

ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DE UN SUELO EN SIEMBRA DIRECTA Y LABOREO CONVENCIONAL

Efectos del laboreo en la curva de **retención hídrica** de un suelo bajo diferentes manejos

En este trabajo se estudian los efectos del laboreo en la capacidad de retención hídrica de un suelo a través de las curvas de retención de humedad. Para ello se tomaron 36 muestras inalteradas en diferentes parcelas sometidas desde 1984 a diferentes sistemas de manejo:

siembra directa y laboreo convencional. Los resultados obtenidos demuestran un efecto acumulado de las labores en la distribución de poros del suelo, y en la capacidad de éste para el almacenamiento de agua y su puesta a disposición para el cultivo.

García-Tejero, I., Espejo, A.J.,
Martínez, G., Vanderlinden, K.,
Durán, V.H., Muriel, J.L.

El agua forma parte de un complejo sistema dinámico suelo-planta-atmósfera, donde cada una de sus partes se encuentran físicamente integradas, y

ésta es la responsable de los flujos de materia y energía que ocurren entre cada una de las fases que lo conforman, siendo el medio de comunicación e interconexión de todos y cada uno de los procesos que intervienen en dicho sistema.

Los procesos de infiltración, redistribución, drenaje, evaporación y extracción de agua por parte de los cultivos están íntimamente relacionados, ocurriendo de forma secuencial o simultánea, y determinan finalmente el balance final de agua en el suelo, que depende principalmente de las entradas (precipitación + riego + capilaridad) y las salidas (evaporación + transpiración + drenajes profundos). Este balance está fuertemente determinado por el estado energético del agua en el suelo, y no tanto por la cantidad almacenada en el medio.

Son un conjunto de propiedades físicas inherentes al suelo las que van a determinar la disposición del agua por parte del cultivo, principalmente la textura del medio y la estructuración de sus partículas elementales, influenciada esta última entre otros factores, por el manejo de suelo que se realice.

La curva característica de retención de humedad ofrece la relación existente entre el contenido de agua y la presión a la cual está sometida en la matriz del suelo, que viene determinada fundamentalmente por la distribución del tamaño de poros. Cuando hablamos



Foto 1. Finca experimental Tomejil.

de la porosidad de un suelo es importante diferenciar dos tipos fundamentales:

- Una porosidad textural, debida a la distribución del tamaño de partículas del suelo.
- Una porosidad estructural, en donde se engloban los microporos, grietas, bioporos y macroporos estructurales.

Mientras que la primera de éstas es difícil de cambiar, puesto que la textura es una propiedad física inherente del medio y muy estable en el tiempo, la segunda de ellas se ve muy afectada por el manejo que se haga del mismo, fundamentalmente el laboreo, la compactación y la propia explotación del terreno (Dexter, 2000).

La curva característica de humedad de un suelo ofrece una idea de su distribución de poros, que su vez se relaciona con la estructura del suelo, el grado de compactación, la conductividad hidráulica y otras propiedades físico-químicas relevantes.

Dexter (2004) en su S-Theory estudió la relación entre la pendiente de la recta tangente en el punto de inflexión de la curva de retención, aquél donde ésta sufre un cambio en su curvatura, con algunas de las propiedades físicas más destacables de un suelo. Este punto de la curva se alcanza cuando la muestra de suelo en cuestión comienza a perder el agua retenida en los microporos estructurales. La zona comprendida entre el punto de saturación y el punto de inflexión comprende a los macroporos estructurales, siendo la zona definida por debajo del punto de inflexión la correspondiente a la porosidad textural (Richard y col. 2001). De esta forma, es la microporosidad estructural la última responsable del valor de dicha pendiente, siendo además el rango de porosidad más influenciado por las variaciones que puedan ocurrir en las propiedades físicas del medio. Cualquier factor capaz de repercutir en la estructura del suelo,

La pendiente de la curva de retención era superior en las muestras de LC con respecto a la curva correspondiente a las muestras de SD. Además es importante destacar que la separación de las curvas se producía justamente en los puntos de presión donde se localizaron las diferencias entre tratamientos

como el laboreo, provocará inexorablemente un efecto en la curva de retención de dicho suelo, como reflejo de las perturbaciones producidas en las propiedades físicas de éste (Dexter, 1988).

