kg (datos no presentados). Este resultado se debería al intenso déficit hídrico sufrido por todos los tratamientos sumado a una importante invasión de malezas.

Analizando por grupos de horizontes (Tabla 3), se obtuvieron resultados similares a los del perfil completo, siendo significativas (P=0,05) las diferencias en favor de la siembra directa respecto de la convencional en los horizontes A+BA (0-25cm) y Bt2+BC (50-100 cm).

En el horizonte Bt1 (25-50 cm) la tendencia fue parecida aunque no significativa. Los valores hallados para el intervalo de muestreo de 50-100 cm permiten suponer que las diferencias entre tratamientos continúan por debajo de esos horizontes, prolongándose al horizonte C, lo cual coincide con mediciones efectuadas en Pergamino (Zeljovich *et al.* 1984). De esta manera los mm en favor de la siembra directa resultarían aún mayores respecto del convencional de haberse tomado perfiles hídricos más profundos. Esta información resulta importante si se tiene en cuenta que las características físicas del horizonte argílico de esta serie, no resulta limitante para la exploración radical profunda del perfil.

Resulta destacable el comportamiento intermedio del cincel en estos periodos de elevada demanda atmosférica ya que en condiciones similares bajo otro suelo (serie Ramallo, Pcia de Buenos Aires) el uso inadecuado de esta herramienta indujo importantes pérdidas de agua (Santanatoglia *et al.* 1988).

Densidad aparente y resistencia mecánica

El suelo bajo siembra directa presentó un valor de densidad aparente significativamente mayor (P=0,05) que los restantes tratamientos, lo cual concuerda con lo hallado por Kladvik *et al.* (1986) en relación con la mayor compactación que se produce en esta labranza. Si se expresan los resultados como porosidad total (calculada a partir de la densidad aparente) tendríamos 53.2 %,

52.4% y 49.8% para convencional, cincel y siembra directa respectivamente.

Los perfiles de resistencia mecánica para las situaciones de surco y entre surco pueden verse en las Figuras 1 y 2. En ellas consta además el contenido hídrico ya que este parámetro posee gran influencia sobre la resistencia mecánica (Vazquez *et al.*, 1991). En estas figuras se volcó el agua gravimétrica y no el contenido volumétrico, con el objeto de no incluir el efecto de la densidad aparente que ya fue mencionado en el punto anterior. Ambas figuras muestran que en los 15 cm superiores, la siembra directa presentó mayor resistencia mecánica que el resto de los tratamientos, coincidiendo con lo observado en densidad aparente.

Las diferencias entre siembra directa y cincel fueron significativas (P=0,05) entre 0 y 5 cm y entre 5 y 10 cm (P=0,10) en ambas posiciones (surco y entre surco) resultando más contrastantes en la posición de surco. Por debajo de las profundidades señaladas la siembra directa presentó menor resistencia mecánica en relación a las restantes labranzas aunque sin significancia estadística. Estas diferencias de resistencia mecánica también son mencionadas por otros autores (Bauder *et al.* 1985, Ullé, Santanatoglia 1988). Por su parte Leiva y Hansen (1984) encontraron que para un suelo de la serie Pergamino, las diferencias entre labranzas se extendían por debajo de los 20 cm de profundidad y no hasta 15 cm tal como fuera observado aquí.

Los resultados obtenidos en Marcos Juárez entre tratamientos en cada una de las posiciones analizadas, surco, (Figura 1) y entre surco, (Figura 2), no se pueden atribuir a contrastes en el contenido de agua gravimétrica del suelo entre labranzas ya que estas no fueron significativas. Se advierte que aún en la posición de entre surco en que la siembra directa presentó un contenido de agua gravimétrico ligeramente superior, la resistencia mecánica resultó significativamente mayor que al menos la labranza vertical.

La resistencia a la penetración que presentó la siembra directa en los primeros 15 cm del suelo respecto de las restantes labranzas se atribuiría al asentamiento del suelo no labrado y afectado a su vez por el peso de las maquinarias (tractor, sembradora, pulverizadora, cosechadora). También podría deberse a la acción de una rastra de discos liviana pasada luego de la cosecha del maíz en todo el ensayo hasta 4-5 cm de profundidad (Pla Sentis, comunicación personal, Bauder *et al.* 1981, Leiva, Hansen 1984). Con respecto a la labranza vertical, se observó que el cincel pasado a 15-20 cm de profundidad tuvo un efecto similar a la labranza convencional, a diferencia de lo hallado por Leiva y Hansen (1984) para la serie Pergamino.

