

# ESTUDIO 7

---

## Suelos del entorno del balneario

**Title in English:** *Soils in the thermal environment of "Villa de Olmedo" (Valladolid)*

Antonio López Lafuente, Inmaculada Valverde Asenjo, José Ramón Quintana Nieto, Ana de Santiago Martín, Concepción González Huecas

Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Plza. Ramón y Cajal s/n. 28040 Madrid.

**An. Real. Acad. Farm. Vol 81, Special Issue (2015) pp. 101-111.**

### RESUMEN

El conocimiento del suelo es imprescindible para comprender el riesgo de la posible afectación de las aguas subterráneas, especialmente en áreas sometidas a una fuerte presión de actividad agrícola. Se presenta el estudio de tres suelos localizados en los alrededores del Balneario "Villa de Olmedo", provincia de Valladolid. Se han desarrollado a partir de arcosas, situados en topografía llana, con una altitud entorno a los 750 m y bajo clima Mediterráneo templado. Se analizaron las propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de los suelos. En general, son suelos poco evolucionados, con textura gruesa, pH próximos a la neutralidad y horizontes superficiales con características ántricas.

**Palabras clave:** Suelos agrícolas; clima Mediterráneo; balneario; Valladolid.

### ABSTRACT

Soil characteristics are decisive in groundwater quality. The impact of human activities, especially in areas subject to agricultural pressure, involves potential risks which may be critical to the viability of the water resource. This work gathers together the study of three representative soils located in the thermal environment of "Villa Olmedo", Valladolid. All of them have developed from arkoses and found around 750 m elevation in a zone of flat topography. Morphological, physical, chemical and mineralogical properties of these soils were analyzed. They are poorly developed, coarse textured, with pH close to neutrality and antric features in the surface horizons.

**Keywords:** Agricultural soils; Mediterranean climate; thermal environment; Valladolid.

## 1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los suelos que rodean los acuíferos se hace imprescindible si queremos conocer el estado de conservación de las aguas subyacentes. Dos son las funciones de los suelos: la primera servir de filtro, y la segunda, y no menos importante, contribuir a su aislamiento; dependen ambas de sus propiedades y de su

uso. Suelos bien estructurados, sin problemas de degradación, amortiguan los posibles contaminantes del freático, usos adecuados y sustentables del suelo facilitan su conservación, en ambos casos, las aguas subyacentes permanecen protegidas. Por el contrario, suelos contaminados, o prácticas de usos inadecuadas, hacen que los acuíferos sean vulnerables.

Por otra parte, es reconocida la importancia que, el estudio de la humedad del suelo tiene para mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas hidrológicos, sobre todo en aquellos que están afectados por una fuerte presión debida, fundamentalmente, a las actividades agrícolas y a factores ambientales (1, 2).

En suelos agrícolas, en los que se persigue maximizar la productividad con el mínimo impacto en el medio ambiente, la complejidad de las interacciones que se producen entre suelo, tipo de cultivo, manejo y clima, hace que su estudio tenga un especial interés. Prácticas inadecuadas, pueden suponer un gran riesgo para la contaminación de aguas subterráneas debido a que los cultivos son, en muchas ocasiones, excesivamente fertilizados y/o tratados con plaguicidas para alcanzar rendimientos elevados (3).

Actualmente, este tipo de suelos se les puede incluir dentro del grupo de los Antrosoles, que se definen como suelos que han sido profundamente modificados a través de actividades humanas, tales como adiciones de materia orgánica o mineral, carbón, residuos domésticos o de riego y cultivo (4). Desde el punto de vista físico su textura es variable, aunque suele ser equilibrada en el horizonte superficial. Estructuralmente, suelen ser suelos muy estables por el elevado contenido en materia orgánica salvo, en los casos en los que a cierta profundidad se localice lo que se denomina la suela de labor, estructura laminar fruto de una intensa compactación. Suelen presentar un grado de saturación superior al 50 % lo que les otorga un pH cercano a la neutralidad. Son suelos bien aireados, con elevada actividad biológica, salvo en el caso de los Antrosoles con intensa hidromorfía, ya que ésta crea ambientes anóxicos. En ciertos casos los Antrosoles tienen mayor fertilidad y productividad que los suelos naturales de su entorno (4).

