

A-13

## EVALUACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES PARA EL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN UNA PARCELA COMERCIAL DE OLIVAR EN SETO

*Campillo Torres, C.,\* (P), Millán Arias, S., Pérez Rodríguez, J.M., Carrasco Dorado F.J., Lara Carrasco, E., Prieto Losada, M.H.*

CICYTEX, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), 06187 Guadajira (Badajoz), [\\*carlos.campillo@juntaex.es](mailto:carlos.campillo@juntaex.es)

### Resumen

El conocimiento por parte del técnico de las zonas de la parcela que están en mejor y peor estado hídrico, resulta fundamental a la hora de establecer correcciones en relación a las programaciones de riego. El uso de imágenes aéreas con cámaras térmicas permite determinar la temperatura de cultivo y determinar que zonas están en mejor y peor estado hídrico. En los últimos años las imágenes satelitales han provocado un salto importante en el manejo de cultivos. El objetivo de este trabajo es evaluar la información obtenida de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2 para identificación de zonas con diferentes temperaturas de cultivo en olivar en seto y poder ser utilizados para identificar zonas con diferente estado hídrico. El ensayo se desarrolló en 2017 en una explotación comercial de olivar en seto (superintensivo) de la variedad Arbequina. Para el estudio se seleccionaron dos parcelas cada una de ellas en un sector diferente de riego; Parcela 1 con una superficie de 10 ha, con una estrategia de riego deficitario controlado sin pérdida de producción y Parcela 2 con una superficie de 5 ha, con una gestión de riego realizada por el técnico de la finca. Las imágenes satelitales permitieron identificar zonas con mayor y menor temperatura de cultivo de manera similar a la que se obtuvieron con las imágenes aéreas, aunque estas últimas permitieron identificar las zonas con mayor precisión. Los datos indican que la utilización de las imágenes satelitales pueden ser un buen indicador inicial de las diferencias de estado hídrico dentro de los diferentes sectores de la parcela, sin embargo, la baja resolución de los satélites que proporcionan imágenes térmicas, obliga a la utilización de bandas del infrarrojo lejano relacionadas con el contenido de agua en el cultivo y tamaño de cultivo y no con el térmico.

### 1) Introducción

El conocimiento por parte del técnico de las zonas de la parcela que están en mejor y peor estado hídrico, resulta fundamental a la hora de establecer correcciones en relación a las programaciones de riego que se están aplicando. Una monitorización eficaz del estado hídrico de los cultivos es esencial para optimizar el uso del agua en la agricultura, así como su desarrollo y producción final. Esto es especialmente significativo en el caso de que se estén desarrollando prácticas de riego deficitario (RD), en donde la cantidad de agua aplicada es inferior a la demandada por el cultivo, lo que provoca situaciones de déficit hídrico tanto en el suelo como en la planta (Fererres y Soriano, 2006; Chaves et al., 2007). En términos fisiológicos, una situación de estrés hídrico moderado promueve el cierre de los estomas, un descenso de la conductividad estomática al vapor de agua, disminuyendo más o menos significativa de la actividad fotosintética, lo que provoca un incremento de la eficiencia intrínseca del uso del agua (Medrano *et al.*, 2010). Una mala gestión del riego deficitario puede causar importantes pérdidas en la producción y/o la calidad de la misma,

en particular, si dicha monitorización no se realiza de una forma precisa en los periodos más críticos para el cultivo, que coinciden con las épocas de mayor demanda evapotranspirativa.

En la actualidad, existen diferentes sensores que se pueden utilizar para determinar el estado hídrico en olivo, sin embargo, el auge de los sistemas de cultivo como el olivar en seto, ha provocado que los tamaños de las parcelas sean muy grandes, lo que impide que el técnico pueda controlar el estado hídrico de toda la parcela, además esto se une a la heterogeneidad de suelos que se presentan en estas. En este sentido, las nuevas tecnologías de imágenes tomadas desde aviones tripulados o no tripulados, embarcados con cámaras térmicas, permiten determinar la temperatura del cultivo y con la utilización de índices de estado hídrico conocer qué zonas están en mejor, y peor estado hídrico. Las peculiaridades de estos sistemas de predicción son: la necesidad de determinar la temperatura del cultivo eliminando las condiciones de suelo de las imágenes adquiridas, y el coste de estas. En los últimos años las imágenes satelitales para el uso en la agricultura han provocado un salto importante en el manejo de cultivos, no solo por el aumento de la precisión, sino por la disminución de la periodicidad de las imágenes.