En Marcos Juárez se pudo apreciar visualmente una reducción en la exploración radical en profundidad bajo siembra directa. En ensayos de Pergamino ese aspecto

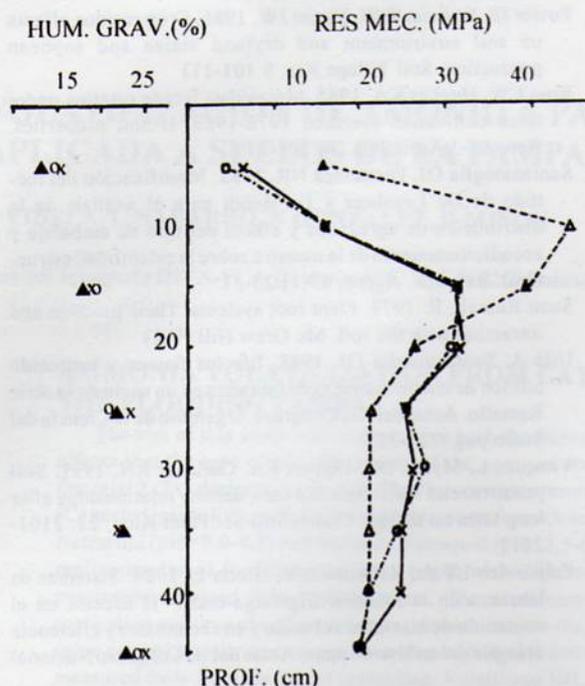


Figura 1: Resistencia mecánica y contenido gravimétrico de agua en el suelo en posición de surco para labranza convencional (x), labranza vertical (o) y siembra directa (▲).

fue cuantificado. Existen características edáficas similares en los 20 cm superiores de ambas series y la medición de penetrometría fue hecha con el mismo instrumental. Si bien el contraste entre siembra directa y las restantes labranzas en los 10 cm superiores fue ligeramente mayor en Marcos Juarez, el valor absoluto de la resistencia mecánica resultó menor que en Pergamino. De acuerdo con Scott Russell (1977) y Gerard *et al.* (1982) el impacto del citado parámetro sobre las raíces en crecimiento podría dar lugar a diferencias iguales ó aún mas marcadas entre tratamientos cuanto mas reducidos son los valores absolutos de resistencia. De acuerdo con esto no sería esperable encontrar marcadas diferencias con lo observado en Pergamino, de cuantificarse la distribución de raíces en Marcos Juarez.

REFERENCIAS

- Al Darby AM, Lowery B, Daniel TC. 1987. Corn leaf water potential and water use efficiency under three conservation tillage systems. *Soil Tillage Res* 9:241-254
- Arrigo NM, Palma RM, Conti ME, Costantini AO 1993. Cropping rotations: effect on aggregate stability and

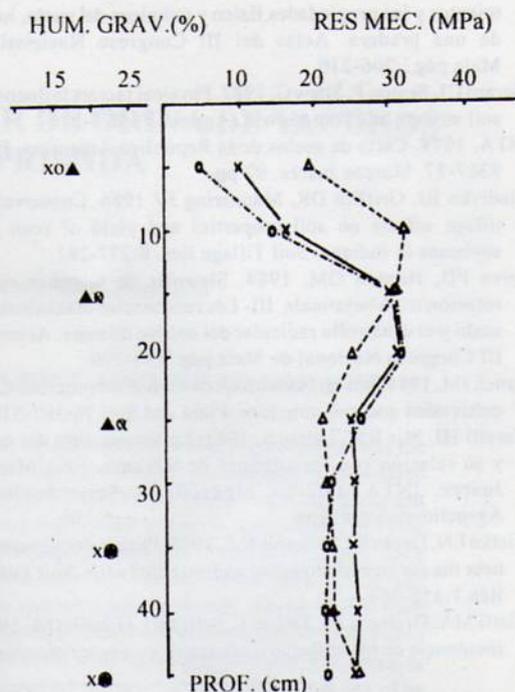


Figura 2: Resistencia mecánica y contenido gravimétrico de agua en el suelo en posición de entresurco para labranza convencional (x), labranza vertical (o) y siembra directa (▲).

