

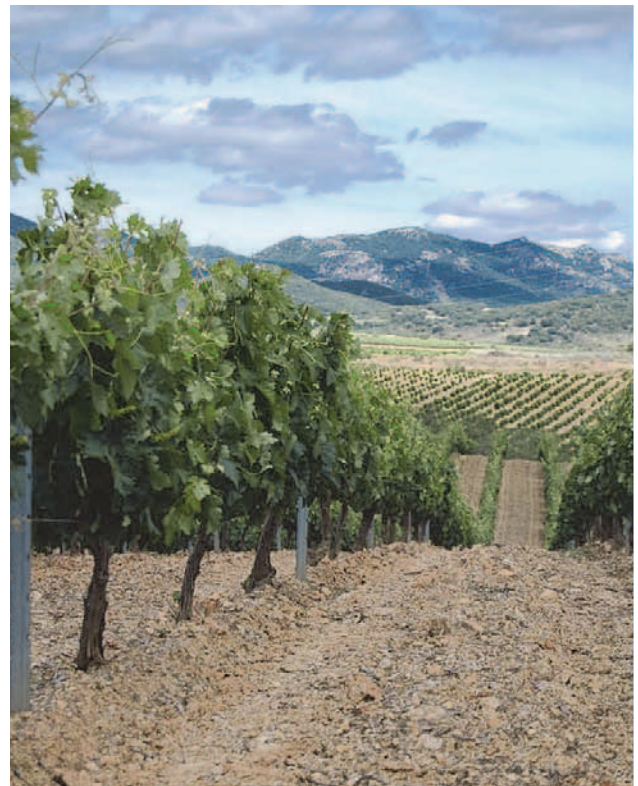


PROYECTO SOST-WINE: HACIA UNA NUEVA FORMA DE ESTIMAR EL AGUA EN LA VID

Domingo Sancho Knapik, José Javier Peguero Pina, M^a Ángeles Sanz García, Eustaquio Gil Pelegrín (CITA de Aragón); Hipólito Medrano Gil (Universidad de las Islas Baleares); Tomás Gómez Álvarez Arenas, M^a Dolores Fernández Caballero Fariñas, Jorge Topete García (CSIC); Marcelo Morales Calderón, Héctor Gimeno Luesma (Grandes Vinos y Viñedos)

El vino es uno de los productos agroalimentarios de mayor importancia - tanto desde el punto de vista económico como por su relevancia histórica y social - en muchos lugares de Europa y del Nuevo Mundo. En el caso concreto de España, la relevancia de la viticultura dentro de la industria agroalimentaria se ve reflejada en la existencia de algo más de un millón de hectáreas de viñedos, representando la producción de vino un 10% del total de la producción agrícola del país en términos económicos. Este sector también se caracteriza por una alta competencia en los mercados con el fin de conseguir la mejor relación calidad-precio. Por estos motivos, la obtención de vinos competitivos y de buena calidad constituye uno de los objetivos principales de los productores, lo que ha sido posible gracias al desarrollo de la enología. Así, la ciencia enológica ha contribuido en gran medida a la optimización de los procesos de elaboración, almacenaje, análisis, conservación, embotellado y comercialización del producto. Sin embargo, el gran avance en la enología no ha venido acompañado por un desarrollo equivalente de la viticultura, a pesar de los progresos observados en los últimos años. En este sentido, se están empezando a ensayar y utilizar técnicas de riego deficitario en los cultivos vinícolas con el fin de mejorar la calidad de la uva y de ahorrar agua de riego, lo que es bastante conveniente en los climas mediterráneos donde los recursos hídricos son escasos. Un riego moderado que induzca un suave estrés en la planta puede conllevar una mayor concentración de azúcares, un aumento en los aromas o una variación en el color de las uvas. Para lograr estos objetivos es imprescindible controlar el estado hídrico de la planta, ya que un excesivo grado de sequía puede causar daños irreversibles en los tejidos al aplicar el riego deficitario. Esto hace que sea necesaria una monitorización fisiológica que determine

Viñedo de la variedad Syrah incluido en la D.O. P. "Cariñena" situado en la localidad de Aguarón (Zaragoza).



el estado hídrico óptimo donde la vid produzca un fruto con unas características determinadas sin poner en riesgo la viabilidad del vegetal.

