

Caracterización de las propiedades hídricas de los suelos para el manejo del riego y la modelización de los retornos en el Barranco del Reguero (Huesca)

Characterizing soil hydraulic properties for irrigation management and modelling of return flows in the Barranco del Reguero (Huesca)

Usón Murillo, Asunción^{1*}, Asanza Cajamarca, Juan Carlos², Isidoro Ramírez, Daniel²

¹ Carretera Cuarte s/n. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. 22071 HUESCA
*mauson@unizar.es

² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. Campus Aula Dei. Carretera Montaña. ZARAGOZA

Resumo / Resumen

En la Cuenca del Ebro se están realizando balances hídricos a nivel de subcuencas para conocer el impacto de la agricultura en la calidad de los retornos de riego. Este trabajo tiene como objetivo la caracterización de los suelos de la cuenca P11 y de sus propiedades hídricas, para el ajuste de modelos de simulación que permitan predecir el impacto de distintos manejos en la cuenca. En la cuenca de 1865 hectáreas se han realizado 18 calicatas y 14 sondeos, en estos puntos se ha descrito las propiedades macromorfológicas de estos suelos y se han analizado los distintos horizontes (textura, retención de agua, conductividad hidráulica, salinidad y nutrientes). Se han descrito suelos de 3 órdenes (Aridisoles, Inceptisoles y Entisoles), siendo mayoritarios los suelos pertenecientes al subgrupo Xerofluvent oxyacuico. El dominio de la fracción arena en los suelos (44% de valor medio) se traduce en que las familias texturales dominantes son franco gruesa y franco fina (51 y 33% de la superficie, respectivamente). Aún así, las conductividades hidráulicas han sido mayoritariamente lentas o muy lentas. La retención de agua media ha sido del 10,6% en peso, variando entre 8,1 y 12,4% en las distintas unidades definidas. Finalmente, la salinidad afecta al 5,1% de la superficie de la cuenca.

Palabras clave: balance hídrico, conductividad hidráulica, retención de agua.

Abstract

Water balances are being carried out in several sub-basins within the Ebro River Basin to elucidate the impact of agriculture on the quality of irrigation return flows. This work intends to characterize the soils of the sub-basin P11 along with their hydraulic features, what would allow for using simulation models to anticipate the impact of different management practices. A total of 18 pits and 14 auger holes were performed within the 1865 ha basin. The soil macro-morphological properties were described in all these points and the horizons found were analyzed (texture, water retention capacity, hydraulic conductivity, salinity and nutrients). Three soil orders were described (Aridisols, Inceptisols, and Entisols), with the subgroup Oxyaquic Xerofluvent being dominant. The dominion of the Sand fraction in the soils (44% in the average) brings about that the dominant textural families were Coarse-loamy and Fine-loamy (51% and 33% of the area respectively). In spite of this, the measured hydraulic conductivities were low or very low. The average water retention capacity was 10.6% in weight, ranging from 8.1% to 12.4% in the soil units defined. Finally, 5.1% of the basin area was affected by salinity.

Keywords: water balance, hydraulic conductivity, water retention

Introducción y objetivos

Para que el objetivo comunitario de protección de las aguas superficiales se pueda conseguir, es necesario conocer la calidad de los retornos que llegan a esas masas de agua y, si esto supone un riesgo, buscar alternativas de manejo para evitarlo.

En la Cuenca del Ebro, con déficits hídricos considerables para el desarrollo de los cultivos, el regadío es la opción mejor contemplada para el desarrollo del territorio y la fijación de la población. Sin embargo, se le considera responsable de gran parte del impacto negativo sobre las aguas. La Confederación Hidrográfica del Ebro, con la colaboración del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón lleva tiempo realizando balances hídricos a nivel de subcuencas para conocer el impacto de la agricultura en la calidad de los retornos de riego [1].

Una herramienta útil para comprender el impacto de las medidas tanto protectoras como correctivas que se puedan aplicar es el uso de modelos de simulación hidrológica [2], los cuales necesitan información de suelo lo más precisa y completa posible para su mejor funcionamiento.

La información de suelos en las zonas de regadío en Aragón no es muy extensa pero se va avanzando en el conocimiento de los suelos y en sus propiedades principales [3] [4]. En algunos casos se han llegado a determinar funciones de edafotransferencia [5] para estimar las propiedades que rigen el comportamiento hidrológico, aunque es necesario confirmar el ajuste de dichas funciones cuando se trabaja en otras cuencas.

