

Utilización de técnicas de teledetección para elaborar mapas de calidad en viñedos afectados por clorosis férrica

Pedro Martín Peña¹ y Pablo J. Zarco Tejada²

¹ Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales.

Universidad de Valladolid

² Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Córdoba.

Los métodos de teledetección constituyen una poderosa herramienta en agricultura, ya que permiten registrar la variabilidad espacial de numerosos parámetros fisiológicos, agronómicos y de calidad en el viñedo sin necesidad de tomar contacto con el objeto, es decir, utilizando sensores remotos. Estos sensores pueden actuar desde tierra, instalarse en plataformas elevadas, en aviones o en satélites. En viticultura de precisión, hay un creciente interés en los métodos de teledetección debido a su potencial utilidad para la estimación de variables como forma, tamaño y vigor de las plantas, indicadores de rendimiento, y parámetros de calidad de la uva.

La aplicación más generalizada de la teledetección en viticultura es hoy día el uso de imágenes aéreas y de satélite para la estimación de índices de vegetación como el *normalized difference vegetation index* (NDVI). A partir de este índice se elaboran mapas de vigor en el viñedo que pueden servir para predecir el rendimiento, estimar el potencial enológico de la uva u obtener información sobre las necesidades hídricas y el estado sanitario de las cepas. No obstante, este índice es fundamentalmente indicador del estado vegetativo de la planta, no sirviendo para obtener información de estrés previsual de la vegetación, ni de su estado fisiológico.

Otro tipo de técnicas, desarrolladas más recientemente, se han dirigido a la estimación de propiedades biofísicas y constituyentes bioquímicos de las plantas.

Figura 1. Medida del contenido clorofílico en hoja mediante un espectrofotómetro portátil.



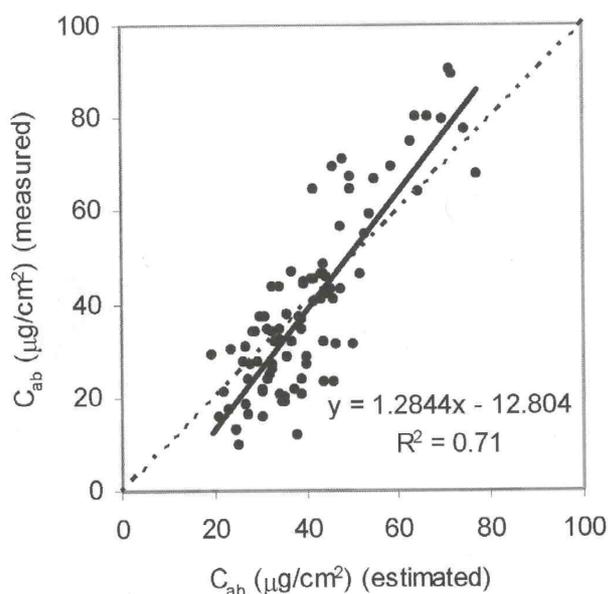
Utilizando técnicas de teledetección varios autores (Vogelmann et al., 1993; Carter, 1994) observaron diferencias en la reflectancia de la vegetación (región del espectro entre 690 a 750 nm) en plantas sanas y sometidas a estrés asociadas a cambios en los niveles de clorofila. En los últimos años se han propuesto diversos índices hiperespectrales para estimar el estado fisiológico de los cultivos, que se relacionan con componentes bioquímicos como el contenido en clorofila, carotenoides, xantofilas, antocianinas o la humedad de la hoja.

La carencia nutricional de hierro o clorosis férrica es una fisiopatía que reduce en gran medida la productividad del viñedo y la calidad de la uva, ocasionando graves perjuicios económicos. La deficiencia de hierro modifica los procesos de síntesis y acumulación de compuestos aromáticos y polifenoles en la uva durante la maduración, lo que puede llevar a defectos patentes en el aroma, color y las propiedades de astringencia de los vinos. Para corregir la enfermedad es necesario disponer de un >>>

►►► método de diagnóstico correcto y de una caracterización de la variabilidad espacial en campo del nivel de afección. De este modo se pueden diseñar las mejores estrategias para el control de la enfermedad, aplicando distintos tratamientos en cepas o subparcelas según estén más o menos afectadas. Por otra parte, la definición de zonas de calidades homogéneas dentro de los viñedos afectados hace posible planificar una recolección escalonada, por subparcelas, y organizar luego en la bodega las elaboraciones más acordes a las distintas potencialidades de la uva recogida.

