

EVOLUCIÓN ESTACIONAL DEL ESTADO HÍDRICO Y LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN UNA DEHESA DE ENCINA (*QUERCUS ILEX* SSP. *BALLOTA* (DESF.) SAMP.) DEL SUROESTE DE ESPAÑA SOMETIDA A DISTINTOS TRATAMIENTOS DE SUELO

Felipe S. Carevic Vergara, Manuel Fernández Martínez, Reyes Alejano Monje, Raúl Tapias Martín, Eva Corral Pazos de Provencs y Juan Manuel Domingo Santos

Universidad de Huelva. Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Politécnica Superior. Campus de La Rábida. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva, España). Correo electrónico: felipe.carevic@dcaf.uhu.es

Resumen

Se describió la evolución anual del estado hídrico y la producción de bellota de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en una parcela de la provincia de Huelva, suroeste de España, en relación a distintos tratamientos de suelo. Para ello se obtuvieron parámetros hídricos derivados de curvas *presión-volumen* y transpiración cuticular. Junto a ello se describió la producción de bellotas del período 2006-2007. Los parámetros hídricos analizados no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre fechas, estando comprendidos los valores de potenciales hídricos xilemáticos entre -2,7 MPa y -0,7 MPa. La transpiración cuticular presentó valores de oscilación entre 70,3 y 192,9 mmol.kg⁻¹.s⁻¹. La producción de bellota no presentó diferencias entre tratamientos de suelo, y se caracterizó por la amplia variabilidad entre individuos con valores entre 0 y 1258 g.m⁻². Los resultados reflejaron características propias de esta especie para lograr su adaptación al clima mediterráneo, logrando características de conservación hídrica durante períodos secos asociado principalmente a altos contenidos hídricos relativos y baja transpiración cuticular en este período.

Palabras clave: *Encina*, *Curvas presión-volumen*, *Transpiración cuticular*, *Producción de bellota*

INTRODUCCIÓN

La dehesa es actualmente el principal sistema agroforestal en áreas mediterráneas del suroeste de España. Se trata de una formación creada por el hombre para mantener ganadería y otros diversos aprovechamientos de índole agrosilvopastoral (RODRÍGUEZ-MOLINA et al., 2002). La encina (*Quercus ilex*), es una de las especies más representativas de estos sistemas forestales en la parte sur-occidental de la Península Ibérica. Actualmente poco se conoce de la

influencia de los tratamientos de suelo en el desarrollo de estos sistemas, tanto en sus características fisiológicas como en cuanto a la producción de bellota, por lo que, teniendo en cuenta la crisis que atraviesa el sistema debido a la falta de regeneración y a la dramática presencia de la seca, es necesario replantearse estos tratamientos buscando una gestión más acorde, que garantice la sostenibilidad de los recursos.

En ambiente mediterráneo, el principal factor limitante del establecimiento y crecimiento de las masas arbóreas es el estrés hídrico duran-

te la época estival, originado por la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas. Bajo estas condiciones desarrolla estrategias que mantienen el estado hídrico durante períodos de estrés más severo, como pueden ser la reducción del intercambio gaseoso o de la superficie foliar específica y el ajuste osmótico (TOGNETTI et al., 1998; OGAYA & PEÑUELAS, 2003).

Por ello el objetivo principal de este estudio consiste en la caracterización de la evolución anual de parámetros hídricos a través de potenciales hídricos xilemáticos, curvas *presión-volumen* y transpiración. Asimismo se describirá la producción de bellota y se intentarán relacionar las condiciones de crecimiento (parámetros climáticos) con el estado hídrico de los árboles y la producción de bellota, como herramienta fundamental de cara a la gestión de estos sistemas arbolados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una parcela ubicada en la Provincia de Huelva (Huerto Ramírez, término municipal Villanueva de los Castillejos). El clima es mediterráneo con precipitaciones medias anuales de 633,4 mm y temperatura media anual de 18,6°C. La superficie total de la parcela estudiada es de 2,93 hectáreas con una densidad de 69 pies.ha⁻¹. En ella se practicaron tres tratamientos de suelo (laboreo, siembra y testigo), con tres repeticiones, dando lugar a 9 subparcelas. Se dispuso de una estación meteorológica en la zona que registró datos diarios de precipitaciones y temperaturas durante el estudio.