En este contexto, este trabajo se ha realizado con el objetivo de caracterizar, cuantificar y representar cartográficamente la información de suelos en la cuenca del Barranco del Reguero (P11).

Material y métodos

Descripción de la zona

La cuenca de estudio (P11) se encuentra en el municipio de Peralta de Alcofea, drenada por el Arroyo del Reguero, un afluente del río Alcanadre que está ubicado en la margen izquierda de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (Fig. 1). Drena un total de 1.865 hectáreas de superficie, con 1174 ha regables y 1117 ha regadas en el año 2014. El regadío pertenece a la comunidad de regantes "Alconadre" del sistema de Riegos del Alto Aragón. El maíz, la alfalfa y el cereal de invierno son los cultivos más representativos de esta cuenca.

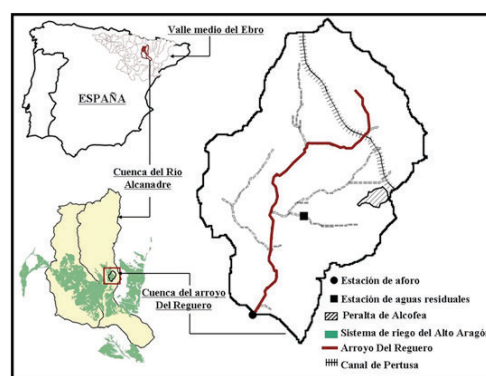


Fig. 1 Localización del área de estudio.

El diagrama ombrotérmico (Figura 2) muestra claramente el déficit de agua durante los meses de verano.

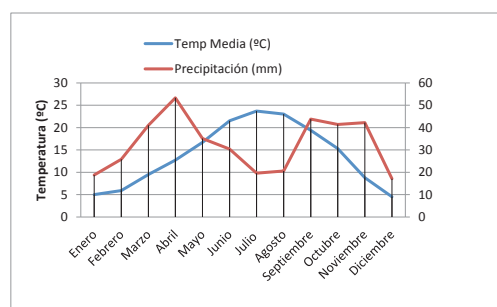


Fig. 2 Diagrama ombrotérmico. Datos de la oficina del regante, Huerto (2004-2017)

En la zona dominan las rocas sedimentarias de tamaño grueso (areniscas) que se alternan con otras de tamaños más finos. Geomorfológicamente, la cuenca está rodeada de plataformas residuales en las zonas norte y noroeste con elevados contenidos en elementos gruesos, y el resto son glacis más o menos degradados y fondos de valle.

Trabajo de campo y laboratorio

Se han descrito las propiedades macro-morfológicas en 18 calicatas y 14 sondeos distribuidos por toda la cuenca, tanto en el secano como en el regadío, siguiendo los criterios SINEDARES [6].

Se muestrearon todos los horizontes descritos tomando una muestra inalterada para el cálculo de humedad y densidad aparente y muestra alterada para el resto de análisis del laboratorio.

Se analizó: la conductividad eléctrica del extracto 1:5 ($CE_{1:5}$), materia orgánica, pH, clase textural (%arena, %limo grueso, %limo fino y % arcilla), nutrientes extraídos con acetato amónico (K, Ca, Mg y Na), P_{oisen} y Nitrógeno en forma nítrica. En aquellas muestras en las que la conductividad del extracto 1:5 superaba los 0,2 dS/m se realizó el extrato de saturación (CE, aniones y cationes).

También se calculó la retención de agua de cada muestra a -33 y -1500kPa.

Con esta información se clasificaron los suelos y se delimitaron unidades homogéneas de suelos. En cada una de estas unidades, se midió la conductividad hidráulica en campo (K_s), por el método del sondeo inverso. En cada unidad de suelos se eligieron 3 puntos que estuvieran muestreados y en ellos se realizaron las pruebas de K_s por horizontes, hasta las profundidades descritas en los primeros muestreos.

3. Resultados y discusión.

Unidades de suelos

Se han definido 9 unidades de suelos que pertenecen a 3 órdenes de suelo según Soil Taxonomy [7]: Inceptisoles, Entisoles y Aridisoles (Tabla 1; Figura3).

