

DINÁMICA DEL AGUA DEL SUELO EN DEHESA BAJO DIFERENTES CUBIERTAS VEGETALES. RESULTADOS PRELIMINARES.

F.J. Lozano Parra¹, S. Schnabel¹, A. Ceballos Barbancho²

¹ Grupo de Investigación Geoambiental, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad S/N 10071 Cáceres, e-mail: jlozano@unex.es, schnabel@unex.es

² Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, C/ Cervantes, 3 37002 Salamanca, e-mail: ceballos@usal.es

RESUMEN. Los ecosistemas de dehesa con arbolado disperso del género *Quercus* constituyen un recurso de gran importancia en buena parte del suroeste de la Península Ibérica. Generalmente, estos espacios están condicionados por sus limitaciones físico-ambientales, como la poca profundidad de los suelos y la estacionalidad y variabilidad de la precipitación, que determinan la disponibilidad de agua para la vegetación. El principal objetivo de este trabajo es el estudio de la dinámica hídrica del suelo bajo diferentes tipos de cubierta vegetal y con distintas propiedades edáficas. Para ello, se han instalado quince estaciones de medición de humedad del suelo en tres fincas de dehesa en Extremadura, compuestas por sensores que registran el contenido hídrico del suelo a diferentes profundidades y con una frecuencia de 30 minutos, y que se diferencian por estar ubicadas en pastizal, bajo copas de *Retama sphaerocarpa* y de *Quercus rotundifolia* y con diferentes propiedades de suelo desarrollados sobre pizarras.

Los primeros resultados obtenidos muestran un comportamiento complejo en la hidrodinámica edáfica, dándose situaciones diferentes bajo las mismas cubiertas vegetales, y poniendo de manifiesto la ocurrencia de situaciones contrastadas a lo largo del año hidrológico en los valores de humedad edáfica. Del mismo modo, las mayores variaciones de humedad las registran los sensores situados en la parte superficial del suelo, mientras que a mayores profundidades el contenido de agua suele ser menos variable, independientemente de la cubierta vegetal que posean.

ABSTRACT. Dehesa ecosystems, characterized by a disperse tree cover of the genus *Quercus*, constitute a resource of great importance in large parts of SW Iberian Peninsula. Generally these areas are conditioned by their environmental limits such as shallow soils, seasonal and intraannual rainfall variability, which determine the availability of water for plants. The main objective of the present work is the study of soil water dynamics in dehesas, explaining the effect of different vegetation covers and soil characteristics. Soil moisture is determined in 15 stations, distributed in three farms in Extremadura, each of them composed of sensors located at various depths which register soil moisture continuously with a time resolution of 30 minutes. The stations are distributed in open areas (pasture), below the canopy of the shrub *Retama sphaerocarpa* and below the canopy of *Quercus rotundifolia*.

First results indicate complex soil water dynamics with contrasting situations at sites with the same vegetation cover, and showing that various situations may be produced in the same station during a hydrological year. Furthermore, the largest variations are observed in the upper soil layer, being soil moisture variations lowest at greater depth, independently of the vegetation cover.

1.- Introducción

Los primeros trabajos en los que se estudian las relaciones agua-suelo-vegetación surgen a principios del siglo pasado (Bosch et al., 1982). Desde entonces se han sucedido los estudios que tratan esta temática, predominando los trabajos en los que se aborda la incidencia que tienen diferentes tipos de cobertura vegetal sobre el comportamiento del agua del suelo, sobre todo pastizales y bosques caducifolios (McCulloch et al., 1993). Sin embargo, no es hasta hace poco más de dos décadas cuando aparecen este tipo de investigaciones en ecosistemas de dehesa. Las áreas de pastoreo, como las dehesas, son ecosistemas modificados por el hombre que tienen una gran importancia debido a sus características socioeconómicas y ambientales, y por la magnitud de la superficie que ocupan.

En Extremadura, las dehesas están condicionadas por sus limitaciones físico-ambientales, con unos suelos poco profundos, unas precipitaciones con un marcado carácter estacional y una elevada variabilidad (Schnabel, 1998), y un periodo estival con altas temperaturas, lo que determina unos valores anuales de evapotranspiración potencial (ETP) muy elevados, factores que pueden derivar en un gran déficit hídrico y en periodos de sequía. Esto determinará la disponibilidad de agua edáfica para la vegetación, la cual protege al suelo de su erosión y degradación (Schnabel, 2001).