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar los efectos del manejo de suelo en su capacidad de retención hídrica mediante el análisis de las curvas de retención de humedad, y su relación con la dinámica del agua en el medio.

Material y métodos

Localización del ensayo y descripción de la zona experimental

El presente trabajo se ha desarrollado en la finca experimental Tomejil, situada en la campiña de Carmona, provincia de Sevilla (37° 24' 07" N y 5° 35' 10" O) a una altitud de 79 msnm (foto 1), perteneciente al IFAPA (Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica), dependiente de la Consejería de Agricultura y Pesca, sobre un experimento de larga dura-

ción, en donde se lleva evaluando desde 1984 la influencia del manejo de un suelo sometido a diferentes sistemas de laboreo (siembra directa, SD, y laboreo convencional, LC).

Se trata de un suelo arcilloso pesado, térmico, clasificado como Chromic Haploxerert (Soil taxonomy, 1999), uniforme y profundo, con unos contenidos medios de arcilla del 65%, la mayor parte expansibles del grupo de las esmectitas, 25% de limo y 10% de arena (Lozano, 2008). Estos suelos destacan por su riqueza productiva, con características propias de las tierras típicas del cultivo de secano en Andalucía. Son suelos conocidos como tierras negras o de bujeo, pertenecientes al orden vertisol, de marcado carácter xérico (suborden xerets), donde se forman grietas que se abren y cierran una vez al año, permaneciendo abiertas durante sesenta o más días (SCS, 1975, cap. 17).

La climatología de la zona es típicamente mediterránea, caracterizada por tener inviernos suaves y veranos extremadamente secos y muy calurosos. Las precipitaciones son escasas e irregulares en el tiempo, oscilando entre los 400 y 600 mm, apareciendo ciclos de años secos y otros de precipitaciones más abundantes. Las lluvias se concentran en torno a los meses de noviembre, diciembre y enero, siendo la primavera más seca que el otoño y de precipitaciones más irregulares. Los valores de evapotranspiración están alrededor de los 1.500 mm. Las temperaturas más altas se registran en los meses de julio y agosto sobrepasando en muchos casos los 40°C, los meses más fríos enero y febrero, aunque rara vez bajan de los 0°C.

Toma de muestras y análisis de laboratorio

Se tomaron un total de 36 muestras inalteradas en la superficie del suelo mediante ci-

AGRINAVA



www.agrinava.com

ENGANCHES DELANTEROS

Para todo tipo de marcas y modelos de tractor



lindros metálicos de 5 cm de diámetro por 5,1 cm de alto (18 por tratamiento). Dichas muestras fueron tomadas en superficie y trasladadas al laboratorio, donde se saturaron completamente de agua mediante inmersión parcial durante un periodo de 7-10 días. Una vez saturadas, se obtuvieron los diferentes contenidos de humedad para distintas presiones (1; 2,5; 10; 31,6; 63,1; 100; 200; 500; 1.000; 3.000; 5.000; 7.000 y 10.000 hPa respectivamente). Los ocho primeros puntos de la curva se obtuvieron mediante la técnica de las cajas de succión, calculándose los restantes a través del método de las cámaras de presurización.

Las cajas de succión (Eijkelcamp Agri-search Equipment), de dimensiones 55 x 33,5 x 37,5 (x,y,z), están basadas en el principio de capilaridad, donde se aplican diferentes presiones de succión a través de una base de arena a una muestra inalterada íntimamente en contacto con dicho lecho arenoso, manteniéndose esta unión constante a lo largo del tiempo (foto 2).



Foto 2. Cilindros de muestras inalteradas equilibrándose en el lecho arenoso.

