

Satellite-based Algorithms for Estimating Actual Evapotranspiration. Application to Irrigation Management and Water Accounting in the Segura Basin

J.A. Martínez ⁽¹⁾, S.G. García Galiano ⁽¹⁾, A. Baille ⁽²⁾

⁽¹⁾ Unidad Predepartamental de Ingeniería Civil, Grupo de I+D Gestión de Recursos Hídricos.

⁽²⁾ Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52, 30203 Cartagena. España

RESUMEN

Se ha considerado a la Cuenca del Río Segura, localizada en el Sureste de España, como área de estudio. En esta cuenca semiárida las necesidades hídricas del sector agrícola representan el 80 % del uso total del agua. El aumento de fiabilidad en la estimación de la evapotranspiración real (ET_{real}), se traduce en mayor conocimiento de la necesidad hídrica real del cultivo. Se propone estimar ET_{real} aplicando algoritmos que permitan el cambio de escala (upscaling): (i) a escala de parcela donde se dispone de imágenes de alta resolución espacial Landsat (e incluso Sentinel cuando esté disponible), y de datos al suelo medidos en parcelas experimentales para realizar validaciones de resultados, (ii) a escala de cuenca y en base a imágenes de moderada resolución espacial (sensor MODIS) y alta resolución temporal, aplicando los algoritmos previamente validados, y su integración para el cierre de los balances hídricos a escala mensual. Esta información se integrará con datos del Plan Hidrológico de la Cuenca del Río Segura y otras fuentes de información. El objetivo es obtener, evaluar y estandarizar información detallada, incluyendo trasvases y recursos desde otras fuentes no convencionales con el fin de analizar y demostrar el potencial de la gestión, y las medidas para reducir la escasez hídrica en esta región propensa a la sequía. El Sistema de Contabilidad Hídrica (SCH) para la cuenca, complementará los balances de recursos hídricos a nivel europeo con datos locales mediante una solución innovadora en base a Sistemas Información Geográfica (SIG).

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, imágenes de satélite, balance hídrico, Sistema de Contabilidad Hídrica.

1. Introducción y Objetivos

La Cuenca del Río Segura (Fig. 1), caracterizada por un clima semiárido, ha sufrido una profunda transformación espacial debido a un incremento de la superficie regada en zonas donde no existen cauces de régimen permanente. En esta cuenca el sector agrícola (regadíos) representa cerca de 80% de la demanda total de agua de la Cuenca [5] por lo que el conocimiento y seguimiento de las diferentes demandas agrícola es fundamental para el uso racional del recurso.

En este contexto, el seguimiento y la cartografía de la evapotranspiración real (ET_{real}) a partir de información satelital representa una fuente de información valiosa para los agricultores como para las Comunidades de Regantes y las Confederaciones Hidrográficas.

Los objetivos son (i) estado del arte en la estimación de ET_{real} desde teledetección, y su aplicación en la estimación de necesidades

hídricas de los cultivos, recopilar y evaluar la disponibilidad de agua de datos y las demandas, tanto en el tiempo, el espacio y en el ámbito sectorial, principalmente de existentes estudios y documentos (ii) desarrollar una herramienta (modelo de datos e integración en Sistema de Información Geográfica o SIG) que permita incorporar los mapas de ET_{real} en un Sistema de Contabilidad Hídrica (SCH) a escala de cuenca; y finalmente (iii) integrar SCH con datos del plan hidrológico de cuenca, demostrando el potencial de las medidas de gestión y tecnológicas para luchar contra la escasez hídrica y sequía a escala de demarcación hidrográfica y su uso para la planificación local.

Para ello se prevé aplicar metodologías para la estimación y la cartografía de ET_{real} a partir de imágenes satelitales de media y alta resolución espacial. En una primera etapa, se validan los algoritmos integrados en un entorno SIG, con medidas de ET_{real} llevadas a cabo con la técnica

de covarianza de remolinos en dos parcelas de naranjos del Campo de Cartagena (ubicada en la Cuenca del Río Segura). En una segunda etapa, se aplican los algoritmos validados para estimar las distribuciones espacio-temporales de ET_{real} a escala de cuenca y para un período largo de tiempo (10-15 años). En una tercera etapa, se incorporan los mapas de ET_{real} a escala de cuenca en un modelo de datos diseñado para facilitar la aplicación del SCH para la Cuenca del Segura. Este sistema complementará los balances de recursos a nivel europeo con datos locales integrando datos del Plan Hidrológico de Cuenca (PHC) y otras fuentes de información.

El SCH se trata de una herramienta innovadora desarrollada en base a un modelo de datos integrado en un SIG que proporcionará información alfanumérica y espacial (vectorial y ráster) que se utilizará para la gestión eficiente y racional del uso del agua. Los objetivos en este aspecto se pueden identificar: - definir niveles de agregación de información, - generar un modelo de datos relacional que asocie la información espacial y la alfanumérica, y - definir resultados espaciales y alfanuméricos. Estos datos espaciales se procesarán de acuerdo con los de interoperabilidad y servicios de datos definidos por la Directiva Europea INSPIRE [3].

