

TECNOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN LOS SERVICIOS DE ASESORAMIENTO DE RIEGOS

A. Cuesta ^(*), A. M. Jochum ^(**) y A. Calera ^(*)

Andres.Cuesta@uclm.es

^(*) Grupo de Teledetección y SIG, Universidad de Castilla La Mancha. C/ Campus Universitario sn, 02071 Albacete

^(**) ALFAclima Asesoramiento Medioambiental

RESUMEN

En este trabajo se trata de mostrar cómo la integración de las tecnologías de Observación de la Tierra dentro de los Servicios de Asesoramiento de Riegos (SAR) puede mejorar la gestión operativa diaria de los SAR, permitiendo un seguimiento de los cultivos más detallado y preciso y a la vez, menos costoso. Los SAR son uno de los más importantes instrumentos de gestión para conseguir una mejor eficiencia en el uso del agua para riego. Asimismo las nuevas tecnologías de la información han de permitir que la información generada por el SAR pueda llegar al agricultor como usuario final de forma más rápida, fluida y personalizada. El trabajo se basa en el proyecto europeo DEMETER (DEMONstration of Earth observation TEchnologies in Routine irrigation advisory services). En este artículo se describen tanto el concepto y las componentes del sistema, como las primeras experiencias y resultados obtenidos al respecto.

ABSTRACT

In this work we try to demonstrate how the integration of Earth Observations (EO) into Irrigation Advisory Services (IAS) can improve the day-to day operative management, allowing a more detailed and precise monitoring of the crops and at the same time, cost effectiveness. IAS are the natural management instruments to achieve a better efficiency in the use of water for irrigation. In the same way new Information Technologies have to allow that the generated information by IAS could arrived to the end user (i.e: farmer) in a fast and personalized way. In this work is based the European Project DEMETER (DEMONstration of Earth observation TEchnologies in Routine irrigation advisory services). Here the concept and the components of the system are described, as well as the first experiments and results.

Palabras clave: teledetección, índice de vegetación, SAR, coeficiente de cultivo (Kc), SIG.

INTRODUCCIÓN

La agricultura de regadío es la principal consumidora de agua en la península Ibérica (72% en España, 59% en Portugal), así como en todos los países del arco mediterráneo y en otros muchos lugares del mundo, por lo que su uso eficiente es un aspecto estratégico en cualquier política de uso sostenible del agua, tal y como se recoge en las normas legales tanto a nivel nacional como europeo (Directiva Marco Europea, Planes Hidrológicos Nacionales, Planes Nacionales de Regadíos).

Los Servicios de Asesoramiento de Riegos (SAR) son uno de los más importantes instrumentos de gestión para conseguir una mejor eficiencia en el uso del agua para riego. Los SAR proporcionan a los agricultores la información necesaria para determinar la cantidad de agua a aplicar, adecuada a las necesidades hídricas de los cultivos para conseguir optimizar la producción en función del coste.

La metodología actual que utilizan los SAR está basada en las recomendaciones realizadas por FAO (Food and Agriculture Organisation), según la denominada "aproximación K_c-ET_0 ", donde K_c es el coeficiente de cultivo y ET_0 la evapotranspiración de referencia (Allen *et alii*. 1998). Asimismo los SAR abordan de múltiples formas la transmisión de la información de forma práctica y útil al usuario final, el agricultor (Martín de Santa Olalla *et alii*. 1999; Calera Belmonte *et alii*. 1999).

Parece natural que las tecnologías de Observación de la Tierra mediante sensores a bordo de satélites, que proporcionan imágenes de la superficie terrestre a intervalos regulares, sean las adecuadas para hacer más efectivo ese seguimiento. Asimismo las denominadas nuevas tecnologías de la información han de permitir que la información generada por el SAR pueda llegar al usuario de forma más rápida, fluida y personalizada. La introducción de estas nuevas tecnologías, basadas en internet y telefonía móvil, puede generar valor añadido al introducir oportunidades de empleo de alto valor en entornos rurales.

La teledetección no se ha usado todavía en las operaciones diarias por tres motivos y obstáculos principales, que son:

A) La resolución temporal y espacial de las imágenes inadecuada a las necesidades del SAR.