Existen numerosos trabajos que demuestran la relevancia de la humedad del suelo como elemento de vital importancia para el desarrollo vegetal y como componente fundamental de los balances hídricos (Robinson et al., 2008), sin embargo, en la mayoría de estos estudios se utilizan mediciones de humedad puntuales en el tiempo. En este estudio se analiza la dinámica del agua edáfica de forma continua en dehesa bajo tres tipos de cobertura vegetal, con la finalidad de determinar cuáles son las principales diferencias entre cada una y qué factores

condicionan el contenido hídrico de los suelos.

2.- Material y métodos

2.1 Áreas de estudio

Para desarrollar este trabajo se han utilizado tres áreas de estudio (Fig. 1) o fincas piloto en las que se encuentran instaladas las estaciones de medición de la humedad del suelo.

Las tres fincas comparten características comunes, ya que son zonas donde predomina el ecosistema dehesa, con unos aprovechamientos principalmente ganaderos, destacando el ovino, porcino y vacuno.

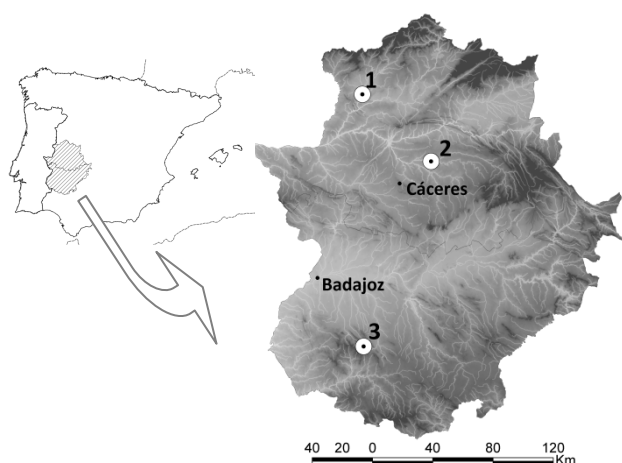


Fig. 1. Localización de las áreas de estudio. 1- Cuartos, 2- Parapuños, 3- Naranjero.

La vegetación puede clasificarse en tres estratos: arbolado, arbustos y herbáceas, que aparecen en diferentes combinaciones y con densidades variadas. El estrato arbóreo está dominado por individuos dispersos del género *Quercus*, principalmente la encina (*Quercus rotundifolia*). En el estrato arbustivo predominan retamas (*Retama sphaerocarpa*), escobas (*Cytisus multiflorus*) y cantuesos (*Lavandula stoechas*). En el estrato herbáceo destacan los pastizales terófitos de leguminosas, gramíneas y compuestas.

El clima es mediterráneo con influencias continentales y oceánicas, variando de semiárido a subhúmedo seco (Schnabel et al., 2009). Las precipitaciones medias anuales oscilan entre los 510 mm de Parapuños, los 590 mm de Cuartos, y los 660 mm del Naranjero. Las temperaturas medias anuales están en torno a los 16°C. Los valores térmicos más bajos suelen marcarse en enero, registrándose alrededor de 9°C, y los más altos en agosto, rondando los 24 °C. La ETP se aproxima a los 1200 mm en Parapuños y Cuartos, mientras que en el Naranjero alcanza los 1350 mm.

Los suelos, en general, se caracterizan por ser poco profundos (Tabla 1), con potencias que varían alrededor de los 35 cm (García Navarro, 1995) debido a la litología sobre la que se desarrollan. Suelen ser pobres en materia orgánica, excepto bajo los árboles, donde el contenido aumenta en los horizontes superficiales, y tienen una

densidad aparente elevada (generalmente es superior a 1.40 g/cm³). Las raíces de las plantas se concentran en los primeros centímetros del suelo, lo que puede determinar una mayor porosidad en la zona superficial.

En Parapuños los suelos se diferencian básicamente por el material sobre el que se desarrollan, encontrando suelos formados sobre materiales coluviales procedentes de un pedimento, clasificados como Acrisoles (FAO, 1998); o suelos desarrollados sobre pizarras (Cambisoles o Leptosoles). Los primeros se caracterizan por ser franco arenosos, con profundidades que pueden superar los 40 cm y por tener un horizonte B árgico donde se supera el 50% de arcillas. Sobre estos suelos están instaladas las estaciones de medición de humedad del suelo *P_Pa_II* (Parapuños Pastizal II) y *P_R* (Parapuños Retama). Los suelos formados sobre pizarras se caracterizan por poseer unas texturas principalmente franco-limosas, unos horizontes muy homogéneos y por tener poca profundidad. En estos suelos se encuentran instaladas las estaciones *P_Pa_I* (Parapuños Pastizal I) y *P_Tr* (Parapuños Árbol).

