

EMPLEO DE IMÁGENES TÉRMICAS OBTENIDAS MEDIANTE UAVs PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO EN VITIS VINIFERA (CV. ALBARIÑO)

Cancela, J.J. (1)(P), Fandiño, M (2), Rey, B.J. (3), González, X.P. (4)

¹ Profesor Contratado Doctor. Grupo de Investigación GI-1716 “Proyectos y Planificación”. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n, 27002, Lugo. 600940223, javierjose.cancela@usc.es

² Investigadora. Grupo de Investigación GI-1716 “Proyectos y Planificación”. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n, 27002, Lugo. 98223605, maria.fandino@usc.es

³ Profesor Titular de Escuela Universitaria. Grupo de Investigación GI-1716 “Proyectos y Planificación”. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n, 27002, Lugo. 600940170, benjamín.rey@usc.es

⁴ Profesor Interino. Grupo de Investigación GI-1716 “Proyectos y Planificación”. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n, 27002, Lugo. 610968192, xesuspablo.gonzalez@usc.es

Resumen

El manejo del riego en viñedo es un aspecto crítico para obtener un producto de calidad, requiriéndose herramientas que permitan conocer el estrés hídrico en tiempo real, para gestionar la cantidad y el momento de riego adecuados. La termografía del dosel vegetal obtenida mediante vuelos no tripulados permite obtener la distribución espacial para el conjunto del viñedo en un momento determinado, por lo que su interrelación con los parámetros clásicos de manejo del riego: contenido de agua en el suelo y potencial hídrico foliar de tallo, se presenta como aspecto crítico para facilitar su implementación como herramienta. En el presente estudio se exponen los resultados de la termografía del dosel de *Vitis vinífera* cv. Albariño durante el envero del año 2015, en una espaldera con diferentes tratamientos de fertirriego. Se muestra una buena correlación entre el contenido de agua en suelo y la temperatura mínima del dosel vegetal ($r^2 = 0,57$), lo que permite gestionar el estado hídrico del viñedo, siendo preciso emplear las relaciones existentes entre el contenido de agua en el suelo y el potencial hídrico foliar, obtenidas previamente para la variedad y la zona de estudio por Martínez et al., (2016).

Abstract

Vineyard irrigation management is critical for obtain a quality product, requiring tools to determine water stress in real-time, to manage the irrigation depth and appropriate irrigation time. Plant canopy thermography obtained by unmanned aerial vehicles (UAV) allows to obtain the spatial distribution for the whole vineyard at a certain period, so their interrelationship with the classical parameters of irrigation management: soil water content and stem-leaf water potential, it is presented as critical aspect to facilitate its implementation as a tool. Thermography canopy results are showed in the present study for *Vitis vinifera* cv Albariño, during veraison 2015, on a trellis system with different fertigation treatments. Good correlations were achieved, between the soil water content and minimum temperature of canopy ($r^2 = 0.57$), allowing vineyard water status management, however it is necessary to

use the relationship between the soil water content stem-leaf water potential, previously obtained for the variety and the area of study by Martínez et al., (2016).

1- Introducción, Objetivos

Los avances en el manejo de imágenes multiespectrales y térmicas han supuesto un nuevo campo de trabajo para manejar los sistemas de riego en diferentes cultivos. El desarrollo de UAVs de bajo coste con mayor autonomía de vuelo, y la mejora en los equipos de captación de imágenes, permite realizar un mayor número de vuelos por campaña, obteniendo la dinámica del cultivo en cuanto a índices de vegetación y estrés térmico. Por el contrario, los indicadores clásicos empleados para el seguimiento del estrés hídrico en el viñedo, como el potencial hídrico foliar, conllevan un gran esfuerzo en mano de obra y cualificación técnica, además de ser medidas destructivas. Por todo lo expuesto, el objetivo del estudio es valorar los efectos de diferentes tratamientos de fertirrigación sobre el estado hídrico del viñedo en el año 2015, empleando imágenes térmicas obtenidas mediante aeronaves no tripuladas en enero, en una parcela comercial en la DO Rías Baixas, determinando: a) la evolución del potencial hídrico foliar de tallo y el contenido de agua en el suelo; b) temperatura del dosel vegetal y c) relaciones entre ambos parámetros, para el cv. Albariño.

