

UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

NÚCLEO DISCIPLINARIO: Ingeniería Agrícola

TÍTULO DEL TRABAJO: DESCOMPACTACIÓN DE SUELOS BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA DE CULTIVOS. PERSISTENCIA DE LA LABOR

AUTOR (ES): Colareda, G. O.¹, Terminiello, A.¹, Balbuena, R. H.¹, Hilbert, J. A.²

1)Departamento de Ingeniería Agrícola. FCAyF. U.N.L.P. 2) Ing. Agrónomo M Sc. Instituto de Ingeniería Rural. INTA. Castelar.

E-MAIL DE LOS AUTORES: guillermocolareda@hotmail.com,
amtermi@agro.unlp.edu.ar.

PALABRAS CLAVES: Siembra directa, compactación, cultivo.

INTRODUCCIÓN

La siembra directa es un sistema productivo que manifiesta un incremento en el grado de adopción por los productores en la República Argentina. A modo de referencia, en la última campaña (2004-2005), pueden citarse valores de superficie sembrada, en siembra directa, del orden de 16 millones de hectáreas (AAPRESID, 2005), de un total de aproximadamente 28 millones de hectáreas sembradas entre cereales y oleaginosas (SAGPyA 2005). Este sistema se ha difundido debido a las ventajas que presenta en cuanto al menor costo de implantación de los cultivos, a la reducción de la erosión del suelo y a la conservación del agua. Sin embargo, diversos autores coinciden en señalar que, en los primeros años de implantación del sistema de siembra directa, los rendimientos de los cultivos suelen ser más bajos que en los sistemas de labranza convencional (Eck y Jones, 1992; Knowles 1993). Griffith y Wollenhaupt (1994) mencionan al menor crecimiento inicial de los cultivos como una de las causas de dicho efecto.

Este sistema productivo no escapa a la problemática de la compactación de los suelos. Domínguez et al. (2000), trabajando con tres diferentes tratamientos mecánicos del suelo, citan una mayor acumulación de compactación superficial bajo siembra directa. Lo anteriormente mencionado se evidencia con diversos trabajos de investigación realizados por técnicos agrícolas e ingenieros agrónomos que evaluaron este tipo de sistema de siembra, entre ellos Senigalesi y Ferrari (1993), Leiva y Hansen (1984). Estos autores concuerdan que en los sistemas donde no se produce la remoción del suelo, se produce una mayor compactación del mismo. Quiroga et al. (1998) afirman que en los suelos en donde no existe laboreo previo del terreno, puede provocarse o ser más susceptible a la compactación del mismo. El efecto que produce la compactación sobre el suelo puede describirse como un reordenamiento en la matriz porosa del suelo, es decir, disminuye el volumen de poros totales, produciendo cambios en la distribución del tamaño de los mismos, ocasionando un mayor

porcentaje de poros pequeños (Breland y Hansen, 1996). Hakansson (1988) y Smittle y Willamson (1977) coinciden en afirmar que la compactación tiene como consecuencia un menor rendimiento del cultivo, debido a que el mismo no puede expandir correctamente las raíces, lo cual produce una menor captación de nutrientes.

Los parámetros para caracterizar la compactación son múltiples. Según Balbuena et al., (1995) la densidad aparente y la resistencia a la penetración son frecuentemente usados para la caracterización de la compactación del suelo. La medición de la resistencia a la penetración de un suelo a través del penetrómetro de cono tiene como ventajas de ser fácil, rápida y económica, al tiempo que provee datos que pueden ser sencillamente analizados (Perumpral, 1987). Al respecto, Terminiello et al., (2000) concluyen que la resistencia a la penetración es un parámetro más sensible que la densidad aparente para determinar la compactación inducida por tránsito. Alakukku (1996), afirma que las propiedades indicadoras de retención de agua en el suelo, tamaño y distribución de poros y resistencia a la penetración son parámetros más sensibles que la densidad aparente para determinar la compactación inducida por tránsito.

