

## Estudio de las propiedades de retención de humedad de suelos vitícolas en Castilla- La Mancha (España)

### Study of the moisture retention properties of vineyard soils in Castilla- La Mancha region (Spain)

Caridad Pérez-de-los-Reyes<sup>1,a</sup>, María Luisa Pérez-de-los-Reyes<sup>1</sup>, David Chocano<sup>1</sup>, Mónica Sánchez-Ormeño<sup>1</sup>, Sandra Bravo<sup>1</sup>, José Ángel Amorós<sup>1</sup> y Francisco Jesús García Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Castilla- La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Ronda de Calatrava, 7, Ciudad Real, España

**Resumen.** En el presente trabajo se estudió la relación entre las principales características del suelo que influyen en la retención de humedad (densidad aparente y porcentajes de arena, limo, arcilla, materia orgánica y carbonato cálcico) y la humedad gravimétrica a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de retención de agua disponible (CRAD) o agua útil de los horizontes superficiales de 101 suelos vitícolas de Castilla-La Mancha (España). Los suelos se describieron morfológicamente y se realizaron los análisis pertinentes de establecimiento de las principales propiedades de los mismos. La CC y PMP se determinaron con el método de placas Richards (aplicando -33 KPa y -1500 KPa, respectivamente) y la CRAD fue deducida por diferencia (CC-PMP). Del Análisis de Componentes Principales se deduce que dos componentes explican el 61,76% de la variabilidad de los datos (porcentaje de contenido en arena y densidad aparente). Las propiedades que mostraron una mayor relación lineal, estadísticamente significativa, con CC, PMP y CRAD fueron el porcentaje de arena ( $R = -0,68, -0,68$  y  $-0,47$ ) y de limo ( $0,5, 0,49$  y  $0,37$ ) respectivamente. Se utilizó el programa Surfer para la elaboración de mapas de distribución espacial de propiedades del suelo.

**Abstract.** In the work described here, the relationship between soil characteristics that influence moisture retention properties (bulk density and percentages of sand, silt, clay, organic matter and calcium carbonate) and gravimetric moisture at Field Capacity (FC), gravimetric moisture at the Permanent Wilting Point (PWP) and Available Water Capacity (AWC) was studied for 101 surface horizons of vineyard soils in the Castilla-La Mancha region (Spain). The soils were described morphologically and the necessary analyzes were carried out to establish the main characteristics of the soils. FC and PWP were determined according to Richards' method (applying -33 kPa and -1500 kPa, respectively). Available Water Capacity was calculated by subtraction ( $AWC = FC - PWP$ ). From the Principal Component Analysis two components were found that can explain 61.76% of the variability of the original data (sand content and bulk density). The properties that showed a higher significant linear relationship with FC, PWP and AWC were sand content ( $R = -0.68, -0.68$  y  $-0.47$ ) and silt content ( $R = 0.5, 0.49$  y  $0.37$ ) respectively. A GIS tool (Surfer) was used to prepare spatial distribution maps of soil properties.

## 1 Introducción

El conocimiento de las propiedades de retención de humedad de los suelos vitícolas permite la definición de parámetros necesarios para la determinación de las dosis de riego de los mismos. La retención de agua es la propiedad hidrofísica del suelo que puede ser descrita por la dependencia entre el contenido de agua del suelo y el

potencial del agua del suelo [1]. El hecho de que dos suelos tengan el mismo potencial mátrico no significa que posean la misma cantidad de agua y puede ocurrir que no toda el agua retenida en el suelo esté a disposición de las plantas de vid. Lo que interesa desde el punto de vista del viticultor es conocer qué cantidad de agua (de la que haya acumulada en el suelo) podrá ser utilizada por las plantas y para ello se utiliza el concepto de capacidad de

retención de agua disponible (CRAD, también conocida como agua útil). Se calcula como la diferencia entre la humedad gravimétrica a Capacidad de Campo (CC), porcentaje de agua que hay en el suelo a un potencial de -33 kPa y la humedad gravimétrica en el Punto de Marchitez Permanente (PMP), porcentaje de agua que hay en el suelo a -1500 kPa.