2- Materiales y métodos

El estudio se ha llevado a cabo en los viñedos de la bodega Lagar de Cervera, S.A. (DO Rías Baixas), sobre la variedad Albariño conducida en espaldera. La parcela se encuentra en el municipio de O Rosal (Pontevedra) (latitud 41° 56' 42" N, longitud 8° 49' 30" O, 37 m.s.n.m., con una pendiente del 19,5%). La plantación se ha realizado en el año 1996 sobre 110-R, con un marco de plantación de 3,0 x 2,0 m, con orientación E-O. Se han implementado tres tratamientos de fertirriego (F100, F80 y F60) (Cancela et al., 2016b), cubriéndose el 100, 80 y 60%, de las necesidades nutricionales del cultivo, respectivamente; y un control en secano (S). Los emisores de riego son autocompensantes con un caudal de 2,1 L h⁻¹ separados 0,75 m. En total se aplicaron 104 riegos, con una dosis total de 64,9 mm, repartida entre finales de abril y finales de agosto. Durante el año 2015, en la DO Rías Baixas se acumularon 389 mm de precipitación, desde marzo hasta vendimia (14 septiembre), con una evapotranspiración de referencia de 609 mm. Se seleccionaron puntos característicos de cada tratamiento (Figura 2), con un total de 9 puntos de medición para cada tratamiento. Al mediodía se cuantificó el potencial hídrico de tallo (ψ_{stem}) (Williams y Araujo, 2002), empleando una cámara de presión (Scholander et al., 1965) modelo PMS 600 (Albany, OR, USA). Además se determinó el contenido de agua en el suelo (SWC) a 60 cm, mediante TDR, para las mismas plantas (Fandiño et al., 2012).

Para el análisis termográfico se empleó una aeronave no tripulada (UAV) de ala fija, controlada desde tierra y dotada con un sistema de autopiloto. En dicha aeronave se acopló un sensor térmico con longitud de onda entre 8.000 y 12.000 nm y sensibilidad (sin lente) menor o igual de 50 mk (0,05 °C). Se planificó una ruta de vuelo a 150 m de altitud, con solapes del 70% entre fotogramas y 50% entre pasadas, del que se obtuvo un mosaico de 26 cm/píxel de resolución. El vuelo se realizó el 10 de agosto de 2015, coincidiendo esta fecha con el enero, y la toma de datos ecofisiológicos y de contenido de agua en suelo en el campo experimental. Una vez capturadas las imágenes térmicas, se realiza la corrección radiométrica de la misma, aplicando un cálculo de regresión a partir de los datos medidos en campo con las lonas testigo (blanco y negro) en la ortofoto térmica (Tabla 1), y sus respectivas temperaturas medidas *in situ* mediante pistola térmica.

Tabla 1. Temperaturas corrección radiométrica.

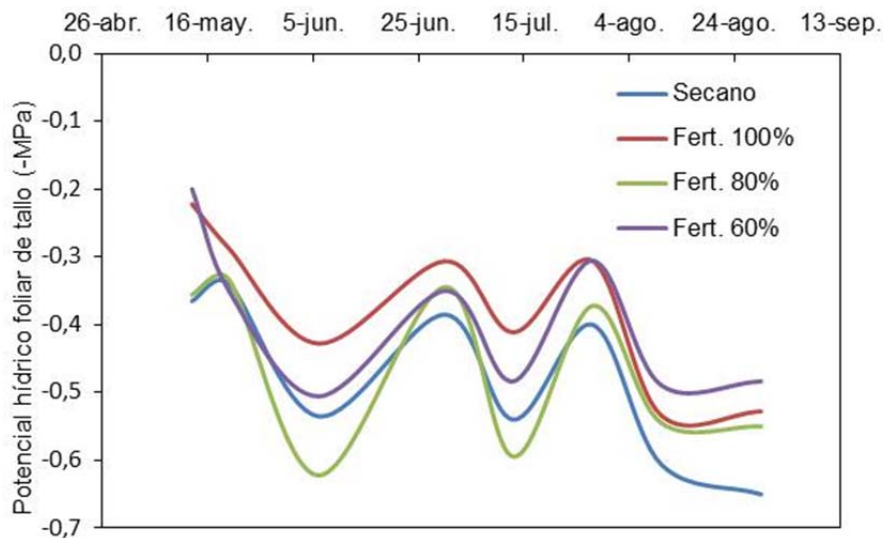
	Temperatura medida
Lona fría (blanco)	30,3 °C
Lona caliente (negro)	53,6 °C

Para la representación cartográfica de los resultados se han considerado rangos de 4°C para el rango central de temperaturas entre 20 y 32 °C.