La resistencia a la penetración también ha sido frecuentemente utilizada para caracterizar las condiciones físicas para la implantación y desarrollo de cultivos. Al respecto, Threadgill (1982) relacionó la resistencia a la penetración de un suelo con la capacidad de las raíces para colonizarlo. Indicó que valores de índice de cono de 1,5 MPa pueden reducir el crecimiento de las raíces, mientras que valores superiores a 2,1Mpa lo limitarían.

El incremento de la impedancia mecánica del suelo puede aliviarse, al menos temporalmente, con el laboreo de las capas compactadas. En referencia a esto, Taboada (1998) menciona que una de las posibilidades para atender a esta problemática es el empleo de herramientas de corte vertical y de acción profunda. Bajo el nombre de descompactadores pueden incluirse una serie de implementos que efectúan una labor de escarificado del suelo, entendiendo como tal el trabajo con maquinas que, si bien realizan principalmente una remoción vertical, producen importantes efectos laterales de roturación.(Claverie y Balbuena 2005). Bonel et al (2005), quienes trabajaron con un descompactador sobre un suelo argiudol típico, en lotes de 6 años de siembra directa, hallaron que la resistencia a la penetración, medida por intermedio de IC, fue significativamente menor en parcelas escarificadas, hasta los 35 cm de profundidad

En relación con el efecto de la descompactación en suelos bajo siembra directa, Ferraris (2004) trabajando en un cultivo de maíz, llegó a la conclusión que el subsolado tiene una tendencia a incrementar los rendimientos y a disminuir el número de plantas quebradas y/o

volcadas, consecuencia de un mejor anclaje y exploración radical en el suelo sin capas compactadas.

En relación con la duración del laboreo, Spoor et al (2003) exponen que, habitualmente, las labores de descompactación se relacionan con un intenso roturamiento del suelo. Sin embargo, recomiendan que el efecto buscado sería "fisurar sin aflojar" a los efectos de evitar los procesos de consolidación y recompactación inducida por el tránsito posterior a la labor. Además, indican que los implementos adecuados en la búsqueda de estos objetivos serían los subsoladores de montantes inclinados, los subsoladores alados y las rejas de escardillo de laboreo subsuperficial. En relación a esto Buscher et al. (1986), en ensayos sobre suelo franco arenoso, encuentran valores de resistencia a la penetración de 2,5 Mpa (restrictivos para el crecimiento radical) un año después de efectuar labores de descompactación, destacando que todo indicio de la labranza resultaba indetectable a los dos años de su realización. Balbuena et al (1995), trabajando sobre un suelo argiudol típico, evaluaron la persistencia de la labor mediante penetrometría. Concluyen que lo limitado de la persistencia de la disminución de dicho parámetro, respecto del testigo sin descompactación (6 meses), tornaría inadecuada la realización de la labor en forma muy anticipada. Al respecto, Spoor et al (2003) concuerdan con la necesidad de realizar la labor de descompactación lo más tarde posible en el ciclo productivo, idealmente, de ser posible inmediatamente antes o después de la siembra, para evitar los procesos de recompactación. Cholaky (2003), en trabajos sobre un suelo haplustol típico, concluye que el efecto de la descompactación persiste durante el periodo de desarrollo del ciclo de un cultivo anual, cuando no se efectúa tránsito luego de la labor. Mon e Iurtia (2001) reportaron valores de Grado de Aflojamiento entre el 30 % y el 60 % para el tratamiento de descompactación con cultivie, en relación al testigo, para un suelo Argiudol Típico.

En virtud de lo expuesto, se plantea como **hipótesis de trabajo** que: la disminución de la impedancia mecánica del suelo producida por el laboreo de descompactación, perdura durante todo el ciclo de un cultivo de soja conducido en siembra directa.