El origen de la mayoría de estos suelos se encuentra relacionado con la adición prolongada de materiales con un contenido alto en materia orgánica, lo que produce un crecimiento del horizonte A (5).

Este trabajo tiene por objeto analizar las características generales de los suelos más representativos que rodean el Balneario "Villa de Olmedo".

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudio y muestreo**

El área de estudio se sitúa al Sureste de la provincia de Valladolid, entre los ríos Adaja, al oeste y el Eresma al este, en el término municipal de Olmedo. Presenta una altitud en torno a 720 m y un relieve llano. El territorio se dedica a uso forestal y agrícola, principalmente, al cultivo de cereales, maíz y leguminosas aunque actualmente está sufriendo un permanente cambio de uso por abandono de cultivos. Litológicamente predominan materiales terciarios, constituidos por margas, arcosas que en ocasiones aparecen cementadas por carbonato cálcico (6). Según datos de la Agencia Estatal de Meteorología se caracteriza por una precipitación anual entre 300 y 550 mm y una temperatura media anual entre 11°C y 13°C, con una ETP anual entre 700 - 850 mm, lo que condiciona un clima Mediterráneo templado con un régimen de humedad Mediterráneo seco. Desde el punto de vista bioclimático, la zona se encuentra dentro del piso supramediterráneo, con un vegetación potencial de encinar mediterráneo de *Quercus rotundifoliae* y sabinar de *Juniperus thuripherae* (7).

Las muestras se recogieron en suelos con características diferentes, siendo el criterio de muestreo las variaciones encontradas en el material litológico y teniendo en cuenta el uso del territorio. Se han abierto tres perfiles en cada una de las parcelas seleccionadas y se analizaron, en función de su uso, los horizontes superficiales y subsuperficiales. Para efectuar los análisis hemos elegido el suelo más representativo de cada una de las parcelas. Los tres suelos descritos están situados a altitudes entorno a los 720 m y en posiciones fisiográficas de llanura. Las muestras, se secaron al aire y se tamizaron recogiendo la fracción de tierra fina inferior a 2 mm en la que se efectuaron los posteriores análisis.

### **2.2. Métodos Analíticos**

Todas las suspensiones y disoluciones se prepararon con agua purificada Milli-Q (>18M  $\Omega$ cm) y con reactivos de alta pureza de Merck (Alemania) y Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EE.UU.). El material de vidrio empleado fue lavado con una solución acuosa de HNO<sub>3</sub> 0,1% durante 24 h y se aclaró con agua desionizada tipo I agua (Sistema de Purificación de Agua, Younglin, Aqua MAX-Basic serie 360).

Los análisis se realizaron en la fracción fina del suelo (< 2 mm), de acuerdo con los métodos propuestos por ISRIC (8), y se determinaron los siguientes parámetros: El pH se determinó en una suspensión suelo:agua con una relación 1:2,5 (p/v), medido en un pH metro Crison GPL21. El análisis del tamaño de partícula se llevó a cabo previa oxidación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, la dispersión de las muestras se realizó con hexametáfosfato de sodio y agitación durante 8 h. La

fracción arena se separó por tamizado, las fracciones limo y arcilla se determinaron utilizando el método de la pipeta de Robinson. La conductividad eléctrica se midió en una suspensión agua:suelo con una relación 1:5 (p/v), medida en un conductivímetro modelo Crison micro CM 2200. El  $\text{CaCO}_3$  se determinó por el método de neutralización ácida. La capacidad de cambio catiónico (CIC) se extrajo con una solución de 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  a pH 7,0. La concentración de Ca y Mg, se cuantificó por espectroscopía de absorción atómica (AAS) (Analytikjena NovAA 300) y, por espectroscopía de emisión de llama utilizando un Sherwood 410 la concentración de Na y K. Se realizaron dos réplicas de cada uno de los análisis y los valores medios obtenidos fueron empleados para los cálculos.

