



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.

México

Martínez-Rubin de Celis, Enrique; Barron-Reyna, Horacio; López-Martínez, José Dimas; Valdez-Cepeda, Ricardo David

Comportamiento de la compactación y humedad del suelo en función de los implementos de labranza

Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 1, enero-marzo, 2004, pp. 35-40

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Chapino, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311208004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

COMPORTAMIENTO DE LA COMPACTACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LOS IMPLEMENTOS DE LABRANZA

Behavior of Soil Compaction and Soil Moisture under Different Tillage Systems

**Enrique Martínez-Rubin de Celis^{1‡}, Horacio Barron-Reyna¹, José Dimas López-Martínez²
y Ricardo David Valdez-Cepeda³**

RESUMEN

En general, la acción de los implementos de labranza se evalúa considerando la producción de los cultivos utilizados como variable indicadora y no por el conocimiento científico del efecto propio del implemento sobre las propiedades del suelo. Este trabajo se realizó en suelos comprendidos dentro del grupo Xerosol háplico, durante los años de 1994 a 1997. Además, se estudió el efecto de algunos implementos de labranza sobre el comportamiento de la compactación y la humedad de un suelo sin cultivo establecido. El comportamiento presentado por estas variables fue cíclico y que los arados de discos y vertederas propiciaron mejores condiciones para la conservación de la humedad durante el ciclo pero, a su vez, generaron los niveles más bajos de compactación.

Palabras clave: Índice de cono, física de suelos.

SUMMARY

The action of tillage implements is generally evaluated considering the production of the crops used as indicative parameter and not by the scientific knowledge of the effect of the implements on soil properties. This work was carried out on soils belonging to the Haplic xerosol group, during the years 1994 to 1997. The effect of tillage implements on the behavior of soil compaction and moisture without crops was studied. It was found that the behavior indicated by these variables was cyclical and

that disk and moldboard plows propitiated better conditions for the conservation of soil moisture during the cycle, but they also generated the lowest levels of compaction.

Index words: Cono index, soil physics.

INTRODUCCIÓN

Poca importancia se da a la conservación del suelo como recurso no renovable, el cual es afectado por el uso inadecuado y, en general, excesivo de la maquinaria agrícola. Esto pone de manifiesto la necesidad de estudiar más a fondo el impacto que tiene el uso de la maquinaria agrícola sobre el suelo, y conocer su efecto en las causas que alteran la relación agua-suelo. Lo anterior es la base para desarrollar, proponer y evaluar metodologías que permitan elegir los sistemas de labranza adecuados para las diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas de cada región o predio en particular para así controlar los efectos nocivos causados por labores inadecuadas o excesivas. Se parte de un conocimiento más profundo de los efectos de la labranza y de los factores que afectan a la misma. A este respecto, Alberts *et al.* (1989) señalaron que la labranza es quizás uno de los mayores procesos en la alteración de las propiedades del suelo. Los cambios en la densidad aparente y la compactación después de la labranza, son difíciles de predecir debido al limitado conocimiento de cómo un implemento interactúa con el suelo, influenciado por la velocidad y profundidad de la labranza y la cohesión.

La mecanización o acción de efectuar las labores agrícolas mediante el uso de máquinas está originando serios problemas en la estructura de los suelos, debido principalmente al uso inadecuado de los implementos de labranza (Larson y Osborne, 1982; FAO, 1992; Shafer *et al.*, 1992), y al manejo ineficiente del recurso suelo, por lo que la ASAE (1994) reportó que el desarrollo de muchas máquinas se ha realizado con

¹ Instituto Tecnológico Agropecuario de la Laguna. Apartado Postal 3-F, 27000 Torreón, Coahuila, México.

[‡] Autor responsable (emarti@mixmail.com)

² Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED. Apartado Postal 142, 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

³ Centro Regional Universitario Centro Norte-UACH. Apartado Postal 196, 98001 Zacatecas, Zacatecas, México.

poco o ningún conocimiento de los principios básicos de dinámica del suelo, usadas en algunos casos con posibles efectos destructivos sobre las raíces de las plantas, la relación suelo-agua, la aeración del suelo y la estructura del mismo.