B) La falta de productos tecnológicamente maduros y robustos derivados de las imágenes, coherentes con el procedimiento operativo actual del SAR, y que puedan ser integrados directamente en su funcionamiento.

C) Aspectos relacionados con la información que se ofrece y su transmisión al usuario final en una forma útil.

Tal y como señalan Bastiaanssen *et alii.* (2000) estas limitaciones se deben a que la teledetección se utiliza fundamentalmente como una herramienta para investigación y es mucho menos frecuente su aplicación en la gestión de superficies agrarias regadas. Las causas que originan este desfase se pueden encontrar en varios ámbitos; primero en que es la comunidad científica la que principalmente establece el diseño de los sensores y las características orbitales, esto es el período de revisita, resolución espacial, etc, atendiendo a sus propios intereses, que pueden no coincidir con las necesidades de los usuarios en el campo de la gestión de recursos hídricos. En segundo lugar, la comunidad de usuarios y gestores administrativos suele ser bastante reacia a la introducción de nuevas técnicas, y requiere para su convencimiento de demostraciones operacionales que muestren de forma evidente las ventajas.

El objetivo del proyecto DEMETER (DEMONstration of Earth observation TEchnologies in Routine irrigation advisory services, que se desarrolla en zonas piloto en España, Portugal e Italia, 2002) es el de desarrollar y demostrar soluciones innovadoras, dirigidas a remediar y mejorar la situación respecto a cada una de esas tres limitaciones, estableciendo además mecanismos de diálogo permanente entre representantes de usuarios y científicos. En el presente artículo iremos resumiendo las soluciones correspondientes, dedicándole un epígrafe a cada uno.

METODOLOGÍA PARA CONSEGUIR LA RESOLUCIÓN ADECUADA

Los requerimientos de los usuarios han sido objeto de estudios como LISSE (Land Irrigation Support SErvice) y otros proyectos recientes (Moreno *et alii.* 2001). Los resultados indican claramente que se necesitan mapas de varios parámetros (coeficiente de cultivo, etc.) con una resolución espacial de 10-30 metros. Dicha resolución nos permitirá identificar de forma precisa superficies de entre 1000-10000 m². La resolución temporal requerida se basa en los ciclos de asesoramiento de riego habituales de una semana.

Si consideramos los satélites de alta resolución espacial encontramos que cada uno de ellos tiene un ciclo de repetitividad de 14-25 días, con lo cual proporciona datos de la misma zona cada 2-3 semanas. Teniendo en cuenta la posibilidad de presencia de nubes, esa resolución temporal es claramente insuficiente para fines operacionales.

La clave está en el uso del conjunto entero de satélites de alta resolución para conseguir una cobertura temporal adecuada del ciclo fenológico de los cultivos. Dadas las características de órbita y sensor distintas de cada satélite, la primera tarea consiste en hacer comparables entre sí las observaciones realizadas desde los diferentes sensores a utilizar. Para ello se ha de proceder a la intercalibración de sensores, para lo que se han de utilizar imágenes cuasisíncronas, de acuerdo con el método desarrollado por Calera Belmonte *et alii.* (2001).

Otro aspecto de gran importancia a la hora de usar series temporales de imágenes procedentes de diversos satélites es la necesaria corrección atmosférica. Los perfiles verticales de vapor de agua y de aerosoles procedentes de esos modelos suelen estar afectados por errores del proceso de asimilación (interpolación) de datos observacionales, sobre todo en regiones semiáridas y montañosas y/o cercanas al mar (Jochum *et alii.* 2002).

LÍNEA DE PRODUCTOS Y SU GENERACIÓN MEDIANTE TELEDETECCIÓN

El segundo impedimento importante para el uso operacional de imágenes de observación de la Tierra en los SAR consiste en que dichas imágenes, al menos en la forma de reflectividades o índices de vegetación, no son utilizables directamente en el procedimiento del día a día de los SAR. Para salvar esta limitación y como en el funcionamiento del SAR se requiere de la evolución temporal de los coeficientes de cultivo, es necesario derivar el coeficiente de cultivo desde las imágenes para ser integrados en la cadena de trabajo del SAR.