El **objetivo** del presente trabajo es evaluar la persistencia de la descompactación, en tiempo real, de un cultivo de soja conducido en siembra directa, a través de la variable resistencia a la penetración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Del lugar del ensayo: El ensayo se realizó en el establecimiento agropecuario "La Fe", en San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires, con coordenadas: Lat. Sur 34° 18' 10",

Long Oeste 59° 56'6" sobre un lote con una historia de 5 años bajo siembra directa. Sobre el mismo se implantó un cultivo de soja, en siembra directa, con maíz como cultivo antecesor. El suelo es franco limoso, clasificado como Argiudol típico (Soil Taxonomy, 1999), Serie Río Tala, con la siguiente descripción analítica del perfil: **A₁₁**: 0-16 cm. Pardo grisáceo oscuro en seco, pardo muy oscuro en húmedo. Franco limoso. Estructura en bloques subangulares medios moderados. Friable, ligeramente plástico, adhesivo. Equivalente humedad 27,3 %. **A₁₂**: 16-30 cm, pardo grisáceo muy oscuro en seco. Negro en húmedo. Franco arcillo limoso. Estructura en bloques subangulares medios moderados. Friable. Ligeramente plástico, adhesivo. Equivalente humedad 29,8 %. **B₂₁**: 30-50 cm pardo oscuro en seco y en húmedo. Arcilloso. Estructura en prismas compuestos, regulares, gruesos, fuertes. Extremadamente duro en seco. Firme en húmedo. Muy plástico, adhesivo. Abundantes barnices. Equivalente humedad 40,8%. **B₂₂**: 50-84 cm. Pardo en seco. Pardo oscuro en húmedo. Arcillo limoso. Estructura en prismas compuestos regulares. Muy duro en seco. Muy firme en húmedo. Plástico, adhesivo. Abundantes barnices. Equivalente humedad 40,7 %.

De la variable experimental y su método de medición: La **variable experimental** que se utilizó fue la resistencia a la penetración (RP). La misma se midió con un penetrómetro de cono electrónico RIMIX CP20, construido bajo Norma ASAE S312.2, con principio de medición de profundidad por ultrasonido. Se relevaron datos, para los distintos tratamientos, hasta los 300 mm. de profundidad del perfil. Como **variable explicativa** de la resistencia a la penetración se determinó la humedad gravimétrica del suelo a las profundidades analizadas y en cada evento de medición. También se determinó el Grado de Aflojamiento (GDA) con la siguiente fórmula: $GDA: (1 - RPDT/PRAT) * 100$

Siendo, RPDT = resistencia a la penetración después del tratamiento y RPTA = resistencia a la penetración antes del tratamiento (Tola et al., 2000). **Del diseño experimental:** Se planteó un diseño experimental de bloques divididos, con dos tratamientos: siembra directa con laboreo de descompactación (SDCD) y siembra directa sin laboreo de descompactación (T). Las parcelas contaron con 9 metros de ancho y 50 metros de longitud. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA, siendo las medias comparadas por el test de LSD ($P \leq 0.05$). Los eventos de medición correspondieron a las siguientes fechas: septiembre 2004 (laboreo de descompactación), diciembre 2004 (estado fenológico R1), marzo 2005 (estado fenológico R7). **De la maquinaria utilizada:** Descompactador de montantes curvos de 4 arcos, fabricado por Agrotécnica Las Rosas, con la siguiente configuración: Rodado 6.50 x 16, dos planos de acción distanciados a 0.6 m. montantes dispuestos en forma convergente, con un distanciamiento entre puntos de vinculación al

bastidor de 0.88 m en el plano delantero, determinando una separación de 0.55 m entre órganos activos. En el plano trasero, el distanciamiento entre los puntos de vinculación al bastidor fue de 1.88 m, determinando una separación entre órganos activos de 1.6 m. el despeje del implemento fue de 0.85 m., encontrándose equipado con cuchillas de corte de residuos por delante de la línea de acción de los órganos activos. La profundidad de trabajo efectiva varió entre 250 – 300 mm. El tractor utilizado fue un FWA, Valmet 885, rodado delantero 13x24R1 y traseros 15x34R1. Masa tren anterior s/l 1,732 Mg., c/l 2,156 Mg. Masa del tren posterior s/l 2,598 Mg., c/l 3,234 Mg. Masa total s/l 4,330 Mg. y c/l 5,390 Mg. Sembradora John Deere 1560, rodado delantero y trasero 12.5 x 15. trocha delantera: 0.55 m, trocha trasera: 2.60 m. distancia entre líneas de siembra: 0.38 m. cantidad de surcos: 11. Peso total 3928 kg. La soja sembrada fue la 4404 del semillero Nidera a razón de 80 kg ha⁻¹.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 1 se visualizan los resultados de resistencia a la penetración del suelo, expresado como IC (Índice de Cono), correspondientes a la primera instancia de medición.