Tabla 1. Principales propiedades edáficas de los suelos donde se ubican las estaciones estudiadas (DA-densidad aparente) (MO-materia orgánica).

Finca	Tipo Suelo	Prof. (cm)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	M.O. (%)	DA g/cm ³
Parapuños	Acrisol	0-5	6.1	45.4	48.5	2.8	1.57
		5-10	7.3	44.7	48.0	1.0	1.66
		10-15	9.4	45.4	45.2	1.2	1.70
		15-40	11.3	46.8	41.9	1.0	1.75
Parapuños	Cambisol/Leptosol	0-5	6.8	50.4	42.8	5.2	1.30
		5-10	8.3	51.8	39.9	1.9	1.51
		10-15	9.4	60.2	30.4	1.7	1.52
		15-30	13.1	59.2	27.7	1.0	1.61
Naranjero	Cambisol	0-5	5.2	45.9	48.9	3.4	1.22
		5-10	6.7	48.5	44.8	2.1	1.39
		10-15	7.6	48.7	43.7	1.6	1.53
		15-40	9.4	47.7	43.0	1.2	1.72
Cuartos	Cambisol/Leptosol	0-5	8.9	52.3	38.8	2.1	1.60
		5-10	9.5	50.6	39.9	2.1	1.65
		10-15	11.0	51.6	37.4	1.2	1.62
		15-35	12.5	50.8	36.7	1.3	1.62

Los suelos de Cuartos, donde están instaladas las estaciones de humedad, tienen texturas franco-limosas y sus profundidades no superan los 40 cm. En estos suelos se encuentran las estaciones *C_Tr* (Cuartos Árbol) y *C_Pa* (Cuartos Pastizal). Y, por último, los suelos del Naranjero tienen texturas franco arenosas y unas profundidades que varían en torno a los 40 cm. Las estaciones de humedad que se hallan en estos suelos son *N_Pa* (Naranjero Pastizal) y *N_Tr* (Naranjero Árbol).

2.2 Medición del agua edáfica.

El contenido hídrico del suelo se registra mediante estaciones de medición de humedad del suelo, compuestas por sensores de humedad de tipo capacitivo (sondas *ECH₂O* de *DECAGON DEVICES, Inc.* modelo *EC-5*) que miden el contenido volumétrico de agua (m³/m³) de forma continua en intervalos de 30 minutos. La calibración utilizada es la definida por defecto para estos sensores en suelos

minerales, con la que se obtiene una precisión de $\pm 3\%$. Normalmente cada estación incorpora cuatro sensores de humedad conectados a un *datalogger* modelo *Em5b*.

La profundidad a la que están instalados los tres primeros sensores de humedad es similar en todas las estaciones (a 5, 10 y 15 cm), variando únicamente en un sensor por estación, que se corresponde con la sonda a mayor profundidad y que se inserta dependiendo de la potencia del perfil. La disposición de las sondas sigue este protocolo debido a que las raíces de la mayoría de las especies de pastos característicos de las dehesas se concentran en los primeros centímetros del perfil edáfico (Blanco Castro et al., 2005; Cubera, 2006; Martínez Fernández et al., 2007), y porque además es frecuente el predominio de suelos poco profundos en buena parte de las dehesas.

En cada una de las tres fincas se han instalado varias estaciones de humedad, siendo la cobertura vegetal el factor más importante que determina la ubicación de cada una. Los tipos de coberturas vegetales, donde se localizan las estaciones, son tres: bajo la copa de encina, bajo arbusto de retama, y espacios abiertos con cobertura herbácea o pastizal.

De esta forma, en la finca de Parapuños hay instaladas nueve estaciones de humedad: dos bajo encina, cuatro en espacios abiertos, y tres bajo retamas; en Cuartos hay tres estaciones, dos en espacios abiertos, y una bajo copa de encina; y por último, en el Naranjero hay otras tres estaciones, dos en espacios abiertos y una bajo copa de encina.

Con esta metodología se consigue un seguimiento temporal continuo del agua del suelo. El seguimiento espacial del contenido hídrico puede observarse en profundidad en una misma estación o mediante la comparación de estaciones. Además, para alcanzar una mayor resolución espacial de la humedad se realizan periódicamente una serie de mediciones manuales mediante un dispositivo TDR (*Time Domain Reflectometry*) portátil, a través de una sonda de 10 cm y un ecómetro modelo *TRIME-FM*. Estas mediciones se efectúan bajo copa de encina y en espacios abiertos.