## 2) Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar la información obtenida de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2 para identificación de zonas con diferentes temperaturas del cultivo en olivar en seto y así identificar zonas con diferente estado hídrico.

## 3) Materiales y Métodos

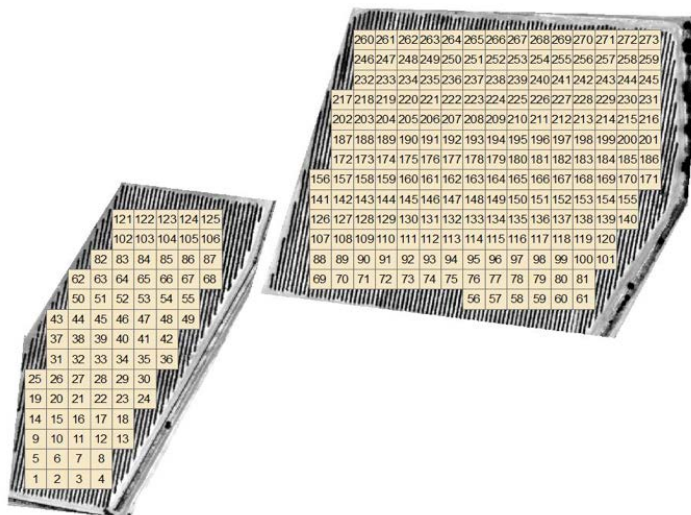
Los trabajos se realizaron durante 2017 en una parcela comercial con 180 ha en plena producción de olivar en seto (*Olea europaea* L.) de la variedad 'Arbequina' situada en la Finca "Explojoz" en Talavera la Real (Badajoz). La plantación de olivar se realizó en otoño de 2007 a una densidad de 1.852 olivos/ha (4 x 1,35 m), con una orientación Norte-Sur y formados en eje central. La plantación fue regada por un sistema de riego localizado mediante goteo, con una tubería por línea de árboles, con goteros integrados autocompensantes distanciados a 67 cm y con un caudal de 1,6 l h<sup>-1</sup>. El clima de esta zona es mediterráneo, con una estación seca de junio a septiembre (verano) y una temporada húmeda de octubre a mayo (invierno) en la que se produce el 80% de las precipitaciones totales. La temperatura de verano en esta área supera a menudo los 40°C, mientras que la temperatura de invierno puede bajar hasta 0°C. La precipitación media anual es inferior a 500 mm. El mantenimiento del suelo fue en no laboreo y desnudo de malas hierbas con el uso de herbicidas. Sobre esta parcela se seleccionaron dos zonas, cada una de ellas en un sector de riego diferente con una superficie de 10 ha, en esta parcela se realizó una gestión de riego adaptada a una estrategia de riego deficitario controlado y de 5 ha (parcela Control) donde se aplicaba una gestión del riego realizada por el técnico de la finca, ambas zonas con riego independientes.

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron 2 vuelos aéreos (fase 1 (junio) y fase 3 (agosto) con una plataforma de vuelo equipada con cámara térmica THERMOMAP (SenseFly s.a. Ecublens (Switzerland) con una resolución de 20 cm y cámara multispectral CANON IXUS 140 (Canon inc, Tokio; Japón), con una resolución de 5 cm. En las mismas fechas en las que se obtuvieron las imágenes aéreas, se analizaron imágenes satelitales. En el caso de este trabajo fueron seleccionadas del sensor Landsat 8 OLI las bandas: 5, 6 y 7; mientras que del sensor Sentinel 2A MSI las bandas: 4, 8, 11 y 12. Las imágenes fueron procesadas y analizadas mediante el software gratuito QGIS2.18, utilizando el plugin SCP v5.3.6 (Semi-Automatic Classification Plugin) (Congedo, 2016) se realizó la corrección atmosférica de todas las bandas de manera automática mediante el método o de corrección

atmosférica DOS1. Los datos de temperatura de cultivo a partir de las imágenes satelitales se utilizó la información de la banda 6 de Landat 8. Las bandas del infrarojo lejano (11 y 12) y las bandas de infrarojo cercano (8), fueron utilizadas para obtener el índice NDWI (índice de humedad de cultivo).