Tabla 1: IC (MPa) para septiembre del 2004

Tratamiento	Profundidad (mm)			Grado de Aflojamiento (%)		
	0-100	100-200	200-300	0-100 mm	100-200 mm	200-300 mm
T	1,76 b	1,57 b	1,69 b	40.1	23.8	18.6
SDCD	1,05 a	1,19 a	1,37 a			

Letras distintas en la columna implican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para el Test de LSD.

Se registraron diferencias significativas entre ambos tratamientos en los tres estratos de medición hasta los 300 mm de profundidad del perfil en coincidencia con la profundidad de laboreo del tratamiento de descompactación (250-300 mm). Estos resultados resultan concordantes con los expuesto por Bonel et al (2005) sobre un suelo argiudol Típico. Cabe aclarar que lo valores de humedad gravimétrica para cada profundidad no mostraron diferencias estadísticas significativas (**Gráfico 1**).

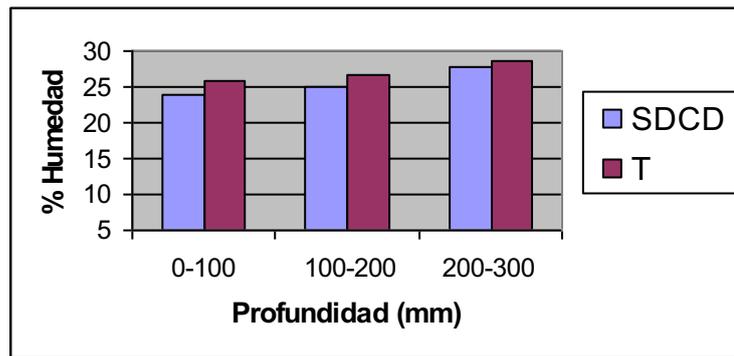


Grafico 1: Humedad gravimétrica para setiembre de 2004

Los valores de la resistencia a la penetración obtenidos luego del pasaje del implemento se presentarían como no limitantes para el crecimiento de las raíces, de acuerdo con lo expresado por Threadgill (1982), mientras que los valores del tratamiento testigo, sí lo limitarían. El grado de aflojamiento obtenido (**Tabla 1**), decreciente con la profundidad, estaría de acuerdo con el perfil de roturación de esta herramienta que produciría un sistema de fallas crecientes hacia la superficie desde la punta del órgano activo.

En la **Tabla 2** se presentan los valores de resistencia a la penetración y grado de aflojamiento correspondientes para la toma de datos llevada a cabo 60 días después del tratamiento mecánico. En la misma puede apreciarse la existencia de diferencias estadísticas significativas con valores menores de impedancia mecánica para el tratamiento de descompactación en relación al testigo, evidenciando la continuidad del efecto del tratamiento de laboreo mecánico efectuado en los 2 primeros estratos de medición.

Tabla 2: IC (MPa) para diciembre del 2004

Tratamiento	Profundidad (mm)			Grado de Aflojamiento (%)		
	0-100	100-200	200-300	0-100 mm	100-200 mm	200-300 mm
T	2,21 b	1,65 b	1,39 a	43.4	12.1	12.2
SDCD	1,25 a	1,45 a	1,22 a			

Letras distintas en la columna implican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para el Test de LSD.