- biological activity. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 24:2441-2453
- Bauder JW, Randall GW, Swann JB. 1981. Effect of four tillage systems on mechanical impedance of a clay loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:802-806
- Bauder JW, Randall GW, Schuler RT. 1985. Effect of tillage with controlled wheel traffic on soil properties and root growth of corn. *J. Soil Water Cons.* 40:382-385
- Chagas CI, Castiglioni ME, Santanoglia OJ, Marelli HJ. 1993a. La estructura del suelo con monocultivo de soja bajo distintas labranzas; su comparación con maíz. XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
- Chagas CI, Santanoglia OJ, Marelli HJ. 1993b. Sistemas de labranza y acciones biológicas edáficas en un Argiudol Típico (serie Marcos Juarez). *Revista de la Facultad de Agronomía UBA* (En Prensa).
- Chagas CI, Gróttola MC. 1994. Erosión entre surcos y estabilidad estructural en un Argiudol Típico (serie Marcos Juarez). *Ciencia del Suelo*. (En Prensa).
- Chan KY, Mead JA. 1989. Water movement and macroporosity of an australian Alfisol under different tillage and pasture conditions. *Soil Tillage Res.* 14:301-310
- De Leenheer L, De Boodt M. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Proceedings of the International Symposium on Soil Structure*, Ghent, Bélgica :290-300
- Doorenbos J, Pruitt WO. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 24. FAO, Rome. 144 pp.

- Galetto MLR de, Senigagliesi C, García R., 1984. Evaluación del efecto de cultivos sucesivos de maíz sobre los rendimientos y las propiedades físico y químicas del suelo, luego de una pradera. Actas del III Congreso Nacional de Maíz. pág.:206-210
- Gerard CJ, Sexton P, Shaw G, 1982. Physical factors influencing soil strength and root growth. *Agron.J.*74:875-879
- INTA. 1978. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3367-17. Marcos Juarez. 92 pp.
- Kladivko EJ, Griffith DR, Mannering JV 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soybeans in Indiana. *Soil Tillage Res.* 8:277-287
- Leiva PD, Hansen OM, 1984. Sistemas de labranza en la rotación trigo/soja-maíz. III- Las resistencias mecánicas del suelo y el desarrollo radicular del cultivo de maíz. Actas del III Congreso Nacional de Maíz. pág.:188-200
- Lynch JM, 1984. Interactions between biological processes, JM. cultivation and soil structure. *Plant and Soil* 76:307-518
- Marelli HJ, Mir BM, Lattanzi. 1981. La temperatura del suelo y su relación con los sistemas de labranza. EEA Marcos Juarez, INTA. Informe especial 14. Serie Suelos y Agroclimatología. 8pp.
- Mielke LN, Doran W, Richards KA. 1986. Physical environment near the surface of ploughed and no tilled soils. *Soil Tillage Res.*7:355-367
- Pilatti MA, Orellana JA, Priano L, Felli MO, Grenón DA. 1988. Incidencia de los manejos tradicionales y conservacionistas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un Argiudol en el sur de Santa Fé. *Ciencia del Suelo* 6:19-29
- Power JF, Wilhem WW, Doran JW. 1986. Crop residue effects on soil environment and dryland maize and soybean production. *Soil Tillage Res.* 8:101-111
- Ross CW, Hughes KA. 1985. Maize/oats forage rotation under three cultivation systems, 1978-1983. II-Soil properties. *New Zel.J.Agric.Res.* 28:209-219
- Santanatoglia OJ, Fernandez NR. 1982. Modificación del método de De Leenheer y De Boott para el análisis de la distribución de agregados y efecto del tipo de embalaje y acondicionamiento de la muestra sobre la estabilidad estructural. *Rev. Inv. Agrop.* 17(1):23-31
- Scott Russell, R. 1977. Plant root systems. Their function and interaction with the soil. Mc Graw Hill (UK)
- Ullé A, Santanatoglia OJ. 1988. Efectos físicos y contenido hídrico de cuatro sistemas de labranza en un suelo de la serie Ramallo. Actas del XII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. pág.:222-223
- Vazquez L, Myhre DL, Hanlon EA, Gallaher RN. 1991. Soil penetrometer resistance and bulk density relationships after long term no tillage. *Comm.Soil Sci.Plant Anal.* 22: 2101-2117
- Zeljkevich LT de, Zeljkovich V, Blotta L. 1984. Sistemas de labranza en la rotación trigo/soja-maíz.- II Efectos en el contenido de humedad del suelo y en el consumo y eficiencia del agua del cultivo de maíz. Actas del III Congreso Nacional