Las principales propiedades del suelo que influyen en el valor de estos parámetros según los distintos estudios realizados por numerosos investigadores son, entre otros, la textura (porcentaje de fracciones texturales arena, limo y arcilla), la materia orgánica, la densidad aparente y el contenido en carbonato cálcico.

El uso de funciones de edafotransferencia también ha contribuido al conocimiento de las propiedades del suelo que influyen en las propiedades de retención de humedad. Wösten et al. [2] realizaron en 2001 una profunda revisión bibliográfica sobre las principales funciones de edafotransferencia que se habían desarrollado hasta ese momento y las principales propiedades usadas en las mismas: el porcentaje de agua a potenciales a -33 kPa y -1500 kPa eran las más usadas como variables dependientes y el contenido en arena, limo, arcilla, materia orgánica y densidad aparente eran las más utilizadas como variables independientes. Walczak et al. (2006) [1] establecieron una función de edafotransferencia que relacionaba el contenido de agua del suelo a determinados valores de potencial mátrico, con arena, limo, densidad aparente y porosidad total, sin considerar el contenido en materia orgánica ni en  $\text{CaCO}_3$ .

Del estudio de la bibliografía especializada se puede deducir que no hay un inventario definitivo de propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades de retención de humedad. Ciertas propiedades del suelo parecen tener influencia sobre los parámetros de CC, PMP y CRAD, pero esta influencia puede variar según las condiciones de estudio y las posibles interacciones que se produzcan sobre ellas. El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de las propiedades de los suelos vitícolas de la región de Castilla La Mancha (España) que influyen sobre las propiedades de retención de humedad. Se permite, de ese modo, mejorar la caracterización de dichos suelos, lo que facilitará un manejo agronómico adecuado de los mismos en una región con gran variedad y cantidad de suelos vitícolas. Para ello, se estudiaron 101 perfiles de suelos vitícolas y se determinaron, en el horizonte superficial, los valores de CC y PMP con placas Richards, obteniendo el valor del CRAD por diferencia entre los anteriores.

Finalmente, se utilizó una herramienta de SIG (Surfer, © 1993-2009 Golden Surfer, Inc.) para la elaboración de mapas de distribución espacial de CRAD y otras propiedades del suelo, con el objeto facilitar la consulta de los mismos por parte de agricultores y técnicos que deban tomar decisiones respecto a las dosis de riego del cultivo.

## 2 Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló sobre 101 perfiles de suelos vitícolas de la región de Castilla-La Mancha. Todos los perfiles estudiados se dedicaban al cultivo de vid, con diferentes variedades y con un manejo del cultivo también distinto. Los puntos de muestreo se eligieron en zonas representativas de las diferentes denominaciones de origen, pagos y bodegas con indicación geográfica Vinos de la Tierra de Castilla, buscando la mayor diversidad de suelos posible.

En las zonas seleccionadas, los perfiles se abrieron con una pala retroexcavadora y fueron descritos de acuerdo con los criterios de la FAO [3]. Posteriormente se tomaron muestras de cada horizonte que, en el laboratorio, se secaron al aire y se tamizaron (< 2mm) para realizar los análisis. Se tomó así mismo una muestra del horizonte superficial en cilindros de 100 cm<sup>3</sup> para la determinación de la densidad aparente [4]. Las determinaciones analíticas se realizaron de acuerdo con SCS-USDA, por triplicado. Para este estudio se determinaron: porcentaje de fracciones texturales arena, limo y arcilla usando el método del hidrómetro [5], materia orgánica por oxidación de dicromato potásico y valoración del dicromato sobrante con sulfato ferroso amónico [6] y carbonato cálcico con un calcímetro de Bernard [7].