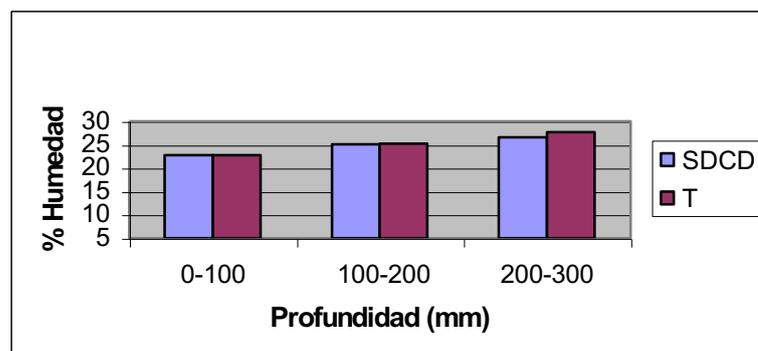


Grafico 2: Humedad gravimétrica para diciembre de 2004

Por el contrario, el horizonte de 200-300 mm de profundidad no presentó diferencias estadísticas significativas, posiblemente, debido a un incremento en la humedad volumétrica relevada en dicho rango de profundidad, puesto que la misma alcanzó valores cercanos al de capacidad de campo del perfil. (**Gráfico 2**). La magnitud del IC encontrado para el tratamiento testigo, en los dos primeros intervalos de profundidad, siguen siendo restrictivos para un adecuado crecimiento radicular, tal cual ocurriera en la primera instancia de medición (**Tabla 1**). El grado de aflojamiento del estrato de 100-200 mm de profundidad evidenció una reducción del 49.1 % y del 34.4 % para el estrato de 200-300 mm, en relación a la medición anterior.

Tabla 3: IC (MPa) para marzo del 2005

Tratamiento	Profundidad (mm)			Grado de Aflojamiento (%)		
	0-100	100-200	200-300	0-100 mm	100-200 mm	200-300 mm
T	2,58 b	2,80 b	2,78 a	36.4	21.8	4
SDCD	1,64 a	2,19 a	2,67 a			

Letras distintas en la columna implican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para el Test de LSD.

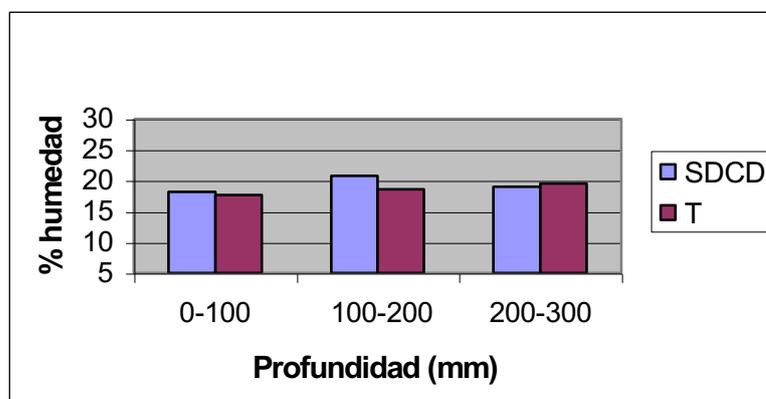


Gráfico 3: Humedad gravimétrica para marzo de 2004

En la **Tabla 3** se consignan los datos de las variables relevadas al momento de la cosecha del cultivo, correspondiente al estado fenológico (R7), 180 días después del tratamiento mecánico del suelo. Puede apreciarse en la misma la persistencia del efecto de la labranza en los estratos de 0-100 mm y 100-200 mm, con diferencias estadísticas significativas y menores para el tratamiento de SDCD. Lo expuesto coincidiría, al menos parcialmente, con lo hallado por Cholaky (2003), quien concluye que el efecto de la descompactación persiste durante el periodo de desarrollo del ciclo de un cultivo anual, cuando no se efectúa tránsito luego de la labor. Pese a ello, los resultados también concuerdan con lo reportado por Buscher et al. (1986) en cuanto a que los valores alcanzados por el tratamiento de descompactación,

