

## APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN A LA MEJORA DEL MANEJO Y GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO EN ARAGÓN

**M<sup>a</sup> AUXILIADORA CASTERAD.** *Unidad de Suelos y Riegos (asociada al CSIC). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón.* **ANTONIO MARTÍNEZ-COB.** *Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei. CSIC.*  
acasterad@aragon.es

Las actuales exigencias a las que está sometida la agricultura hacen necesario un compromiso entre producción y sostenibilidad. Ello exige, entre otros, un uso eficiente de los factores de producción y una gestión adecuada de los mismos. Las imágenes de satélite y la teledetección tienen mucho que aportar a este respecto. La teledetección ya ha dejado de verse únicamente como una herramienta de control de la administración y diferentes usuarios ven en ella una fuente de datos actualizados y veraces de gran utilidad en la agricultura actual.

Dentro de la agricultura, la de regadío es una de las más interesadas en este tipo de información. A la competitividad por el agua y el suelo se unen las actuales exigencias de la Unión Europea en materias de agua y medioambientales. El uso del agua, como recurso productivo estratégico cada vez más escaso, es motivo de preocupación, siendo necesarias estrategias que permitan una optimización de la gestión de este recurso. La introducción de la teledetección en la gestión y manejo del regadío está permitiendo hoy en día mejorar el diagnóstico del cultivo y del regadío, optimizar la eficiencia en la utilización de insumos, mejorar la gestión del riego, agilizar la toma de decisiones, reducir los impactos ambientales, mejorar la conservación de los recursos naturales, etc.

Todo lo expuesto comporta la necesidad de disponer de información científica, metodologías y aplicaciones prácticas que puedan ser utilizadas por los gestores, técnicos y agricultores en la toma de sus decisiones. En ello, dentro de la línea de investigación *Aplicaciones agrarias de la teledetección*, el Grupo de Teledetección de la Unidad de Suelos y Riegos del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimen-

taria de Aragón (CITA) está trabajando desde 1989, en colaboración con el Grupo de Riego, Agronomía y Medio Ambiente de la EE Aula Dei (CSIC). Las aplicaciones que se han desarrollado están orientadas fundamentalmente al diagnóstico, manejo y control del regadío, proporcionando información territorial sobre distintos rasgos y parámetros de interés relacionados con el agua, suelo y cultivo. Dos son las líneas principales de trabajo: (i) el desarrollo de metodologías para el seguimiento y evolución de los cultivos y (ii) la aplicación de la teledetección a la mejora del manejo y gestión del uso del agua de riego.

**Un aspecto esencial para cuantificar los recursos hídricos de una zona y optimizar la gestión del riego es conocer la superficie regada, estimar las superficies de cultivos y determinar el estado en el que se encuentra el cultivo.** En este sentido en el CITA se han desarrollado y puesto a punto metodologías para la identificación y seguimiento de cultivos, el reconocimiento y seguimiento de áreas regadas, el seguimiento de irregularidades intraparcelares, la detección y seguimiento de estreses abióticos y la incorporación de la teledetección en la agricultura de precisión (Figura 1 y 2). Para ello, se han utilizado principalmente imágenes de media y alta resolución de los satélites Landsat (30 m), Spot (20 m) y Quickbird (2,8 m), e información adquirida en campo con equipos terrestres de teledetección como un espectroradiómetro, que proporciona datos de reflectividad, y el Greenseeker, sensor portátil que da información sobre el desarrollo del cultivo mediante un índice de vegetación, el NDVI. En *Casterad y López-Lozano (2007)*, *López-Lozano et al. (2007)*; *López-Lozano y Casterad (2002)* pueden verse con más detalle algunas de las mencionadas aplicaciones.

