



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-465

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efectos de la defoliación precoz inducida por estrés hídrico en la retranslocación de los principales nutrientes foliares en *Quercus x subpyrenaica*

IBARRA, N.¹, PEGUERO-PINA, J.J.², SANCHO-KNAPIK, D.², SAZ, M.A.³ y GIL-PELEGRÍN, E.².

¹ Unidad de Salud de los Bosques (USB); Dirección General de Gestión Forestal, Caza y Pesca. Dpto. Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gob. de Aragón. Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España.

² Unidad de Recursos Forestales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gob. de Aragón, Av. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España.

³ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

Resumen

Procesos de alteración a escala masiva del arbolado, en distinto grado y por diferentes razones, han sido puestos en evidencia en la bibliografía forestal desde las últimas décadas del siglo anterior. Estos procesos de decaimiento, algunos de los cuales han puesto en compromiso la supervivencia de ciertas especies arbóreas, han afectado en Aragón a los montes bajos de especies del género *Quercus*, tanto encinares (*Q. ilex* subsp. *ballota*) como melojares (*Q. pyrenaica*) y quejigares ibéricos (*Q. faginea*) o prepirenaicos (*Q. x subpyrenaica*).

En este último tipo de masas se detectó en amplias zonas del Prepirineo aragonés una defoliación precoz durante los veranos de 2011 y 2012, ambos años muy por debajo de los valores medios en precipitación para el territorio mencionado. Se presentan datos en esta comunicación sobre la evolución de los principales nutrientes foliares en ejemplares defoliados y no defoliados a lo largo de ambos periodos vegetativos y se analizan las consecuencias que a largo plazo podrían tener estos episodios de defoliación precoz. Entre los aspectos que pudieron ser evidenciados fue el efecto negativo de esta defoliación precoz en los niveles de nutrientes del arbolado y de la pérdida de los mismos como consecuencia de esta defoliación adelantada.

Palabras clave

Decaimiento, *Quercus*, vulnerabilidad, episodios sequía extrema, marchitamiento, nutrientes foliares.

1. Introducción

El clima global está cambiando, con una tendencia continuada hacia un aumento de la temperatura y en ciertas áreas una disminución de las precipitaciones (GIORGI & LIONELLO 2008, SHEFFIELD & WOOD 2008). XU et al. (2013) sugieren que al final del siglo XXI podría haber un incremento drástico en la proporción de superficie terrestre que puede experimentar episodios de sequía extrema. La cuenca mediterránea ha sido propuesta como una de las áreas especialmente vulnerables a estos cambios, con importantes incrementos en temperatura y aridez (RUIZ-LABOURDETTE et al. 2012, SARRIS & KOUTSIAS 2014) debido a su situación geográfica entre los climas áridos subtropicales del Norte de África y los climas nemorales de Europa Central (LIONELLO et al. 2006).

La consecuencia más probable de este fenómeno es el incremento de los procesos de muerte masiva del arbolado (ALLEN et al. 2010), con importantes repercusiones económicas (HANEWINKEL et al. 2013) y ecológicas (MA et al. 2012). En este sentido, la mayor parte de los procesos de decaimiento forestal se desencadenan por episodios climáticos extremos (NARDINI et al. 2013), tales como sequías severas (SMITH 2011), cuya incidencia podría aumentar en frecuencia e intensidad en el futuro (SAUNDERS et al. 2014). El efecto de estos episodios de sequía extrema sobre la supervivencia del arbolado puede verse incrementado por distintos factores locales tales como la

profundidad del suelo, que pueden predisponer a algunas especies o individuos mientras que otros permanecen intactos (MANION & LACHANCE 1992, PRIETO-RECIO et al. 2015).