El análisis de varianza (ANOVA) fue realizado separadamente para cada variable, empleando el procedimiento UNIANOVA del programa SPSS (SPSS Version 20.0.0). La separación de medias fue realizado con el test HSD de Tukey ($P < 0,05$). Además se determinaron las correlaciones entre las variables ligadas a la temperatura del dosel, y los parámetros medidos directamente en el campo experimental.

3- Resultados y discusión

La dinámica del potencial de tallo, ha mostrado valores ligeramente más negativos para el tratamiento seco a partir de finales de Julio (Figura 1), lo que muestra el escaso estrés hídrico en la zona de estudio para el cv. Albariño en el año 2015, en correspondencia con los datos mostrados en campañas previas por Cancela et al. (2016a).


Figura 1. Dinámica del potencial hídrico foliar de tallo - 2015.

Por el contrario se ha observado una mayor variabilidad entre los diferentes tratamientos, en relación con la temperatura del dosel vegetal (Figura 2). El contenido de agua en el suelo mostró diferencias significativas entre el tratamiento seco y los tratamientos 60 y 100%, siguiendo un patrón similar al obtenido con la temperatura mínima y media del dosel vegetal en el mismo punto (Tablas 2 y 3).

La correlación lineal entre la temperatura del dosel vegetal (T_{min} , T_{max} y T_{med}) y los parámetros de suelo, han mostrado un coeficiente de determinación mayor a 0,35, siendo el valor mayor con la temperatura mínima del dosel (Figura 3 – $r^2 = 0,57$). Por el contrario no se han encontrado relaciones con el ψ_{stem} , ni con las temperaturas del dosel, ni

con el SWC, como las obtenidas por Cancela et al. (2015) para la variedad Godello, en este último caso.

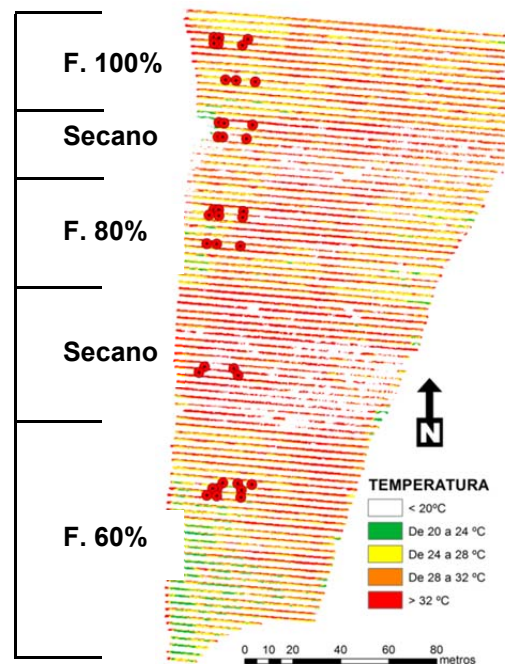


Figura 2. Clasificación Térmica de la parcela de ensayo. Localización puntos muestreo y tratamientos.

Tabla 2. Análisis de varianza para el contenido de agua en el suelo y potencial hídrico foliar de tallo.

Tratamiento	SWC	Ψ_{STEM}
Secano	0,115 a	0,606
Fertirriego 60%	0,141 b	0,489
Fertirriego 80%	0,121 ab	0,544
Fertirriego 100%	0,141 b	0,533
<i>p-valor</i>	0,002	0,312

Diferentes letras en columna indican diferencias significativas según HSD de Tukey ($p < 0,05$)

Tabla 3. Análisis de varianza para la temperatura del dosel vegetal (mínima, máxima y media) adquirida con cámara térmica.

Tratamiento	Tmin	Tmax	Tmed
Secano	28,05	39,22	33,64
Fertirriego 60%	25,88	35,50	30,69
Fertirriego 80%	27,45	35,36	31,41
Fertirriego 100%	26,62	35,30	30,96
<i>p-valor</i>	0,847	0,753	0,802

En la Figura 2, se observa que las temperaturas inferiores se encuentran en los bloques Fertirrigados al 60 y 100%, a pesar de existir una alta heterogeneidad en la

distribución de temperaturas. Los resultados obtenidos concuerdan con los datos medidos en los puntos de muestreo (Tabla 3), en los que no se observan diferencias significativas entre tratamientos. Grant et al. (2016) exponen la alta variabilidad de la temperatura del dosel vegetal, refiriéndose a hojas laterales y superiores, lo que se corresponde con la variabilidad obtenida con la adquisición de imágenes aéreas, en el presente trabajo.