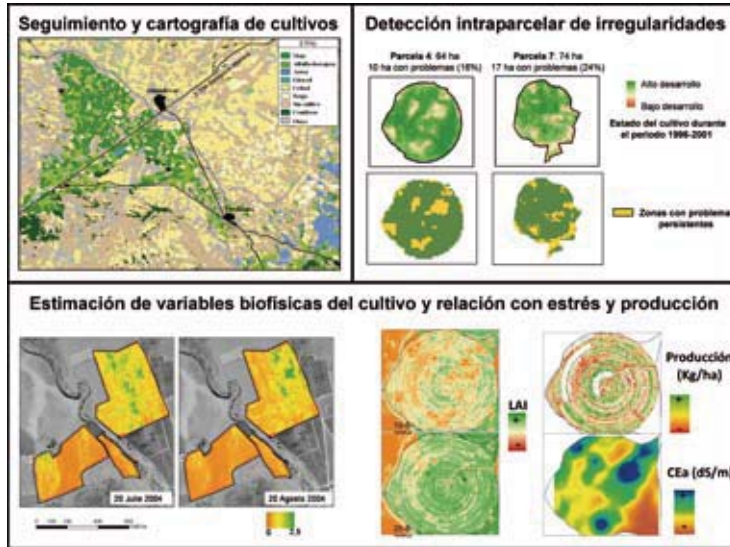


Figura 1. Seguimiento y evolución de cultivos con teledetección.



Figura 2. Aplicación para el seguimiento del cultivo en parcela mediante imágenes de satélite.

Otro aspecto importantísimo es saber el estado hídrico del cultivo. En esta línea también han trabajado los mencionados grupos de investigación viendo las posibilidades de utilización la teledetección para la estimación de la evapotranspiración y la determinación de coeficientes de cultivo, aspectos necesarios, por ejemplo, en la realización de balances hídricos y programaciones de riego, etc. En este caso se ha usado información derivada de imágenes Landsat para estimar evapotranspiración a escala regional: a) mediante modelos de balance de energía (por ejemplo, SEBAL), basados en la temperatura de la superficie vegetal obtenida de las imágenes Landsat y en datos meteorológicos registrados en zonas representativas del área de estudio (Ramos *et al.*, 2009); y b) mediante modelos de cálculo de coeficientes de cultivo a partir de índices de vegetación obtenidos de las imágenes Landsat y de datos in situ de humedad del suelo (Campos *et al.*, 2010, en este número); esta segunda alternativa se ha aplicado en Aragón sobre todo en leñosos.

Conocer la fisiología hídrica del polígono de riego, dato muy incompleto en casi todos los regadíos es también muy importante. No en todos los regadíos se afora el agua suministrada o utilizada, y los datos de su distribución dentro de cada polígono son de calidad dispar y a menudo inaccesibles. En esta línea, los grupos de investigación citados han desarrollado diferentes metodologías y herramientas, como Irrivol (Casterad y Herrero, 1998) que ha

permitido predecir, estimar y cartografiar volúmenes de riego (Martín-Ordóñez *et al.*, 1998) y simular los efectos del cambio de sistema de aplicación de agua de riego y estimar el porcentaje de reutilización difusa de agua de riego en el interior de un polígono de riego (Nogués y Herrero, 1998; Nogués y Herrero 2003), cuestiones ambas de interés en el diseño de políticas hidráulicas (Figura 3).

Gran parte de estas aplicaciones han requerido el soporte de Sistemas de Información Geográfica que han permitido integrar y combinar información territorial de procedencia diversa: de campo, de satélite, cartográfica, límites administrativos, meteorológica, etc.

Un ejemplo de las posibilidades de aplicación de la teledetección en regadíos de Aragón lo tenemos en el polígono de riego de Flumen (Huesca), donde el Grupo de investigación ha desarrollado, validado y aplicado bastantes de las metodologías antes citadas. Utilizando la teledetección se han obtenido: estadísticas de superficies de cultivos; mapas de cultivos; cambios en la superficie y distribución de cultivos; estimaciones y cartografía de necesidad hídricas de cultivos y volúmenes riego; estimaciones de utilización de agua en áreas, como las huertas viejas, donde se desconoce la facturación; estimaciones de evapotranspiración; estudio de los posibles efectos de la modernización en la reutilización y ahorro del agua; seguimiento de áreas regadas, etc.