En general, la acción de los implementos de labranza se evalúa considerando la producción de los cultivos utilizados como parámetro indicador y no por el conocimiento científico del efecto propio del implemento sobre las propiedades del suelo. Si se cuenta con información sistematizada permitiría conocer la influencia de cada implemento de labranza sobre la compactación, la captación, la retención y la conservación de la humedad en un suelo determinado para, de esta manera, propiciar el aprovechamiento del recurso agua, cuya disponibilidad es un factor limitativo en las regiones áridas y semi-áridas del mundo, entre las cuales se encuentra la Comarca Lagunera.

Esta área es una de las zonas más mecanizadas de México, con poco más de 300 000 ha dedicadas a la producción agrícola, de las cuales 248 715 se riegan por gravedad y las restantes corresponden a tierras temporales o de medio riego con condiciones termopluviométricas bastante aleatorias para las actividades agrícolas.

Considerando lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar la influencia de los implementos de labranza en el comportamiento de la humedad y la compactación en suelo agrícola de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Comarca Lagunera, ubicada en la parte norte del estado de Coahuila y en la media oriental del estado de Durango, en suelos comprendidos dentro del grupo Xerosol háplico, los cuales se caracterizan por ser de color claro, con bajo contenido de materia orgánica y con tendencia a acumular sales de sodio. El suelo del área experimental es de textura migjón arcilloso, con densidad aparente de 1.32 g cm^{-3} y conductividad eléctrica de 1.12 dS m^{-1} .

El experimento se estableció de 1994 a 1997 y se estudió el efecto de los implementos de labranza sobre las propiedades físico-mecánicas del suelo, sin cultivo establecido. Se caracterizó el área en estudio, la cual quedó comprendida en una superficie de $10\,080 \text{ m}^2$, donde se delimitaron las unidades experimentales de

$10 \times 20 \text{ m}$ con espaciamiento de 2 m entre ellas y 5 m entre repeticiones.

El análisis de varianza se sujetó al modelo de bloques al azar con seis tratamientos, los cuales consistieron en la preparación del suelo con arados de cinceles, discos, subsolador y vertedera, rastra de discos y labranza cero con tres repeticiones y submuestras en las unidades experimentales.

Las profundidades promedio de trabajo fueron hasta 30 cm con los arados de discos y vertedera y a 45 cm con el arado subsolador, con el arado de cinceles se trabajó a una profundidad de 17 cm y con la rastra de discos a 17 cm . Se utilizaron tractores de 80 a 100 HP. Los arados de discos y vertedera fueron integral reversible de tres cuerpos, el arado subsolador de dos timones, el de cinceles de siete cuerpos y la rastra integral de 20 discos.

En cada ciclo primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I), las variables en estudio se determinaron a cuatro niveles de profundidad cada 15 cm , donde la captación y distribución de la humedad se determinaron por gravimetría, la retención con olla y membrana de presión, y la compactación se determinó por índice de cono con un penetrómetro tipo agrícola, realizándose las mediciones cada 25 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad (Hu)

Los resultados de los porcentajes de humedad registrados durante los ciclos O-I presentaron diferencia altamente significativa únicamente para muestras en el tiempo y entre profundidades (Cuadro 1) y sin diferencia por efecto de la acción de los implementos al alterar la superficie del suelo.

Las profundidades de 15 a 30 cm ($\text{Hu} = 22.14\%$) y de 30 a 45 cm ($\text{Hu} = 21.86\%$) mantuvieron los promedios de humedad más altos en el ciclo, siendo estadísticamente iguales entre sí y mayores que los otros tratamientos, ya que la profundidad de 00 a 15 cm tuvo significativamente el menor porcentaje de humedad ($\text{Hu} = 17.32\%$).

