

TRABAJO ORIGINAL

EFFECTO DE LAS LABRANZAS Y ROTACIONES SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN DISTINTOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA PROVINCIA DEL CHACO-REPUBLICA ARGENTINA

Moro¹, Enrique C.; Venialgo¹, Crispín A.; Gutierrez¹, Noemí C.; Drganc¹, Diego; Asselborn¹, Alejandro;
Oleszczuk¹, José D.

¹Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias

emoro@agr.unne.edu.ar

RESUMEN

El proceso de compactación del suelo está asociado a una pérdida de volumen debida a fuerzas externas que en la agricultura se originan por los implementos de labranza, el pisoteo animal, los sistemas de labranza y secuencias de cultivos empleados. Se evaluó el efecto de diferentes sistemas de labranzas y rotaciones sobre la compactación del suelo, a través de la densidad aparente y la resistencia mecánica a la penetración mediante el Índice de Cono (IC) en cuatro (4) series de suelos pertenecientes a los Departamentos 9 de Julio y Chacabuco de la provincia del Chaco. Se comprobó que la densidad aparente y el IC son mayores en los sistemas con labranza cero en el espesor 0-0,06m respecto de los sistemas con labranza convencional independientemente de la secuencia de cultivos, y que las rotaciones en labranza convencional presentan un menor IC que el monocultivo.

Palabras claves: densidad aparente, resistencia mecánica, índice de cono, labranza, rotaciones.

SUMMARY

The soil compaction process is associated to a loss of volume due to external forces that in agriculture are originated by tillage implements, animal trampling, tillage systems and crop sequences. The effect of different systems and rotations on soil compaction was evaluated through bulk density and mechanical resistance to the penetration by means of Cone Index (CI) in four (4) soil series belonging to 9 de Julio and Chacabuco departments of Chaco province. It was proved that bulk density and CI are greater in no tillage systems at 0-0,06m deep than in conventional tillage, independently of crop sequences, and that in conventional tillage rotations have a lower CI than the monoculture.

Key words: bulk density, mechanical resistance, cone index, tillage, rotations.

INTRODUCCIÓN

La degradación física del suelo es normalmente el resultado de la pérdida de la estabilidad estructural cuando los agregados son deformados por fuerzas externas naturales (lluvias) o provocadas por el hombre con las operaciones de labranza.

La compactación del suelo es la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la agricultura, tienen su origen principalmente en las herramientas de labranza, las cargas de los tractores e implementos de arrastre y el pisoteo de los animales (Canillas y Salokhe, 2001; Defosse y Richard, 2002 y van Dijck y van Asch, 2002).

Al producirse un aumento en la densidad aparente del suelo disminuye la posibilidad de exploración de las raíces, el movimiento del agua y el aire a través del perfil (Abu-Hamdeh, 2003). La compactación de un suelo agrícola es de gran importancia pues va a provocar alteraciones en su interior, modificando buena parte del ambiente físico en el cual se desarrolla el cultivo (Defosse y Richard, 2002), reduciendo los rendimientos y el uso eficiente del agua asociado a la demora en extraer agua del suelo en profundidad (Radford *et al.* 2001).

Los residuos de cosechas acumulados en la superficie del suelo, disminuyen la densidad aparente, reducen el desarrollo de costras y ayudan a mantener altos los niveles de infiltración. Venialgo *et al.* (1998), al estudiar los efectos de los sistemas de cultivos sobre el deterioro de los suelos a través del estado de compactación en lotes con sistema de labranza cero en diferentes series de suelos de la provincia del Chaco, relacionándolos con la densidad aparente, la estabilidad de los agregados y la materia orgánica, concluyeron que la

compactación medida por la densidad aparente se produce en todos los casos al pasar de la situación natural a suelos cultivados y en la labranza cero es levemente superior a la convencional.

Se han observado incrementos en la resistencia mecánica o la densidad aparente de las capas superficiales del suelo bajo sistemas de cultivo con labranza reducida y siembra directa (Hill *et al.*, 1985; Vidal y Costa 1998; Venialgo, *et al.*, 1999; Stone y Silveira, 2001).