Una vez que las muestras alcanzan un equilibrio con la succión aplicada, determinado por el cese del drenaje de agua desde las mues-

tras, se obtiene el contenido de humedad existente. Este sistema de medida consta de dos cajas, la primera de ellas en donde la suc-

Calidad inigualable a un precio imbatible



ción aplicada depende de la altura de una columna de agua, y los valores de succión van desde 0 a 100 hPa; y una segunda caja, con un lecho de arena-kaolín, en la que gracias a una bomba de vacío pueden alcanzarse succiones desde 100 hasta 500 hPa (**foto 3**). En ella, de igual forma, las muestras se equilibran con una succión aplicada, calculándose posteriormente la humedad gravimétrica para cada punto de succión.

En las cámaras de presurización, las muestras de suelo son colocadas sobre placas cerámicas, sometiéndose a distintos niveles de presión, lo que produce un desalojo de agua retenida por las muestras directamente proporcional a la presión aplicada. El alcance del equilibrio en este sistema resulta bastante más complejo que en el método de las cajas de succión, además de verse dicha medida sensiblemente afectada por la propia variabilidad del material cerámico.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos obtenidos para cada una de las presiones y tratamiento, así como la existencia de posibles diferencias entre tratamientos me-



Foto 3. Caja de arena (izq.) y arena-kaolín (dcha.) para la obtención de las curvas de humedad.

dante un análisis de la varianza y la aplicación de un t-student test para la localización de las diferencias en cada uno de los puntos de presión.

Se calcularon los parámetros definidos en la ecuación de Van genutchen (**ecuación 1**) para cada una de las curvas independientemente. Derivando dicha ecuación y sustituyendo el valor de succión en el punto de infle-

xión, se obtuvieron los valores de S (**ecuación 2**) tal y como define Dexter (2004). Este punto de inflexión es el más característico de la curva de retención, separando la microporosidad estructural de la porosidad inherente a la granulometría del suelo, y sus valores están relacionados con numerosas propiedades físico-químicas del suelo (Dexter and Bird, 2001).



Precio Promoción 27.600 €*

*Oferta sólo válida en concesionarios John Deere participantes en esta campaña. IVA y transporte desde el concesionario no incluidos. En las islas, no está incluido el transporte marítimo. Validez hasta el 28/02/2010. John Deere Ibérica S.A. se reserva el derecho de modificar precio, equipamiento y condiciones sin notificación previa durante el periodo que dure la oferta de éste u otros modelos.

¿Necesita usted un tractor versátil y fiable? Nunca ha sido mejor momento para comprar calidad John Deere. Para celebrar el lanzamiento de la nueva serie 5M, hemos preparado un paquete especial que proporciona un rendimiento sobresaliente a un precio sensacional. Solicite más información sobre la nueva serie 5M.

- Modelo John Deere 5080M
- Motor: PowerTech M 4 cilindros turbo, 4,5 l diesel
- Potencia Nominal: 80 CV (97/68 EC)
- Potencia Máxima: 81,5 CV (97/68 EC)
- Bastidor integral
- Embrague húmedo
- Transmisión SynchroReverser 16/16
- Cabina con aire acondicionado y calefacción
- Toma de fuerza: 540/540E
- Neumáticos: 13.6R-24 y 16.9R-34
- Tubo de escape vertical
- 2 años de garantía

Ecuación 1.

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[1 + (\alpha \cdot \psi)^n \right]^{-m}$$

Ecuación 2.

$$S = n(\theta_s - \theta_r) \left[\frac{2n-1}{n-1} \right] \left[\frac{1}{n} - 2 \right]$$

donde θ_r y θ_s son los valores de humedad residual y en saturación respectivamente; Ψ es la presión de succión; y α, n, m , los parámetros de la ecuación de Van genuchten.

Resultados

El análisis descriptivo de los datos indicaba valores de humedad para cada punto de la curva relativamente similares entre tratamientos, pudiendo destacarse el hecho de que en los primeros tres puntos de presión, los valores medios eran superiores en las muestras de LC. Sin embargo, esta tendencia se invirtió en el resto de los puntos de presión, destacando que para los valores de humedad registrados a 100, 200, 500 y 1.000 hPa de presión, las diferencias entre tratamientos fueron significativamente distintas, a favor de las muestras tomadas en las parcela bajo siembra directa (SD). Esta circunstancia es destacable por el hecho de que es en estos puntos de presión donde se produce el punto de inflexión de la curva de retención de humedad, y por lo tanto hace pensar en la posibilidad de

CUADRO I.