En los ciclos P-V, cuando la temperatura de la región llegó a superar 40°C , se observó diferencia significativa para el comportamiento de la humedad por implemento (Cuadro 1), destacando los tratamientos de los arados de vertedera y discos, con porcentajes significativamente más altos (Cuadro 2),

Cuadro 1. Cuadrados medios de la humedad, índice de cono.

FV	GL	Otoño-Invierno		Primavera-Verano	
		Hu	IC	Hu	IC
Bloques	2	3.43	217456	170.80	3790400**
Tratamientos	5	39.19	2049241*	312.66*	1457395**
Error T	10	30.43	541705	62.72	232621
Muestreos	3	1866.74**	6230837**	2549.54**	8517888**
Int. T x M	15	23.89	364448	32.45	2063560**
Error M	6	15.63	272692	40.47	720672
Profundidad	3	122.29**	20513270**	387.81**	12867968**
Int. T x P	15	7.94	338794**	21.43	786794**
Int. M x P	9	10.23	385354**	49.06**	3473977**
Int. T x M x P	45	4.47	85328	11.70	477260*
Error P	144	5.75	99338	14.60	298559
Total	287				
CV		16.37	24.49	18.99	38.60

* Diferencia significativa. **Diferencia altamente significativa.

presentándose diferencia altamente significativa por contrastes ortogonales entre los grupos de implementos de labranza de cobertura y los de roturación.

En general, para ambos ciclos, los tratamientos de los implementos de cobertura mantuvieron los mejores contenidos de humedad al propiciar en su acción de corte e inversión o mezcla de la capa de suelo adecuadas condiciones para la captación y la conservación de la humedad, tanto en función de la profundidad (Figura 1), como del tiempo (Figura 2).

Estos resultados no concuerdan con lo expuesto por Francis y Knight (1993), quienes reportaron la mayor retención de humedad con el sistema de labranza cero.

Los tratamientos de los implementos de roturación mantuvieron contenidos más bajos de humedad, y los tratamientos de labranza cero, aunque con buena captación inicial, tuvieron pérdidas muy fuertes de humedad después de un mes para O-I y en el ciclo P-V al mes ya presentaba el porcentaje de humedad más bajo de los tratamientos (Figura 1).

Cuadro 2. Comparación de medias de la humedad.

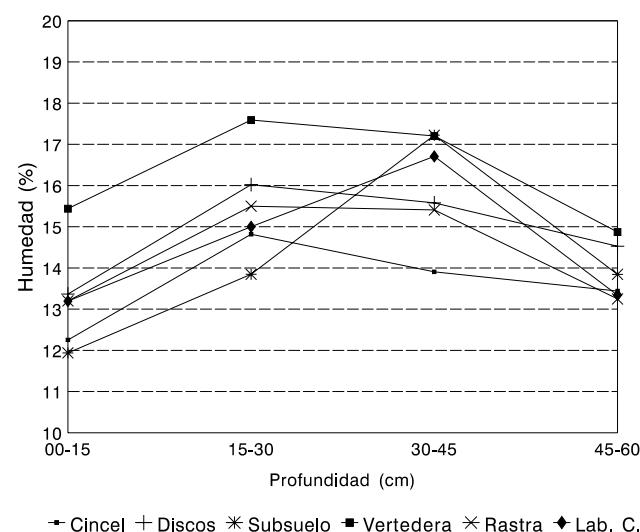
Tratamiento	Ciclo otoño-invierno		Ciclo primavera-verano	
	Humedad	%	Tratamiento	Humedad
A Vertedera	16.27		A Vertedera	23.96
A Discos	14.87		A Discos	22.00
L Cero	14.52		A Subsuelo	19.86
Rastrra	14.33		Rastrra	19.60
A Subsuelo	14.21		A Cinceles	18.48
A Cinceles	13.60		L Cero	16.76

DMS = 3.5855.