Drganc *et al.* (2000), concluyeron que los valores de resistencia mecánica a la penetración determinadas en rastrojo de soja en sistema de labranza cero, en el dorsal agrícola chaqueño dependen de la historia y la génesis de los suelos y Venialgo *et al.* (2000), determinaron que las variaciones de densidad aparente en suelos de la misma región chaqueña responden a la historia del lote y a la secuencia de los cultivos.

Gutiérrez *et al.* (2000), comprobaron que la resistencia mecánica a la penetración en el espesor superficial fue mayor en una rotación soja-maíz en sistema de labranza cero y situación natural, que en monocultivo de algodón, girasol y sorgo en labranza convencional, en un suelo de la serie Tizón (Haplustol óxico).

En estudios de los efectos de la labranza cero en la secuencia anual maíz-soja Restelli *et al.* (1998) encontraron que la compactación aumenta con los años, pero a su vez mejora la estabilidad estructural, y Wander y Bollero (1999) concluyeron que el uso de técnicas de labranza cero mejoran las condiciones físicas y biológicas del suelo en la profundidad 0-0,15 m, aunque incrementan la consolidación con respecto a la labranza convencional, debido al efecto de las cargas de las ruedas (Gysi, 2001) y al número de pasadas (Canillas y Salokhe, 2001). La hipótesis de trabajo fue que los sistemas de labranza, rotaciones y grandes grupos de suelos, inciden de manera diferente en la compactación de los suelos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las labranzas y rotaciones sobre la compactación de suelos a través de la densidad aparente y la resistencia mecánica a la penetración en distintos sistemas productivos de la provincia del Chaco, en las series: Herrera (Argiustol údico), con Bt entre 0,12-0,20 m, Tizón (Haplustol óxico), sin Bt, Gancedo (Haplustol údico), sin Bt y Pinedo (Natrustol léptico), con horizonte nátrico.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la zona de influencia de la E.E.A. INTA-Las Breñas, Departamentos 9 de Julio y Chacabuco, de la provincia del Chaco,

República Argentina, caracterizada por ser una región de régimen pluviométrico anual de 800 a 900 mm con mayor concentración de las mismas durante las estaciones de primavera-verano, a pesar de lo cual se producen períodos de déficit hídrico por las elevadas temperaturas estivales. Se caracteriza a la misma, como de clima semiárido. La topografía predominante corresponde a lomadas tendidas, con pendientes muy suaves (entre 1 y 3%).

El estudio se centró en la capa arable por ser la que presenta las mayores variaciones temporales, espaciales y ser la más afectada por las operaciones de labranza. Las fechas de los muestreos fueron 04-12-1999, 06-07-2000, 05-06-2001 y 03-01-2002. Las series de suelos, sistemas de labranza y secuencias de cultivos muestreados fueron: 1) serie Herrera (Argiustol údico), en labranza cero, con rotación, trigo (*Triticum aestivum*, L)-sorgo (*Sorghum sp.*, L)-algodón (*Gossypium hirsutum* L)-soja [*Glycine max* (L.) Merr.], en las etapas de rastrojo-rastrojo-rastrojo y estado vegetativo V3 a los momentos de muestreo respectivamente para cada cultivo, representada como TSgASjLce; 2) serie Herrera (Argiustol údico), en labranza cero, rotación maíz (*Zea mays*, L)- sorgo (*Sorghum sp.*, L)-algodón (*Gossypium hirsutum* L)-soja [*Glycine max* (L.) Merr.], en los períodos de siembra-rastrojo-rastrojo-estado vegetativo V3 a los momentos de muestreo de cada cultivo, simbolizada como MSgASjLce; 3) la serie Tizón (Haplustol óxico), en labranza convencional con monocultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L), encontrándose en floración, rastrojo, rastrojo, floración a los momentos de efectuados los muestreos, simbolizada como AAAALco; 4) serie Gancedo (Haplustol údico), en labranza convencional con una secuencia de cultivos algodón (*Gossypium hirsutum* L)-soja [*Glycine max* (L.) Merr.]- trigo (*Triticum aestivum*, L)-soja [*Glycine max* (L.) Merr.], en las etapas siembra - rastrojo - germinación y estado vegetativo V4 respectivamente a los momentos de tomas de muestras y representada como ASjTSLco; y 5) serie Pinedo (Natrustol léptico), en labranza convencional con la rotación maíz (*Zea mays*, L) - trigo (*Triticum aestivum*, L)-soja [*Glycine max* (L.) Merr.]-girasol (*Heliantus annuus*, L), muestrada en las etapas de siembra-3 hojas-rastrojo-rastrojo respectivamente y representada como MTSjGLco.

