

EVOLUCIÓN ESTACIONAL DEL ESTADO HÍDRICO DE BRINZALES DE ALCORNOQUE BAJO DISTINTO GRADO DE ILUMINACIÓN

M^a Dolores Jiménez Escobar¹, Jaime Puértolas Simón², José Alberto Pardos Carrión³ y Marta Pardos Miguez¹

¹ CIFOR-INIA. Ap. Correos 8111. 28080-MADRID (España)

² CMGF El Serranillo. Ap. Correos 249. 19004-GUADALAJARA (España)

³ U.D. Anatomía, Fisiología y Genética. ETSI Montes. UPM. 28040-MADRID (España)

Resumen

Se realizó un seguimiento del estado hídrico de brinzales de alcornoque a lo largo del periodo vegetativo durante dos años consecutivos (2003-04), en cuatro parcelas de 10 m², situadas en un gradiente de luz (valores de GSF para cada parcela: A: 0,94, B: 0,75, C: 0,60 y D: 0,24), en un alcornocal localizado en la finca del Dehesón del Encinar (Toledo). Las plántulas procedían de una siembra en filas realizada en noviembre de 2002, con bellotas de la región de procedencia Montes de Toledo-Villuercas, separadas 15 cm. Las mediciones se repitieron de seis a ocho veces a lo largo del periodo vegetativo. La humedad del suelo se midió cada 20 cm, en los primeros 80 cm mediante un TDR, coincidiendo con las medidas de potencial hídrico al amanecer (Ψ_b) y al mediodía (Ψ_{min}). Se observó una evolución estacional en paralelo de la humedad en el suelo (en los primeros 20 cm) y del potencial hídrico, con mínimos estivales y posterior recuperación en otoño, aunque dicha evolución experimentó cambios ligados a las características propias de cada parcela. Así, el potencial hídrico al amanecer (Ψ_b) fue mínimo en julio, registrándose valores de -3,2 MPa en la parcela a pleno sol (A) (5,3% de humedad), frente a -2,1 MPa en la parcela más sombreada (D) (6,0% de humedad). También los potenciales al mediodía alcanzaron los valores mínimos en esa misma fecha, con valores entre -5,0 MPa (parcela A) y -3,8 MPa (parcela D). Por tanto, la parcela sometida a mayor insolación mostró una mayor sequía, tanto edáfica, como fisiológica. Por su parte, en la parcela C y en ese momento de mayor sequía ambiental y edáfica, se observó el fenómeno de la “sombra seca”, con potenciales hídricos menores que en la parcela B, aunque había mayor grado de sombra y más humedad edáfica (7,1% en C vs 6,4% en B).

Palabras clave: *Quercus suber*, Luz, Humedad edáfica, Sombra seca

INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales, la distribución de la vegetación depende de diversos factores, entre los que se encuentran la disponibilidad lumínica (GÓMEZ-APARICIO et al., 2005) y los recursos edáficos (el agua y los nutrientes) (MAESTRE et al., 2003). Además, el acceso a estos recursos

está mediado por relaciones de competencia y facilitación, que se establecen con la vegetación circundante (MAESTRE Y CORTINA, 2004).

La disponibilidad lumínica experimenta una importante discontinuidad en condiciones naturales. En este sentido, la radiación que llega al sotobosque depende, en gran medida, de la distribución de huecos en el dosel arbóreo, cuya

importancia se ha puesto de manifiesto en ambientes mediterráneos. Así, dentro de un mismo rodal, individuos próximos pueden estar sometidos a condiciones de radiación muy diferentes, por lo que desarrollarán estrategias de aclimatación diferentes (VALLADARES & GUZMÁN-ASENJO, 2006).

La disponibilidad hídrica es, asimismo, uno de los factores más determinantes del crecimiento y la distribución de las especies mediterráneas (OGAYA Y PEÑUELAS, 2006). Factores como la estructura del suelo, la pendiente, la acumulación de materia orgánica, el grado de compactación, o las relaciones de competencia y facilitación intervienen en el balance de agua en el suelo, afectando a la disponibilidad hídrica de las plantas.