De la filosofía de monitorizar la vid para ahorrar en el consumo de agua de riego y para producir una uva de mejor calidad surge en 2012 el Proyecto de Investigación SOST-WINE (Referencia IPT-2012-1022-310000), financiado a través del Subprograma INNPACTO (Ministerio de Economía y Competitividad). Este proyecto fue solicitado por la empresa GRANDES VINOS Y VIÑEDOS S.A. (Cariñena, Zaragoza) en colaboración con un grupo multidisciplinar compuesto por investigadores especialistas en Ecofisiología vegetal del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) y de la Universidad de las Islas Baleares e investigadores especialistas en la propagación de ultrasonidos pertenecientes al Centro de Tecnologías Físicas "Torres Quevedo" >>>



del CSIC. Grandes Vinos y Viñedos S.A. puso de manifiesto una serie de hechos que justificaban la realización de este proyecto: i/ aumento considerable del porcentaje de viñedos en regadío frente a los de secano con el consiguiente aumento de los costes de producción de la uva, ii/ creciente apreciación por parte de los mercados internacionales por las producciones medioambientales sostenibles y iii/ una gestión de riego de los viñedos poco apoyada por criterios técnicos derivados del conocimiento científico, lo que podría ocasionar una utilización poco eficiente del recurso hídrico y un posible descenso en la calidad del producto final obtenido. Estos hechos, en el contexto de un mercado cada vez más competitivo, hicieron que la empresa identificara una oportunidad de mejorar su posicionamiento en el mismo a través de su apuesta por un proyecto innovador cuyo objetivo general es el desarrollo un sistema que permita obtener información directa de la planta sobre sus necesidades de agua. Para llevar a cabo este objetivo se está trabajando en paralelo sobre dos líneas de investigación: la evaluación del consumo de agua en la vid bajo las condiciones ambientales propias de la DO Cariñena y el desarrollo de un dispositivo no invasivo basado en las ondas ultrasónicas para la estimación del estado hídrico de la planta.

Hasta el momento, el establecimiento de dosis adecuadas de riego se ha resuelto mediante el empleo de valores

Grandes Vinos y Viñedos S.A. (Cariñena, Zaragoza).



climáticos medios (Evapotranspiración Potencial o, más recientemente, Evapotranspiración del Cultivo), mediante el seguimiento del agua en el suelo o, más directamente, mediante el seguimiento del estado hídrico del vegetal. El primer método no considera las variaciones interanuales, tan frecuentes en climas de naturaleza mediterránea. En cuanto al segundo, la amplitud y profundidad del sistema radicular de la vid constituye una seria limitación para el cálculo de las necesidades de riego de esta planta debido a las importantes variaciones espaciales existentes en la disponibilidad de agua en el suelo. Por tanto, se >>>

DOSIFICADORAS

Hidráulicas

Dosificación de fertilizantes en el riego
con el **mejor rendimiento** en caudal inyectado

- DOSIFICACIÓN SIN NECESIDAD DE ELECTRICIDAD
- NO GENERA PÉRDIDAS DE CARGA
- RANGOS DE PRESIÓN ENTRE 0,7 Y 12 BAR
- GRAN CAUDAL DE INYECCIÓN





Mar Adriàtic, 1 Pol. Ind.
 Torre del Rector 08130
 Sta. Perpètua de
 Mogoda - Barcelona
 Tel. +34 935 443 040