Los parámetros hídricos se determinaron mediante mediciones cada 6-7 semanas desde junio 2006 hasta junio 2007. Para ello fueron seleccionados 9 individuos maduros, 3 pertenecientes a cada tipo de tratamiento de suelo. Las mediciones de potenciales hídricos xilemáticos (Ψ) fueron realizadas utilizando una cámara de presión (Model 1000, PMS Instruments, Corvallis, USA). Los ramillos, dos por árbol, eran cortados entre 1 y 1,5 horas después de amanecer, conservados en oscuridad y refrigeración hasta su traslado al laboratorio en una bolsa plástica, para evitar su deshidratación y estabilizar su potencial hídrico. Adicionalmente, y en el mismo momento, se muestrearon 2-3 ramillos por árbol que fueron uti-

lizados para la confección de curvas *presión-volumen* y las mediciones de transpiración cuticular.

Para la confección de curvas *presión-volumen* se tomaron un total de 9 ramillos por fecha, uno por árbol. El método de transpiración libre (ROBICHAUX, 1984) fue el utilizado para la obtención de datos, que consistió en medir ψ y el peso fresco (PF) del ramillo en períodos cortos de tiempo a temperatura constante, hasta su deshidratación. Posteriormente los ramillos fueron llevados a estufa a 70°C para determinar su peso seco (PS) y el contenido hídrico relativo. Una vez confeccionadas las curvas *presión-volumen* se obtuvieron los siguientes parámetros: potencial osmótico a máxima turgencia ($\psi\pi_{100}$), potencial osmótico a turgencia cero ($\psi\pi_0$), contenido hídrico relativo a turgencia cero (CHR_0) y contenido hídrico relativo apoplástico (CHR_a).

En el mismo período de muestreo que los parámetros hídricos y siguiendo el procedimiento de cálculo de transpiración descrito en QUISENBERRY et al. (1982), se procedió a obtener dos hojas maduras de cada uno de los 9 árboles que, dispuestas sobre su superficie abacial, se dejaron transpirar libremente durante siete horas, a la vez que se medía el PF a intervalos de tiempo regulares. Dicha metodología permitió la confección de curvas de descenso de transpiración, las cuales permiten el cálculo del tiempo transcurrido y el contenido hídrico relativo en el punto de cierre estomático (CHR_c). Los datos obtenidos fueron usados para obtener la transpiración cuticular (E_c) dada por la razón entre la pendiente de la recta de regresión (PF vs tiempo) y la superficie foliar de cada hoja ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) y CHR_c . Además, una vez determinado el PS de la muestra en estufa, se determinó el área foliar específica (SLA) por medio de la razón entre superficie foliar y el peso seco foliar ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$). Cada uno de los parámetros hídricos obtenidos se sometieron a un test de análisis de la varianza univariante de dos factores (fecha y tratamiento de suelo). Para diferencias entre subgrupos se aplicó un análisis HSD de Tukey, en el caso de que éstas resultasen significativas ($p\leq 0,05$).

La cuantificación de la producción de bellotas (PB) se realizó en 18 árboles, 9 de los cuales corresponden a los utilizados para las mediciones de parámetros hídricos. Para ello se dispusieron 4 contenedores en cada orientación

de 0,45 m de diámetro. La recogida de bellotas se realizó entre Octubre-2006 y Enero-2007. Una vez en el laboratorio se procedió a la cuantificación numérica de PB expresados en g.m². Los datos de PB presentaron una distribución libre por lo que se recurrió al test no paramétrico Kolmogorov- Smirnov. Las pruebas estadísticas se realizaron mediante el software SPSS versión 14.0.

RESULTADOS

Los valores de ψ estuvieron comprendidos en un rango de $-2,6 \pm 0,4$ a $-0,7 \pm 0,2$ MPa, presentando marcadas variaciones entre períodos (Figura 1).

Las variaciones estacionales de los parámetros de las curvas *presión-volumen* se hallan

reflejados en la tabla 1. No se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos de suelo para los parámetros hídricos. Sin embargo se encontraron diferencias entre fechas para todos los parámetros hídricos. La figura 2 muestra el curso estacional de la transpiración cuticular, CHR_c y SLA. La producción individual de los árboles muestreados destacó por su amplia variabilidad con un rango de valores comprendidos entre 0 y 1258 g FM.m². Los valores de producción media por tratamiento fueron de $492,82 \pm 230,89$ g FM.m² para las encinas testigo, $280,20 \pm 95,63$ y $243,43 \pm 27,04$ g FM.m² para los tratamientos de laboreo y siembra respectivamente. No fueron halladas diferencias significativas entre los tratamientos de suelo para PB ($p > 0,05$). Se apreció una correlación significativa ($p < 0,05$) entre ψ medido en el centro del verano y PB ($r^2 = 0,51$) (Figura 3).