El contenido de nitrógeno total se midió por análisis elemental en un analizador (LECO CNS 2000). El carbono orgánico total (COT) se cuantificó por oxidación húmeda de acuerdo con Walkley-Black (8), empleando un valorador automático 665 Dosimal (Metrohm). Todas las muestras fueron extraídas y analizadas por duplicado.

La composición mineralógica de las muestras de suelo (9) fueron examinadas por difracción de rayos X (DRX) utilizando un equipo EQ 0434520 31 02 (X'Pert MPD) (se realizaron análisis continuos de  $3-60^\circ$  y con una velocidad de  $0.04^\circ$  por segundo).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Propiedades morfológicas y físicas de los suelos**

El Perfil I, se caracteriza por presentar colores claros, pardos muy claros, tanto en superficie como en profundidad. La alteración de material original, arcosas blanquecinas, determina su tonalidad. El Perfil II desarrollado a partir de arcosas cementadas por carbonatos, presenta un color pardo en superficie que se vuelve pardo claro, al profundizar. El uso agrícola del suelo influye en el cambio de color. Los cambios de coloración que se observan en el perfil P-III indican que, en este caso, los procesos de alteración química han sido más intensos que en el resto de los suelos estudiados (Tabla 1).

El laboreo al que son sometidos estos suelos condiciona sus propiedades físicas, sobre todo en superficie. Las texturas y estructuras presentan pocas diferencias en los distintos suelos, hay un predominio de las texturas groseras que se mantiene constante a lo largo de los perfiles, con estructuras tipo granular de consistencia friable a muy friable. Hace excepción a esto el horizonte Bw del perfil P-III, donde el ligero incremento de la fracción arcilla condiciona una textura media y una estructura poliédrica débil (Tabla 1 y 2). La suave topografía de la zona determina

que los suelos no presenten fragmentos de rocas en superficie. Solo en los horizontes más profundos del perfil P-III, se distingue una línea de cantos rodados, material original de este suelo.

**Tabla 1.** Propiedades morfológicas de los suelos del entorno del Balneario de Olmedo.

Horz. cm	Prof. cm	Color Munsell (húmedo)	Text.	Estruct.	Resisten. ruptura (húmedo)	Fragmentos de roca	Presencia de raíces	Límites
<u>Perfil P-I</u>								
Ap	0-15	10YR 7/4	Af	1f gr	vfr	0	Comunes raíces finas y medias hasta los 15 cm	gp
C	15-45	10YR 8/3	Af	0		0		
<u>Perfil P-II</u>								
Ap	0-25	10YR 5/3	Fa	1f gr	vfr	0	Abundantes y comunes raíces finas y muy finas hasta los 55 cm	gp
C	25-55	10YR 6/3	Fa	1f gr	vfr	0		
<u>Perfil P-III</u>								
Ap	0-35	10YR 4/3	Fa	1f gr	vfr	0	Abundantes y comunes raíces finas y muy finas dentro de los 50 cm	np
Bw	35-60	10YR 5/4	Far-a	2m p	fr	2GS		
C	+60	10YR 7/6	Fa					

Textura: Af, arenoso-franco; Fa, franco-arenoso; Far-a, franco-arcillo-arenoso.

Estructura: 0, sin estructura; 1, débil; 2, moderada; f, fina; gr, granular; p, poliédrica.

Resistencia a la ruptura: vfr, muy friable; fr, friable.

Fragmentos de roca: cantidad 2 corresponde a 5-15%; GS, mezcla de gravas y piedras.