Esto se atribuye a la alta temperatura registrada en la región y a la falta de protección del suelo en las unidades experimentales, lo que indica que la captación de humedad estuvo directamente relacionada con la intensidad de labranza, difiriendo de lo expresado por Benjamín (1993), quien encontró que el contenido volumétrico de agua indica mayor movimiento de agua a través de los poros en labranza cero que en los sistemas de labranza con arado de cinceles y en los del arado de vertedera.

Retención de Humedad (Rhu)

Se analizaron los datos de los contenidos de humedad a 0.3, 1, 5, 10 y 15 Bar en las profundidades

**Figura 1. Comportamiento promedio de la humedad en el ciclo otoño-invierno (O-I).**

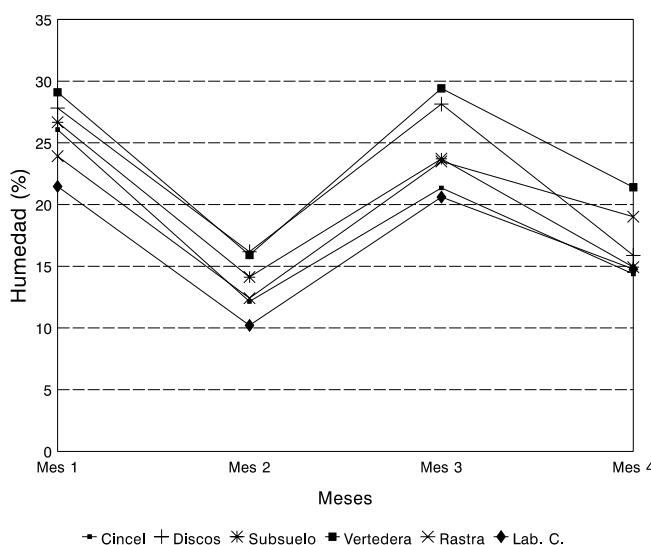


Figura 2. Comportamiento promedio de la humedad en el ciclo primavera-verano (P-V).

de 00 a 15 y de 15 a 30 cm, presentando en ambos ciclos, como era de esperarse, diferencia altamente significativa entre los contenidos de humedad en cada una de las diferentes tensiones y en la interacción tensión-profundidad (Cuadro 3).

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en ninguno de los ciclos. En el análisis de la interacción entre tensiones y profundidad, la profundidad de 00 a 15 cm presenta estadísticamente mayor retención de humedad que la profundidad de 15 a 30 cm, lo cual corrobora que el análisis de contrastes ortogonales fue adecuado al agrupar por profundidades, donde la diferencia es altamente significativa y, además, la capacidad de retención de humedad es mayor a tensiones bajas (0.3 y 1 Bar) en la profundidad de 00 a 15 cm en contraste con la

Cuadro 3. Comparación de medias para retención de humedad en cada tensión por profundidad (cm).

Tensión	Ciclos otoño-invierno		Ciclos primavera-verano	
	00 a 15	15 a 30	00 a 15	15 a 30
Bar	- - - - -	% - - - - -	- - - - -	- - - - -
0.3	31.52	30.46	32.41	30.08
1.0	26.38	20.68	25.14	22.41
10	16.32	12.37	14.06	17.18
15	13.17	11.59	13.27	13.03

DMS Prof en Trat = 0.5939 DMS Prof en Trat = 1.1807.

DMS Trat en Prof = 0.5454 DMS Trat en Prof = 0.9146.

profundidad de 15 a 30 cm para todos los tratamientos. A este respecto, Francis y Knight (1993) reportaron que la capacidad de campo y el contenido de agua disponible (CC-PMP) fue mayor en labranza cero a la profundidad de 0 a 7.5 cm.

Índice de Cono (IC)

Para el índice de cono (IC), los tratamientos presentaron diferencia estadística en ambos ciclos (Cuadro 1). Los tratamientos con mayor intensidad de labranza se compararon con los de menor intensidad por medio de un contraste, encontrando una diferencia altamente significativa entre los grupos, donde los tratamientos de los arados de discos, vertedera y subsolador registraron menor resistencia a la penetración (Cuadro 4), siendo diferentes estadísticamente.