3.- Resultados y discusión

3.1 Propiedades edáficas y humedad del suelo.

Los análisis se han realizado a partir del cálculo de los valores medios diarios registrados por cada sensor en cada estación de humedad, durante el periodo que va desde el 1 de julio de 2010 al 31 de enero de 2011. A pesar del corto intervalo de tiempo, durante el mismo ocurrieron condiciones contrastadas de humedad, ya que podemos observar todos los estados hídricos del suelo, es decir, de seco a saturado.

Para analizar la influencia de las propiedades edáficas sobre la humedad del suelo se llevaron a cabo análisis de correlación entre las variables físicas de los suelos de cada estación y las cantidades de agua registradas por cada sensor. Para facilitar estos análisis se seleccionaron cinco contenidos de agua por cada sensor, que se corresponden con cinco estados de humedad caracterizados por ser

representativos de unas condiciones contrastadas del contenido hídrico de los suelos. La elección de los estados se determinó a partir de la precipitación acumulada en los últimos veinte días en cada finca. Éstos fueron los siguientes (Tabla 2): 1-Seco, con una precipitación acumulada en los últimos veinte días de 0 mm; 2- Poco Húmedo, alrededor de 30 mm; 3- Húmedo, entre 35 y 60 mm; 4-Muy Húmedo, más de 100 mm; y 5- Saturado, superior a 175 mm.

El análisis de correlación (Tabla 2) muestra una relación positiva entre la humedad del suelo y el contenido de arcilla, a pesar de su baja proporción en los suelos analizados. Además, esta relación es más marcada (altamente significativa) bajo condiciones secas, disminuyendo el coeficiente de correlación con un aumento de la humedad. Al contrario sucede con la arena, que muestra relaciones negativas con la humedad del suelo en condiciones seca, poco húmeda, muy húmeda y saturada. Una excepción constituye el estado húmedo que no muestra una relación significativa con el contenido de arena y tampoco con el de arcilla.

Tabla 2. Análisis de correlación entre propiedades edáficas y contenidos hídricos de los suelos en diferentes estados. ($n = 50$) (* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$).

	Seco	Poco húmedo	Húmedo	Muy húmedo	Saturado
Profundidad	0.82**	0.39*	0.18	0.31*	0.31*
Densidad aparente	0.24	0.22	0.22	0.19	0.14
Arcilla	0.78**	0.53**	0.27	0.45*	0.45*
Limo	-0.28*	-0.13	-0.07	0.01	0.15
Arena	-0.72**	-0.54**	-0.26	-0.55**	-0.67**
Materia orgánica	-0.31*	-0.18	-0.08	-0.10	-0.02

Destaca que el contenido de limos no muestre relación significativa, a pesar de la alta proporción existente en los suelos analizados, lo que podría deberse a la amplia o escasa variedad de limos, con tamaños de partícula en algunos casos próximos a las arcillas y en otros a las arenas. Igualmente, los contenidos de materia orgánica no muestran relaciones significativas, lo que puede indicar que su relación con los contenidos de humedad es más compleja.

También se observa que la cantidad de agua del suelo está relacionada con la profundidad del perfil edáfico (Tabla 2), apreciando que a mayor profundidad mayor contenido hídrico, siendo la relación especialmente significativa en seco. Sin embargo la relación aparece más débil con cantidades de agua medias (estado húmedo), debido a que en estas condiciones la variabilidad espacial del agua es mayor (Llorens et al., 2003).

En áreas de estudio con características similares a las de este trabajo, Ceballos Barbancho et al. (2005) encuentran que ante unas condiciones de homogeneidad climática, es la composición granulométrica, fundamentalmente la porción fina, la principal variable que explica los patrones espacio-temporales de distribución de la humedad.

3.2 Dinámica del agua de edáfica.

Para analizar la dinámica del agua entre diferentes cubiertas se han utilizado cuatro estaciones de Parapuños, dos de Cuartos y dos del Naranjero, y sus valores medios diarios en los 10 primeros centímetros de suelo, ya que es la zona del perfil edáfico donde se dan las mayores variaciones de agua.

El periodo analizado permite observar estados hídricos muy contrastados, en los que se aprecia que la dinámica del agua entre diferentes cubiertas es compleja, ya que en cada finca se da una situación distinta.