Se tomaron muestras para la determinación de densidad aparente, Da, (método del cilindro) al azar sistemático del espesor de suelo correspondiente a la fracción 0-0,06 m en 3 repeticiones por situación de uso. En los sitios de muestreo se determinó por duplicado la resistencia mecánica a la penetración mediante

un penetrómetro de impacto de punta cónica para el cálculo del Índice de cono (IC), en los rangos 0-0,06 m, 0,06-0,12m y 0,12-0,18m. El promedio de las medidas de la resistencia a la penetración hechas dentro de un rango prefijado de profundidades recibe el nombre de índice de cono (IC). Se expresa en unidades de presión que surgen de dividir el esfuerzo para introducir el cono en el suelo por la superficie de la base del cono usado (Jorajuria Collazo, 2003).

Los valores de índice de cono y densidad aparente se analizaron estadísticamente por ANOVA y las medias por Tukey ($<0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la Figura 1 en la cual se representan los valores medios de densidad aparente, se puede observar que la misma presenta una tendencia a disminuir entre el muestreo N° 1 y N° 4 en todos los sistemas de labranza y secuencias de cultivos. Los sistemas con labranza cero, MSgASjLce y TSgASjLce presentan valores mayores de densidad aparente que los de labranza convencional, AAAALco, ASjTSjLco y MTSjGLco, excepto en el muestreo N°2 en que el mayor valor de densidad aparente se produce en la situación AAAALco (Tabla 1 y Figura 1). Gutierrez (2002), Prause y Soler (2001) y Stone y Silveira (2001), determinaron que la densidad aparente era superior en los sistemas de labranza cero y el suelo no cultivado con respecto a los suelos en que se realiza labranza convencional y Albuquerque *et al* (2001) observaron más compactación en labranza cero que en la preparación convencional. Al analizar estadísticamente las medias (Tukey $<0,05$) se observan diferencias significativas entre muestreos en el monocultivo de algodón AAAALco en labranza convencional (Cuadro 1). Al analizar la resistencia mecánica a la penetración a través del índice de cono IC (Figura 2 y Cuadro 1) se observa que los valores en el intervalo 0-0,06m son mayores en los sistemas con labranza cero, MSgASjLce y TSgASjLce, respecto de los sistemas con labranza convencional AAAALco, ASjTSjLco y MTSjGLco, excepto en el muestreo N°2 en que la secuencia ASjTSjLco, presenta un valor intermedio entre las rotaciones MSgASjLce y TSgASjLce. Busscher *et al* (2000, 2001) y Olaoye (2002) concluyeron que las labranzas redujeron los índices de cono respecto de los tratamientos de no labranza y Taboada *et al*. (1998), determinaron que la labranza cero

incrementó significativamente la resistencia mecánica a la penetración.