En las plataformas residuales de las zonas noreste y noroeste se han desarrollado horizontes petrocálcicos a una profundidad entre 45 y 55 cm. Sobre los glaciares de la zona noreste se han desarrollado suelos profundos con horizontes cálcicos. En la zona más deprimida de la cuenca se han acumulado gran cantidad de sales solubles que han dado

lugar a horizontes sálicos. Y en el resto de la cuenca los suelos están poco desarrollados y se han clasificado como entisoles. En casi el 60% de la superficie la capa freática está presente a menos de 150 cm del suelo, lo que da el carácter oxyáquico en la clasificación. También se han encontrado diferencias notables en el tamaño de partículas que ha permitido la separación de familias texturales en dos subgrupos de suelos. Dominan los suelos de familias franco gruesas (51%) y franco finas (33%).

Tabla 1. Unidades de suelos descritas en la Cuenca P11 y porcentaje de la superficie ocupada por cada una de ellas.

Unidad de suelo	Clasificación ST (subgrupo y familia textural)	Superficie en la cuenca (%)
A1	Calcixercept petrocálcico, superficial, franca	2,3
A2	Calcixercept petrocálcico, esquelético franca	10,8
B1	Calcixercept típico, franco gruesa	15,1
B2	Xerorthent típico, fina	2,9
B3	Xerorthent típico, franco gruesa	2,7
C1	Xerofluent oxyáquico, franco gruesa	31,8
C2	Xerofluent oxyáquico, franco fina	27,4
C3	Xerofluent típico, franco gruesa	0,5
C4	Haplosalid típico, franco fina	5,1

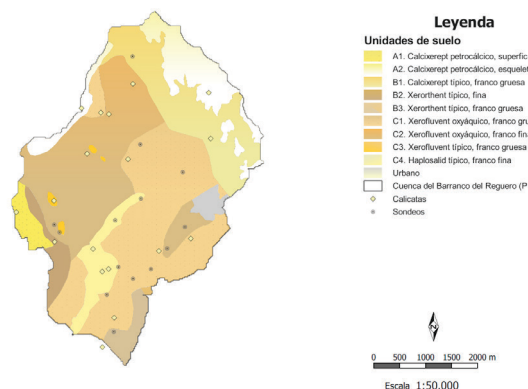


Fig. 3 Representación de las unidades cartográficas en la cuenca P11.

Características físico-químicas de las unidades

En las unidades sobre plataformas (A1 y A2) la profundidad efectiva estaba limitada por la presencia de un horizonte petrocálcico, en la unidad B3 por la presencia de roca sedimentaria no meteorizada y en la unidad C2 por la presencia de la capa freática. La pedregosidad solamente ha sido significativa en las plataformas y en las laderas (unidades A y B1; Tabla 2). La fracción granulométrica dominante ha sido arena (Tabla 2).

Tabla 2. Profundidad efectiva, pedregosidad y fracciones granulométricas en las unidades de suelos descritas en la Cuenca P11.

Unidad de suelo	A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	MEDIA
Profundidad efectiva (cm)	40	55	100	90	55	116	77	120	110	93
Pedregosidad (%)	45	55	18	5	0,3	3	5	0	0	7
% arcilla	17,2	16,5	14,6	34,9	16,9	14,5	21,2	14,5	19,4	17,3
% arena	48,1	42	49,4	16,8	41,5	52,8	30,7	66,1	33,6	44

Entre los parámetros químicos, el contenido de materia orgánica medio en el perfil fue superior en las unidades de suelos menos profundas, como era esperable (Tabla 3). Los pH son básicos o ligeramente alcalinos, estos últimos especialmente en las zonas con mayor salinidad (Tabla 3). Se muestra también el contenido de nitrato en las muestras de suelo, ya que en los retornos de la cuenca se han obtenido elevados niveles de nitrato (92 mg/L en 2014) y, estos resultados ya evidencian esos datos.

Tabla 3. Materia orgánica, pH, conductividad eléctrica (extracto 1:5) y nitratos en cada unidad de suelos descrita en la cuenca P11. Datos medios de los perfiles y los horizontes.