Para cada uno de los horizontes superficiales, se determinaron por triplicado los valores de la humedad gravimétrica (en porcentaje) de las muestras en función de los potenciales mátricos según el método de Richards [8]: humedad gravimétrica a -33 kPa para determinación para determinación de la Capacidad de Campo (CC) y humedad gravimétrica a -1500 kPa para determinación del Punto de Marchitez Permanente (PMP). De los valores obtenidos se calculó la capacidad de retención de agua disponible como diferencia de las anteriores (CRAD=CC-PMP).

El análisis estadístico de los datos se realizó usando los programas STATGRAPHICS Plus 5.1 (Copyright© 1994-2000 Statistical Graphics Corp) y Excel 2013 (Copyright© 2014 Microsoft). Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con los diferentes valores obtenidos de todas las propiedades estudiadas (excepto CRAD) y un análisis de regresión lineal para la determinación del coeficiente de correlación entre características del suelo y propiedades de retención de humedad. El p-valor del test ANOVA indicaba si había relación estadísticamente significativa entre las propiedades para un nivel de significación de  $P < 0,05$ .

## 3 Resultados y discusión

En una aproximación inicial al estudio de las propiedades de los suelos vitícolas estudiados, se realizó, como se ha indicado anteriormente, un Análisis de Componentes Principales incluyendo todas las propiedades excepto

CRAD. Se dedujo que dos componentes explican el 61,76% de la variabilidad de los datos: porcentaje de contenido en arena, con un peso del 45,50% y densidad aparente con un peso de 71,62% como segundo componente. Se calcularon los coeficientes de correlación lineal entre las propiedades estudiadas para determinar cuáles de ellos tenían una relación estadística significativa (Tabla 1)

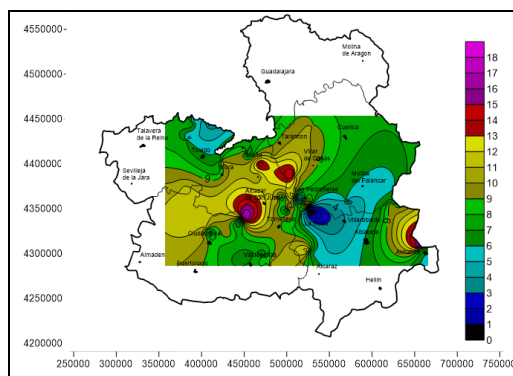
**Tabla 1.** Matriz de coeficientes de correlación lineal entre diferentes propiedades del suelo y propiedades de retención de humedad (en color rojo cuando existe relación estadísticamente significativa)

	Densidad Aparente	Arena	Limo	Arcilla	Materia Orgánica	CaCO <sub>3</sub>	CC	PMP	CRAD
Densidad Aparente	1,00	0,11	-0,04	-0,08	-0,13	-0,36	-0,34	-0,27	-0,33
Arena		1,00	-0,79	-0,56	-0,30	-0,34	-0,68	-0,68	-0,47
Limo			1,00	0,25	0,17	0,37	0,50	0,49	0,37
Arcilla				1,00	0,14	0,11	0,36	0,39	0,22
Materia Orgánica					1,00	0,10	0,38	0,35	0,31
CaCO <sub>3</sub>						1,00	0,45	0,31	0,49
CC (%)							1,00	0,89	0,84
PMP (%)								1,00	0,50
CRAD (%)									1,00

