

## PROYECTO: APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL DESARROLLO DE SENSORES PARA EL SEGUIMIENTO NO DESTRUCTIVO DEL ESTADO HÍDRICO DE LA ENCINA (QUERCUS ILEX L.) EN PLANTACIONES TRUFERAS

### ORGANISMO FINANCIADOR



### CONVOCATORIA

proyectos de investigación fundamental orientada y acciones complementarias dentro del Programa Estatal de I+D+I Orientada a los Retos de la Sociedad (Reto de Seguridad y Calidad Alimentaria, Actividad Agraria Productiva y Sostenible, Sostenibilidad de los Recursos Naturales e Investigación Marina y Marítima) del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, 2013-2016

[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7561](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7561)

### REFERENCIA

RTA2015-00054-C02-01

### INVESTIGADOR PRINCIPAL

José Javier Peguero Pina

### EQUIPO DE TRABAJO



- Eustaquio Gil Pelegrín
- Domingo Sancho Knapik
- María Martín Santafé
- David Alonso Forn

### FECHA INICIO

Marzo 2017

### FECHA FINAL

Febrero 2020

## RESÚMEN DEL PROYECTO

El cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) constituye una nueva fuente de recursos, con una creciente importancia económica y social en diversas áreas rurales de España con un alto grado de despoblación y un escaso desarrollo del tejido industrial. Las parcelas de encina (*Quercus ilex* L.) productoras de trufa negra se asientan mayoritariamente en zonas de escasa precipitación y suelos degradados, por lo que el riego es una labor básica a realizar en las parcelas si se pretende obtener una cosecha continua y homogénea. En consecuencia, el conocimiento del estado fisiológico de la encina en respuesta al estrés hídrico se constituye como un reto fundamental para establecer la necesidad de riego en plantaciones truferas, asegurando la producción de trufa en cuanto a parámetros de cantidad y calidad.

El conocimiento de las necesidades de riego del vegetal se ha venido realizando mediante la monitorización de diversos parámetros fisiológicos (por ejemplo el potencial hídrico del xilema o la conductancia estomática de las hojas) que no son muy adecuados para su uso generalizado por parte de los productores y gestores de plantaciones truferas debido a su carácter destructivo, el elevado coste de los equipos, la complejidad de su empleo o el alto nivel de formación en fisiología para una adecuada interpretación de los resultados. Este hecho, unido al interés por registrar el grado de estrés hídrico del vegetal de forma precisa, ágil, repetible y no destructiva, ha promovido el reciente desarrollo de diferentes procedimientos de medida del contenido hídrico en la planta que puedan permitir el desarrollo de nuevos sensores para el control del estado hídrico, siendo i/ no destructivos, ii/ precisos, iii/ de fácil interpretación e, incluso, iv/ capaces de establecer un seguimiento en continuo.

El presente proyecto ha puesto a punto y validado diversas técnicas para la cuantificación del estado hídrico en plantaciones truferas de encina, principal objetivo del mismo. Los resultados obtenidos demuestran que cualquier índice de estrés hídrico debe ser testado en términos de sensibilidad y precisión para cada especie y a distintos niveles (escala foliar y de dosel), como paso previo a que pueda ser utilizado en el desarrollo de un sensor para su uso generalizado por parte de los agricultores o gestores de las plantaciones.

El proyecto ha proporcionado el diseño de una antena de microondas específicamente diseñada para la encina, tarea de especial complejidad debido al reducido tamaño de su hoja. Esta antena es la principal candidata a ser utilizada para el diseño de un prototipo debido a i/ su precisión y ii/ al amplio rango de variación en la señal entre una hoja de encina totalmente hidratada y otra totalmente seca. Los resultados obtenidos también concluyen que la banda de 2,4-2,5 GHz es la más adecuada en cuanto a su sensibilidad a los cambios en el estado de hidratación de la hoja de encina.

## TESIS DOCTORALES

Factores morfológicos y anatómicos que regulan el intercambio de gases en especies mediterráneas del género *Quercus*. Doctorando: Sergio Sisó Bayona. Directores de tesis: José Javier Peguero Pina y Eustaquio Gil Pelegrín. Entidad de realización: Universidad de Zaragoza. Fecha de inicio: 15 de Septiembre de 2015. Fecha de lectura: 30 de Septiembre 2019. Calificación: Notable.

Respuesta de especies perennifolias y caducifolias mediterráneas del género *Quercus* a las limitaciones impuestas por la aridez estival. Doctorando: Óscar Mendoza Herrer. Directores de tesis: José Javier Peguero Pina y Domingo Sancho Knapik. Entidad de realización: Universidad de Zaragoza. Fecha de inicio: 18 de Septiembre de 2017. Fecha de lectura prevista: Septiembre de 2021.

Funcionamiento comparado de las especies mediterráneas del género *Quercus* L. de origen paleotropical y arctoterciario. Doctorando: David Alonso Forn. Directores de tesis: José Javier Peguero Pina y Eustaquio Gil Pelegrín. Entidad de realización: Universidad de Zaragoza. Fecha de inicio: 1 de Julio de 2018. Fecha de lectura prevista: Junio de 2022.

## ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Fernández, V.; Bahamonde, H.A.; Peguero-Pina, J.J.; Gil-Pelegrín, E.; Sancho-Knapik, D.; Gil, L.; Goldbach, H.E.; Eichert, T. 2017. Physico-chemical properties of plant cuticles and their functional and ecological significance. *Journal of Experimental Botany* (en inglés) 68(19): 5293-5306, DOI: 10.1093/jxb/erx302.

Peguero-Pina, J.J.; Sisó, S.; Flexas, J.; Galmés, J.; Niinemets, Ü.; Sancho-Knapik, D.; Gil-Pelegrín, E. 2017. Coordinated modifications in mesophyll conductance, photosynthetic potentials and leaf nitrogen contribute to explain the large variation in foliage net assimilation rates across *Quercus ilex* provenances. *Tree Physiology* (en inglés) 37(8): 1084-1094, DOI: 10.1093/treephys/tpx057.

Sancho-Knapik, D.; Mendoza-Herrer, Ó.; Gil-Pelegrín, E.; Peguero-Pina, J.J. 2018. Chl fluorescence parameters and leaf reflectance indices allow monitoring changes in the physiological status of *Quercus ilex* L. under progressive water deficit. *Forests* (en inglés) 9(7): 400, DOI: 10.3390/f9070400. <http://hdl.handle.net/10532/4165>

Peguero-Pina, J.J.; Mendoza-Herrer, Ó.; Gil-Pelegrín, E.; Sancho-Knapik, D. 2018. Cavitation limits the recovery of gas exchange after severe drought stress in holm oak (*Quercus ilex* L.). *Forests* (en inglés) 9(8): 443, DOI: 10.3390/f9080443. <http://hdl.handle.net/10532/4173>

Fariñas, MD.; Jiménez-Carretero, D.; Sancho-Knapik, D.; Peguero-Pina, J.J.; Gil-Pelegrín, E.; Gómez Álvarez-Arenas, T. 2019. Instantaneous and non-destructive relative water content estimation from deep learning applied to resonant ultrasonic spectra of plant leaves. *Plant Methods* (en inglés) 15: 128, DOI: 10.1186/s13007-019-0511-z. <http://hdl.handle.net/10532/4889>

Bueno, A.; Sancho-Knapik, D.; Gil-Pelegrín, E.; Leide, J.; Peguero-Pina, J.J.; Burghardt, M.; Riederer, M. 2020. Cuticular wax coverage and its transpiration barrier properties in *Quercus coccifera* L. leaves: does the environment matter? *Tree Physiology* (en inglés) 40(7): 827–840, DOI: 10.1093/treephys/tpz110. <http://hdl.handle.net/10532/5079>

Álvarez-Arenas, T.E.G.; Sancho-Knapik, D.; Peguero-Pina, J.J.; Gil-Pelegrín, E. 2020. Surface Density of the Spongy and Palisade Parenchyma Layers of Leaves Extracted From Wideband Ultrasonic

Resonance Spectra. *Frontiers in Plant Science* (en inglés) 11: 695, DOI: 10.3389/fpls.2020.00695. <http://hdl.handle.net/10532/5046>

- Resco de Dios, V.; Arteaga, C.; Peguero-Pina, J.J.; Sancho-Knapik, D.; Qin, H.; Zveushe, O.K.; Sun, W.; Williams, D.G.; Boer, M.M.; Voltas, J.; Moreno, J.M.; Tissue, D.T.; Gil-Peigrín, E. 2020. Hydraulic and photosynthetic limitations prevail over root non-structural carbohydrate reserves as drivers of resprouting in two Mediterranean oaks. *Plant Cell and Environment* (en inglés) 43(8): 1944–1957, DOI: 10.1111/pce.13781.
- Alonso-Forn, D.; Sancho-Knapik, D.; Ferrio, J.P.; Peguero-Pina, J.J.; Bueno, A.; Onoda, Y.; Cavender-Bares, J.; Niinemets, Ü.; Jansen, S.; Riederer, M.; Cornelissen, J.H.C.; Chai, Y.; Gil-Peigrín, E. 2020. Revisiting the Functional Basis of Sclerophylly Within the Leaf Economics Spectrum of Oaks: Different Roads to Rome. *Current Forestry Reports* (en inglés), publicado online, DOI: 10.1007/s40725-020-00122-7.
- Marqués-Gálvez, J.E.; Navarro-Ródenas, A.; Peguero-Pina, J.J.; Arenas, F.; Guarnizo, A.L.; Gil-Peigrín, E.; Morte, A. 2020. Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> modifies responses to water-stress and flowering of Mediterranean desert truffle mycorrhizal shrubs. *Physiologia Plantarum* (en inglés), publicado online, DOI: 10.1111/ppl.13190
- Alonso-Forn, D.; Peguero-Pina, J.J.; Ferrio, J.P.; Mencuccini, M.; Mendoza-Herrer, Ó.; Sancho-Knapik, D.; Gil-Peigrín, E. Contrasting functional strategies following severe drought in two Mediterranean oaks with different leaf habit: *Quercus faginea* and *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*. *Tree Physiology* (en inglés), aceptado con “major revision”.
- Sancho-Knapik, D.; Escudero, A.; Mediavilla, S.; Scoffoni, C.; Zailaa, J.; Cavender-Bares, J.; Gómez Álvarez-Arenas, T.; Molins, A.; Alonso-Forn, D.; Ferrio, J.P.; Peguero-Pina, J.J.; Gil-Peigrín, E. Deciduous and evergreen oaks show contrasting adaptive responses in leaf mass per area across environments. *New Phytologist* (en inglés), aceptado con “major revision”.
- Peguero-Pina, J.J.; Vilagrosa, A.; Alonso-Forn, D.; Ferrio, J.P.; Sancho-Knapik, D.; Gil-Peigrín, E. Living in drylands: functional adaptations of trees and shrubs to cope with high temperatures and water scarcity. *Forests* (en inglés), en revision.
- Resco de Dios, V.; Alonso-Forn, D.; Peguero-Pina, J.J.; Sancho-Knapik, D.; Gil-Peigrín, E.; Aspinwall, M.J.; Blackman, C.; Williams, D.G.; Granda, E. Correlated trait evolution in *Quercus*: the functional value of nocturnal conductance and the costs of increased leaf venation. *New Phytologist* (en inglés), en revision.