Diversos episodios de decaimiento forestal asociados con periodos de sequía estival intensa se han registrado en áreas de la Península Ibérica bajo clima mediterráneo durante los años 80 y 90 del siglo XX (PEÑUELAS et al. 2001, CORCUERA et al. 2004a). Estos procesos de decaimiento han afectado en Aragón a los montes bajos de *Quercus*, tanto encinares (*Q. ilex* subsp. *rotundifolia*, CORCUERA et al. 2004b) como melojares (*Q. pyrenaica*, CORCUERA et al. 2006) y quejigares ibéricos (*Q. faginea*, CORCUERA et al. 2004a) o prepirenaicos (*Q. x subpyrenaica*, PEGUERO-PINA et al. 2015). En este último tipo de masas de *Q. x subpyrenaica* situadas en el Prepirineo aragonés se detectaron una gran cantidad de ejemplares afectados por un proceso de defoliación precoz durante los veranos de 2011 y 2012, ambos años con valores de precipitación muy por debajo de los valores medios para el territorio mencionado (PEGUERO-PINA et al. 2015). El fenómeno seguía un patrón espacial donde la mayor parte de los ejemplares se vieron afectados y en que se intercalaban zonas sin árboles afectados. El principal factor local que explicó la coexistencia de ambos tipos de ejemplares fue la profundidad del suelo, ya que los árboles afectados se asentaban sobre suelos con profundidades inferiores a 0,2 m, mientras que para los árboles no afectados la profundidad era mayor de 1 m en el 90% de los casos (Fig. 1, PEGUERO-PINA et al. 2015). El carácter caducifolio de esta especie hace que el proceso de defoliación precoz implique una drástica reducción en la vida útil de las hojas y, como consecuencia, en el balance neto de carbono del arbolado. Además, la defoliación precoz puede tener consecuencias en el estado nutricional del árbol afectado, ya que puede producir una merma en la capacidad de reabsorción de nutrientes, contrariamente a lo que sucede en las hojas que entran de manera natural en un proceso de senescencia. En este último caso los nutrientes son reciclados y se acumulan en las partes perennes, pudiendo ser usados directamente por el árbol, haciéndole menos dependiente de la absorción de nutrientes por las raíces (KILIC et al. 2010).

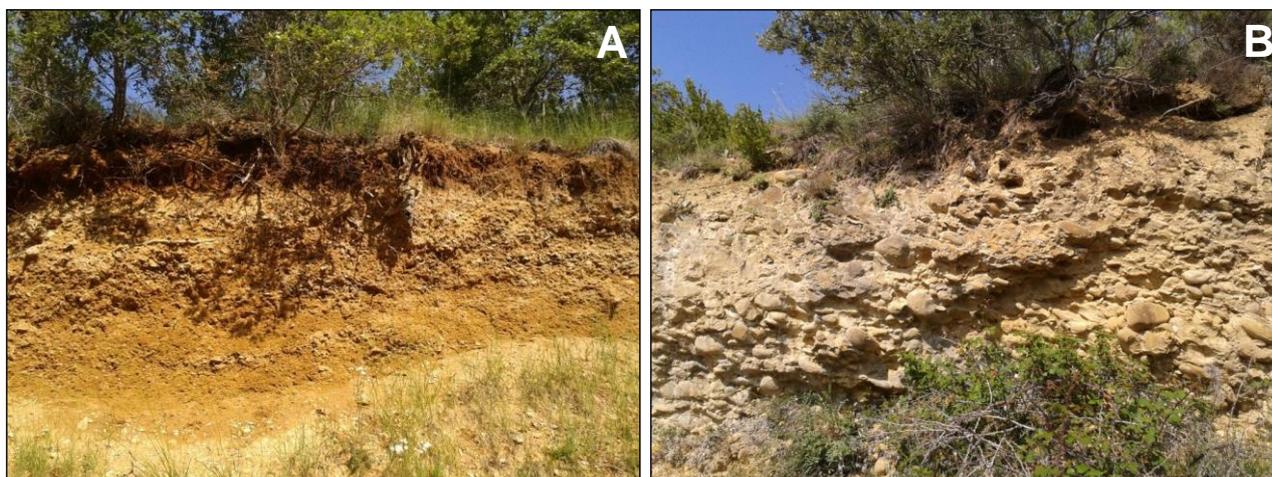


Figura 1. Suelos sobre los que se asientan los ejemplares de *Q. x subpyrenaica* no afectados (A) y afectados (B) por defoliación precoz durante los años 2011 y 2012.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio fue caracterizar la evolución de los principales nutrientes foliares en ejemplares defoliados y no defoliados de *Q. x subpyrenaica* a lo largo de los periodos vegetativos de 2011 y 2012 para:

- i/ Evaluar el efecto de la defoliación prematura en los niveles de dichos nutrientes.
- ii/ Analizar las consecuencias que podrían tener estos episodios de defoliación precoz sobre la posterior capacidad de crecimiento de los ejemplares afectados.