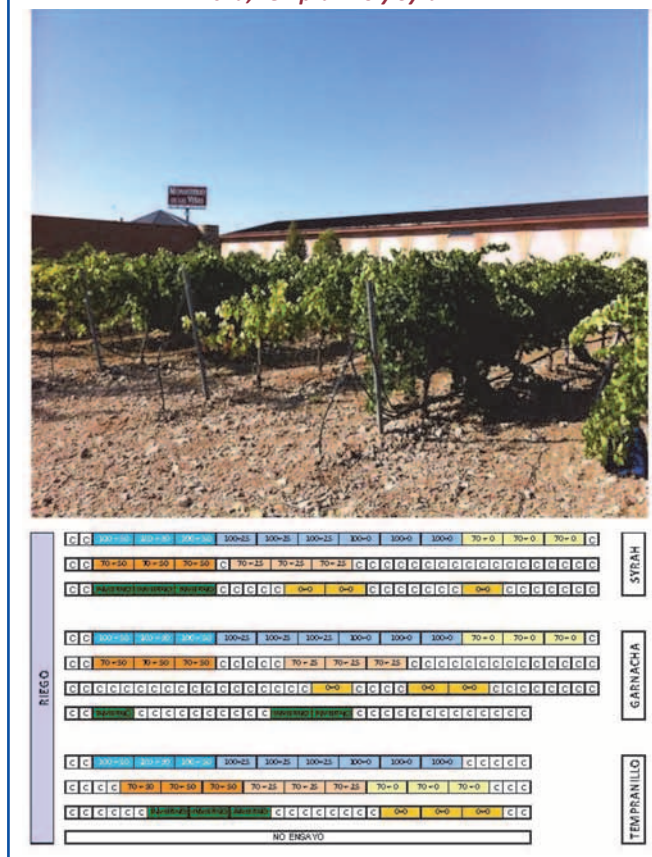
www.itc.es itc@itc.es



señala el seguimiento de la fisiología de la vid como única manera de ajustar de forma precisa las dosis de riego en este cultivo.

Para evaluar el consumo de agua en la vid en el proyecto SOST-WINE se han elegido tres variedades (Garnacha, Tempranillo y Syrah) situadas en una parcela experimental a las que se les están aplicando distintos tratamientos de riego a lo largo de las distintas fases del periodo vegetativo de la vid. Por un lado se está estudiando el efecto que tiene el “riego de invierno” en las variedades mediante la aplicación de un riego sobrante previo a la brotación. Este estudio se realiza porque el “riego de invierno”, a pesar de ser algo habitual, es cuestionado desde una perspectiva de la ciencia vitivinícola. Al posible consumo innecesario de agua asociado a esta práctica se añade el excesivo desarrollo de la parte aérea de la vid, obligando en muchos casos a efectuar “podas en verde” más intensas. Por otro lado, también se está evaluando el “riego de verano” ya que este riego se considera crítico para garantizar una adecuada cosecha en términos de producción de uva y de su calidad final. El “riego de verano” se está modulando según la Evapotranspiración del Cultivo (ETC) de la zona geográfica. La aportación mayor se produce entre las fases de cuajado a envero que es cuando se define la producción a través del tamaño del grano. En esta fase se está aportando el 100 y 70% del valor de ETC en diferentes ejemplares de cada variedad. En la segunda fase, de envero a vendimia, el riego afecta a la calidad del fruto, sobre todo en cantidad de antocianos y en la acidez total. Aunque en esta fase se están aplicando tasas de riego inferiores a las anteriores (50, 25 y 0% de la ETC), sigue exigiendo un esfuerzo económico. A su vez, las vides de estos tratamientos se están comparando con ejemplares en régimen de secano (0% de la ETC durante todo el periodo). La evaluación de todos estos tratamientos se está llevando a cabo mediante diversos parámetros fisiológicos clásicos utilizados en el seguimiento del estado hídrico de las plantas: i/ la medida mediante cámara de presión del *Potencial hídrico antes de amanecer*, que se asocia al estrés estático explicado por la disponibilidad de agua en el suelo; ii/ la medida del *Potencial hídrico al mediodía*, que estima el potencial mínimo de la planta en el momento de máxima transpiración; iii/ el intercambio de gases para obtener la asimilación neta de CO₂ y consumo de agua por parte de la planta en momentos de máxima (media mañana) y de mínima actividad (mediodía); y iv/ acumulación de metabolitos indicadores de estrés hídrico. Los primeros datos obtenidos están revelando en la parcela de estudio la innecesidad tanto del riego realizado en invierno como del riego realizado en la primera fase del verano (fase de cuajado a envero) por

Parcela experimental donde se están realizando los diferentes tratamientos de riego deficitario en las variedades de Garnacha, Tempranillo y Syrah.



no existir claras diferencias entre los ejemplares regados con distintos tratamientos y los ejemplares en régimen de secano. Como de momento solo se ha realizado el estudio durante una campaña, no se pueden establecer conclusiones definitivas, al menos hasta haber realizado el estudio durante tres o más campañas.