Límites: gp, gradual plano; np, neto plano.

**Tabla 2.** Distribución del tamaño de partícula de los suelos del entorno del Balneario de Olmedo.

Horz.	Prof. cm	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Textura
g kg <sup>-1</sup>						
<u>Perfil P-I</u>						
Ap	0-15	473,2	374,1	88,6	64,1	Arenoso-franco
C	15-45	523,3	308,2	80,2	88,3	Arenoso-franco
<u>Perfil P-II</u>						
Ap	0-25	404,5	308,1	154,2	133,2	Franco-arenoso
C	25-55	380,0	346,7	138,1	135,2	Franco-arenoso
<u>Perfil P-III</u>						
Ap	0-35	351,3	275,1	194,2	179,4	Franco-arenoso
Bw	35-60	335,0	281,2	177,7	206,1	Franco-arcillo-arenoso
C	+60	386,4	343,3	141,1	129,2	Franco-arenoso

### 3.2. Propiedades químicas de los Suelos

Los perfiles seleccionados presentan unos pH próximos a la neutralidad, con valores que oscilan entre 7,2 y 8,0 en aquellos desarrollados sobre arcosas cementadas por carbonato (Perfil-II) por lo que se trata de suelos básicos. La influencia de los ácidos orgánicos procedentes de la alteración que sufre la escasa cubierta vegetal, sobre todo en primavera, provoca el ligero descenso que encontramos en superficie. Los valores obtenidos de la conductividad eléctrica, muestra la ausencia, en todos los casos, de sales solubles. Destacan los valores de carbonato cálcico equivalente obtenidos en el Perfil II, que reflejan la naturaleza del cemento carbonatado del material original de este suelo (Tabla 3).

El contenido en C orgánico de todos los suelos diferencia los horizontes superficiales, con valores que oscilan entre 6,4 y 40,2 g kg<sup>-1</sup>, decreciendo notablemente al profundizar. Las variaciones en el contenido de N siguen la misma evolución del C orgánico lo que sugiere que las formas orgánicas del N son las que predominan en estos suelos.

El valor del CIC está comprendido entre 17,3 y 23,8 cmol(+) kg<sup>-1</sup> en los horizontes superficiales, disminuyendo en todos los casos cuando se profundiza en el perfil. La acumulación de materia orgánica determina esta diferencia, lo que indica que es el contenido en los coloides orgánicos, y no la fracción arcilla quien tiene mayor influencia en el complejo de cambio. Entre las bases de cambio, predomina el catión calcio; en todos los casos, hay una gran diferencia entre los contenidos de Ca<sup>2+</sup> y los de

Mg<sup>2+</sup>, esto se explica por la menor retención que tiene este elemento, en la superficie del complejo de adsorción, por lo que resulta fácilmente disponible para las plantas o es lavado por las aguas de lluvia. Cabe destacar los contenidos elevados de K<sup>+</sup>, procedentes de la alteración de feldespatos presentes en el material original y, también, a la utilización de abonos inorgánicos en el área seleccionada que favorece el incremento de este ión.