El método más sencillo para derivar el coeficiente de cultivo está basado en la aproximación que considera la existencia de una relación lineal entre Kc y el índice de vegetación NDVI. Moran *et alii.* (1997) consideran que este método es una prometedora vía para aplicaciones operativas. Además la utilización del NDVI facilita la intercalibración de los diferentes sensores, ya que es el parámetro que mejor correlaciona en las

observaciones desde los diferentes sensores (Calera Belmonte *et alii.* 2001; Teillet *et alii.* 2001)

Para comprobar y validar esta metodología se ha llevado a cabo una experiencia en campo de seguimiento del cultivo de maíz a lo largo de su ciclo de desarrollo, durante la primavera y verano del año 2001. La respuesta espectral a lo largo del ciclo de crecimiento se ha obtenido utilizando un espectrorradiómetro GER3700 con un rango de 300 a 2300 nm. Se ha derivado el NDVI simulando las bandas del sensor Landsat7-ETM+. Por otro lado se ha estimado la evolución del coeficiente de cultivo basal, Kcb, definido como el ratio de la evapotranspiración del cultivo sobre la evapotranspiración de referencia, cuando la superficie del suelo está seca de acuerdo con las recomendaciones FAO (Allen *et alii.* 1998). De esta forma Kcb representa la componente debida a la transpiración. En la Figura 1, se muestra cómo la evolución temporal del NDVI sigue estrechamente la evolución temporal del coeficiente de cultivo.

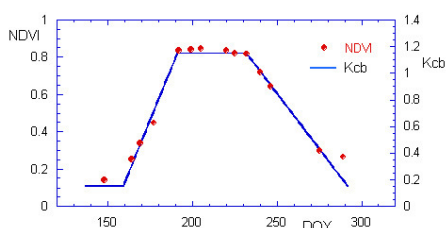


Figura 1.-La evolución temporal del coeficiente de cultivo basal, Kcb, y la del NDVI correspondientes a un cultivo de maíz a lo largo de su ciclo de crecimiento muestra una estrecha relación. DOY es el número ordinal del día del año.

En un segundo paso se plantea la generación de productos avanzados derivados de las imágenes que puedan ser incorporados en un posible desarrollo futuro de los SAR. Muchos de los productos pueden derivarse del NDVI de una u otra manera (D'Urso 2001).

TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el nuevo SAR, al que podemos definir como un "corredor de información" consideramos tres componentes o módulos. El primer módulo ("Integración de datos de satélites") está basado en el sistema de información geográfico (SIG) de la zona. Allí los productos derivados de imágenes de satélite, generados en el centro de proceso y análisis, son integrados en el SIG y luego introducidos en el flujo

de datos input a los cálculos operacionales del SAR (cálculos de necesidades hídricas etc.).

El segundo módulo está dedicado a adquirir, preparar y hacer disponibles todas las informaciones procedentes de cualquier fuente de datos. Se entiende como centro "intercambiador de información", dotado de herramientas de visualización avanzadas. Según las definiciones de requerimientos de usuarios obtenidas en el contexto de LISSE y otros proyectos recientes (Moreno *et alii.* 2001), los agricultores necesitan informaciones más precisas y más detalladas acerca de las necesidades hídricas de sus cultivos de forma personalizada para cada parcela. Necesitan además informaciones generales de contenido más amplio sobre la situación meteorológica y el contexto climatológico.

El tercer módulo prevé dos modalidades de transmisión de la información al usuario, una dirigida al agricultor proporcionándole la información personalizada, y otra de acceso libre, ofreciendo informaciones de interés más amplio y general. A los medios de transmisión tradicionales (boletines, prensa, radio y teléfono) se les añade de forma prioritaria la distribución por internet (como ejemplo véase la página <http://www.itap.es>) y herramientas especializadas de telefonía móvil. Es necesario considerar en este tercer módulo un análisis en cuanto al grado de desarrollo del SAR tradicional y su grado de inserción entre los usuarios. Asimismo puede ser de gran importancia introducir en el mecanismo de distribución el concepto de "usuario preferente local", al que se ha de dotar de medios y formación suficiente que le permita interpretar, contrastar y distribuir la información en un entorno ya muy cercano al agricultor que permita prácticamente el contacto personal. Las entidades más adecuadas pueden ser: las comunidades o asociaciones de regantes, servicios de extensión agraria local y cooperativas.