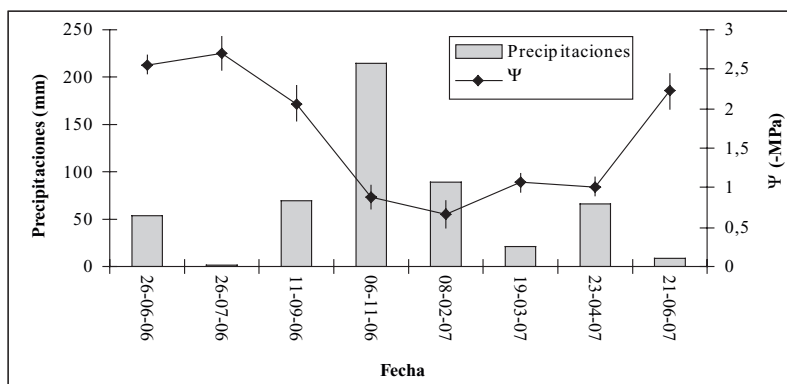


Figura 1. Evolución estacional del potencial hídrico xilemático (ψ) media \pm ET, y las precipitaciones registradas durante los 30 días anteriores a la medición

Fecha	$\Psi\pi_{100}$ (MPa)	$\Psi\pi_0$ (MPa)	CHR ₀ (%)	CHR _a (%)
26 – junio – 06	$-1,32 \pm 0,5$ a	$-2,02 \pm 0,4$ a	$88,00 \pm 9,20$ b	$70,67 \pm 9,16$ b
26 – julio – 06	$-1,92 \pm 0,5$ b	$-2,60 \pm 0,1$ b	$81,08 \pm 5,74$ ab	$66,58 \pm 9,76$ b
11 – septiembre – 06	$-1,32 \pm 0,3$ a	$-2,51 \pm 0,1$ ab	$86,53 \pm 5,84$ b	$73,21 \pm 7,70$ b
6 – noviembre – 06	$-1,47 \pm 0,5$ a	$-2,65 \pm 0,2$ b	$81,67 \pm 9,87$ ab	$62,78 \pm 3,30$ b
8 – febrero – 07	$-1,21 \pm 0,5$ a	$-2,53 \pm 0,2$ b	$77,29 \pm 5,67$ ab	$62,25 \pm 4,06$ b
19 – marzo – 07	$-1,21 \pm 0,2$ a	$-2,97 \pm 0,3$ b	$75,11 \pm 6,98$ ab	$59,85 \pm 9,87$ b
23 – abril – 07	$-1,20 \pm 0,3$ a	$-2,50 \pm 0,2$ ab	$65,80 \pm 5,40$ a	$33,00 \pm 3,40$ a
21 – junio – 07	$-1,51 \pm 0,2$ a	$-2,76 \pm 0,3$ b	$80,86 \pm 5,43$ ab	$46,14 \pm 4,70$ ab
<i>p</i> (factor fecha)	0,038	0,001	0,014	0,000

Tabla 1. Parámetros deducidos de las curvas presión-volumen. Se ofrece la media \pm ET, así como el nivel de significación para el factor fecha. Valores con distintas letras difieren estadísticamente (Tukey HSD al 95%)