Por tanto, en condiciones de campo, los diferentes factores que inciden en la regeneración natural de una especie típicamente mediterránea, como el alcornoque, pueden interaccionar de manera compleja. Así, los brinzales deberán poner en marcha mecanismos de respuesta compatibles ante situaciones de estrés múltiple.

El objetivo de este estudio es realizar un seguimiento de la evolución estacional del estado hídrico de brinzales de alcornoque, bajo un gradiente de luz y dos condiciones diferentes de competencia herbácea.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un alcornocal (Dehesón del Encinar, Toledo, 5° 6'W, 39° 58'N), donde se seleccionaron cuatro parcelas de 10m², situadas en un gradiente de luz (desde la parcela A, a pleno sol hasta la parcela D, con una cobertura arbórea importante). En noviembre de 2002 se realizó una siembra manual en filas, con bellotas de la región de procedencia Montes de Toledo-Villuercas. Las parcelas se vallaron para evitar la predación. En marzo de 2003, se dividió cada parcela en seis subparcelas, eliminándose la cobertura en tres de ellas y manteniéndose en las otras tres. La eliminación de las hierbas fue manual, una vez cada diez días, entre marzo y el agostamiento de las plantas en junio.

El ambiente lumínico se caracterizó mediante fotografías hemisféricas, realizándose 25 fotos por parcela, tomadas en los puntos de intersec-

ción de una malla de 60x60cm. A partir de las fotografías y mediante el programa Hemiview (Hemiview 2.1, Canopy Analysis Software) se calculó el índice de iluminación GSF (Global Site Factor). Dicho índice cuantifica la proporción de radiación solar total que recibe la planta. Además, se instalaron dos tubos TECANOR por parcela para el seguimiento de la humedad a lo largo del perfil del suelo (cada 20 cm), hasta una profundidad de 80 cm. Estas medidas se complementaron con las medidas de humedad en los primeros 20 cm en cada subparcela de hierba. En todos los casos, la humedad se midió por reflectometría mediante un TDR, siempre coincidiendo con las mediciones fisiológicas.

Se realizaron mediciones in situ del potencial hídrico foliar, tanto al amanecer (Ψ_{ama}), como al mediodía (Ψ_{min}), empleándose la cámara de presión (Scholander PMS 1000). Las mediciones se prolongaron durante dos periodos vegetativos (2003 y 2004).

Se realizó un análisis de medidas repetidas para el seguimiento de la humedad del suelo a lo largo del ensayo. El potencial hídrico se midió sobre las mismas plantas, en dos momentos diferentes del día. Dado que el efecto del momento de medición para el potencial hídrico resultó significativo, se analizaron por separado Ψ_{ama} y Ψ_{min} , mediante un ANOVA de tres vías, con parcela, hierbas y fecha como fuentes de variación. Además, se aplicaron regresiones lineales para explorar las relaciones entre el potencial hídrico y GSF ($\Psi = a + b_{\text{GSF}} + c_{\text{herbáceas}} + d_{\text{parcela}}$).

RESULTADOS

Se obtuvo un marcado gradiente de luz entre las cuatro parcelas ($P < 0,001$), registrándose unos valores de GSF de 0,94 (parcela A), 0,75 (parcela B), 0,60 (parcela C) y 0,24 (parcela D). Sin embargo, dentro de cada parcela, no se observaron variaciones en GSF entre las subparcelas de herbáceas.

La humedad del perfil del suelo a los 40, 60 y 80 cm varió a lo largo del tiempo, con valores significativamente menores durante el periodo estival ($P < 0,001$) y claras diferencias entre parcelas ($P < 0,001$), siendo la parcela D, con mayor cobertura arbórea, la que mostró significativa-

mente menor humedad en profundidad. Por su parte, la humedad en los 20 primeros centímetros fue menor en las dos parcelas sometidas a mayor insolación (parcelas A y B) (Tabla 1).