Análisis descriptivo de los datos de humedad correspondientes a las curvas de retención de las muestras de las parcelas bajo SD y LC.

pF	N		Media		Desv. Típica		C.V (%)	
	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC
1	18	18	0,483	0,494	0,035	0,038	7,2	7,7
2,5	18	18	0,476	0,486	0,035	0,039	7,4	8
10	18	18	0,463	0,479	0,029	0,029	6,3	6,1
31,6	18	18	0,392	0,387	0,021	0,017	5,4	4,4
63,1	18	18	0,37	0,359	0,019	0,015	5,1	4,1
100	18	18	0,354 ^a	0,341 ^b	0,016	0,012	4,5	3,5
200	18	18	0,327 ^a	0,312 ^b	0,013	0,01	4	3,2
500	18	18	0,296 ^a	0,285 ^b	0,013	0,01	4,8	3,5
1.000	18	18	0,286 ^a	0,276 ^b	0,016	0,011	5,6	4
3.000	18	18	0,269	0,264	0,018	0,014	6,7	5,3
5.000	18	18	0,260	0,257	0,021	0,015	8,1	5,8
7.000	18	18	0,249	0,247	0,022	0,015	8,8	6,1
10.000	18	18	0,239	0,238	0,022	0,015	9,2	6,3

que se detecten diferencias significativas en el valor de la pendiente de la curva relacionado con posibles diferencias en las propiedades físicas del suelo (**cuadro I**).

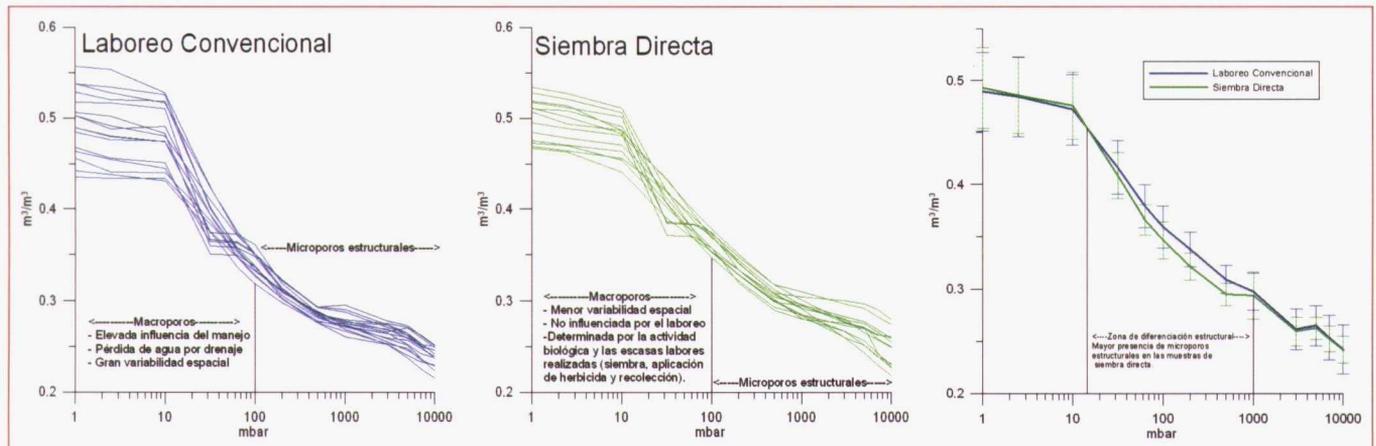
El laboreo intensivo y de forma continuada provoca cambios estructurales en el suelo, provocando efectos importantes en su capacidad para poner a disposición del cultivo el agua almacenada

Se realizaron las representaciones gráficas de las curvas de retención para cada una de las 18 muestras tomadas por tratamiento, así como la representación gráfica de los valores medios obtenidos en cada parcela (**figura 1**).