A partir de las imágenes aéreas se realizaron mapas con índices característicos del desarrollo de la cubierta vegetal, Índice de vegetación normalizada (NDVI) y Porcentaje de suelo sombreado por el cultivo (%SS). Las bandas de Rojo e Infrarojo cercano fueron utilizadas para la obtención del NDVI, con el objetivo de separar la vegetación del brillo que produce el suelo (Rouse et al., 1974). El NDVI se basa en el peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la estructura del dosel y así facilitar la realización de medidas rápidas de desarrollo del cultivo. Los valores de %SS se utilizaron para identificar el efecto del tamaño de cultivo sobre las medidas de temperatura, este valor se obtiene a partir de la identificación entre los píxeles ocupados por el cultivo en relación al marco de plantación del cultivo.

Para la identificación de los porcentajes de cultivo sobre los de suelo en relación con el tamaño de píxeles de las imágenes satelitales sobre el mapa de la zona de estudio se aplicó una malla de 20 x 20 (figura 1) coincidiendo con el tamaño de píxeles de las imágenes satelitales de sentinel 2, sobre cada píxel se evaluó el porcentaje de cultivo y de suelo en cada uno de los píxeles, se consideró que el valor de temperatura de suelo era similar en toda la zona de cultivo.

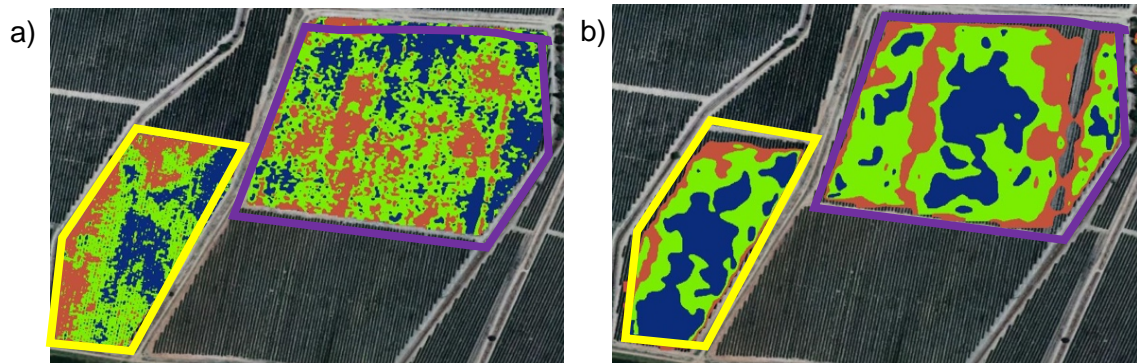


**Figura 1.** Malla utilizada para correlacionar los valores de las diferentes imágenes obtenidas en los dos días de medida en las zonas seleccionadas.

#### 4) Resultados

El análisis de las imágenes obtenidas en los dos momentos fenológicos del cultivo de olivar en seto coincidiendo con la fase I donde no se aplican técnicas de RD y fase 3 que coincide con el endurecimiento de hueso (agosto) donde si se aplican técnicas de RD fueron procesadas y analizadas para la determinación de las diferentes zonas de temperatura distribuidos en cada una de las zonas de la parcela. Como se observa en las imágenes aéreas obtenida mediante vuelos (Figura 2a), los valores de %SS, clasificado en bajos, medios y altos, permitieron identificar zonas con diferente desarrollo en cada una de las parcelas estudiadas, principalmente en la parcela 2, ya que en la parcela 1 la alta heterogeneidad en la información del %SS impide una mejor caracterización de las zonas.