3. Metodología

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) fueron seleccionados como elementos referenciales de la evolución del ciclo de los nutrientes debido a su papel predominante como factor limitante para el crecimiento en la biosfera (ELSER et al. 2007). Se analizaron las concentraciones de N y P correspondientes a los periodos vegetativos de 2011 y 2012 en hojas recogidas de 5 ejemplares de *Q x subpyrenaica* afectados por defoliación precoz y en hojas de otros 5 ejemplares no afectados por defoliación precoz. El N se analizó utilizando un Analizador Elemental Orgánico (Flash EA 112, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA) y el P se determinó utilizando el plasma de acoplamiento inductivo junto con un espectrofotómetro de emisión óptico (ICP-OES Varian 725 ES, Varian Inc., CA, USA). Además se calculó la eficiencia en la reabsorción del N y P en árboles defoliados y no defoliados como el cociente entre la diferencia de la concentración del nutriente en hojas verdes menos la concentración del nutriente en hojas senescentes y la concentración de nutriente en las hojas verdes (KILIC et al. 2010).

Los datos se expresaron como valores medios \pm error estándar. El test t de Student se utilizó para comparar los valores obtenidos en árboles defoliados y no defoliados. Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS versión 8.0 (SAS, Cary, NC, USA).

4. Resultados

Las concentraciones de N y P de las hojas de los árboles afectados durante septiembre de 2011 fueron significativamente más bajas que las de los árboles no afectados durante este periodo, pero con valores muy similares a aquellos obtenidos para los árboles no afectados durante enero de 2012 (Fig. 2). Sin embargo, durante el segundo periodo vegetativo, las concentraciones de N y P fueron muy similares para ambos tipos de árboles durante junio y septiembre de 2012 y mucho más altas que los valores obtenidos en árboles no afectados durante enero de 2013 (Fig. 2).

De acuerdo con estos resultados se puede interpretar que, durante el primer periodo vegetativo, los árboles afectados podrían haber sido capaces de reabsorber en gran medida el N y el P antes del proceso de defoliación prematura. Sin embargo, el efecto del estrés hídrico sobre la hoja durante el segundo periodo vegetativo fue probablemente mucho más intenso que durante el año anterior, lo que impidió una eficaz reabsorción del N y el P antes de la defoliación. Efectivamente, el cálculo de la eficiencia en la reabsorción para el N y el P señala que ésta fue del 52% y 46% para árboles no afectados y del 46% y 70% para árboles afectados, lo que indica un grado similar de reabsorción en ambos tipos de ejemplares durante 2011 (Tabla 1). Sin embargo, durante 2012, la eficiencia en la reabsorción del N y el P fue del 64% y 74% para árboles no afectados, mientras que para los árboles afectados fue solamente del 20% y 18% (Tabla 1).