Se han expuesto brevemente algunas de las herramientas basadas en teledetección y desarrolladas

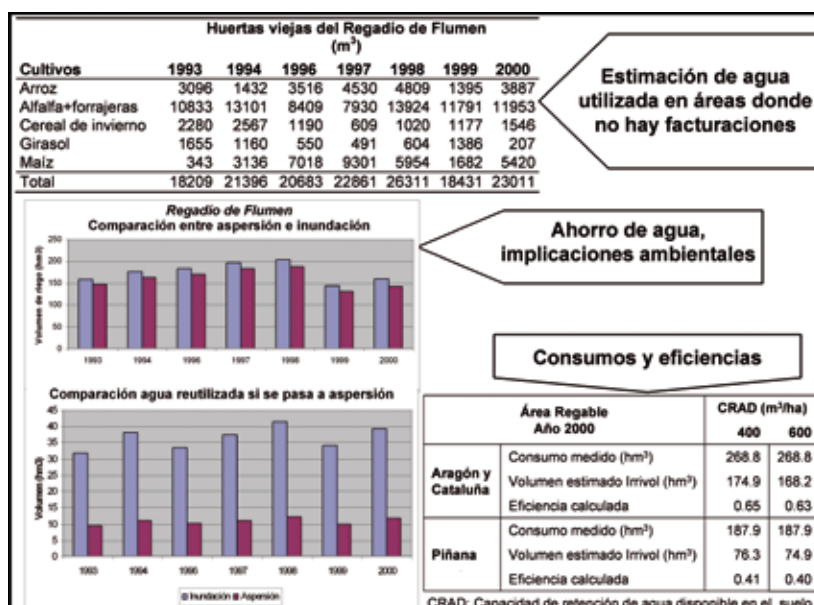


Figura 3. Algunos resultados derivados del uso de Irrivol.

por investigadores aragoneses con el objetivo de aplicarlas en la mejora del manejo y gestión del agua de riego en Aragón. Las metodologías y herramientas expuestas son una realidad y están disponibles para su uso. Hay que realizar un esfuerzo entre to-

dos, Administración, Investigadores y Usuarios, para que su utilización en el manejo y gestión diarios del agua de riego realizado por los Gestores y Usuarios sea una realidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Campos, I., Martínez-Cob, A., Casterad, M.A., Calera Belmonte, A. 2010. Estimación de la evapotranspiración de cultivos leñosos en regadío mediante teledetección en Aragón. En: Incorporación de la teledetección en la gestión del agua en la agricultura. Monográfico Riegos del Alto Aragón. Enero. 16-18.
- Casterad, M.A. y Herrero, J. 1998. Irrivol: A method to estimate the yearly and monthly water applied in an irrigation district. *Water Resources Research* 34 (11): 3045-3049.
- Casterad, M.A. y López-Lozano, R. 2007. *Seguimiento de viñas en espaldera mediante índices de vegetación y mapas de índice de área foliar derivados de imágenes de satélites de muy alta resolución espacial*. Revista Enología (Revista digital). Año IV, (4):1-9.
- López-Lozano, R., Casterad, M.A. 2002. *La modernización del riego del olivar de Belchite vista desde satélite*. Surcos de Aragón, 81: 24-27.
- López-Lozano, R y Casterad, M.A. y Herrero, J. 2007. *Relación entre desarrollo de cultivo, rasgos edáficos y rendimiento en una parcela de maíz mediante teledetección y SIG*. pp 43-50. En Rivas R. et al. (Ed.) Teledetección hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. XII Congreso Nacional de Teledetección. 489 pp. ISBN: 978-987-543-126-3.
- Martín-Ordóñez, T., Casterad, M. A. y Herrero, J. 1998. Cuantificación y cartografía de los volúmenes de agua de riego aplicados en un regadío. *XVI Congreso Nacional de Riegos*. Palma de Mallorca, junio 1998. Asociación Española de Riegos y Drenajes. Govern Balear. pp. 503-510.
- Nogués, J. y Herrero, J. 1998. Uso de información georreferenciada de suelos y de cultivos para pronosticar resultados de la modernización de un regadío a pie. *XVI Congreso Nacional de Riegos*. Palma de Mallorca, junio 1998. Asociación Española de Riegos y Drenajes. Govern Balear. pp. 519-526.
- Nogués, J. y Herrero, J. 2003. The impact of transition from flood to sprinkling irrigation on water district consumption. *Journal of Hydrology*, 276:37-52.
- Ramos, J.G., Cratchley, C.R., Kay, J.A., Casterad, M.A., Martínez-Cob, A., Domínguez, R. 2009. Evaluation of satellite evapotranspiration estimates using ground-meteorological data available for the Flumen District into the Ebro Valley of N.E. Spain. *Agricultural Water Management*. 96: 638-652.