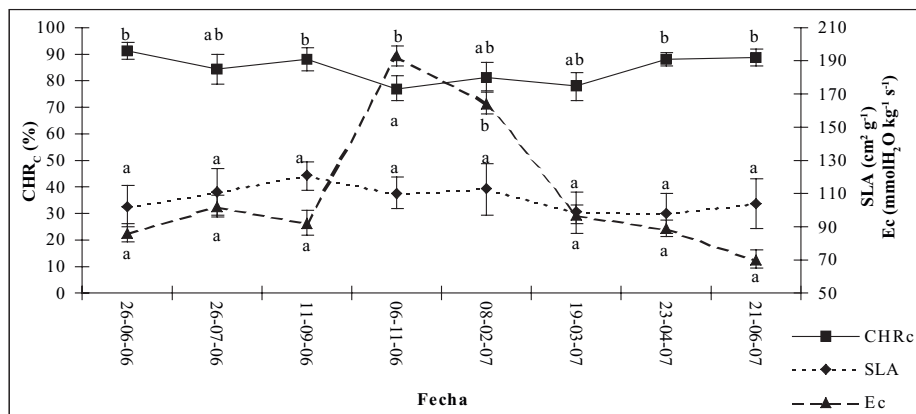


Figura 2. Evolución estacional de los valores medios ($\pm ET$) en *Quercus ilex* ssp. *ballota* de transpiración cuticular (E_c), área foliar específica (SLA) y contenido hídrico relativo al punto de cierre estomático (CHR_c). Diferencias entre fechas se denotan con letras distintas ($p < 0,05$)

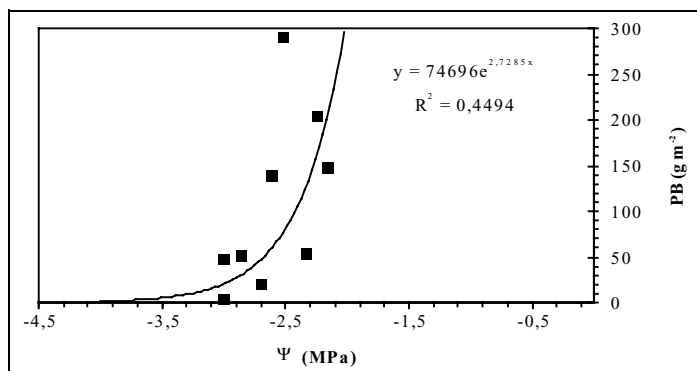


Figura 3. Relación entre producción de bellota (PB) y potencial hídrico xilemático ψ medido en el centro del verano

DISCUSIÓN

Los patrones estacionales de ψ reflejaron marcadas diferencias dependiendo, posiblemente, de las precipitaciones y las temperaturas registradas. Los valores más bajos fueron registrados en los meses de verano, a pesar de haberse registrado un verano inusualmente lluvioso con precipitaciones por encima de 100 mm. Estos datos muestran similitudes con los resultados obtenidos en MARTÍNEZ-VILALTA et al. (2002).

Los parámetros de las curvas presión-volumen obtenidos durante el estudio son del mismo grado de magnitud que otros estudios realizados en *Q. ilex* (CORCUERA et al., 2002; VILLAR-

SALVADOR et al., 2004). Nuestros resultados denotan diferencias significativas de CHR_0 a lo largo del año, apreciándose un menor valor en el mes de abril, posiblemente ligado a la edad de las hojas, puesto que en este mes aún persisten las hojas generadas el año anterior. Para los valores de $\psi_{\pi_{100}}$, se registraron diferencias tan sólo entre el valor de Julio y el resto de las fechas de muestreo. Sin embargo VILLAR-SALVADOR et al. (1998), hallaron evidencias de ajustes osmóticos en *Q. ilex* durante el período invernal, atribuido principalmente a un “auto-endurecimiento” del vegetal con fines de conservación hídrica ante la bajada de temperaturas y fotoperíodo. No obstante la variación de $\psi_{\pi_{100}}$

obtenida en este trabajo no fue mayor de 0,3 MPa. Esta referencia logra poner de manifiesto la variedad de respuestas, por la gran variabilidad ontogenética dentro de las especies de este género, lo que otorga una capacidad de respuesta fisiológica que difiere entre individuos de una misma población (GARCÍA-MOZO et al., 2007).

Las diferencias entre el alto valor de $\psi\pi_0$ de Junio del año 2006 y los registrados en los meses sucesivos, podría estar ligada a la dificultad de las encinas para establecer una etapa de recuperación tras el estrés hídrico tan severo al que se vieron sometidas durante el año 2005, todo ello sumado a las condiciones de altas temperaturas y escasas precipitaciones caídas durante el mes de Mayo. No obstante, también puede que tenga influencia la edad de las hojas medidas ya que, aunque se midió siempre en hojas maduras desarrolladas, las de junio estaban recién formadas.