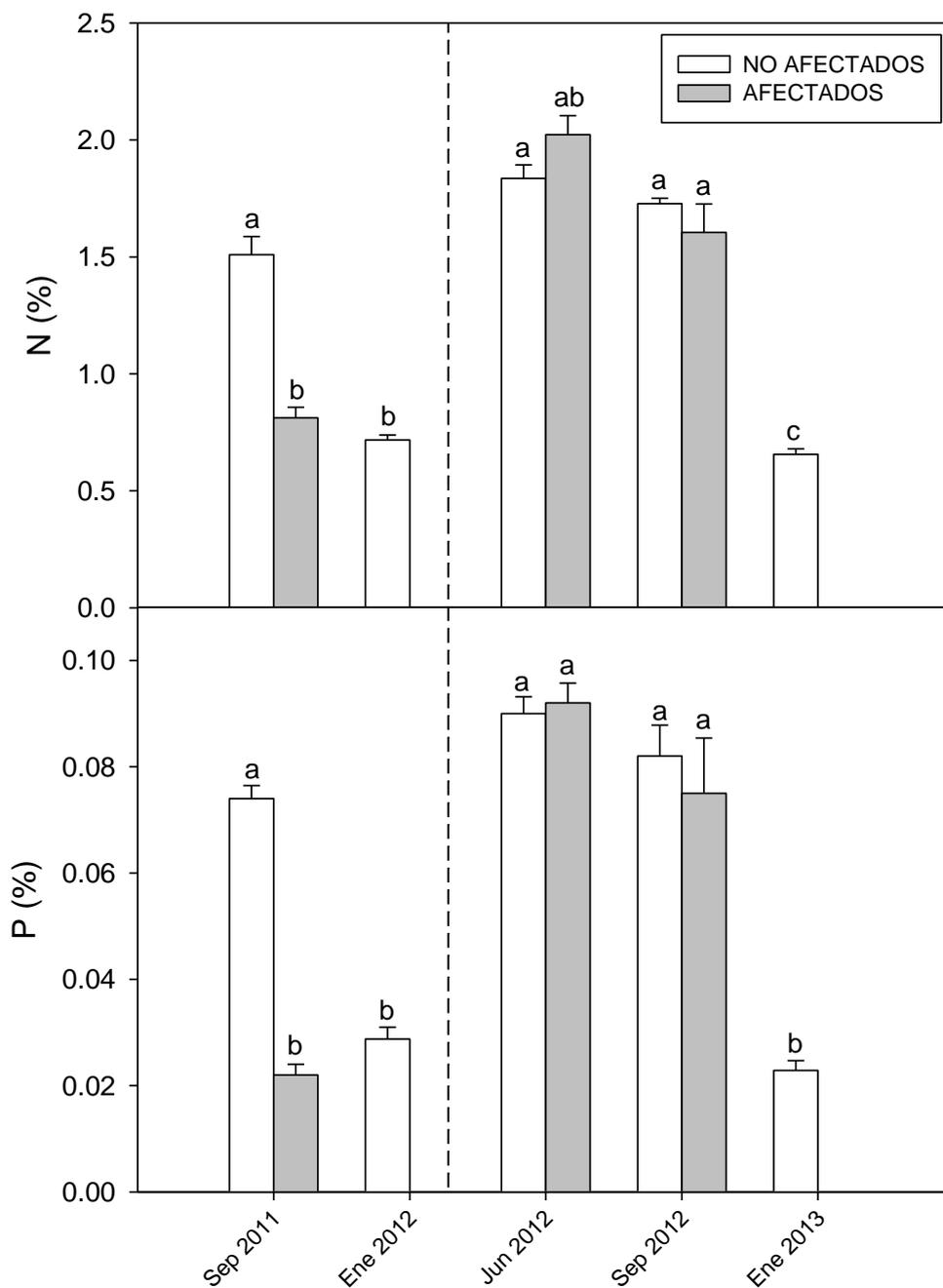


Figura 1. Concentraciones foliares (% de peso seco) de nitrógeno (N) y fósforo (P) en árboles afectados y no afectados por defoliación precoz de *Q. x subpyrenaica*. Los datos son valores medios \pm error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) dentro de cada uno de los periodos vegetativos estudiados (2011 y 2012, separados por la línea vertical discontinua). La ausencia de datos en enero de 2012 y 2013 en árboles afectados se debe a la defoliación precoz.

Tabla 1. Eficiencia de reabsorción (%) del nitrógeno (N) y del fósforo (P) en árboles afectados y no afectados por defoliación precoz de *Q. x subpyrenaica* para los años 2011 y 2012.

Reabsorción (%)	2011		2012	
	N	P	N	P
NO AFECTADOS	52	46	64	74
AFECTADOS	46	70	20	18

5. Discusión

La drástica reducción del área foliar transpirante en los árboles afectados en respuesta a la intensa sequía estival constituyó un eficaz mecanismo para evitar posteriores pérdidas de agua que generaran caídas adicionales de potencial hídrico que hubieran podido desencadenar la pérdida de conductividad hidráulica en las ramas, tal y como se detalla en PEGUERO-PINA et al. (2015). Este proceso aseguró la supervivencia de las yemas y la capacidad para producir nuevas hojas durante el siguiente periodo vegetativo. Sin embargo, a pesar de los posibles beneficios a corto plazo de este proceso de defoliación precoz en respuesta a la sequía, este fenómeno podría tener consecuencias negativas a largo plazo que podrían poner en riesgo el crecimiento y la supervivencia de estos ejemplares de *Q. x subpyrenaica*.

Por un lado, PEGUERO-PINA et al. (2015) ya pusieron de manifiesto que este proceso impedía la actividad fotosintética en los árboles afectados una vez que el periodo estival seco hubiera concluido, ya que el principio del otoño constituye un periodo muy favorable para la asimilación de carbono el clima mediterráneo (ABADÍA et al. 1996, CORCUERA et al. 2005). Por lo tanto, la utilización frecuente de la defoliación precoz para evitar la sequía podría suponer una merma en la capacidad de crecimiento del árbol (CORCUERA et al. 2006) o incluso en la muerte del mismo como resultado de desequilibrios en el metabolismo de los carbohidratos (McDOWELL et al. 2008, POYATOS et al. 2013).

Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que otra consecuencia negativa de la defoliación prematura podría ser el descenso en la capacidad de reabsorción del N y P asociado a una prematura caída de la hoja, tal y como sucedió durante el 2012 (Tabla 2). Tal y como se ha mencionado en la Introducción, los nutrientes de las hojas que entran en un proceso de senescencia natural se reciclan y se acumulan en las partes perennes, haciendo que el árbol sea menos dependiente de la absorción de nutrientes por las raíces (KILIC et al. 2010).