Unidad de suelo	Materia orgánica (%)	pH	CE _{1:5} (dS/m)	N-NO ₃ (mg/kg)
A1	1,90 ± 1,06	8,25 ± 0,11	0,18 ± 0,00	6,0 ± 5,7
A2	1,54 ± 0,37	8,36 ± 0,08	0,14 ± 0,01	6,5 ± 8,5
B1	1,05 ± 0,67	8,31 ± 0,05	0,15 ± 0,00	3,5 ± 3,5
B2	2,37 ± 1,53	9,04 ± 1,05	0,33 ± 0,12	12,5 ± 10,6
B3	1,09 ± 0,60	8,47 ± 0,10	0,18 ± 0,02	10,1 ± 6,4
C1	0,99 ± 0,59	8,49 ± 0,19	0,31 ± 0,52	12,6 ± 28,4
C2	1,04 ± 0,53	8,65 ± 0,38	0,25 ± 0,07	8,2 ± 5,8
C3	1,32 ± 0,11	8,38 ± 0,09	0,16 ± 0,02	8,6 ± 6,7
C4	0,81 ± 0,28	8,93 ± 0,56	1,89 ± 1,60	18,3 ± 24,2
MEDIA	1,07 ± 0,58	8,57 ± 0,36	0,48 ± 0,87	10,9 ± 20,2

En cuanto a las propiedades hídricas, las densidades aparentes son altas, sobre todo en las familias texturales franco gruesas. Las conductividades hidráulicas varían de muy lentas a moderadamente lentas y la retención de agua disponible para las plantas, expresada en porcentaje en peso, es moderada (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad aparente, retención de agua en peso y conductividad hidráulica saturada (K_s). Datos medios de los perfiles y los horizontes

Unidad de suelo	Densidad aparente (g/cm ³)	Retención de agua (W _{cc} -W _{max}) (%)	Ks (m/día)
A1	1,40	8,85 ± 0,34	0,08
A2	1,40	8,08 ± 1,09	0,70 ± 0,76
B1	1,39 ± 0,02	9,79 ± 1,09	0,27 ± 0,01
B2	1,40	11,10 ± 0,30	0,02 ± 0,02
B3	1,76 ± 0,13	12,37 ± 4,40	0,12 ± 0,08
C1	1,58 ± 0,10	10,48 ± 2,03	0,16 ± 0,10
C2	1,65 ± 0,09	10,27 ± 1,71	0,05 ± 0,03
C3	1,64 ± 0,08	8,46 ± 6,78	0,58 ± 0,41
C4	1,61 ± 0,02	12,08 ± 3,78	0,12 ± 0,09
MEDIA	1,58 ± 0,13	10,55 ± 3,07	0,20 ± 0,28

Conclusiones

A pesar de que la fracción arena domina en la mayor parte de los suelos estudiados, las conductividades hidráulicas son, mayoritariamente, lentas o muy lentas.

La poca presencia de manchas de óxido-reducción en los suelos, evidencian que ese movimiento lento parece ser suficiente para evitar la reducción de estos suelos.

Es necesario completar este trabajo analizando con detalles las relaciones entre parámetros y también comprobar las funciones de edafotransferencia definidas en trabajos previos.

Referencias bibliográficas

- [1] CHE-CITA, 2017. Evaluación de la afección al estado de las masas de agua superficiales por los retornos de riego de cuatro sistemas de la Cuenca del Ebro, informe del convenio de colaboración CHE-CITA para los años 2013-2015, 349 p..
- [2] Skhiri, A, Dechmi, F. 2012. Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero river (Spain) I: Water balance and irrigation performance. *Agricultural Water Management* 103: 120-129
- [3] Jiménez-Aguirre, MT, Isidoro, D, Usón, A. 2018a. Soil variability in La Violada Irrigation District (Spain): I Delineating soil units for irrigation. *Geoderma* 311: 78-90.
- [4] Nogués, J. 2002. Mapa de suelos (E 1/25000) de Barbués y Torres de Barbués (Huesca): aplicaciones para la modernización de regadíos. Series de Investigación nº 36. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón
- [5] Jiménez-Aguirre, MT, Isidoro, D., Usón, A. 2018b. Soil variability in La Violada Irrigation District (Spain): II Characterizing hydrologic and salinity features. *Geoderma* 311: 67-77
- [6] CBDSA, Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas. 1983. SINEDARES, Manual para la descripción codificada de suelos en el campo. MAPA. Madrid.
- [7] Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy (11th edition). United States Department of Agriculture. NRCS.