Hall et al. (2002) definieron la biomasa fotosintéticamente activa (PAB), una variable que integra el tamaño y densidad de la cubierta, el vigor y el contenido foliar de clorofila. La variación espacial de PAB o de otros parámetros equivalentes ha sido relacionada con la variación espacial del rendimiento del viñedo y la composición de la uva y el vino (Lamb et al., 2001, 2004). En suelos clorosantes la disponibilidad de hierro ►►►

Figura 2. Estimación del contenido en clorofilas a nivel de canopy utilizando el índice TCARI/OSAVI a través del modelo PROSPECT + rowMCRM (Meggio et al., 2008).



realizamos todo tipo de trabajos en **viñedo**

vocación de servicio para darte la respuesta más directa, clara y precisa

Serviñedo

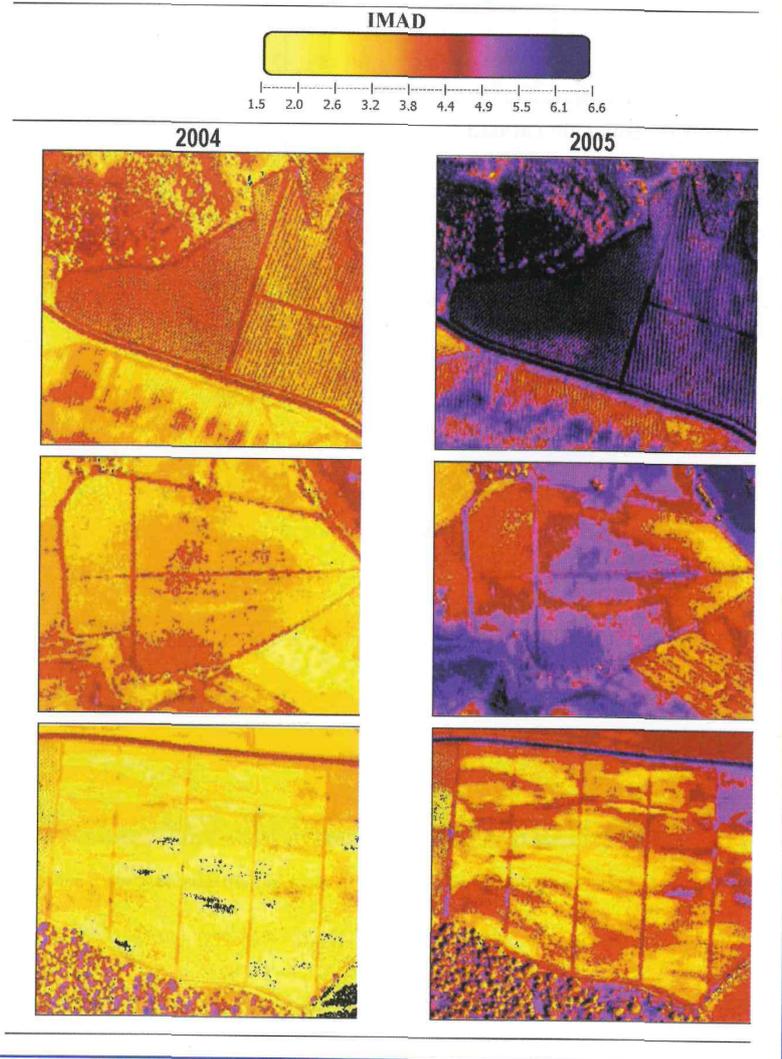
C/ Bernal Díaz del Castillo, nº 7 - 47400
Medina del Campo (Valladolid)
Tfños: 635 608 084 - 655 953 685
serviñedo@gmail.com

►►► puede ser el factor principal en la determinación del tamaño del follaje y el contenido en pigmentos fotosintéticos de las hojas. Por ello, la estimación del contenido foliar de clorofila mediante colorímetros portátiles tipo SPAD (figura 1), o bien mediante sensores remotos, puede ser potencialmente útil para elaborar mapas de rendimiento y de calidades de cosecha en viñedos afectados por la clorosis (Martín et al., 2007; Meggio et al., 2008; Zarco-Tejada et al., 2005).