6. Conclusiones

La disminución en las reservas de carbohidratos (debido a un acortamiento del periodo vegetativo) y nutrientes (debido a una disminución en la capacidad de reabsorción de N y P) asociada a un aumento en la recurrencia de episodios de defoliación precoz desencadenados por eventos de

sequía estival intensa podría comprometer la capacidad de crecimiento del árbol en posteriores periodos vegetativos.

El hecho de que ejemplares co-existentes de *Q. ilex* subsp. *rotundifolia* no presentaran síntomas de defoliación incluso bajo estos episodios climáticos extremos (cf. PEGUERO-PINA et al. 2015) podría conferir un ventaja funcional a largo plazo frente a *Q. x subpyrenaica*, especialmente cuando existen factores locales de predisposición (baja profundidad de suelo) que exacerban los efectos de la sequía climática.

Teniendo en cuenta la hipótesis de un incremento en la frecuencia y magnitud de los episodios de sequía extrema (SAUNDERS et al. 2014), la incidencia acumulada de procesos de defoliación precoz podría tener un efecto negativo a largo plazo en el funcionamiento fisiológico de *Q. x subpyrenaica* en condiciones edáficas desfavorables.

7. Agradecimientos

Agradecemos a Rafael Atrián (Agente para la Protección de la Naturaleza de Uncastillo), José Sánchez, Sergio Sisó y a los miembros de la Unidad de Salud de los Bosques (Gobierno de Aragón) por su valiosa ayuda en los trabajos de campo. El trabajo de Domingo Sancho-Knapik está financiado por un contrato post-doctoral INIA-Gobierno de Aragón. Este estudio fue financiado por el proyecto AGL2010-21153 (MINECO).

8. Bibliografía

- ABADÍA, A.; GIL, E.; MORALES, F.; MONTAÑÉS, L.; MONTSERRAT, G.; ABADÍA, J.; 1996. Marcescence and senescence in a submediterranean oak (*Quercus subpyrenaica*) E. H. del Villar: photosynthetic characteristics and nutrient composition. *Plant Cell Environ* 19: 685-694.
- ALLEN, C.D.; MACALADY, A.K; CHENCHOUNI, H.; BACHELET, D.; McDOWELL, N.; VENNETIER, M.; KITZBERGER, T.; RIGLING, A.; BRESHEARS, D.D.; HOGG, E.H.; GONZALEZ, P.; FENSHAM, R.; ZHANG, Z.; CASTRO, J.; DEMIDOVA, N.; LIM, J.H.; ALLARD, G.; RUNNING, S.W.; SEMERCI, A.; COBB, N.; 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecol. Manag.* 259: 660-684.
- CORCUERA, L.; CAMARERO, J.J.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2004a. Effects of a severe drought on growth and wood anatomical properties of *Quercus faginea*. *IAWA J.* 25: 185-204.
- CORCUERA, L.; CAMARERO, J.J.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2004b. Effects of a severe drought on *Quercus ilex* radial growth and xylem anatomy. *Trees* 18: 83-92.
- CORCUERA, L.; CAMARERO, J.J.; SISÓ S.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2006. Radial-growth and wood-anatomical changes in overaged *Quercus pyrenaica* coppice stands: functional responses in a new Mediterranean landscape. *Trees* 20: 91-98.
- CORCUERA, L.; MORALES, F.; ABADÍA, A.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2005. Seasonal changes in photosynthesis and photoprotection in a *Quercus ilex* subsp. *ballota* woodland located in its upper altitudinal extreme in the Iberian Peninsula. *Tree Physiol.* 25: 599-608.
- ELSER, J.J.; BRACKEN, M.E.S.; CLELAND, E.E.; GRUNER, D.S.; HARPOLE, W.S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J.T.; SEABLOOM, E.W.; SHURIN, J.B.; SMITH, J.E.; 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary production in freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 10: 1135-1142.
- GIORGI, F.; LIONELLO, P.; 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global Planet. Change* 63: 90-104.