En los sistemas con labranza cero para ambas secuencias de cultivos se observa un IC que aumenta entre el muestreo N° 1 y el N° 4 en los espesores 0-0,06 m y 0,06-0,12 m, disminuyendo en el intervalo de profundidad 0,12-0,18 m, Albuquerque *et al*. (2001), determinaron que la resistencia a la penetración en labranza cero aumentó principalmente en la capa 0-0,15m. La rotación MSgASjLce en el intervalo 0-0,06 m, presenta mayores valores de IC que la secuencia TSgASjLce, situación que se invierte en los intervalos 0,06-0,12 y 0,12-0,18 m, presentando diferencias significativas entre muestreos ($p<0,05$) ambas rotaciones en el intervalo 0-0,06m y en el espesor 0,06-0,12m la secuencia TSgASjLce, sin presentar diferencias significativas entre muestreos ($p<0,05$) el intervalo 0,12-0,18m, Cuadro 1. Stone y Silveira (2001), concluyeron que los sistemas de rotación de cultivos que incluyen soja y trigo provocan mayor compactación.

En los sistemas con labranza convencional (Figura 2), el monocultivo AAAALco, presenta mayor IC que las rotaciones ASjTSjLco y MTSjGLco, en el muestreo N°1 en todos los espesores analizados, y en los intervalos 0,06-0,12 m y 0,12-0,18m en los muestreos N° 2 y 3. Al analizar estadísticamente, Tukey ($p<0,05$), se observan diferencias significativas entre muestreos (Cuadro 1), en la secuencia AAAALco en el espesor 0,12-0,18 m, en la rotación ASjTSjLco en los intervalos 0-0,06 m y 0,06-0,12 m y en MTSjGLco en el intervalo 0,06-0,12 m. Merrill *et al*. (2002) concluyeron que diversas rotaciones de cultivos tienen el potencial de explorar sobre diferentes posiciones del perfil de suelo respecto del monocultivo aportando materia orgánica de las raíces al descomponerse lo que disminuiría la compactación. Por su parte, Stone y Silveira (2001), determinaron que la inclusión de especies con sistema radical agresivo y aportes diferenciados de materia seca también puede alterar las propiedades físicas de los suelos y que los efectos de los sistemas de rotación de cultivos sobre dichas propiedades de suelo, a lo largo de los años son más variables que los sistemas de preparación (labranza convencional, labranza cero) e Ishaq *et al*. (2001), concluyeron que el incorporar al sistema de rotación, cultivos con raíz profunda minimiza los riesgos de compactación del subsuelo.