Desde el año 2002, el Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales de la Universidad de Valladolid y el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) vienen realizando estudios diversos en la D.O. Ribera del Duero sobre la detección de estrés nutricional y la estimación del potencial enológico del viñedo en zonas afectadas por clorosis férrica, utilizando técnicas de teledetección. Los trabajos se centraron en un primer momento en demostrar que, efectivamente, los contenidos foliares en clorofila en los viñedos afectados por la carencia nutricional de hierro guardan fuertes correlaciones con parámetros de calidad del mosto como el contenido en sólidos solubles o el índice de polifenoles totales (Martín et al., 2007). En segundo término, se evaluó la posibilidad de estimar el contenido clorofílico a nivel de la cubierta vegetal mediante teledetección hiperespectral. Los resultados obtenidos con el índice TCARI/OSAVI a través del modelo de simulación de transferencia radiativa PROSPECT-rowMCRM en las zonas de estudio fueron satisfactorios (figura 2). Con estos antecedentes, se ha demostrado finalmente que es posible elaborar mapas de calidades potenciales de la uva en estos viñedos a partir de la estimación del contenido clorofílico de la hoja.

Además de las clorofilas, otros pigmentos fotosintéticos como los carotenoides o las xantofilas ven dis-

Figura 3. Mapa del índice cromático CIRG obtenido a través de su relación con índices fisiológicos relacionados con el contenido foliar en carotenoides en zonas de estudio de la D.O. Ribera del Duero (Meggio et al., 2010).



minuida su concentración por unidad de superficie de hoja en las plantas afectadas por la carencia de hierro. Sin embargo, el efecto de la deficiencia no es el mismo en unos pigmentos que en otros, según se ha podido observar en diversos tipos de plantas (Abadía et al., 1999). Por otra parte, un incremento anormal del contenido de antocianinas (pigmentos no fotosintéticos responsables del color rojo) en las hojas puede ser una consecuencia directa de la acción de algún tipo de estrés sobre las plantas: iluminación excesiva, radiación ultravioleta, bajas temperaturas, sequía, heridas, carencias de nutrientes, daños de parásitos o toxicidad por ►►►

▶▶▶ plaguicidas (Chalker-Scott, 1999).

En trabajos recientes, Meggio et al. (2010) han puesto de manifiesto que algunos índices de reflectancia relacionados con los contenidos foliares en antocianinas y carotenoides (Gamon y Surfus, 1999; Gitelson et al., 2006), medidos a comienzo de la maduración, pueden correlacionarse significativamente con importantes variables de calidad de la uva en la vendimia. Es posible que los contenidos foliares de carotenoides y antocianinas puedan ser parámetros interesantes, alternativos al contenido de clorofila, para el seguimiento de la clorosis férrica en campo, y también para elaborar mapas de calidad en viñedos afectados por la enfermedad. Las figuras 3 y 4 muestran la variación espacial de la relación azúcar/acidez y del índice cromático CIRG (Carreño et al., 1995), obtenida en función de la estimación del contenido foliar de carotenoides en varias zonas de estudio de la D.O: Ribera del Duero.

BIBLIOGRAFÍA

ABADIA, J., ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, A., ROMBOLA, A.D., SANZ, M., TAGLIAVINI, M., ABADIA, A. 2004: Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50: 965-971.

CARREÑO J.; MARTINEZ A.; ALMELA L.; FERNANDEZ-LOPEZ J.A., 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Res. Int.* 28:373-381.

CARTER, G.A. 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 697-704.

CHALKER-SCOTT, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.*, 70:1-9.

GAMON, J.A., SURFUS, J.S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist*, 143:105-117

GITELSON, A.A., KEYDAN, G.P., MERZLYAK, M.N. 2006. Three-band model for non invasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin content in higher plant leaves. *Geophysical Research Letters*, 33, L11402, DOI:10.1029/2006GL026457.