El potencial hídrico (Ψ_{\min} y Ψ_{\max}) mostró un patrón de variación estacional ($P < 0,001$), que fue más acusado en 2003 (año más seco) (Figura 1). Los mínimos se alcanzaron durante el perio-

do estival, siendo más marcados en el Ψ_{\min} con posterior recuperación en otoño. Dicha evolución del potencial hídrico se desarrolló en paralelo a los cambios en la humedad superficial del suelo. Los potenciales más bajos se midieron en la parcela A, de mayor insolación, siendo significativo el efecto de la interacción fecha x parcela ($P < 0,001$). Además, se observó un efecto

Parcela	Hierba/No hierba	13 May '03	24 Jun '03	6 Nov '03	17 May '04	17 Jun '04
A	H	6,5±0,5	5,3±0,4	28,2±0,0	8,5±0,3	6,1±0,3
	NH	11,6±0,3 c	5,4±0,4 c	27,8±0,0 a	12,5±0,3 b	b
B	H	7,1±0,2	6,2±0,1	21,4±0,4	10,8±0,2	6,1±0,2
	NH	10,7±0,1 c	6,6±0,2 b	20,5±0,9 c	11,5±0,5 b	8,3±0,8 b
C	H	12,0±0,5	6,2±0,2	24,6±0,7	17,6±1,8	10,3±0,5
	NH	15,7±0,7 a	8,1±0,6 a	26,0±0,2 b	21,5±0,8 a	10,6±0,4 a
D	H	11,8±1,4	6,0±0,2	20,5±1,0	19,7±0,7	9,6±0,4
	NH	12,2±0,5 b	6,2±0,3 b	20,0±1,6 c	18,5±0,9 a	10,1±0,2 a

Tabla 1. Valores medios de la humedad a 20 cm de profundidad a lo largo de tiempo, en cada parcela de luz (A, B, C, D) y subparcela con (H) o sin herbáceas (NH)

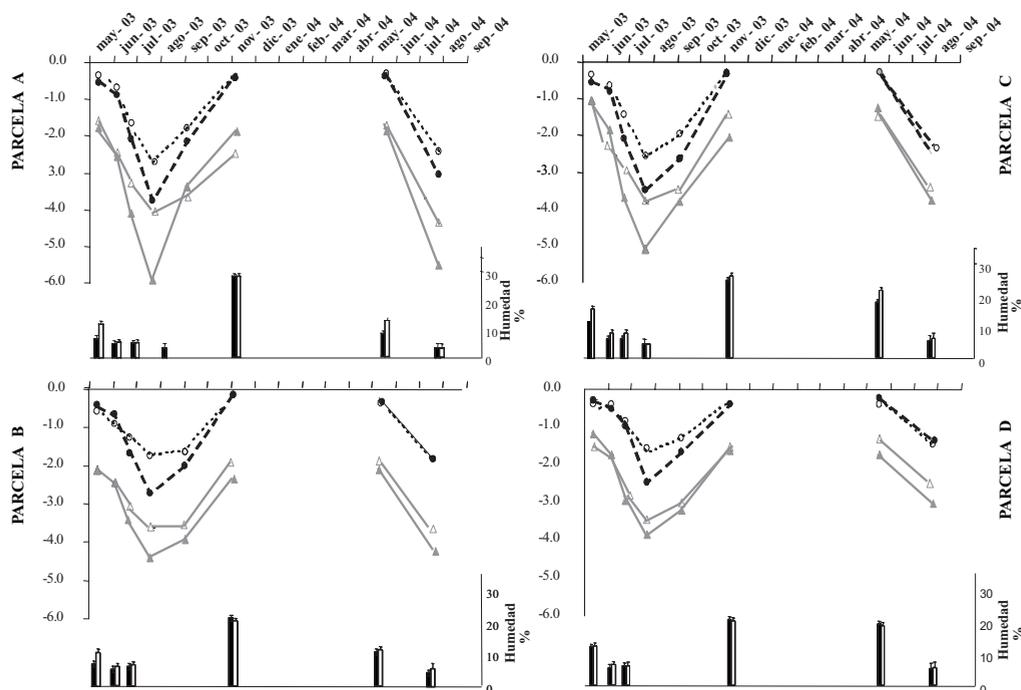


Figura 1. Evolución del potencial hídrico ($n = 6 \pm SE$) al amanecer (línea discontinua) y al mediodía (línea continua), en plantas crecidas en presencia de herbáceas (●▲) o sin ellas (○△). Los diagramas de barras representan la evolución de la humedad a 20 cm de profundidad, en las subparcelas con hierba (■) y sin hierba (□)

significativo del tratamiento de herbáceas ($P < 0,001$), con valores de Ψ_{ama} significativamente menores en las subparcelas con cobertura herbácea, entre junio y septiembre.