Teniendo en cuenta los contenidos hídricos medios del conjunto del periodo analizado, las mayores diferencias entre cubiertas ocurren en el Naranjero, donde la cantidad media de agua bajo la copa de encina ($0.108 \text{ m}^3/\text{m}^3$) es siempre menor que en pastizal ($0.154 \text{ m}^3/\text{m}^3$). Lo mismo sucede en Parapuños, donde la cantidad de agua bajo copa ($0.163 \text{ m}^3/\text{m}^3$) es menor que pastizal ($0.188 \text{ m}^3/\text{m}^3$), aunque esta situación no se da durante todo el periodo. Sin embargo, en Cuartos sucede lo contrario, el contenido de agua bajo copa de encina ($0.185 \text{ m}^3/\text{m}^3$) supera sensiblemente al contenido de agua en pastizal ($0.166 \text{ m}^3/\text{m}^3$), aunque las cantidades también varían dependiendo de las condiciones ambientales. Si se compara la cubierta de retama con la de pastizal, se observa que bajo retama hay menos humedad ($0.154 \text{ m}^3/\text{m}^3$) que en pastizal ($0.170 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

El periodo analizado puede ser dividido en dos intervalos temporales en los que se identifican 2 escenarios (Tabla 3).

Tabla 3. Valores estadísticos de cada estación en sus 10 primeros centímetros. Pp = Precipitación (mm); P = Periodo; Valores en m^3/m^3 .

	Periodo 1 (1 Julio 2010 – 31 Octubre 2010) (n = 123)				Periodo 2 (1 Noviembre 2010 – 31 Enero 2011) (n = 92) *(n = 76)	
	Media		Desv. Est.		Pp (mm)	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
C_Tr	0.111	0.284	0.044	0.085	77.0	327.8
C_Pa	0.073	0.290	0.049	0.081	77.0	327.8
N_Tr	0.042	0.197	0.026	0.043	68.4	251.2
N_Pa	0.076	0.259	0.048	0.042	68.4	251.2
P_Tr	0.115	0.242*	0.044	0.099*	113.5	241.6
P_Pa_I	0.113	0.308*	0.055	0.119*	113.5	241.6
P_R	0.088	0.241	0.047	0.072	113.5	241.6
P_Pa_II	0.093	0.272	0.049	0.061	113.5	241.6

Un periodo estival caracterizado por la escasez de precipitaciones, que da lugar a una estabilidad hídrica edáfica con una suave tendencia descendente hasta el momento en que comienzan las lluvias. Y una fase en la que la intermitencia de las precipitaciones produce variaciones en los contenidos hídricos del suelo, hasta alcanzarse situaciones prácticamente de saturación.

Durante el primer periodo se observan dinámicas diferentes en las mismas cubiertas de vegetación, llegando incluso a ser opuestas entre unas fincas y otras, como en el caso de Cuartos y el Naranjero (Tabla 3), donde ocurren los mayores contrastes.

Las diferencias entre las distintas cubiertas de las fincas son significativas dependiendo del periodo analizado y del área de estudio (Tabla 4), lo que podría estar causado por la desigual distribución de la precipitación entre las fincas,

por la interceptación vegetal, o las distintas propiedades físicas de los suelos. Destaca que en el Naranjero las diferencias entre arbolado y pastizal son siempre significativas, mientras que en el resto de fincas y para el conjunto de éstas no es así.

Tabla 4. Kruskal-Wallis ANOVA entre las distintas fincas y sus cubiertas de arbolado y pastizal. All_Pa = Todas las fincas Pastizal; All_Tr = Todas las fincas Árbol; ns = no significativo; * $p < 0.001$.

	C_Pa		N_Pa		P_Pa		All_Pa	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
C_Tr	*	ns						
N_Tr			*	*				
P_Tr					ns	*		
All_Tr							ns	*

En Cuartos las mayores diferencias se dan durante el periodo estival, donde se aprecia mayor contenido hídrico medio bajo el árbol (Tabla 3), lo que podría favorecer un mantenimiento del pastizal durante más tiempo. Sin embargo, estas diferencias desaparecen cuando las lluvias comienzan a producirse con mayor frecuencia, igualándose la dinámica de ambas estaciones (Fig. 2).

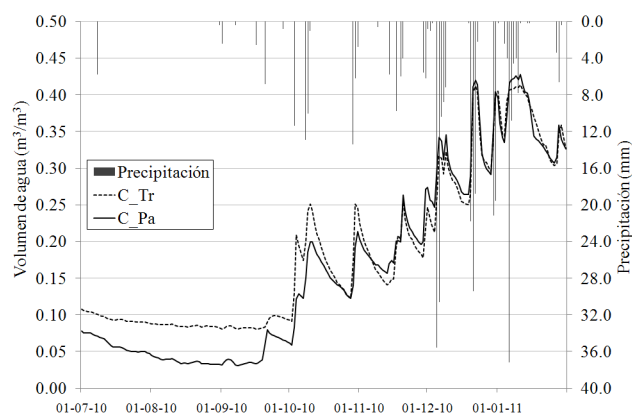


Fig. 2. Evolución del agua edáfica en los 10 primeros cm de suelo en pastizal y bajo encina, en Cuartos.