2. Materiales y Métodos

Distintos modelos de estimación de evapotranspiración a partir de imágenes de satélite se aplicarán a diferentes escalas espaciales, desde nivel de parcela a nivel de cuenca. En primer lugar, será necesaria la corrección radiométrica de las imágenes de satélite de alta resolución espacial. Las mismas consisten en: correcciones atmosféricas, de emisividad, máscaras de nubes, y corrección topográfica en base a un Modelo Digital de Elevación (MDE) y sus atributos topográficos derivados [1]. Se obtienen variables como índices de vegetación, fracción de cobertura vegetal, emisividad y/o demás variables requeridas para la aplicación de los algoritmos propuestos.

Para su validación se emplearán medidas de ET_{real} llevadas a cabo en dos fincas comerciales de naranjos, situadas en la comarca de Pozo Estrecho. Ambas parcelas están equipadas con torres de flujos (Fig. 2) que miden ET_{real} con la técnica de covarianza de remolinos (eddy-covariance). Validados dichos algoritmos se aplicarán a imágenes de satélite de baja resolución espacial, considerando una serie

temporal larga de un periodo mínimo de al menos 10 años de datos.

Para ello será necesario recopilar información adicional, como por ejemplo valores de temperaturas (mínimas, medias y máximas diarias), así como otros indicadores necesarios para la corrección radiométrica de imágenes de satélite.

Dichos algoritmos serán incorporados al toolbox SORPRESA (Sistema Operacional Regional de PRevisión de Efectos de Sequías Agudas, [2]) programado en Tcl/Tk y bajo el SIG GRASS (Geographical Resources Analysis Support System).

Una vez obtenidos los datos de evapotranspiración, se recopilará y evaluará la disponibilidad de datos de usos del agua y demandas para la estimación de necesidades hídricas de los cultivos y el cierre de balances hídricos siguiendo la metodología del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua (SCAE-Agua, [4])

Toda esta información georreferenciada, así como los balances hídricos, se integrará en una base de datos espacio-temporal, para lo que será necesario el diseño e implementación de un modelo de datos relacional que permita de forma precisa la comprensión de los datos, de acuerdo a la Directiva Europea INSPIRE [3].

Esta información será implementada y disponible en el SCH para la Cuenca del Segura que proporcionará información alfanumérica y espacial (vectorial y ráster) que se utilizará para la gestión eficiente y racional del uso del agua.

3. Resultados y Discusión

Con este trabajo se pretende demostrar que es posible estimar ET_{real} con una buena precisión en base casi exclusivamente a la información proporcionada por imágenes satelitales y con la suficiente resolución espacial para detectar la variabilidad espacial de ET_{real} y de otros indicadores biofísicos a escala de parcela.

En este sentido, uno de los objetivos que se plantea es la identificación de patrones espaciales y sectores con problemas de uniformidad de riego (riego insuficiente o excesivo), así como de estrés hídrico.

A partir de esta información, considerando incluso la provista por el PHC y otras fuentes, será posible la estimación de necesidades agrícolas y el cierre de balances hídricos regionales.

4. Conclusiones

La determinación de la distribución espacial de parámetros biofísicos de la superficie terrestre a partir de imágenes de satélite permite el seguimiento de la dinámica de la vegetación natural y de los cultivos, y de su estado fisiológico (estrés hídrico, entre otros).

Esta información es de gran utilidad no sólo para realizar recomendaciones de riego e identificar zonas con estrés hídrico, sino también para estimar necesidades hídricas y derivar componentes del balance hidrológico.

Mediante el presente trabajo se demuestra el potencial de las medidas de gestión, tecnológicas y económicas para reducir la escasez hídrica en esta Región propensa a la sequía.

5. Agradecimientos

Se agradece el soporte recibido desde el proyecto del Plan Nacional CGL2012-39895-C02-01, "Evaluación de la variabilidad hidrológica desde combinaciones multimodelo climáticas regionales (HYDROCLIM)", financiado por la Secretaría de Estado de Investigación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), y fondos FEDER.

6. Referencias bibliográficas

[1] Chuvieco, E., Hantson, S., 2010. Procesamiento estándar de imágenes Landsat. Documento técnico de algoritmos a aplicar. Version1. Plan Nacional de Teledetección. Instituto Geográfico Nacional. On line. <http://www.ign.es/PNT/pdf/especificaciones-tecnicas-pnt-mediante-landsat-v2-2010.pdf>

[2] García Galiano, S.G., Baille, A., González, M.M., Martínez, V., Urrea, M., Hernández, Z., Nortes, P., y Tanguy, M. 2007. Desarrollo y Aplicación de Indicadores de Alerta Temprana frente a Sequías a Escala Regional desde MODIS. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional, Ed. Martín. 223-229.

[3] INSPIRE 2007. Infraestructure for Spatial Information in Europe. On line <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

[4] SCAE-Agua 2013. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua. On line. <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/see>

aw/ [5] Urrea Mallebrera, M., Mérida Abril, A., García Galiano, S.G., 2011. Segura River Basin: Spanish Pilot River Basin Regarding Water Scarcity and Droughts. In: Agricultural Drought Indices. Proceedings of the WMO/UNISDR Expert Group Meeting on Agricultural Drought Indices. Sivakumar, Mannava V.K., Raymond P. Motha, Donald A. Wilhite and Deborah A. Wood (Eds.), 2-4 June 2010, Murcia, Spain: Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. AGM-11, WMO/TD No. 1572; WAOB-2011. 219 pp: 2-12

Tablas y Figuras



Figura 1. Cuenca del Río Segura: Mosaico Landsat combinación falso color, bandas 432. (Junio 2011).



Figura 2. Imagen de torre de flujo en parcela.