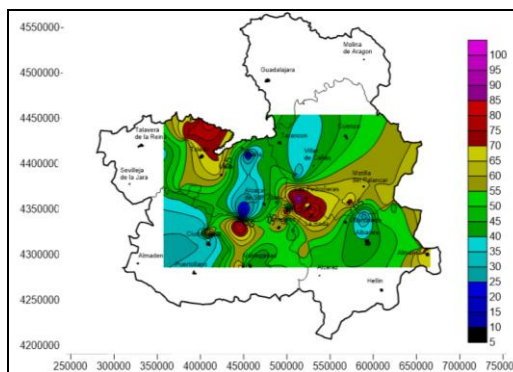
La densidad aparente, propiedad de suelo ampliamente utilizada para determinar propiedades de retención de humedad a través de funciones de edafotransferencia [1][2] parece tener relación débil con las propiedades de retención de humedad en los suelos estudiados ( $R = -0,34$ ;  $-0,27$  y  $-0,33$  para CC, PMP y CRAD respectivamente). En este sentido, Walczak et al. (2006) [1] propusieron una función de edafotransferencia en la que el contenido de humedad gravimétrica a CC y en el PMP estaba inversamente relacionado con la densidad aparente (menor humedad a mayor densidad aparente) y existía una relación estadísticamente significativa, con coeficientes de correlación de  $-0,93$  y  $-0,54$  para CC y PMP respectivamente. En el presente estudio de suelos vitícolas los Coeficientes de Correlación son inferiores a los referenciados anteriormente.

La presencia de arena en el suelo está inversamente relacionada con la CC, el PMP y la CRAD con coeficientes de correlación de  $-0,69$ ,  $-0,68$  y  $-0,46$  respectivamente. La relación lineal es estadísticamente significativa en los tres casos y el valor de R supone una relación entre las variables moderadamente fuerte para el caso de CC y PMP y más débil para el caso de CRAD. La relación negativa entre el contenido de arena del suelo y las propiedades de retención de humedad del suelo ya ha sido demostrada por otros investigadores al estudiar suelos de regiones semiáridas o de regiones de clima templado [1] y puede observarse comparando las figuras 1 y 2 donde las zonas con mayor CRAD coinciden con de menor contenido en arena. Los suelos vitícolas estudiados presentan coeficientes de correlación mayores entre el contenido de limo y las propiedades de retención de humedad ( $0,50$ ;  $0,49$  y  $0,37$  respectivamente para CC, PMP y CRAD) que entre el contenido en arcilla y las mismas propiedades, en las que la relación es estadísticamente significativa, pero débil.

En estudios previos, la materia orgánica se había destacado como la propiedad más importante para definir las propiedades de retención de humedad de un suelo, aunque estos trabajos presentaban elevados rangos en el contenido de materia orgánica entre las muestras que se comparaban: de 0,1 a 20% en Rawls et al. [9] y de 1,7 a 9,3% en Pérez-de-los-Reyes et al. [10]. En nuestro caso, el rango en el contenido de materia orgánica en los 101 suelos es de 0,1 a 6,2%, con una media de 2 % (y una desviación típica de 1) y 92 muestras con un contenido en materia orgánica menor del 3%. Este hecho puede explicar coeficientes de correlación relativamente débiles en las muestras de este estudio.



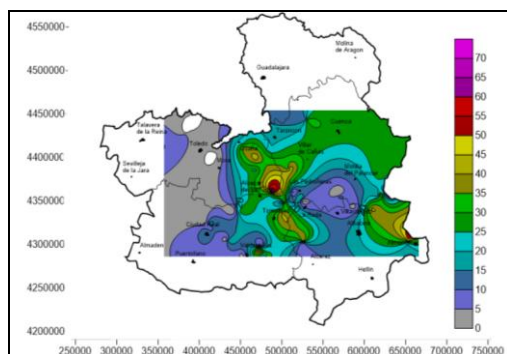
**Figura 1.** Mapa de distribución espacial CRAD (%) en 101 suelos vitícolas de Castilla La Mancha (España)



**Figura 2.** Mapa de distribución espacial de porcentaje de arena en 101 suelos vitícolas de Castilla La Mancha (España)