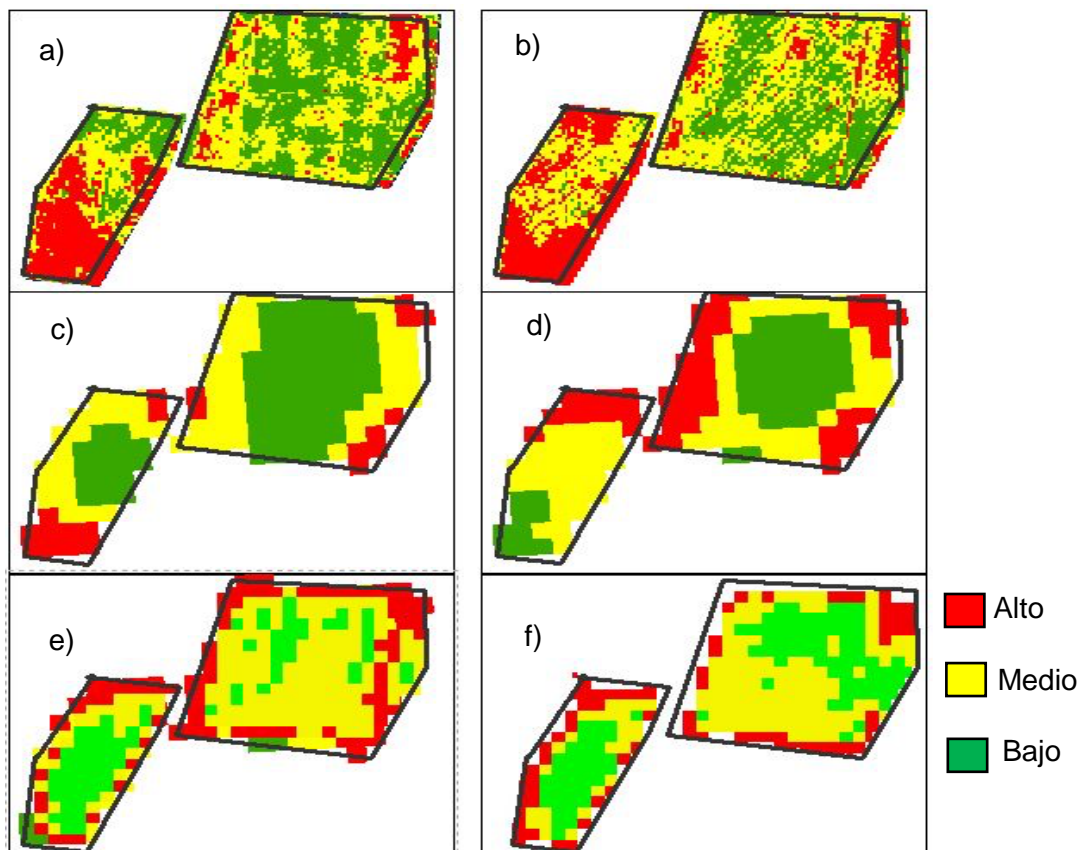




**Figura 2.** Valores de %SS (a) NDVI (b) en la fase de mayor desarrollo de cultivo (agosto); Parcela 1 (contorno violeta) y Parcela 2 (contorno amarillo).

En el caso de las imágenes de satélite (Figura 2b) el análisis de las imágenes del satélite sentinel 2 permitió identificar las zonas con mayor y menor desarrollo. Al comparar las clasificaciones realizadas con ambos sistemas se observa como en el caso de la parcela 1 las zonas identificadas mediante imágenes aéreas y por satélite son diferentes, lo que indica una diferencia en la localización de las zonas de diferente desarrollo en el cultivo entre ambas fuentes de datos. Sin embargo, en el caso de la parcela 2, la identificación de la zona con mayor desarrollo es similar entre ambas metodologías.

En la figura 3 se muestran la clasificación de los valores obtenidos en las imágenes obtenidos en las diferentes plataformas, clasificado en bajos, medios y altos, (a y b), imágenes aéreas; (c y d) Lansat 8 (TIR) y (e y f) NDWI.



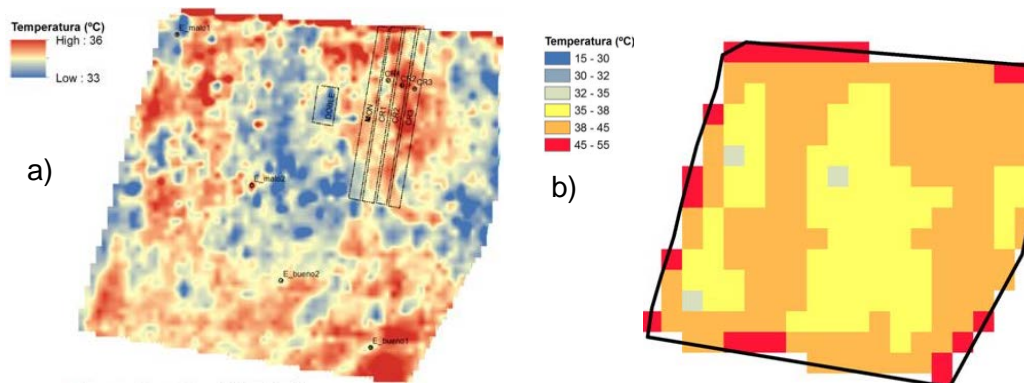
**Figura 3.** Valores de %SS (a) NVDI (b) en la fase de mayor desarrollo de cultivo (agosto); Parcela 1 (contorno violeta) y Parcela 2 (contorno amarillo).