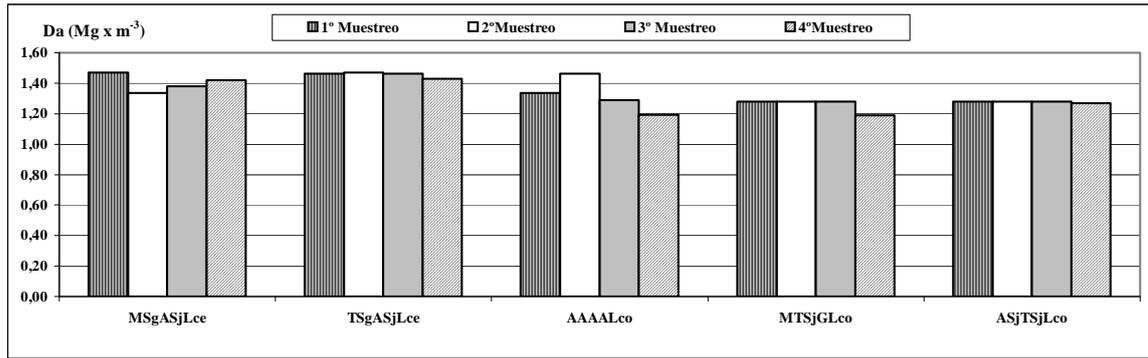


Figura 1: Densidad aparente en diferentes sistemas de labranza y rotaciones

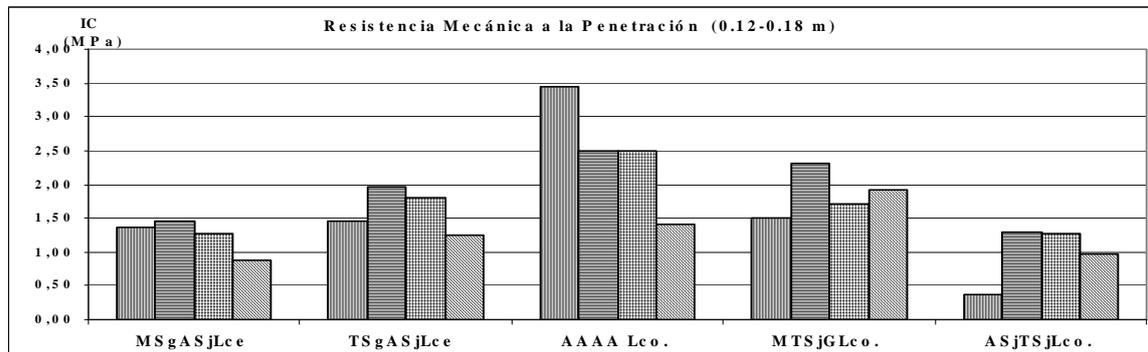
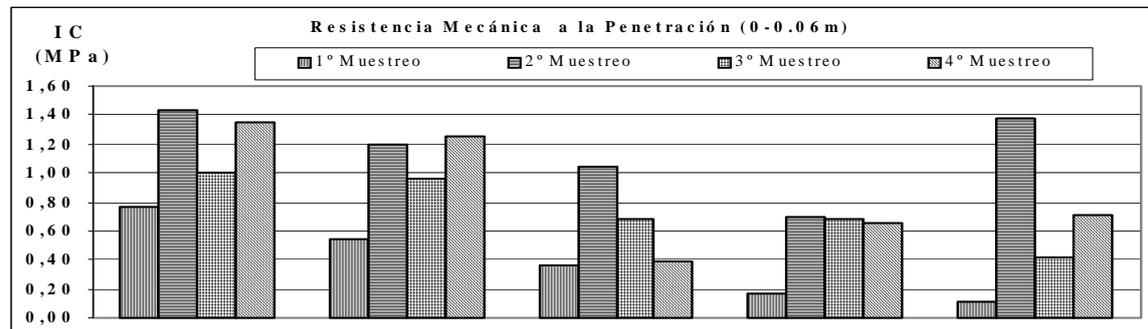
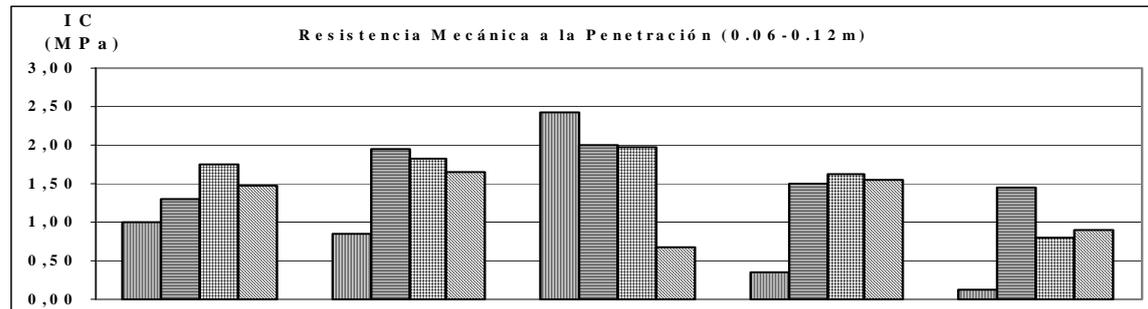


Figura 2: Resistencia mecánica a la penetración en los intervalos de profundidad 0-0,06, 0,06-0,12 y 0,12-0,18 m en diferentes sistemas de labranza y rotaciones.

Cuadro 1: Valores promedio de densidad aparente, resistencia mecánica a la penetración en diferentes sistemas de labranza y rotaciones y comparación de medias (Tukey < 0.05).