La obtención de un dispositivo ultrasónico para estimar el estado hídrico de la vid, segunda línea principal de trabajo del proyecto SOST-WINE, tiene su origen en la estrecha colaboración entre los grupos de investigación del CITA de Aragón y del Centro de Tecnologías Físicas del CSIC, ambos con una larga experiencia investigadora en campos complementarios (fisiología vegetal y tecnología de ultrasonidos respectivamente) que ha permitido el desarrollo de esta novedosa línea de investigación en la que juegan un papel pionero a nivel mundial. Los primeros estudios realizados por el equipo de investigación durante los últimos años y publicados en revistas internacionales como *Applied Physics Letters*¹ y *Journal of Experimental Botany*², demostraron el uso eficaz de los transductores ultrasónicos acoplados al aire en diversas especies vegetales para la determinación del estado de hidratación de la planta. El procedimiento consiste básicamente en lanzar a ▶▶▶



la hoja un haz de ondas a distintas frecuencias y obtener la frecuencia a la que la hoja resuena o frecuencia de resonancia de la hoja. A medida que la hoja se va secando, va cambiando su frecuencia de resonancia debido a cambios en sus propiedades elásticas, estableciéndose de esta forma una relación directa entre los parámetros hídricos como el contenido relativo en agua y el potencial hídrico y la frecuencia de resonancia de la hoja. Como principal ventaja de esta técnica frente a otras existentes en el mercado, cabe destacar su carácter no invasivo y no destructivo. Así, uno de los principales avances respecto a la medida de potencial hídrico o contenido de agua es que para medir una hoja no es necesario cortarla por lo que podemos monitorizar la misma hoja a lo largo del tiempo. Por otro lado, y a diferencia de otras técnicas, no existe contacto directo alguno entre el dispositivo y la zona de medida de la hoja por lo que estamos seguros de que el dispositivo no está

Detalle del dispositivo experimental para medir el intercambio de gases.



modificando la respuesta de la hoja.

Otros estudios previos publicados en *Physiologia Plantarum*³ y en *Ultrasound in Medicine & Biology*⁴ han puesto en evidencia el buen uso de esta técnica en vid. En ellos, aparte de mostrarse la alta correlación entre la frecuencia de resonancia y el estado hídrico de la hoja de vid, se realiza también una pequeña monitorización en continuo de la planta a lo largo de varios ciclos diarios. Dejando el dispositivo fijo y midiendo la respuesta en continuo en una hoja a lo largo de 4 días, se observó que la frecuencia de resonancia de la hoja variaba en >>>

RECOMENDACIÓN: PROGRAMA INNOVACIÓN AIMCRA

Este es un programa de control de malas hierbas que permite REDUCIR COSTES sin disminuir la eficacia

PREEMERGENCIA	PREPOST	POSTEMERGENCIA	
Aplicación a continuación de sembrar	+/- 15 días después de sembrar	Aplicaciones a medida que van naciendo las malas hierbas	
15 días		8 a 15 días	8 a 15 días
1ª APLICACIÓN		2ª APLICACIÓN	3ª APLICACIÓN
Mezcla Base: Goltix 700 ⁽¹⁾ 0,50 L/ha + Pyramin DF 0,5 Kg/ha + Trammat 50 ⁽²⁾ 0,25 L/ha o bien Dual Gold 0,175 L/ha			
Goltix 700 ⁽¹⁾ 0,50 L/ha + Pyramin DF 0,5 Kg/ha + Trammat 50 ⁽²⁾ 0,25 L/ha o bien Dual Gold 0,175 L/ha			
(ver notas 3,4 y 5) Betanal AM 22 0,25 L/ha + Trammat 50 0,2 L/ha + Goltix 700 0,3 L/ha o bien Pyramin DF 0,3 Kg/ha			
0,25 L/ha + 0,2 L/ha + 0,3 L/ha o bien 0,3 Kg/ha			

¿EN QUÉ CONSISTE?

Este es un programa de control de malas hierbas que permite reducir un 13% el coste sin disminuir la eficacia.

La innovación consiste en dividir la preemergencia en dos:

* 1ª parte se hace después de sembrar, como una preemergencia normal, pero a mitad de dosis.

* 2ª parte se aplica unos 15 días después de sembrar con la otra mitad de la preemergencia como si fuera una post MUY temprana.

La clave para tener éxito con este programa: APLICAR LA SEGUNDA MITAD DE LA PRE COMO UNA POST EXTRATEMPERANA, la llamamos "PRE-POST".

Las malas hierbas están germinando, son muy pequeñas, cuesta trabajo verlas, pero ESTÁN: hay que aprovechar que son muy sensibles a los herbicidas.