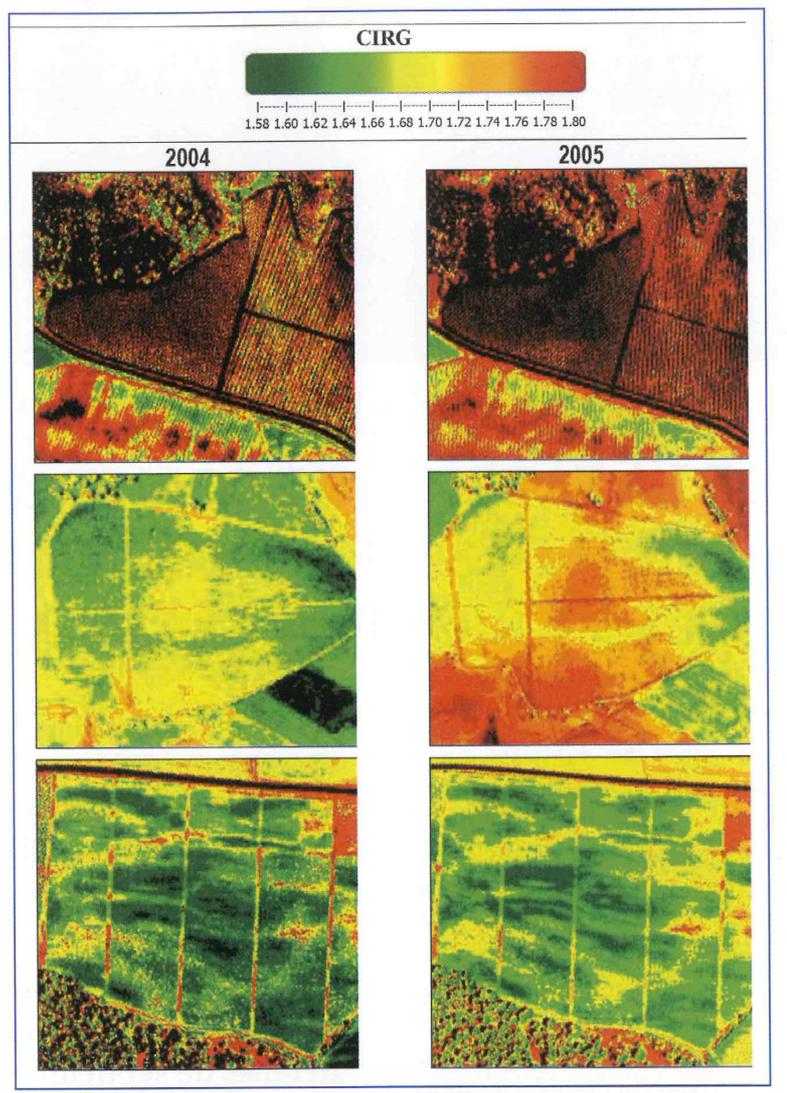
HALL, A., LAMB, D.W., HOLZAPFEL, B., LOUIS, J. 2002. Optical remote sensing applications in viticulture – a review. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8: 36-47.

LAMB, D.W., WEEDON, M.M., BRAMLEY, R.G.V. 2004. Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10: 46-54.

LAMB, D.W., HALL, A., LOUIS, J. 2001. Airborne remote sensing of vines for canopy variability and productivity. *Aust. Grapegrower Winemaker* 449, 89-92.

MARTÍN, P., ZARCO-TEJADA, P.J., GONZÁLEZ, M.R., BERJÓN, A., 2007. Us-

Figura 4. Mapa de la relación azúcar/acidez del mosto obtenido a través de su relación con índices fisiológicos relacionados con el contenido foliar en carotenoides en zonas de estudio de la D.O. Ribera del Duero (Meggio et al., 2010).



ing hyperspectral remote sensing to map grape quality in Tempranillo vineyards affected by iron deficiency chlorosis. *Vitis*, 46: 7-14.

MEGGIO, F., ZARCO-TEJADA, P.J., MILLER, J.R. MARTÍN, P., GONZÁLEZ, M.R., BERJÓN, A., 2008. Row Orientation and Viewing Geometry Effects on Row-structured Crops for Chlorophyll Content Estimation. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34 (3): 220-234.

MEGGIO, F., ZARCO-TEJADA, P.J., NÚÑEZ, L.C., SEPULCRE-CANTÓ, G., GONZÁLEZ, M.R., MARTÍN, P., 2010. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using narrow-band physiological remote sensing indices. *Remote Sensing of Environment*, 114:1968-1986.

VOGELMANN, J. E., ROCK, B. N., MOSS, D. M. 1993. Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 14:1563-1575.

ZARCO-TEJADA, P.J.; BERJÓN, A., LÓPEZ-LOZANO, R., MILLER, J.R., MARTÍN, P., CACHORRO, V., GONZÁLEZ, M.R., DE FRUTOS, A., 2005. Assessing Vineyard Condition with hyperspectral Indices: Leaf and Canopy Reflectance Simulation in a Row-Structured Discontinuous Canopy. *Remote Sensing of Environment*, 99(3): 271-287.