En el Naranjero siempre hay menor contenido hídrico bajo el árbol que en el pastizal (Fig. 3), siendo sus diferencias más acusadas durante el segundo periodo analizado (Tabla 3). Además, al contrario de lo que sucede en Cuartos o Parapuños, las respuestas a las precipitaciones suelen ser más suaves bajo árbol, lo que puede estar causado por la interceptación. Sin embargo, esto no sucede para lluvias de alta intensidad (Fig. 3).

Teniendo en cuenta el conjunto del periodo y la totalidad de las estaciones analizadas en este estudio, los valores de humedad más bajos se dan en el Naranjero, lo que podría estar relacionado con el consumo de agua por parte del pastizal, ya que en esta finca se da una elevada producción de pastos.

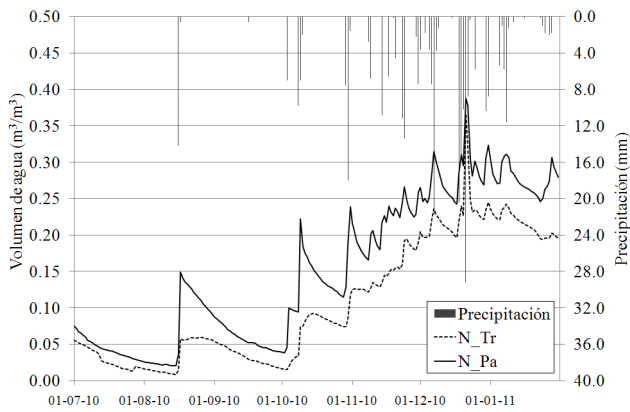


Fig. 3. Evolución del agua edáfica en los 10 primeros cm del suelo en pastizal y bajo encina, en el Naranjero.

En Parapuños, las diferencias de humedad entre las estaciones probablemente estén marcadas por la tipología de los suelos, ya que las principales semejanzas se aprecian entre las estaciones ubicadas en depósitos coluviales y entre las que están sobre pizarras.

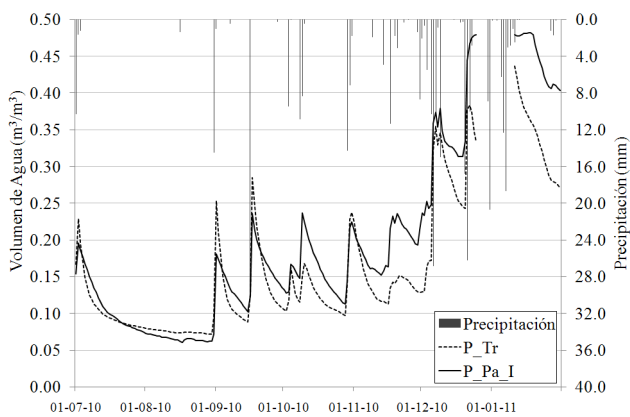


Fig. 4. Evolución del agua edáfica en los 10 primeros cm de suelo bajo encina y pastizal, en Parapuños.

La dinámica del agua edáfica en esta finca bajo copa de encina y pastizal puede apreciarse en la Fig. 4. Se observa que la respuesta es similar durante la época estival, sin embargo con el inicio de las lluvias en otoño el contenido de agua bajo el árbol comienza a ser menor (Tabla 3), apreciándose unos ascensos y descensos hídricos más pronunciados, lo que puede estar causado por un drenaje más eficiente del suelo bajo árbol o por la existencia de flujo a través de macroporos (Van Schaik, 2010), lo cual afectaría a la velocidad y a la forma de humectarse del suelo.

Los valores entre Retama y Pastizal son bastante parecidos en ambos periodos, alcanzándose las mayores diferencias durante el periodo más húmedo (Tabla 3).

Para contrastar la validez de las mediciones tomadas por las estaciones de humedad y determinar su representatividad se realizaron mediciones puntuales con TDR bajo copa de encinas y fuera de ella, en dos fincas y en diferentes fechas (Tabla 5). A pesar de tratarse de mediciones realizadas en condiciones de humedad altas, los

resultados muestran unas situaciones muy parecidas a las comentadas anteriormente, es decir, que existe una clara diferencia entre bajo copa/fuera de copa en el Naranjero, donde las diferencias hídricas entre coberturas son claras; mientras que en Cuartos las diferencias no son significativas para esta época del año.

Tabla 5. Comparación entre los valores de humedad medios bajo copa y en pastizal de las mediciones manuales con TDR (m^3/m^3), y resultado del test de student con el nivel de significación.