El potencial hídrico al mediodía (Ψ_{min}) disminuyó al aumentar la disponibilidad de luz en las distintas parcelas, considerando todo el gradiente de luz, observándose mayores pendientes en la relación Ψ_{min} vs GSF para las mediciones de verano (Figura 2). Además, en este periodo estival se observaron valores menores de Ψ_{min} para un mismo GSF en las plantas que crecieron bajo competencia herbácea.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la elevada heterogeneidad entre parcelas, tanto en las condiciones de luz como de suelo. Dicha heterogeneidad espacial está íntimamente relacionada con los procesos implicados en el establecimiento de nuevas plantas (MAESTRE *et al.*, 2006). La disponibilidad de luz osciló entre el 94% (Parcela A) y el 25% (Parcela B) respecto a pleno sol, valores que cubren todo el rango medido en bosques esclerófilos mediterráneos (OLIVEIRA & PEÑUELAS, 2001; QUERO *et al.*, 2004). Respecto a las propiedades del suelo, la parcela sin cobertura arbórea (Parcela A) mostró menor porcentaje de materia orgánica, en contraste con las parcelas situadas bajo el dosel,

que acumularon mayor cantidad de materia orgánica y hojarasca, en consonancia con observaciones en ambientes mediterráneos (MAESTRE *et al.*, 2003).

El estado hídrico de los brinzales mostró un fuerte patrón estacional, ligado a la sequía estival y la posterior recuperación tras las lluvias otoñales, que ha sido ampliamente descrito en ambientes mediterráneos (LLORENS *et al.*, 2003), y en particular para el alcornoque (SERRANO *et al.*, 2005; PARDOS, 2000; FARIA *et al.*, 1996). Dicho estado hídrico se vió afectado por la disponibilidad de luz, observándose los valores menores de Ψ_{ama} en la parcela A, a pleno sol y los mayores en la parcela de más sombra (Parcela D). La exposición a la radiación solar directa afecta siempre más negativamente al potencial hídrico, cuando se compara con plantas crecidas bajo el dosel arbóreo (ELLSWORTH & REICH, 1992; COLL *et al.*, 2003). Sin embargo, la significación de dicha relación negativa entre el potencial hídrico y la luz varió a lo largo del tiempo. Así, durante el periodo estival, se observó en la parcela C, de media sombra (GSF de 0.60), el fenómeno de la “sombra seca” (VALLADARES, 2001). En dicha parcela C y durante el verano, un mayor grado de sombreado no pareció disminuir el estrés hídrico que experimentaban los brinzales, que mostraron valores de Ψ_{ama} menores que en la parcela B, de media luz. Sin embargo, este fenómeno no se observó en la parcela de mayor sombra (Parcela D); por

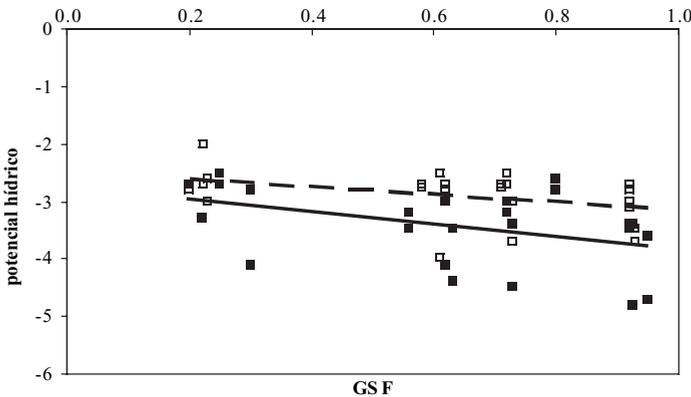


Figura 2. Relación entre la disponibilidad de luz (expresada mediante GSF) y el potencial hídrico al mediodía, en las subparcelas con hierba (■) y sin hierba (□), en la medición de verano. ($\Psi_{min} = a + b_{GSF} + c_{herbáceas}$). $P_{hierbas} < 0,001$, $P_{GSF} < 0,0001$. Parcelas de hierba: $P < 0,005$, $R^2 = 0,3175$. Parcelas sin hierba: $P < 0,01$, $R^2 = 0,2272$