- HANEWINKEL, M.; CULLMANN, D.A.; SCHELHAAS, M.J.; NABUURS, G.J.; ZIMMERMANN, N.E.; 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Clim. Change* 3: 203-207.
- KILIC, D.; KUTBAY, H.G.; OZBUCAK, T.; HUSEYINOVA, R.; 2010. Foliar resorption in *Quercus petraea* subsp. *iberica* and *Arbutus andrachne* along an elevational gradient. *Ann. For. Sci.* 67: 213.
- LIONELLO, P.; MALANOTTE-RIZZOLI, P.; BOSCOLO, R.; ALPERT, P.; ARTALE, V.; LI, L.; LUTERBACHER, J.; MAY, W.; TRIGO, R.M.; TSIMPLIS, M.; ULBRICH, U.; XOPLAKI, E.; 2006. The Mediterranean climate, an overview of the main characteristics and issues. En: LIONELLO, P.; MALANOTTE-RIZZOLI, P.; BOSCOLO, R. (eds.): *Mediterranean climate variability*. 1-26. Elsevier. Amsterdam.
- MA, Z.; PENG, C.; ZHU, Q.; CHEN, H.; YU, G.; LI, W.; ZHOU, X.; WANG, W.; ZHANG, W.; 2012. Regional drought-induced reduction in the biomass carbon sink of Canada's boreal forests. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 109: 2423-2427.
- MANION, P.D.; LACHANCE, D.; 1992. *Forest decline concepts*. APS Press. St. Paul, MN.
- McDOWELL, N.G.; BEERLING, D.J.; BRESHEARS, D.D.; FISHER, R.A.; RAFFA, K.F.; STITT, M.; 2011. The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality. *Trends Ecol. Evol.* 26, 523-532.
- NARDINI, A.; BATTISTUZZO, M.; SAVI, T.; 2013. Shoot desiccation and hydraulic failure in temperate woody angiosperms during an extreme summer drought. *New Phytol.* 200: 322-329.
- PEGUERO-PINA, J.J.; SANCHO-KNAPIK, D.; MARTÍN, P.; SAZ, M.A.; GEA-IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2015. Evidence of vulnerability segmentation in a deciduous Mediterranean oak (*Quercus subpyrenaica* E. H. del Villar). *Trees* 29: 1917-1927.
- PEÑUELAS, J.; LLORET, F.; MONTOYA, R.; 2001. Severe drought effects on Mediterranean woody flora. *Forest Sci.* 47: 214-218.
- POYATOS, R.; AGUADE, D.; GALIANO, L.; MENCUCCINI, M.; MARTINEZ-VILALTA, J.; 2013. Drought-induced defoliation and long periods of near-zero gas exchange play a key role in accentuating metabolic decline of Scots pine. *New Phytol.* 200: 388-401.
- PRIETO-RECIO, C.; MARTÍN-GARCÍA, J.; BRAVO, F.; DIEZ, J.J.; 2015. Unravelling the associations between climate, soil properties and forest management in *Pinus pinaster* decline in the Iberian Peninsula. *Forest Ecol. Manag.* 356: 74-83.
- RUIZ-LABOURDETTE, D.; NOGUÉS-BRAVO, D.; SAÍNZ-OLLERO, H.; SCHMITZ, M.F.; PINEDA, F.D.; 2012. Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change. *J. Biogeogr.* 39: 162-176.
- SÁNCHEZ DE DIOS, R.; BENITO-GARZÓN, M.; SAINZ-OLLERO, H.; 2009. Present and future extension of the Iberian submediterranean territories as determined from the distribution of marcescent oaks. *Plant Ecol.* 204: 189-205.
- SARRIS D.; KOUTSIAS, N.; 2014. Ecological adaptations of plants to drought influencing the recent fire regime in the Mediterranean. *Agr. Forest Meteorol.* 184: 158-169.
- SAUNDERS, M.; TOBIN, B.; SWEENEY, C.; GIORIA, M.; BENANTI, G.; CACCIOTTI, E.; OSBORNE B.A.; 2014. Impacts of exceptional and extreme inter-annual climatic events on the net ecosystem carbon dioxide exchange of a Sitka spruce forest. *Agr. Forest Meteorol.* 184: 147-157.
- SHEFFIELD, J.; WOOD, E.F.; 2008. Global trends and variability in soil moisture and drought characteristics, 1950-2000, from observation-driven simulations of the terrestrial hydrologic cycle. *J. Climate* 21: 432-458.



- SMITH, M.D.; 2011. The ecological role of climate extremes: current understanding and future prospects. *J. Ecol.* 99: 651-655.
- XU, C.; McDOWELL, N.G.; SANNA-SEVANTO, S.; FISHER, R.A.; 2013. Our limited ability to predict vegetation dynamics under water stress *New Phytol.* 200: 298-300.