Los datos obtenidos con las imágenes térmicas aéreas permitieron identificar las diferencias de temperatura del cultivo entre las dos zonas estudiadas, además permitieron identificar diferencias en temperatura dentro de cada sector de riego, pese a que el riego era igual en todo el sector.

En las imágenes aéreas se identifica una zona central de temperatura más baja en la zona 1 y dos zonas claramente diferenciadas en la zona 2, más claramente diferenciadas en la primera fecha a que en la segunda fecha figura 3b, donde la reducción de las dosis de agua aplicada en la zona 2 igualan más los valores de la parcela.

Las imágenes satelitales también permitieron identificar las diferencias entre las parcelas y las zonas identificadas en cada sector, aunque de una manera menos precisa que las imágenes aéreas (Figura 3). Los valores térmicos estuvieron influenciados no solo por las características de suelo, sino también por los tamaños del cultivo, además el procesamiento de imágenes térmicas, principalmente las de satélite, estuvo influenciado por el tamaño de las cubiertas. Se hace necesario, por lo tanto, trabajar con las imágenes de desarrollo de cultivo y térmico en conjunto, a la hora de detectar zonas con diferente comportamiento, con el objetivo de identificar zonas con diferente estado hídrico.

En la figura 4 se muestra el mapa de temperatura del cultivo eliminado la temperatura del suelo y efectuado un kriging con los valores de la temperatura (figura 4a) y el mapa obtenido a partir de las imágenes satelitales (figura 4b) introduciendo los porcentajes de cultivo y suelo en cada uno de los píxeles. Se observa que la información obtenida en ambos mapas puede ser utilizada a la hora de identificar las zonas dentro de la parcela donde el cultivo tiene una mayor temperatura y puede tener un estrés hídrico.



**Figura 4.** Mapa térmico, realizado con imagen aérea (a) y por corrección de las imágenes satelitales (b) sobre la zona 1.

## 5) Conclusiones

Las imágenes satelitales permitieron identificar zonas con mayor y menor temperatura de cultivo de manera similar a la que se obtuvieron con las imágenes aéreas, aunque estas últimas permitieron identificar las zonas con mayor precisión. Los datos indican que la utilización de las imágenes satelitales pueden ser un buen indicador inicial de las diferencias de estado hídrico dentro de los diferentes sectores de la parcela, sin embargo, la baja resolución de los satélites que proporcionan imágenes térmicas, obliga a la utilización de bandas del infrarrojo lejano relacionadas con el contenido de agua en el cultivo y tamaño de

cultivo y no con el térmico. A efectos prácticos, un aspecto a tener en cuenta es la inmediatez en el procesado de los datos obtenido con las imágenes de satélite frente a las aéreas ya que la mayor resolución de estas obliga a realizar un depurado de la imagen separando los valores de planta y suelo. El uso de imágenes de satélite puede ser una buena alternativa en situaciones con grandes superficies, en las que no sea necesario un alto nivel de resolución.

## 6) Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por Junta de Extremadura a través de la ayuda a grupos de investigación (AGA001 proyecto GR18196), INIA (RTA 2013-00045-C04-02), Proyecto FERTINNOWA financiado por EU H2020 y proyecto CCESAGROS, todos ellos cofinanciados con fondos FEDER.

## 7) Bibliografía

Chaves, M.M., T.P. Santos, C.R. Souza, M.F. Ortuno and M.L. Rodrigues et al., 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann. Applied Biol.*, 150: 237-252.

Congedo, L. 2016. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

Fereres, E. and M.A. Soriano, 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use: Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress special issue. *J. Exp. Bot.*, 58: 147-159.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Fraden S.C., Marcanti E.P. and Becker M.A. (eds.), *Third ERTS-1 Symposium*, 10–14 Dec. 1973, NASA SP-351, Washington D.C. NASA, pp. 309–317.