tanto, otros factores inherentes a la parcela C son responsables de este fenómeno. Entre ellos, habría que mencionar, por una parte, la mayor densidad de brinzales en verano, asociada a una mayor supervivencia en esa parcela; y por otra, la composición específica del sotobosque, en que abundaron más las especies arbustivas. Ambos factores, influyeron negativamente sobre el balance hídrico.

Por último, la presencia del estrato herbáceo amplificó los efectos negativos de la sequía estival, con independencia de la cobertura arbórea.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con financiación del proyecto AGL AGL2001-2720 del Plan Nacional I+D+I (2002-2004).

BIBLIOGRAFÍA

- COL, L.L.; BALLANDIER, P.; PICON-COCHARD, C.; PREVOSTO, B. & CURT, T.; 2003. Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different Light and vegetation composition conditions. *Ann. For. Sci.* 60: 593-600.
- ELLSWORTH, D.S. & REICH, P.B.; 1992. Water relations and gas exchange of *Acer saccharum* seedlings in contrasting natural light and water regimes. *Tree Physiol.* 10: 1-20.
- FARIA, T.; GARCÍA-PLAZAOLA, J.I.; ABADÍA, A.; CERASOLI, S.; PEREIRA, J.S. & CHAVES, M.M.; 1996. Diurnal changes in photoprotective mechanism in leaves of cork oak (*Quercus suber*) during summer. *Tree Physiol.* 16: 115-123.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; VALLADARES, F.; ZAMORA, R. & QUERO, J.L.; 2005. Responses of tree seedlings to the abiotic heterogeneity generated by nurse shrubs: an experimental approach at different scales. *Ecography* 28: 757-768.
- MAESTRE, F. & CORTINA, J.; 2004. Do positive interactions increase with abiotic stress? A test from semiarid steppe. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271: S331-S333.
- MAESTRE, F.; CORTINA, J.; BAUTISTA, S.; BELLOT, J. & VALLEJO, R.; 2003. Small-scale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems* 6: 630-643.
- MAESTRE, F.; CORTINA, J. & VALLEJO, R.; 2006. Are ecosystem composition, structure and functional status related to restoration success? A test from semiarid Mediterranean steppes. *Restor. Ecol.* 14: 258-266.
- OGAYA, R. & PEÑUELAS, J.; 2006. Contrasting foliar responses to drought in *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *Biol. Plant.* 50: 373-382.
- OLIVEIRA, G. & PEÑUELAS, J.; 2001. Allocation of absorbed light energy into photochemistry and dissipation in a semi-deciduous and an evergreen Mediterranean woody species during winter. *Aust. J. Plant Physiol.* 28: 471-480.
- PARDOS, M.; 2000. *Comportamiento de la planta de alcornoque (Quercus suber L.) producida en envase: su evaluación mediante parámetros morfológicos y fisiológicos*. Tesis Doctoral. ETSI Montes. UPM. Madrid.
- QUERO, J.L.; MARAÑÓN, T. Y VILLAR, R.; 2004. Tasas de fotosíntesis en plántulas de alcornoque y roble en distintos micrositios dentro del sotobosque. *Almoraima* 31: 101-110.
- SERRANO, L.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R. & SAVÉ, R.; 2005. Tissue-water relations of two co-occurring evergreen Mediterranean species in response to seasonal and experimental drought conditions. *J. Pl. Res.* 118: 263-269.
- VALLADARES, F.; 2001. Características mediterráneas de la conversión fotosintética de la luz en biomasa: de órgano a organismo. *En: R. Zamora y F.I. Puignaire (eds.), Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional: 67-94*. CSIC-AEET. Granada.
- VALLADARES, F. & GUZMÁN-ASENJO, B.; 2006. Canopy structure and spatial heterogeneity of light in two understory layers of an abandoned holm oak forest. *Ann. For. Sci.* 63: 1-13.