**Tabla 3.** Parámetros físico-químicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de Olmedo.

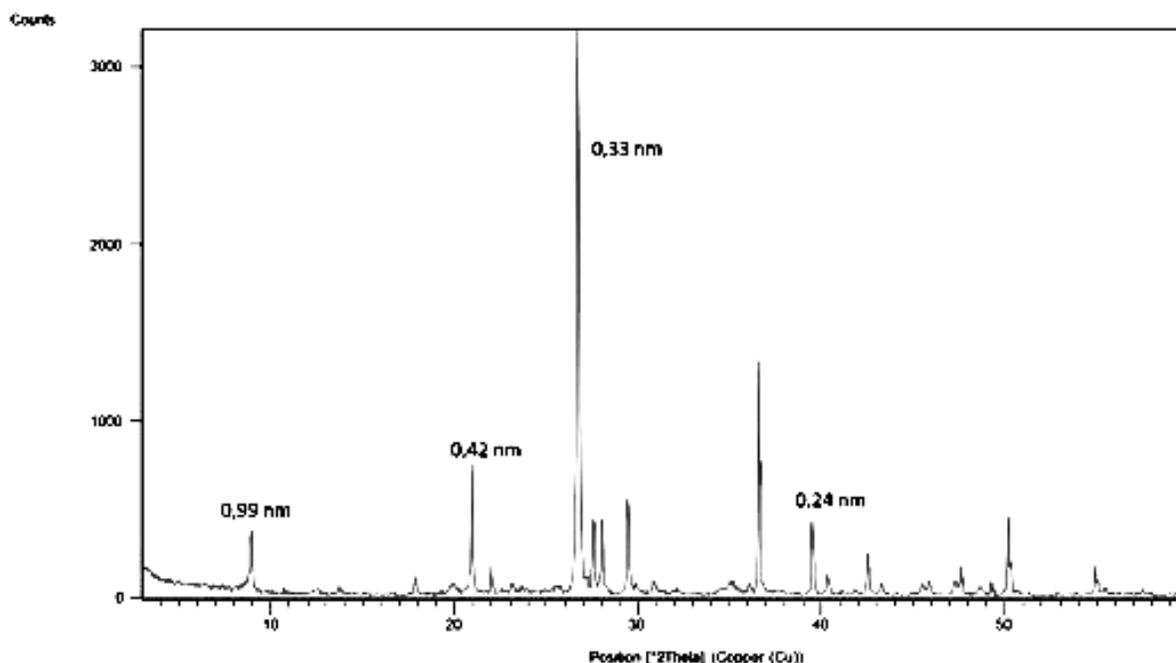
Horz.	Prf	pH	CE	C	N		CIC		Ca	Mg	Na	K	Carb.
	cm	H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	gkg <sup>-1</sup>			Cmol(+) kg <sup>-1</sup>					gkg <sup>-1</sup>	
Perfil P-I													
Ap	0-15	7,2	0,07	6,4	0,12		17,3		31,7	3,8	0,9	0,9	6,8
C	15-45	7,4	0,03	2,6	0,08		9,9		11,3	3,1	0,7	0,3	2,3
Perfil P-II													
Ap	0-25	7,8	0,10	17,3	1,4		21,2		33,0	22,6	2,3	1,1	59,5
C	25-5	8,0	0,07	7,1	0,8		20,7		32,7	26,6	2,4	0,5	80,1
Perfil P-III													
Ap	0-35	7,1	0,14	40,2	1,8		23,8		30,7	4,5	2,3	0,8	5,2
BW	35-60	7,4	0,13	15,2	1,2		22,8		29,8	4,7	2,4	0,9	8,3
C	+60	7,6	0,11	-	-		16,4		27,2	3,1	1,7	0,6	6,6

### 3.3. Análisis mineralógico

Los resultados del análisis mineralógico, en polvo desorientado, de la fracción < 2mm de los suelos seleccionados se muestran en las Figuras 1 y 2. En todos los suelos encontramos como mineral predominante el cuarzo, con fuertes reflexiones a 0,42, 0,33 y 0,18 nm y feldespatos. La presencia de calcita por las reflexiones a 0,30 y 0,22 nm, se pone de manifiesto en el perfil P-II. Los filosilicatos 2:1 aparecen en todos los difractogramas con reflexiones entre 1,40 y 0,99 nm. Esta composición mineralógica pone de manifiesto que los suelos están poco evolucionados, dado que los minerales mayoritarios son heredados del material original.