Tal y como se puede observar, la pendiente de la curva de retención era superior en las muestras de LC con respecto a la curva correspondiente a las muestras de SD. Además es importante destacar que la separación de las curvas se producía justamente en los puntos de presión donde se localizaron las diferencias entre tratamientos. Esta diferencia en la pendiente de la curva indica una mayor calidad física del suelo bajo siembra directa,

FIGURA 1.

Curvas de retención de humedad para muestras tomadas en parcelas de SD y LC y curvas medias para cada sistema de manejo, siembra directa y laboreo convencional.



como ya ha sido comprobado en otros trabajos llevados a cabo (Dexter 1988; Dexter y col., 2000, 2004, 2007).

El análisis estadístico de los principales valores de las curvas de retención para cada uno de los tratamientos estudiados evidenció que las diferencias en el valor de la pendiente de la recta tangente en el punto de inflexión entre tratamientos eran significativas, no siendo así para los valores de humedad residual y en saturación.

Conclusiones

El laboreo intensivo y de forma continuada provoca cambios estructurales en el suelo relacionados con la distribución de poros del mismo, provocando efectos importantes en su capacidad para poner a disposición del cultivo el agua almacenada.

La siembra directa a lo largo del tiempo permite alcanzar una mejora sustancial en las propiedades hidrofísicas del suelo, con lo que ello conlleva en el desarrollo de cultivos extensivos de secano, para los cuales el suelo es el principal reservorio de agua para el cultivo.

Estos resultados ponen en evidencia que, diferentes tipos de manejo del suelo pueden provocar cambios en la distribución de poros, no tanto en la capacidad de éste para almacenar agua, sino en la capacidad del mismo para poner el agua a disposición del cultivo. ●

Agradecimientos

El autor agradece al INIA la beca concedida sin la cual habría sido imposible su participación en la redacción del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Dexter, A. R. 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil Tillage Res. 11, 199-238.

Dexter, A. R., Czyz, E.A. 2000. Soil physical quality and the effects of management practices. In: Wilson, M.J., Maliszewska-Kordybach, B. (eds). Soil Quality, sustainable agriculture and environmental security in Central Eastern Europe. NATO Science Series 2. Vol. 69:153-165.

Dexter, A. R. Soil physical quality. 2004. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter on root growth. Geoderma 120: 201-214.

Dexter, A.R. E.A. Czyz, O.P. Gate. 2007. A Method for prediction of soil penetration resistance. Soil and Tillage Research 93: 412-419

Dexter, A.R. and Bird, N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and range of water contents for tillage based on the water retention curve. Soil Tillage Res. 57:203-212.

Lozano García, Beatriz. 2008. Estudio del comportamiento hídrico en la zona no saturada de un vertisol del valle medio del Guadalquivir. Tesis Doctoral. Dpto. Química Agrícola y Edafología. Universidad de Córdoba

Richard, G., Cousin, I., Sillon, J.F., Bruand, A., Guérf, J., 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. Eur. J. Soil Sci. 52, 49-58.

Soil Conservation Service. 1975. Soil Taxonomy, USDA Agr. Hbk., n° 436. Washington.

Soil Taxonomy. 1999. Second Edition. USDA.

Este cereal no se abonó en Sementera.

En base al conocimiento de Yara, empresa líder mundial en la fabricación de fertilizantes, su experiencia contrastada con éxito en España en los 10 últimos años y ante la próxima siembra del cereal queremos recordarle: **Siembre y posteriormente abone con Actyva al comienzo del ahijado.**

Le recomendamos abonar con YaraMila™ Actyva: "Cuando la planta lo necesita", justo al comienzo del ahijado, de una sola vez. La mayor eficiencia de los nutrientes aportados así nos lo indica.

Invierta bien su dinero aportando YaraMila™ Actyva "Cuando la planta te necesita"

www.yara.es
info.iberian@yara.com



Knowledge grows