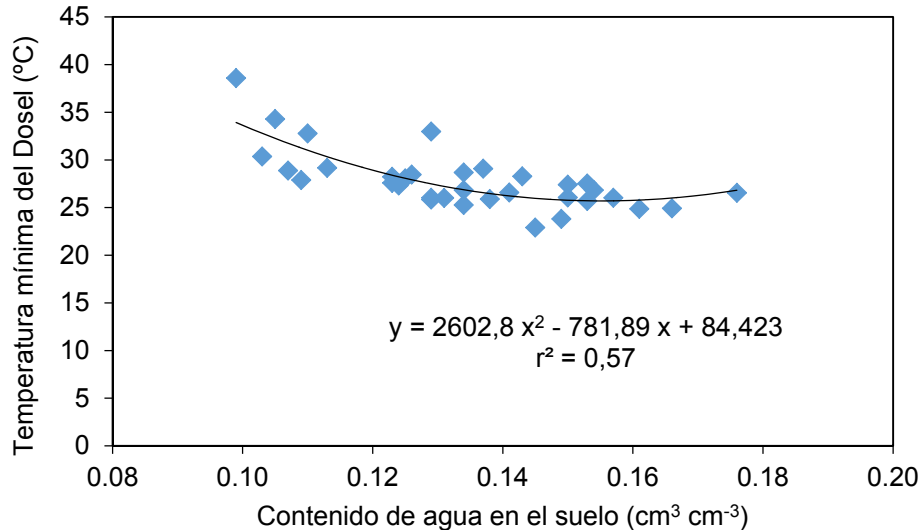


Figura 3. Contenido de agua en el suelo & Temperatura mínima del dosel vegetal determinado en enero (50%) para *Vitis vinifera* cv. Albariño.

4- Conclusiones y recomendaciones

El empleo de imágenes térmicas permite definir zonas con mayor estrés hídrico ligado a una mayor temperatura y un potencial hídrico foliar más negativo. Además permite definir puntos de muestreo de cara a una mejora del manejo del riego. Los efectos del riego y la fertirrigación han mostrado una buena correlación con las temperaturas obtenidas con las imágenes, frente a los valores del contenido de agua en el suelo, si bien no con los parámetros medidos en planta. Estos resultados sugieren determinar el crop water stress index (CWSI) para tener presente las condiciones climáticas y sus efectos sobre el viñedo, así como determinar relaciones útiles entre el estado hídrico de la planta y las temperaturas de las hojas superiores, como ha sido propuesto por Grant et al. (2016).

5- Agradecimientos

Al proyecto “VINISOST - CIEN 2014 (CDTI) Lagar de Cervera / Comercializadora Rioja Alta”.

6- Bibliografía

Cancela, J.J., Fandiño, M., Rey, B.J., Martínez, E.M. (2015). Automatic irrigation system based on dual crop coefficient, soil and plant water status for *Vitis vinifera* (cv Godello and cv Mencía). *Agricultural Water Management*, 151, 52–63.

- Cancela, J.J., et al., Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of *Vitis vinifera* (L.) of NW Spain. *Agricultural Water Management* (2016a), <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.01.004>
- Cancela, J.J., González, X.P., Rey, B.J., Fandiño, M. (2016b). Uso de imágenes multiespectrales para el manejo de la fertirrigación en *Vitis vinifera* cv. Albariño (Galicia). Actas de Horticultura nº 72. II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola. "Automatización y TICs en Agricultura", (pp. 95-98). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas: Almería.
- Fandiño M., Cancela J.J., Rey B.J., Martínez E.M., Rosa R.G., Pereira L.S. (2012). Using the dual-Kc approach to model evapotranspiration of Albariño vineyards (*Vitis vinifera* L. cv. Albariño) with consideration of active ground cover. *Agricultural Water Management*, 112: 75-87.
- Grant, O.M., Ochagavía, H., Baluja, J., Diago, M. P., Tardáguila, J. (2016). Thermal imaging to detect spatial and temporal variation in the water status of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(1), 43-54.
- Martínez, E.M., Rey, B.J., Fandiño, M., Cancela, J.J. (2016). Impact of water stress and nutrition on *Vitis vinifera* cv. 'Albariño': Soil-plant water relationships, cumulative effects and productivity. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1), 1202.
- Scholander, P.F., Hammel, H.J., Bradstreet, A., Hwemmingsen, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148 339-346
- Williams L.E., Araujo F.J., 2002. Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of America Society of Horticultural Science*, 127(3): 448-454.