reducirían o impedirían, según el estrato considerado, el desarrollo del sistema radical (Threadgill 1982). Por otra parte, analizando la evolución del estado mecánico del suelo a lo largo del ciclo del cultivo, los resultados resultan en parte concordantes con los alcanzados por Balbuena et al. (1995), puesto que solamente se mantuvieron diferencias significativas estadísticamente para los estratos superficiales del terreno, perdiéndose los efectos en profundidad. El GDA disminuyó 16% en el estrato superior del perfil (0-100mm) y se incrementó en un 80% para el estrato subsiguiente (100-200), en relación a la medición de diciembre. Es de hacer notar que los datos de humedad gravimétrica, en esta instancia de medición, se encontraban muy por debajo de los valores de capacidad de campo para todo el perfil evaluado (**Gráfico 3**). Por lo expuesto, el incremento del grado de aflojamiento del estrato de 100 a 200 mm, pudo deberse a que la disminución de la humedad de los agregados haya provocado un estado de tensión tal en los mismos que produjo un efecto mayor en aquellos parcialmente fracturados por el descompactador. Por debajo de los 200 mm de profundidad se produjo una significativa disminución del GDA, evidenciando la pérdida del efecto del tratamiento mecánico. Los valores del GDA encontrados durante todo el ensayo para el estrato de 0-100 mm, concuerdan con los reportados por Mon e Irurtia (2001), para el uso de un cultivo en un suelo Argiudol Típico.

En virtud de los resultados del proceso de descompactación, sobre la resistencia mecánica del suelo, la labor debe realizarse, tal como indicara Spoor et al. (2003) próxima al momento de siembra del cultivo para que los efectos resulten beneficiosos para el mismo. Es de hacer notar, que tanto en los ensayos realizados por Cholaky (2003) como en este trabajo, se utilizaron diseños de descompactadores sugeridos por Spoor et al. (2003) para provocar fisuras sin un aflojamiento excesivo que provocase una rápida recompactación del suelo. A la persistencia de los efectos de la labor pueden atribuirse, por lo tanto, los resultados alcanzados en rendimiento del cultivo (Tabla 4).

Tabla 4: Rendimientos del cultivo por tratamientos

Tratamiento	Rendimiento (Mg/Ha)
SDCD	4,91 b
Testigo	4,14 a

Letras distintas en la columna implican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para el Test de LSD

Se alcanzaron diferencias estadísticas significativas a favor del tratamiento con el descompactador de montantes inclinados, similares a los utilizados por Mon e Irurtia (2001)

quienes reportan incrementos en el rendimiento del cultivo de soja atribuidos al tratamiento mecánico en relación al testigo sin laboreo.

CONCLUSIONES

- Los efectos del tratamiento mecánico de descompactación persisten hasta los 200 mm de profundidad, durante el ciclo de un cultivo de soja conducido en siembra directa
- Para el estrato de profundidad de 0-200 mm, los valores de resistencia a la penetración se mantuvieron durante todo el ciclo del cultivo por debajo del límite crítico para el crecimiento radicular.
- El laboreo mecánico de descompactación incrementa el rendimiento en grano del cultivo de soja conducido en siembra directa.

REFERENCIAS:

AAPRESID. XIII Congreso de AAPRESID “El futuro y los cambios de paradigmas”. Rosario. 2005.

Alakuku, L. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic.I. Short term effects on the properties of clay and organic soils. *Soil & Tillage Research* 37: 211-222. 1996.

ASAE Standards. ASAE S 313 Soil Cone Penetrometer. St Joseph, Michigan: ASAE.,611p. 1992.

Balbuena, R.;Aragón, A.;Mac Donagh, P.;Claverie, J. y Terminiello, A. Efectos de tres sistemas de preparación del suelo en la resistencia a la penetración y la densidad de un suelo. XXIV Congreso Brasileiro de Ingeniería Agrícola. Viosa. Brasil. 1995.

Bonel, B. A., Montico, S., Sponda, G. & Spurio, N. Descompactacion del suelo mediante el uso de escarificadores en Argiudoles Típicos del sur de Santa Fe. En *Reología del suelo agrícola bajo trafico*. La Plata . Argentina. Ed EDULP. Pp: 1-11.2005

Breland T.A.; Hansen S. Nitrogen mineralization and microbial biomass as affected by soil compaction. *Soil Biolgy & biochemistry*. Amsterdam, Netherlands. Ed. Elsevier. V28,n.4,p. 665-663. 1996.