Sistema de labranza y secuencia	Muestreo N°	Densidad aparente (Mg x m ⁻³)	Resistencia mecánica a la penetración (Índice de cono)			Etapas del cultivo al momento de los muestreos
			0-0,06 m	0,06-0,12 m	0,12-0,18 m	
M	1	1,47 a	0,706 a	1,012 a	1,456 a	Rastrojo maíz
Sg	2	1,34 a	1,429 b	1,291 a	1,399 a	Rastrojo sorgo
A	3	1,38 a	1,006 ab	1,752 a	1,301 a	Rastrojo algodón
Sj	4	1,42 a	1,352 ab	1,473 a	0,907 a	Soja estado veg.V-3
Lce						
T	1	1,46 a	0,542 a	0,841 a	1,461 a	Rastrojo trigo
Sg	2	1,47 a	1,192 b	1,946 b	1,976 a	Rastrojo sorgo
A	3	1,46 a	0,963 ab	1,823 b	1,808 a	Rastrojo algodón
Sj	4	1,43 a	1,252 b	1,655 b	1,245 a	Soja estado veg. V-3
Lce						
A	1	1,34 a	0,362 a	2,42 a	3,435 a	Algodón floración
A	2	1,46 ab	1,04 a	1,991 a	2,498 ab	Rastrojo algodón
A	3	1,29 ab	0,679 a	1,977 a	2,490 ab	Rastrojo algodón
A	4	1,19 b	0,387 a	0,672 a	1,421 b	Algodón floración
Lco						
A	1	1,28 a	0,117 a	0,117 a	0,371 a	Algodón siembra
Sj	2	1,28 a	1,38 b	1,449 b	1,305 a	Rastrojo soja
T	3	1,28 a	0,419 a	0,809 ab	1,276 a	Trigo germinación
Sj	4	1,27 a	0,708 ab	0,907 ab	0,972 a	Soja estado veg. V-4
Lco						
M	1	1,28 a	0,160 a	0,352 a	1,497 a	Maíz siembra
T	2	1,28 a	0,692 a	1,511 b	2,301 a	Trigo 3 hojas
Sj	3	1,28 a	0,675 a	1,615 b	1,717 a	Rastrojo soja
G	4	1,19 a	0,652 a	1,551 b	1,931 a	Rastrojo girasol
Lco						

Valores con letras diferentes entre muestreos de cada situación indican diferencias significativas según Tukey (p< 0,05).

CONCLUSIONES

Las rotaciones con labranza cero producen un aumento de la densidad aparente y la resistencia mecánica a la penetración medida a través del índice de cono (IC), respecto de la labranza convencional en el espesor superficial porque al no haber remoción del suelo, el tránsito de maquinaria y el número de pasadas inciden sobre la compactación.

El monocultivo en labranza convencional presenta un mayor IC que las rotaciones con labranza convencional en la profundidad de 0,06 a 0,18 m, porque los cultivos que componen las rotaciones tienen sistemas radicales diferentes lo que les permite explorar distintas profundidades del perfil disminuyendo la compactación.

BIBLIOGRAFIA

- Abu-Hamdeh, N. H. 2003. Compaction and Subsoiling Effects on Corn Growth and Soil Bulk Density. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1213-1219.
- Albuquerque, J. A.; L. Sangoi; M. Ender. 2001. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. Rev. Bras. De Ciencia do Solo. 25:717-723.
- Busscher, W.J.; J. R. Frederick and P.J. Bauer. 2000. Timing Effects of Deep Tillage on Penetration Resistance and Wheat and Soybean Yield. Soil Sci. Soc. of Am. J. 64:999-1003.
- Busscher, W.J.; J. R. Frederick and P.J. Bauer. 2001. Effect of penetration resistance and timing of rain on grain yield of narrow-row corn in a coastal plain loamy sand. Soil Till. Res. 63:15-24.