De igual manera, en ambos ciclos, los tratamientos de los arados de discos y vertedera presentaron valores menores que los arados de cinceles y subsolador, contrastando estos últimos con diferencia altamente significativa con los implementos de cobertura (arados de discos y vertedera).

En la Figura 3, se muestra la interacción de los tratamientos con la profundidad, los cuales también resultaron con diferencia altamente significativa (Cuadro 1) observándose en el ciclo O-I cómo los tratamientos en la profundidad de 00 a 15 cm no presentan diferencia entre sí. En la segunda profundidad, la mayor resistencia la presentaron los tratamientos con labranza cero y del arado de cinceles con índice de cono de 1488.52 kPa y 1294.3 kPa, respectivamente.

Según el análisis estadístico, la menor resistencia correspondió a los arados de vertedera y de discos con índice de cono de 888.99 kPa y 693.95 kPa. En las

Cuadro 4. Comparación de medias de los tratamientos para el índice de cono en cada ciclo.

Tratamiento	Ciclo otoño-invierno		Ciclo primavera-verano	
	Índice de cono kPa	Tratamiento	Índice de cono kPa	Tratamiento
A Cinceles	1567.85	A Cinceles	1631.57	
L Cero	1419.32	Rastra	1578.21	
Rastra	1381.21	L Cero	1497.20	
A Subsoleador	1215.55	A Subsoleador	1287.41	
A Vertedera	1127.91	A Discos	1261.17	
A Discos	1008.12	A Vertedera	1237.34	

DMS = 342.53. DMS = 226.53.

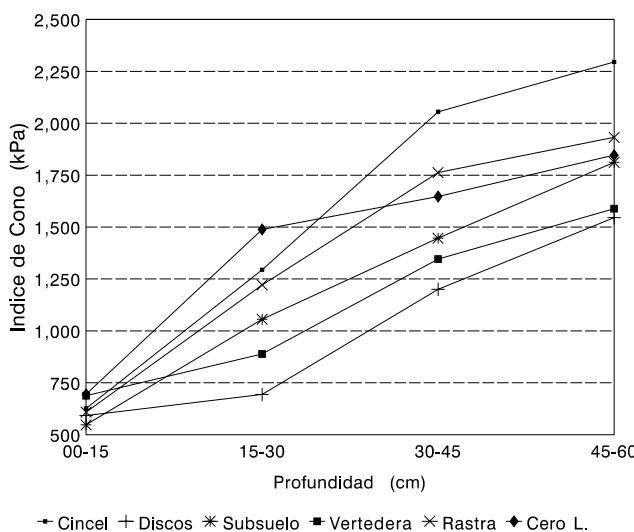


Figura 3. Comportamiento del índice de cono en el perfil otoño-invierno (O-I).

profundidades de 30 a 45 cm y de 45 a 60 cm, el comportamiento fue similar al sobresalir estadísticamente los tratamientos del arado de cinceles con valores más altos de índice de cono y, de nuevo, los arados de discos y vertedera con el índice de cono más bajo.

El ciclo P-V registró valores de resistencia a la penetración más altos que el ciclo O-I, lo cual se atribuye a la mayor variación de humedad en el suelo por efecto de las altas temperaturas propias del ciclo.

En P-V, el índice de cono presentó diferencia altamente significativa en todos los factores y sus respectivas interacciones (Cuadro 1). Los resultados del análisis de medias para la interacción de segundo orden y en el primer mes manifestaron poca variación entre tratamientos, presentando los valores más bajos en el perfil en los tratamientos con los arados de vertedera y de discos y los más altos en los tratamientos del arado de cinceles y de la rastra de discos (Cuadro 4).