EL SERVICIO DE ASESORAMIENTO DE RIEGOS ASISTIDO MEDIANTE SATÉLITE (e-SARAS)

La incorporación de las Tecnologías de la Información permitirá un importante salto cualitativo y cuantitativo en la información que se ofrece al agricultor, al concentrar en un solo vehículo la información tradicional sobre las necesidades hídricas, sustancialmente mejorada en su contenido y presentación, personalizada, y que incorpora datos meteorológicos relevantes de días anteriores y los predichos para los días siguientes.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las tecnologías de observación de la Tierra han alcanzado el punto de madurez y desarrollo en la generación de productos que hace posible plantearnos su integración en el funcionamiento diario de los SAR para conseguir, entre otros aspectos, una mejor eficiencia del agua para riego. Los SAR son uno de los más importantes instrumentos en la gestión de los recursos hídricos y es la agricultura la principal consumidora de agua.

Así pues DEMETER (DEMETER 2002) significa un intento de poner en práctica operativa el Servicio de Asesoramiento de Riegos asistido mediante satélite utilizando la actual constelación de satélites de alta resolución espacial, durante una campaña de riego en tres zonas piloto de España, Italia y Portugal, altamente representativas en cuanto a los tipos de agricultura mediterránea, con diferentes niveles de implantación y desarrollo de los SAR.

En este proyecto participan 14 grupos de España, Italia, Portugal, Francia y Grecia, y es de resaltar que los usuarios de la tecnología que en este proyecto se desarrolle están ya integrados en el proyecto tratando de establecer desde el inicio un puente entre la investigación y la aplicación. De esta forma el producto final podrá acercarse a las necesidades de los usuarios que finalmente han de aplicarlo, en función de un diseño realizado conjuntamente por todos los participantes del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.A., Pereira, L.S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*.

Bastiaanssen, W.G.M, Molden, D.J. and Makin, I.W. 2000. "Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications", *Agricultural Water Management*, vol. 46, 137-155.

Calera Belmonte, A., Medrano González, J., Vela Mayorga A. and Castaño Fernández, S. 1999. "GIS tools applied to the sustainable management of water resources. Application to aquifer system 08-29", *Agricultural Water Management*, vol. 40, n°. 2-3, 207-220.

Calera, A., Martínez C., and González-Piqueras, J. 2001. "Integration from multiscale satellites, DAIS

and Landsat, applying a linear model to the NDVI values in La Mancha (Spain)", Proceedings ESA Workshop. 15-16 March 2001.

DEMETER 2002. *Demonstration of Earth observation Technologies in Routine irrigation advisory services*, <http://www.demeter-ec.net>.

D'Urso, G. 2001. *Simulation and management of on-demand irrigation systems*. Ph.D. Thesis, Wageningen University.

Jochum, A.M., Rodríguez Camino, E. and De Bruin, H.A.R. 2002: "Performance evaluation of the HIRLAM land-surface and boundary layer description in a semi-arid heterogeneous region: Comparison with EFEDA observations", submitted, *Monthly Weather Review*.

Martín de Santa Olalla, F., Brasa Ramos, A., Fabeiro Cortés, C., Fernández González D. and López Córcoles H. 1999. "Improvement of irrigation management towards the sustainable use of groundwater in Castilla-La Mancha, Spain", *Agricultural Water Management*, vol. 40, n°. 2-3, 195-206.

Moran, M.S., Inoue, Y. and Barnes, E.M. 1997. "Opportunities and Limitations for Image-Based Remote Sensing imprecision Crop Management", *Remote Sensing of Environment*, vol. 61, 319-346.

Moreno, J.F., Cabeza, I., Calera, A., Jochum, A., Marti J.M. and Menenti M. 2001. *Land Irrigation Support Service (LISSE)*, Report, ESA contract 14236/00/NL/DC.

Teillet, P.M., Barker, B.L., Markham, B.L., Irish, R.R., Fedosejevs, G. and Storey, J.C. 2001. "Radiometric cross-calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM sensors based on tandem data sets", *Remote Sensing of Environment*, vol. 78, 39-54.

AGRADECIMIENTOS

DEMETER (DEMonstration of Earth observation TEchnologies in Routine irrigation advisory services), es un proyecto financiado por la Comisión Europea dentro del V Programa Marco (Programa "Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible", contrato EVG2-2001-00042).