Finca y Fecha	Pastizal	Árbol	n	p
Cuartos				
11/01/2011	0.315	0.301	100	0.250272
07/02/2011	0.272	0.265	100	0.348746
Naranjero				
16/12/2011	0.267	0.253	100	0.067683
12/01/2011	0.306	0.271	100	0.000479
02/02/2011	0.284	0.232	100	0.000001
02/03/2011	0.228	0.184	102	0.000000

En algunos trabajos llevados a cabo en dehesa, donde se ha estudiado el comportamiento de la humedad del suelo en relación con diferentes cubiertas vegetales y usos, autores como Joffre y Rambal (1988) concluyeron que en los primeros centímetros del suelo la cantidad de agua bajo copa de árbol es mayor que en espacios abiertos fuera de copa, debido a que la materia orgánica aportada por el árbol mejora siempre la capacidad de retención hídrica del suelo, sin embargo los resultados de la tabla 2 no parecen confirmar esta apreciación en los casos estudiados. Además, la interceptación producida por la copa de los árboles (Mateos Rodríguez et al., 2001; Martínez Fernández, 2006) puede hacer que bajo ellos el suelo tenga un menor contenido de agua (Lavado Contador et al., 2006; Martínez Fernández et al., 2007). Asimismo, la materia orgánica originada por el árbol produce sustancias hidrófobas, lo que puede reducir la infiltración y aumentar la escorrentía (Schnabel et al., en revisión). Por otro lado, la producción de pasto puede ser mayor bajo la copa del árbol que fuera de ésta debido al efecto del sombreado (Moreno, 2008), por lo que también podría verse incrementado el consumo de agua.

En trabajos como el de Martínez Fernández et al. (2007), se concluye que en espacios arbolados como la dehesa se producen, incluso en la capa más superficial del suelo (5 primeros cm), déficits hídricos con mayor intensidad y duración que en espacios con otro tipo de cubierta vegetal, y que en espacios donde la presencia arbórea es predominante siempre hay menos agua. Resultados similares también han sido encontrados por Llorens et al. (2003), donde han observado que los suelos más secos se encuentran bajo bosque.

En otros trabajos se pone de manifiesto la importancia que la tipología y densidad vegetal ejercen sobre el contenido hídrico del suelo, ya que la concentración/dispersión de individuos y el tipo de especie (principalmente de hoja caduca o perenne) pueden condicionar la cantidad de agua que llega al suelo. Por ejemplo, Martínez Fernández et al. (2007) observan que la tipología vegetal ejerce una influencia en la evolución del

contenido de agua edáfica que puede superar, incluso, a la de los factores climáticos. En un estudio realizado en Reino Unido, Nisbet (2005) afirma que la cantidad de agua utilizada de forma individual por un árbol tiende a ser mayor y más variable que la de una masa forestal uniforme, debido a que un individuo aislado normalmente tiene una mayor biomasa que sostener y estará afectado por una mayor evapotranspiración.

4.- Conclusiones

Con este trabajo se ha podido observar que los contenidos hídricos de los suelos estudiados están muy influenciados por sus características edáficas texturales, principalmente por las arcillas y arenas, siendo menos importante el contenido de limos.

En trabajos recientes en los que se estudia la influencia de la vegetación sobre el agua edáfica en dehesa se concluye que en los primeros centímetros de suelo, bajo la copa de los árboles, suele haber menor cantidad de agua que en los espacios adyacentes, lo que normalmente se atribuye a la interceptación del árbol. Sin embargo en este trabajo, a pesar de analizar un breve periodo temporal, se ha podido observar que este comportamiento es mucho más complejo, y que las cantidades de agua bajo los árboles y fuera de ellos son muy variables a lo largo del periodo de estudio, dándose varias situaciones en una misma estación de humedad, lo que podría ser debido a una gran variabilidad de factores como por ejemplo la humedad antecedente del suelo o la cobertura y forma de la copa del árbol.

Las mediciones de humedad de forma continua ofrecen un gran potencial que debe ser aprovechado para intentar determinar qué factores son los que más influyen en las variaciones de humedad entre distintas coberturas vegetales. El conocimiento de estos factores es importante para determinar el contenido hídrico del suelo en diferentes situaciones espacio-temporales y poder optimizar la producción de pastizal.

Agradecimientos. El autor quiere destacar que este trabajo ha sido posible gracias a una beca de *Formación de Personal Investigador* (BES-2009-011964) concedida por el Ministerio de Ciencia e Innovación, y a la financiación del proyecto de investigación *Evaluación y Modelización Integral de la Degradación de Dehesas y Pastizales* (CGL-2008-01215).