En el segundo mes, los valores más bajos en el perfil los registraron los tratamientos del arado subsolador y los más altos los de la rastra de discos y del arado de cinceles. En el tercer mes del ciclo, los valores más bajos correspondieron a los tratamientos del arado de discos y los más altos a los de la rastra de discos. En el cuarto mes, se registraron los valores más altos del ciclo para todos los tratamientos, sobresaliendo los del arado de vertedera con los valores más bajos.

En la profundidad de 00 a 15 cm, los tratamientos del arado subsolador y de la rastra de discos registraron menor resistencia a la penetración y los de los arados de discos y vertedera mayor resistencia, aunque sin alcanzar valores críticos para el desarrollo de los cultivos.

En la profundidad de 15 a 30 cm, los tratamientos del arado de discos y el de vertedera registraron los valores más bajos y los de labranza cero, rastra de discos y arado de cinceles los más altos. En la profundidad de 30 a 45 cm, se registraron, en promedio, los valores más altos de resistencia a la penetración. En promedio, los tratamientos de la rastra de discos registraron los más altos valores. En la profundidad de 45 a 60 cm, los valores más bajos en promedio durante el ciclo los registraron los arados de discos y vertederas y los más altos los de la rastra de discos.

Los resultados obtenidos indican que el índice de cono aumenta con el tiempo y la disminución de la humedad de manera diferente para la acción de cada implemento y de forma inversa a la intensidad de labranza. En general, los arados de discos y vertedera dejan al suelo con menor resistencia a la penetración, seguidos por el arado subsolador, lo que concuerda con Luttrell *et al.* (1977), y atribuyéndolo a que en su acción sobre el suelo estos implementos permiten alcanzar grados más altos de porosidad.

CONCLUSIONES

- Se encontró una respuesta favorable en el comportamiento de la humedad y del índice de cono en el suelo a la acción de los implementos de labranza primaria de cobertura.

- El tratamiento del arado de discos logró un comportamiento de la humedad más estable en el perfil durante todo el ciclo, alcanzando al final los valores más altos de humedad, seguido por el arado de vertedera, cinceles, rastra, subsolador y labranza cero.

- La labranza cero presenta una buena opción para la producción en un suelo Xerosol háplico, tanto desde el punto de vista ecológico, como agronómico y económico, al mantener un buen contenido de humedad para la germinación de la semilla, siempre y cuando no se descuiden las fechas de riego, ya que facilita el abatimiento de humedad y aumenta la resistencia a la penetración.

- El sistema de labranza reducida, mediante el uso únicamente del arado de discos, presenta una buena

alternativa agronómica en la preparación del suelo Xerosol húmico, reduciendo los costos en comparación con la labranza tradicional al propiciar un mejor aprovechamiento del agua.

- El índice de cono presenta un aumento con el tiempo y la disminución de la humedad de manera diferente para la acción de cada implemento.

LITERATURA CITADA

Alberts, E.E., J.M. Laflen, W.J. Rawls, J.R. Simantron y M.A. Nearing. 1989. Soil component. USDA-ARS Report N12. National Soil Erosion Research Laboratory. W. Lafayette, IN.

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. 1994. Monograph 12. Adv. Soil Dynamics 1: 313. St. Joseph, MI.

- Benjamin, J.G. 1993. Tillage effect on near-surface soil hydraulic properties. *Soil Tillage Res.* 26: 277-288.
- FAO. Food and Agricultural Organization. 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de suelos 66. 4:1-8. Roma, Italia.
- Francis, G.S. y T.L. Knight. 1993. Long-term effects of conventional and no-tillage on selected soil properties and crop yields in Canterbury, New Zealand. *Soil Tillage Res.* 26: 193-210.
- Larson, W.E. y G.J. Osborne 1982. Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. Special Publication 44: 1-3. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Luttrell, D.H., C.W. Bockhop y W.G. Lovely. 1977. The effect of tillage operations on soil physical conditions. *ASAE* 64: 103.
- Shafer, R.L., C.E. Johnson, A.J. Koolen, S.C. Gupta y R. Horn. 1992. Future research needs in soil compaction. *Trans. ASAE* 35(6): 1761-1770.