### 3.4. Usos y clasificación

La naturaleza del material litológico, la topografía y el uso del territorio, son los factores diferenciadores que van a influir en la formación de estos suelos. Los tres perfiles de suelos que se presentan responden, en general, a los principales aprovechamientos que se dan en el término. De la superficie cultivada en el término municipal de Olmedo, más del 70% se dedica a la labor intensiva de secano, alrededor del 25% es de regadío, quedando pequeñas proporciones para el cultivo del viñedo. En el secano las especies mayoritarias son cereales de invierno y primavera, leguminosas para grano y en menor proporción girasol. En la superficie dedicada al regadío predominan los cultivos de remolacha, patata y leguminosas. Las zonas de no cultivo representan entorno al 30% del término municipal, de ellas se dedica el 75% a superficie arbórea con especies forestales del tipo pinos pinaster y pínea y, en torno al 20% restante se dedica al pastizal, utilizado como pastos para ganadería (11).

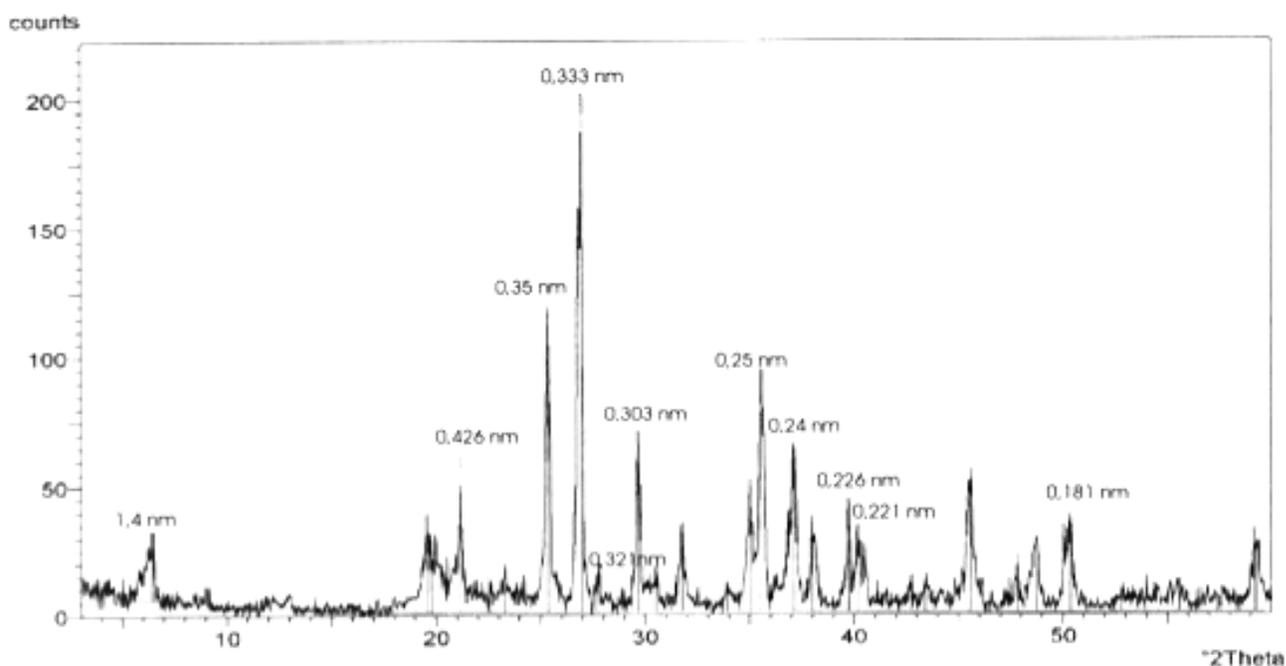


**Figura 1.** Difracción de Rayos-X en muestra desorientada de la fracción

Por tanto, los suelos que rodean al balneario presentan un uso agrícola, con horizontes superficiales muy alterados. Este hecho, y siguiendo la clasificación WRB (4) hace que los suelos presente características propias de Antrosoles eútricos. La heterogeneidad de este grupo no permite asociar al mismo unas propiedades comunes ya que varían con el proceso genético que originó cada tipo de suelo. Solo

podemos hacer referencia a un nivel de fertilidad alto y a una adecuación elevada al tipo de cultivo para el que han sido diseñados.