Detrás de lo que parece un pequeño cambio se encuentra una de las claves del control de las hierbas:

¡ADELANTAR LA PRIMERA POST SIN RIESGO ALGUNO PARA EL CULTIVO!

(1) U otro producto a base de metamitrona.
 (2) U otro producto a base de etofumesato.
 (3) La mezcla (0,25 L/ha de Betanal AM-22 + 0,2 L/ha de Trammat 50) puede ser sustituida por Betanal Expert a 0,75 L/ha.
 (4) 0,25 L/ha de Betanal AM 22 puede ser sustituido por cantidades equivalentes de otros productos a base de fenmedifam + desmedifam.
 (5) En caso de no existir contaminación de Amaranthus, los 0,25 L/ha de Betanal AM 22 pueden ser sustituidos por 0,5 L/ha de fenmedifam 16% (en algunas nuevas formulaciones los productos ya vienen acompañados de aceite, no siendo necesario añadirlo, si no es así se deben añadir 0,5 L/ha de aceite mineral).

+ Producto complementario según la flora presente:
 Según la flora presente o esperada se proponen 2 opciones alternativas para añadir a la mezcla base en las dos últimas aplicaciones de postemergencia:

Venzar	0,2 Kg/ha	0,2 Kg/ha
o bien		
Dual Gold	0,2 L/ha	0,2 L/ha

Contra *Polygonum aviculare* (ciennudos, saucejo...) se elegirá Venzar.
 Contra gramíneas de verano: *Setaria* (cola de zorra), *Echinochloa* (pata de gallina) y *Amaranthus* se elegirá Dual Gold.

227A121



concordancia con la intensidad de luz solar recibida y con la temperatura del ambiente. La frecuencia de resonancia fue disminuyendo desde el amanecer hasta las 15 horas de la tarde aproximadamente coincidiendo con el aumento de la intensidad de la luz y la temperatura los cuales provocaron el aumento de la transpiración de la planta y por lo tanto la pérdida de agua por los estomas. Después del mínimo de frecuencia registrado sobre las 15, ésta fue aumentando conforme la intensidad de luz del día fue disminuyendo, llegando hasta los valores iniciales que se mantuvieron constantes a lo largo de la noche. En este segundo tramo, la disminución de la intensidad de luz solar desde el máximo hasta cero fue provocando la disminución de la transpiración por el cierre de los estomas hasta llegar al cierre completo durante la noche produciéndose el equilibrio hídrico de la hoja.

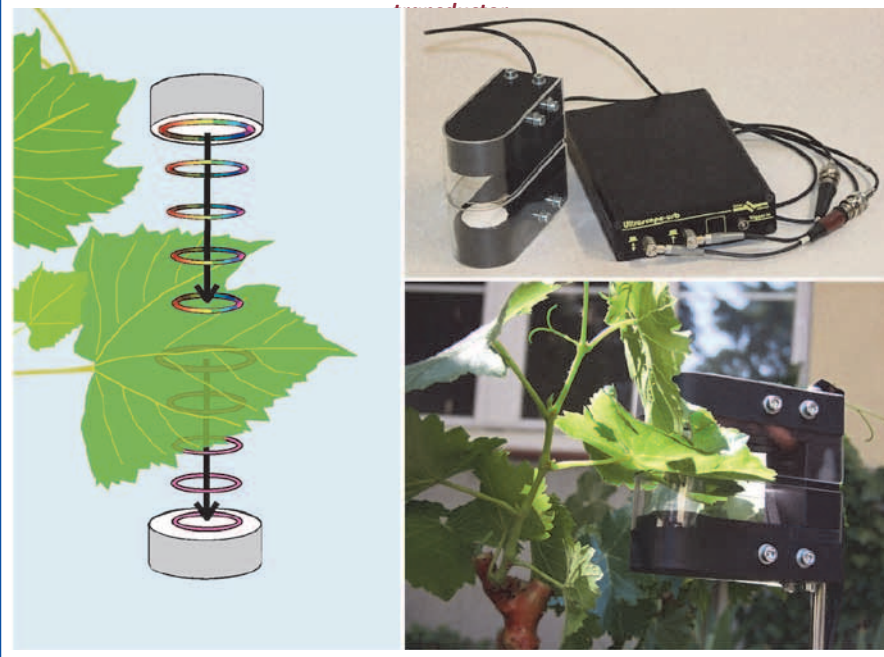
Con el proyecto SOST-WINE se está logrando dar otro paso adelante, pasar de estos estudios previos en laboratorio a estudios en invernadero y en campo mediante el desarrollo aún más de la tecnología ultrasónica. Para ello se está consiguiendo pasar de un dispositivo inicial - de grandes dimensiones que sólo se puede utilizar en el laboratorio - a otro dispositivo mucho más pequeño, portátil y más sencillo de manejar, capaz de empezar a realizar medidas en campo con una mejor precisión general del sistema. Las primeras pruebas realizadas con este nuevo dispositivo en invernadero, donde se pueden controlar mejor que en campo las condiciones hídricas de la planta, están dando muy buenos resultados, los cuales están siendo analizados para poder ser publicados posteriormente en revistas científicas. Así mismo también se prevé utilizar el dispositivo en campo en la siguiente campaña a la vez que se utilicen los otros indicadores del estado hídrico obtenidos mediante procedimientos fisiológicos habituales como el intercambio de gases o la medida de potencial hídrico en hoja mediante cámara de presión, para poder poner en funcionamiento el dispositivo en condiciones reales.