---

#### LIBROS, CAPÍTULOS DE LIBROS Y MONOGRAFÍAS

- Peguero-Pina, J.J., Aranda, I., Cano, F.J., Galmés, J., Gil-Peigrín, E., Niinemets, Ü., Sancho-Knapik, D., Flexas, J. 2017. The role of mesophyll conductance in oak photosynthesis: among and within-species variability. En E. Gil-Peigrín, J.J. Peguero-Pina, D. Sancho-Knapik (eds.), *Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L. Tree Physiology 7*, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_9), Springer International Publishing AG 2017, pp. 303-325 (en inglés).
- García-Plazaola, J.I., Hernández, A., Fernández-Marín, B., Esteban, R., Peguero-Pina, J.J., Verhoeven, A., Cavender-Bares, J. 2017. Photoprotective mechanisms in the genus *Quercus* in response to winter cold and summer drought. En E. Gil-Peigrín, J.J. Peguero-Pina, D. Sancho-Knapik (eds.), *Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L. Tree Physiology 7*, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_11), Springer International Publishing AG 2017, pp. 361-391 (en inglés).

---

## OTROS TRABAJOS DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Jornada de Presentación de Libro “Oaks Physiological Ecology”. Una visión global e integrada del género *Quercus*. Organizadores: José Javier Peguero Pina y Domingo Sancho Knapik. Zaragoza (España), 14 de Junio de 2018.

---

## APARICIONES EN MEDIOS DE COMUNICACIÓN RELACIONADAS CON EL PROYECTO:

Boletín CITA2, nº7, Julio-Agosto 2017. “El CITA desarrolla nuevos sensores para optimizar el calendario de riego en plantaciones truferas”. URL: <http://hdl.handle.net/10532/3870>.

Diario de Teruel, 31 de Agosto de 2017: “El CITA diseña nuevos sensores para optimizar el calendario de riego en plantaciones truferas”

Diario del Altoaragón, 30 de Agosto de 2017: “El CITA trabaja en el desarrollo de nuevos sensores para optimizar el riego en plantaciones truferas”.  
<https://www.diariodelaltoaragon.es/NoticiasDetalle.aspx?Id=1078783>

Diario del Campo, 30 de Agosto de 2017: “Sensores para optimizar el calendario de riego en plantaciones de trufa”. <http://www.diariodelcampo.com/detallepost.asp?id=316214&idcat=2>.

Heraldo de Aragón, 3 de Septiembre de 2017: “Riego óptimo para una trufa más rentable”.  
<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2017/09/03/riego-optimo-para-una-trufa-mas-rentable-1198475-300.html>

La Vanguardia, 30 de Agosto de 2017: “El CITA trabaja en el desarrollo de nuevos sensores para optimizar el calendario de riego en plantaciones truferas”.  
<https://www.lavanguardia.com/local/aragon/20170830/43918194737/el-cita-trabaja-en-el-desarrollo-de-nuevos-sensores-para-optimizar-el-calendario-de-riego-en-plantaciones-truferas.html>

20 minutos, 30 de Agosto de 2017: “El CITA trabaja en el desarrollo de nuevos sensores para optimizar el calendario de riego en plantaciones truferas”.

Entrevista a José Javier Peguero Pina en el programa “De Puertas al Campo” de Aragón Radio.

Entrevista a José Javier Peguero Pina en el programa “Del Campo a la Mesa” de Radio Nacional de España en Aragón. [https://mediavod-lvt.rtve.es/resources/TE\\_SCRONI0/mp3/3/2/1505390167523.mp3](https://mediavod-lvt.rtve.es/resources/TE_SCRONI0/mp3/3/2/1505390167523.mp3)