Los suelos de la primera zona seleccionada pueden quedar representados por los perfiles P-I y P-II. El perfil P-I, formado sobre arcosas blanquecinas presenta un escaso desarrollo, esto junto al predominio de cuarzo en la mineralogía del suelo y a las características climáticas de la zona, hace que el suelo se clasifique dentro del grupo de los Arenosoles según la WBR (4). El perfil P-II, formado sobre arcosas cementadas por carbonatos, presenta un desarrollo similar, la presencia de carbonato cálcico a lo largo del perfil, le confiere características de Arenosol calcárico. El perfil P-III situado cerca del núcleo urbano, al noroeste del mismo, está más desarrollado. La presencia de un horizonte entre 35 y 60 cm de profundidad, con un incremento de la fracción arcilla que origina un cambio textural y un aumento de la capacidad de intercambio iónico respecto al horizonte subyacente, le da a este horizonte características de cámbico. Todo ello hace que este suelo se le incluya dentro del grupo Cambisol y por estar saturado en bases, se le clasifica como Cambisol éutrico.



**Figura 2.** Difracción de Rayos-X en muestra desorientada de la fracción tierra fina del perfil P-II (CuK $\alpha$ -radiación).

Por haber estado sometidos al laboreo, los horizontes superficiales de los tres perfiles presentan los criterios de diagnóstico de un horizonte ántrico, sin embargo, no se alcanza los requisitos necesarios para considerar a los suelos dentro del grupo de los Antrosoles.

Este tipo de suelos de texturas gruesas y sometidos frecuentemente a prácticas agrícolas pueden incrementar los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas.

Por lo que sería conveniente profundizar en el conocimientos de las propiedades de los suelos responsables de la retención y/o movilidad de los compuestos de origen antrópico.

#### **4. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y por la Comunidad de Madrid (CAM) a través del Grupo de Investigación 950605 y la Red CARESOIL, Ref. P2013/MAE-2739.

#### **5. REFERENCIAS**

1. Martínez-Fernández J, Ceballos-Barbancho A., Luengo Ugidos MA. La sequía edáfica en la Cuenca del Duero. Ecosistemas. AEET. 2001.
2. Morán-Tejeda E, López-Moreno JI, Ceballos-Barbancho A, Vicente-Serrano SM. River regimes and recent hydrological changes in the Duero basin (Spain). Journal Hydrology 2011; 404: 241–258.
3. Isidoro D, Quilez D, Aragües R. Environmental impact of irrigation in La Violada district (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate export patterns in drainage water. Journal Environmental. Quality 2006; 35: 776-785.
4. FAO; World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Roma; 2014; pp 191.
5. Zhang, M., Ma L, Wenqing L, Baocheng C, Jiwen J. Genetic characteristics and taxonomy classification of finic anthrosoil in China. Geoderma, 2003;115: 31-44.
6. IGME MIE. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Hoja N° 428 (Olmedo). Madrid, 1982.
7. Rivas-Martínez S. Memoria del mapa de series de vegetación de España. 1/400.000. Icona, 1987.
8. International Soil Reference and Information Center. Procedures for Soil Analysis; 3th. Ed. International Soil Reference and Information Center; Wageningen, 2002.
9. Walkley A, Black A. A critical examination of rapid methods for determining organic carbon in soils. Soil Science 1974; 62: 251–254.
10. Tributh H.. Qualitative und quantitative Bestimmung der Tonmineral in Bodentone. In: Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe Tributh, H., Lagalym, G. Eds., e. V., DTTG, 1991; pp 37-85.
11. MAPA. Mapa de Cultivos y Aprovechamiento Escala 1:50.000 Hoja N° 428 (Olmedo). Madrid; 1990.