- Canillas, E. C.; Salokhe, V. M. 2001. Regression analysis of some factor influencing soil compaction. *Soil Till. Res.* 61:167-178.
- Defossez, P. and G. Richard. 2002. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. *Soil Till. Res.* 67:41-64.
- Drganc, D.; Ferreyra, M.;Corrales, A.;Gutierrez,N.; Venialgo, C. 2000. Caracterización de la resistencia mecánica a la penetración en suelos del dorsal agrícola chaqueño sometidos a labranza cero. U.N.N.E. Comunicaciones Científicas y Técnicas. CD-Room.
- Gutierrez, N.C. 2002. Compactación de suelos en el sudoeste Chaqueño. Tesis para optar al grado de Magister. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Humanidades. Postgrado en Epistemología y Metodología de la Investigación Científica.
- Gutierrez, N.; Venialgo, C.; .Gutierrez, J.; Drganc, D.; Oleszczuk, J. 2000. Efecto del manejo de suelo sobre la densidad aparente y la resistencia mecánica a la penetración. U.N.N.E. Comunicaciones Científicas y Técnicas. CD-Room.
- Gysi, M.. 2001. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland: Field data and critical state soil mechanics model approach. *Soil Till. Res.* 61: 133-142.
- Hill, R. L.; R. Horton and R.M. Cruse. 1985. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution in two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:1264-1270.
- Ishaq, M.; M. Ibrahim; A. Hassan; M. Saeed and R. Lal. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistán: II Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. *Soil Till Res.* 60 (3-4): 153-161.
- Jorajuria Collazo, Daniel ,2003. Penetrometría como parámetro mecánico del suelo.. Taller de Física. Ponencia . Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Univ. Nacional de La Plata. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Disponible en www.suelos.org.ar. Leído el 4 de julio de 2003.
- Merrill, S.D.; D.L. Tanaka and J.D. Hanson.2002. Root Length Growth of Eight Crop Species in Haplustoll Soils. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 66:913-923
- Olaoye, J. O. 2002. Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. *Soil Till. Res.* 64:179-187.
- Prause, J.; Soler, J., 2001. Cambios producidos en un suelo bajo labranza conservacionista y siembra directa en algodón en el Chaco, Argentina. *Agricultura Técnica* 61(4):527-532.
- Radfor, B. J.; D. F. Yule; D. Mc Garry; C. Playford. 2001. Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatments. *Soil Till. Res.* 61:157-166.
- Restelli, M R; N Gutierrez; C Venialgo. 1998. Propiedades edáficas relacionadas al sistema secuencial maíz-soja en labranza cero en la región semiárida chaqueña. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas-UNNE.* tomo III: 5-12 al 5-14.
- Stone, L.F. y Silveira, P.M.; 2001. Efeitos do sistema de preparo e da rotaçao de culturas na porosidade e densidade do solo. *R. Bras. de Ciencia do Solo.* Viçosa, V25:395-401.
- Taboada, M. A.; F. G. Micucci; D. J. Cosentino and R. S. Lavado. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil Till. Res.* 49: 57-63.
- van Dijck, S. J. E. and van Asch, Th. W. J., 2002. Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France. *Soil Till. Res.* 63:141-153.
- Venialgo, Crispín; Gutierrez, N.; Gutierrez, J.; Silva, L.; Ramirez, N.; Restelli, R.; Ingaramo, O. 1998. Caracterización del Estado de Compactación de suelos en Lotes con Labranza Cero. 9ª Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.N.E. pp. 120
- Venialgo, C; N Gutierrez, J R Gutierrez, E C Moro. 1999. Caracterización del estado de degradación de suelos en el sudoeste chaqueño. 14º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. 8 al 12 noviembre, Pucón, Chile. (CD-ROM). Actas p631.)
- Venialgo, C.; Gutierrez, N. Gutierrez, R.; Moro, E.; Corrales, A. 2000. Acción de la labranza cero sobre la estabilidad de agregados, porosidad y densidad aparente de suelos del dorsal agrícola chaqueño . U.N.N.E. Comunicaciones Científicas y Técnicas. CD-Room.
- Vidal, C. y J. Costa. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. En: AACS (ed.). Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (211-212). V. Carlos Paz, Córdoba.
- Wander, M. M. and Bollero, G. A. 1999. Soil Quality Assessment of Tillage Impacts in Illinois. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 63:961-971