Finalmente, el contenido de carbonato cálcico puede tener influencia en las propiedades de retención de humedad para suelos de zonas semi áridas donde abundan los suelos calizos, como es el caso de los suelos vitícolas de Castilla La Mancha (donde alrededor de un 40 % de los suelos vitícolas de la región son calizos). Walczak et al. [1] determinaron coeficientes significativos de correlación entre el contenido de carbonato cálcico y la CC ( $R=0,59$ ), así como con PMP ( $R=0,40$ ) en 74 muestras de suelos de Sevilla (España). Por otro lado, Pérez-de-los-Reyes et al. [11] detallaron el aumento del CRAD en un suelo tratado con espumas de azucarera (de 4% en un suelo sin tratar a 34,5% en un suelo con

espumas de azucarera) como consecuencia del incremento en carbonato cálcico y materia orgánica en el mismo. En el conjunto de los suelos vitícolas estudiados, el carbonato cálcico se presenta como una propiedad relacionada significativamente con la CC, PMP y CRAD ( $R= 0,45$ ;  $0,31$  y  $0,49$  respectivamente) aunque dicha relación es relativamente débil. El cotejo de los mapas de distribución espacial (Figura 1 y Figura 3) refuerza esta conclusión.



**Figura 3.** Mapa de distribución espacial de contenido en  $\text{CaCO}_3$  (%) en 101 suelos vitícolas de Castilla La Mancha (España)

## 4 Conclusiones

La variabilidad del recurso natural suelo se manifiesta en este estudio en el que, como ha ocurrido con otros realizados anteriormente, las propiedades que se relacionan con la retención de la humedad en el suelo no son siempre las mismas. En este trabajo, las propiedades que han mostrado una relación lineal significativa con CC, PMP y CRAD para los 101 perfiles estudiados conjuntamente, son la densidad aparente, el porcentaje de arena y limo, el contenido en materia orgánica y el contenido en carbonato cálcico, siendo las que mostraron una mayor relación lineal el porcentaje de arena ( $R= -0,68$ ;  $-0,68$  y  $-0,47$ ) y de limo ( $R= 0,5$ ;  $0,49$  y  $0,37$ ), respectivamente.

Los mapas de distribución espacial permiten la comparación de estas propiedades visualmente y, en el futuro apoyarán y facilitarán investigaciones más amplias sobre las propiedades de retención de humedad de suelos vitícolas.

## Referencias

1. R.T. Walczak, F. Moreno, C. Sławiński, E. Fernandez, J.L. Arrue. *Journal of Hidrology* **329**, (3-4) (2006).
2. J.H.M.Wösten, Y. A. Pachepsky, W.J. Rawls: *Journal of Hidrology* **251** (2001)
3. FAO ISRIC ISSS. 2006. World soil resources report 103, FAO, Rome, 132 pp (2006)

4. G.R. Blake, K.H. Hartge, In A. Klute (Ed) *Methods of Soil Analysis*. Agronomy Monograph No.9, ASA-SSSA, Madison (1986)
5. G.W. Gee, J.W. Bauder, In: Klute A. (Ed) *Methods of Soil Analysis*. Agronomy Monograph No.9, ASA-SSSA, Madison (1986)
6. A. Anne, *Annals of Agronomy* **2**, (1945)
7. J. Porta, *Técnicas y experimentos en Edafología*. (1986)
8. L.A. Richards. *Soil Science* **66**, (1948)
9. W.J. Rawls, Y.A. Pachepsky, J.C. Ritchie, T.M. Sobecki, H. Bloodworth, *Geoderma* **116**: (2003)
10. C. Pérez-de-los-Reyes, J.A. Amorós, F.J. García-Navarro, S. Bravo, R. Jiménez-Ballesta. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **46** (10), (2015)
11. C. Pérez-de-los-Reyes, J.A. Amorós, F.J. García Navarro, S. Bravo, C. Sánchez, D. Chocano, R. Jiménez-Ballesta. *Agricultural Water Management* **98**, (2011)