REFERENCIAS

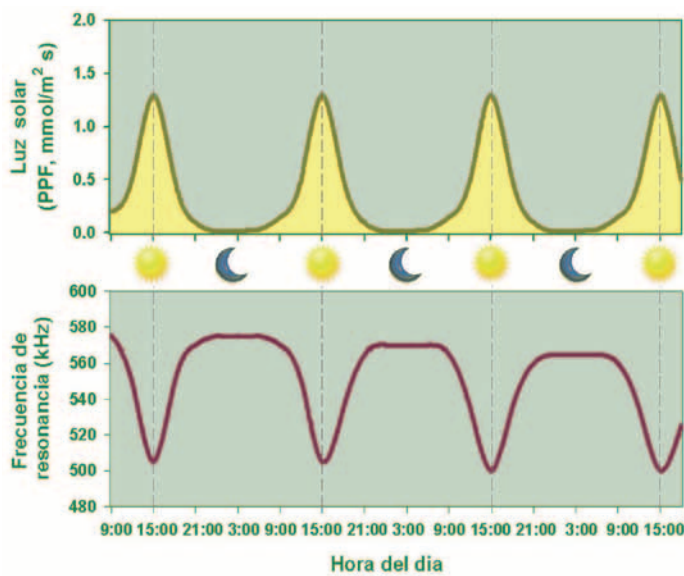
¹ Álvarez-Arenas TEG, Sancho-Knapik D, Peguero-Pina JJ, Gil-Peigrín E. Noncontact and noninvasive study of plant leaves using air-coupled ultrasounds. *Appl Phys Lett* 2009; 95:193702.

² Sancho-Knapik D, Álvarez-Arenas TEG, Peguero-Pina JJ, Fernán-

Detalle del dispositivo ultrasónico en desarrollo (derecha). Base teórica del funcionamiento del dispositivo (izquierda): Un transductor emite un haz de ondas en un amplio rango de frecuencias el cual está representado en la figura por los diferentes colores. La hoja, al recibir el haz de ondas, empieza a resonar a una determinada frecuencia -frecuencia de resonancia- (representada por un único color) que es captada por el otro



*Resultado de la medición en continuo de la cantidad de luz solar recibida por una planta y de la frecuencia de resonancia de una hoja de vid a lo largo de cuatro ciclos diarios. Figura rediseñada a partir de los datos publicados en *Ultrasound in Medicine & Biology* 4.*



dez V, Gil-Peigrín E. Relationship between ultrasonic properties and structural changes in the mesophyll during leaf dehydration. *J Exp Bot* 2011; 62:3637-3645.

³ Sancho-Knapik D, Peguero-Pina JJ, Medrano H, Fariñas MD, Álvarez-Arenas TEG, Gil-Peigrín E. The reflectivity in the S-band and the broadband ultrasonic spectroscopy as new tools for the study of water relations in *Vitis vinifera* L. *Physiol Plant* 2013; 148: 512-521.

⁴ Fariñas MD, Sancho-Knapik D, Peguero-Pina JJ, Medrano H, Gil-Peigrín E, Álvarez-Arenas TEG. Monitoring plant response to environmental stimuli by ultrasonic sensing of the leaves. *Ultrasound Med Biol* 2014; 40 (9): 2183-2194.