Busscher, W. J., R. E. Sojka & C. W. Doty. Residual effects on tillage on coastal plain soil strength. *Soil Science*, 141: 144-148. 1986.

Claverie, J A & R. H . Balbuena. Descompactación por tratamiento mecánico. En: *Reología del suelo agrícola bajo tráfico. Modificaciones físico-mecánicas del suelo vinculadas a la compactación debida al tránsito agrario*. Ed. UNLP. P: 143-157. 2005

Cholaky, C. G. Efectividad y persistencia de una labor de descompactación con subsolador alado en fusión de la compactación y humedad antecedente. Tesis de Maestría en Manejo y Recuperación de Tierras. F.AyV., Universidad Nacional de Río Cuarto. (Inédito). 2003.

Domínguez, J.; Ressa, J.M.; Jorajuría, D.; Balbuena, R.; Mendivil, G. Reología del suelo bajo tres diferentes tratamientos mecánicos. Avances en Ingeniería Agrícola. II Congreso Americano de Ingeniería Agrícola: 110-115. 2000.

Eck, H. V. y O. R. Jones. Soil nitrogen as affected by tillage, crops and crops sequences. Agron. J. 84:660-668. 1992.

Ferraris G. N. Descompactación de suelos bajo siembra directa continua. INTA Pergamino. 2004.

Griffith, D.R., and N.C. Wollenhaupt. Crop residue management strategies for the Midwest. In Crop residue management. Eds. J.L. Hatfield and B.A. Stewart. Ch. 2:15-37. Boca Raton. Fla.: Lewis Publishers. 1994.

Hakansson, I; Voorhees W. B.; Riley H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Soil Tillage Research, Amsterdam, Neterland. V35, p.239-282. 1988.

Knowles, T. C., B.S. Hipp,. P.S. Graff., y D. S. Marshall,. Nitrogen nutrition of rainfed winter wheat in tilled and no till sorghum and wheat residues. Agron. J. 85. 886-893. 1993

Leiva, P; Hansen, D. Las resistencias mecánicas del suelo y el desarrollo radicular con distintos sistemas continuos de labranza. Carpeta de producción vegetal. Estación Experimental de pergamino INTA. Argentina. Tomo 4: 181-185.. . 1984.

Mon, R. y C. Iruetia. Recuperación de la productividad en suelos degradados. Informe Instituto de Suelos INTA Castelar. En: URL, <http://www.insuelos.org.ar/Informes>. 2001

Perumpral, J...Cone penetrometer applications-a review. Transactions of the ASAE. Vol. 30 (4): 934-944. 1987.

Quiroga, A., Ormeño, O. & N. Peinemann. Efectos de la siembra directa sobre las propiedades físicas de los suelos. En: Siembra Directa. Ed Hemisferio Sur pp 57-63. 1998.

SAGPyA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Ministerio de Economía de la Nación. En www.sagpya.mecon.gov.ar. 2005.

Senigalesi, C y Ferrari, M. Soil and crop responses to alternative tillage practices. Crop Science. Vol 33: 27-35. 1993.

Smittle D.A.; Willamson, R.E. Effect of soil compaction on nitrogen and water use efficiency, root growth, yield, and fruit shape of pickling cucumbers. Journal of the American Society for Horticultural Science. Virginia, v.25, p822-825. 1977.

Taboada, M. A. Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Argentina. 423 pp. 1998.

Terminiello, A.M.; Balbuena, R.H.; Claverie, J.A.; Casado, J.P. Compactación inducida por el tránsito vehicular sobre un suelo en producción hortícola. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, pp. 290-293. 2000.

Threadgill, E.D. Residual tillage effects as determined by cone index. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v25, p.859-863. 1982.

Tola, E.H.M., Muller J. And Koller K. Soil loosening in the seed zone as affected by different no-till furrow openers under different soil conditions and crop residue cover rates. Actas XI International soil conservation Conference. Buenos Aires Argentina. Pp120-123. 2000

Spoor ,G. Tijink, F.G. J. and P. Weisskopf. Subsoil compaction: risk, avoidance, identification and alleviation Soil & Tillage Research 73: 175–182. 2003.