Las condiciones de los parámetros referidos a E_c revelan una clara estrategia de conservación hídrica. *Quercus ilex* se caracteriza por ser una especie que en condiciones desfavorables posee atributos propios que permiten la adaptación a estrés hídrico reduciendo la pérdida de agua lo suficiente como para permitir la subsistencia en suelos áridos o períodos de sequía. En nuestro estudio esto queda patente en la disminución de E_c durante los meses más secos, condición también señalada por BAQUEDANO & CASTILLO (2006). Es de destacar también, la relación entre CHR_c y E_c . Es así que a medida que las condiciones ambientales denotaron un período desfavorable para la especie (menor disponibilidad hídrica) se produjo una reducción de las tasas de transpiración cuticular y un incremento en CHR_c , características propias de la aclimatación a climas mediterráneos.

La producción media de bellota por árbol, mostró gran variabilidad entre individuos, característica descrita anteriormente (OLEA & SAN MIGUEL-AYANZ, 2006). La producción media en el presente estudio es comparable a los datos dados en LOSSAINT & RAPP (1971) y ALEJANO et al. (2008). La correlación entre ψ medido en el centro del verano y PB nos indicaría que, al menos el 52% de la variación en la producción de bellota lo explica el estado hídri-

co en la época más desfavorable. El efecto del potencial hídrico se hace mayor cuando las condiciones de disponibilidad hídrica son menores, mientras que a ψ más altos, al no actuar el agua como limitante, otros serían los factores influyentes en la producción de bellota.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía (ref: C03-192) y por MEC-INIA (ref: SUM2006-00026-00-00). Felipe Carevic fue apoyado mediante una beca predoctoral MAEC-AECI.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEJANO, R.; TAPIAS, R.; FERNÁNDEZ, M.; TORRES, E.; ALAEJOS, J. & DOMINGO, J.; 2008. The influence of pruning and climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Ann. For. Sci.* (en prensa).
- BAQUEDANO, F. & CASTILLO, J.; 2006. Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus coccifera* and *Quercus ilex*. *Trees. Structure and Function* 20: 689-700.
- CORCUERA, L.; CAMARERO, J.J. & GIL-PELEGRÍN, E.; 2002. Functional groups in *Quercus* species derived from the analysis of pressure-volume curves. *Trees* 16: 465-472.
- GARCÍA-MOZO, H.; GÓMEZ-CASERO, M.; DOMÍNGUEZ, E. & GALÁN, R.; 2007. Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environ. Exper.* (in press).
- LOSSAINT, P. & RAPP, M.; 1971. Repartition de la matière organique, productivité et cycles des éléments minéraux dans des écosystèmes de climat méditerranéen. In: *Productivité des écosystèmes forestiers* 597-617. UNESCO. Paris
- MARTÍNEZ-VILALTA, J.; PRAT, E.; OLIVERAS, I. & PIÑOL, J.; 2002. Xylem hydraulic properties

- of roots and stems of nine Mediterranean woody species. *Oecologia* 133: 19-29.
- OGAYA, R. & PEÑUELAS, J.; 2003. Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions. *Env. Exp. Bot.* 50: 137-148.
- OLEA, L. & SAN MIGUEL-AYANZ, A.; 2006. The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe* 11: 3-13.
- QUISINBERRY, J.; ROARK, B. & MCMICHAEL, B.; 1982. Use of transpiration decline curves to identify drought-tolerant cotton germplasm. *Crop Sci.* 22: 918-922.
- ROBICHAUX, R.H.; 1984. Variation in the tissue water relations of two sympatric Hawaiian *Dubautia* species and their natural hybrid. *Oecologia* 65: 75-81.
- RODRÍGUEZ-MOLINA, M.; TORRES-VILA, C.; BLANCO, L.; PALO, A. & TORRES-ÁLVAREZ, E.; 2002. Viability of holm and cork oak seedlings from acorns sown in soils naturally infected with *Phytophthora cinnamomi*. *For. Path.* 32: 365-372.
- TOGNETTI, R.; LONGOBUCCO, A.; MIGLIETTA, F. & RRASCHI, A.; 1998. Transpiration and stomatal behaviour of *Quercus ilex* plants during the summer in a Mediterranean carbon dioxide spring. *Plant, Cell and Environment* 21: 613-622.
- VILLAR-SALVADOR, P.; 1998. Aspectos funcionales de las plantas frente a estres hídrico: comparación de diferentes estrategias. En: *Jornadas de producción de planta forestal de vivero*. Ministerio de Medio Ambiente. Valsain.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLLET, J.; PEÑUELAS, J.; JACOBS, D. & GONZÁLEZ, M.; 2004. Drought tolerance and transplanting performance of Holm Oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. *Tree Physiology* 24: 1147-1155.