5.- Bibliografía

Blanco Castro, E., Casado González, M. Á., Costa Tenorio, M., Escribano Bombín, R. y García Antón, M. (2005). *Los bosques ibéricos: una interpretación geobotánica*. Barcelona, Planeta. 597 pp.

Bosch, J. M. y Hewlett, J. D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*. 55: 3-23.

Ceballos Barbancho, A., Martínez Fernández, J., Hernández Santana, V., Morán Tejada, C. y Casado Ledesma, S. (2005). Variabilidad espacio-temporal de la humedad del suelo en el sector semiárido de la cuenca del Duero (España). *Cuatrenario y Geomorfología*. 19 (3-4): 63-77.

Cubera, E. (2006). Dinámica del agua edáfica y distribución radicular en dehesas. Tesis Doctoral. Departamento de Biología y Producción de los Vegetales. Plasencia, Cáceres. Universidad de Extremadura. 171 p

FAO (1998). *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil

Resources Reports. 84. Roma, FAO. pp.

García Navarro, A. (1995). Los suelos. En: J. A. Devesa Alcaraz. *Vegetación y flora de Extremadura*. Badajoz, Universitas: 49-78.

Joffre, R. y Rambal, S. (1988). Soil water improvement by trees in the rangelands of southern Spain. *Oecologia Plantarum*. 9 (4): 405-422.

Lavado Contador, J. F., Maneta López, M. y Schnabel, S. (2006). Prediction of near-surface soil moisture at large scale by digital terrain modeling and neural networks. *Environmental Monitoring and Assessment*. 121: 213-232.

Llorens, P., Latron, J. y Gallart, F. (2003). Dinámica espacio-temporal de la humedad del suelo en un área de montaña mediterránea. Cuencas experimentales de Valcebre (Alto Llobregat). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. VI: 71-76.

Martínez Fernández, J. (2006). *Cambios en la cubierta vegetal y recursos hídricos: un análisis de la interceptación en la Cuenca del Duero*. Congreso homenaje al Douro/Duero y sus ríos: memoria, cultura y porvenir. F. N. C. Agua. Zamora.

Martínez Fernández, J., Cano, A., Hernández Santana, V. y Morán Tejada, C. (2007). Evolución de la humedad del suelo bajo diferentes tipos de cubierta vegetal en la cuenca del Duero. *Estudios en la Zona No Saturada*. VIII: 275-280.

Mateos Rodríguez, A. B. y Schnabel, S. (2001). Rainfall interception by holm oaks in mediterranean open woodland. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 27: 27-38.

McCulloch, S. G. y Robinson, M. (1993). History of forest hydrology. *Journal of Hydrology*. 150: 189-216.

Moreno, G. (2008). Response of understory forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 123: 239-244.

Nisbet, T. (2005). Water use by tree. *Forestry Commission*. Edinburgh. <http://www.forestry.gov.uk/>

Robinson, D. A., Campbell, C. S., Hopmans, J. W., Hornbuckle, B. K., Jones, S. B., Knight, R., F., O., Selker, J. y Wendroth, O. (2008). Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories: a review. *Vadose Zone Journal*. 7: 358-389.

Schnabel, S. (1998). La precipitación como factor en los procesos hidrológicos y erosivos. Análisis de datos de Cáceres capital. En: S. Schnabel, D. Gómez AmeliayA. Ceballos Barbancho. *Hidrología y erosión de suelos*. Cáceres, Norba. Revista de Geografía. X: 137-152.

Schnabel, S. (2001). Efectos del arbolado y de los animales controlados en la conservación/degradación del suelo de la dehesa. En: P. Campos Palacin. *Beneficios comerciales y ambientales de la repoblación y la regeneración del arbolado del monte mediterráneo*, Instituto de Economía y Geografía, y Centro de Investigaciones Forestales: 143-163.

Schnabel, S., Pulido Fernández, M. y Lavado Contador, J. F. (2009). The availability of water in ranches of mediterranean type climate. En: A. Romero Díaz, F. Belmonte Serrato, F. Alonso SarriayF. López Bermúdez. *Avances en estudios sobre desertificación*. Murcia, Editum: 729-732.

Schnabel, S., Pulido Fernández, M. y Lavado Contador, J. F. (en revisión). Soil water repellency in rangelands of Extremadura (Spain) and its relationship with land management. *Catena*.

Van Schaik, L. (2010). The role of macropore flow from plot to catchment scale. A study in a semi-arid area. Tesis Doctoral. Utrecht. Faculty of Geosciences, Utrecht University. 174 pp