PROYECTO SPIDER-SIAR: INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL SIAR CON IMÁGENES DE SATÉLITE PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA EN EL REGADÍO ESPAÑOL

Raquel Bravo Rubio

Directora técnica del SIAR, Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

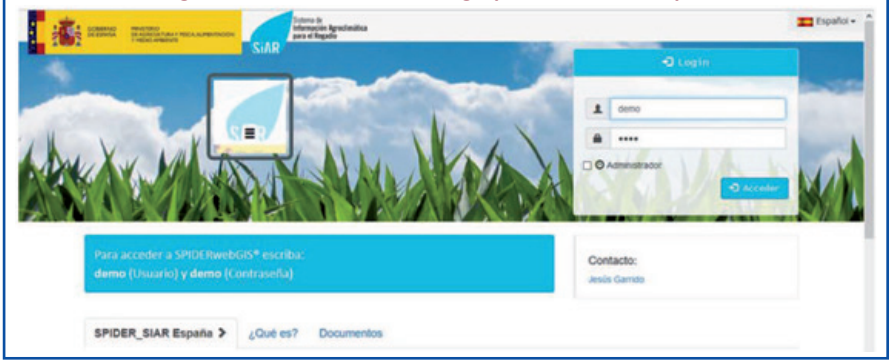
Iván Cilleros Fuentetaja

Gerencia de Ingeniería y Edificación. TRAGATEC.

Jesús Garrido Rubio

Investigador, Sección de Teledetección y SIG, Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Castilla – La Mancha.

Figura 1. Pantalla de inicio del grupo SPIDER-SIAR España.



1.- INTRODUCCIÓN. EL SIAR Y EL PROYECTO SPIDER-SIAR

La misión del **SIAR**, creado por el entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el año 1998, es optimizar el uso del agua en el regadío, promoviendo su sostenibilidad económica, social y medioambiental, mediante el asesoramiento a los regantes, facilitándoles información agroclimática relevante y estimaciones de riego en la página web del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío, en el marco las actuaciones de impulso del desarrollo rural y del cumplimiento de requerimientos medioambientales que lleva a cabo el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

La Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), ha desarrollado el proyecto **SPIDER-SIAR**, en el marco de su Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR), a través del Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla-La Mancha con la participación de Tragsatec.

El proyecto SPIDER-SIAR integra los datos procedentes de las estaciones del SIAR del MAPAMA, ubicadas en las principales zonas regables, con las secuencias temporales de imágenes de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2A, con el objetivo principal de realizar un **seguimiento mediante teledetección de los cultivos** que permita determinar con la mayor precisión posible las necesidades hídricas de los cultivos, para emplear el agua necesaria en el momento preciso, lo que llevará a un ahorro de agua y energía y, por otra parte, a la obtención de un rendimiento óptimo de los cultivos.

La información obtenida se pone a disposición del amplio abanico de usuarios potenciales, entre otros: regantes individuales, gestores de comunidades de regantes, servicios de asesoramiento, la propia administración para la planificación de los recursos hídricos a medio y largo plazo, a través de servicios gratuitos y de libre acceso mediante herramientas WebSIG, como es el sistema SPIDERwebGIS. Con ello, se pretende proporcionar una herramienta adicional para la toma de decisiones que conllevan la programación de riegos y, en consecuencia, una mayor eficiencia en el uso del agua

Para acceder a las secuencias temporales de K_{cb} así como otros productos básicos para la monitorización de las cubiertas vegetales (NDVI e imágenes color, RGB) que ofrece el proyecto SPIDER-SIAR, los usuarios, tan sólo deben seleccionar el grupo ***SPIDER-SIAR España*** en la página web http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=spider-siar e introducir el usuario ***demo***, y la contraseña ***demo*** para acceder a toda la información generada (ver Figura 1).

2.- FUNDAMENTOS

El conocimiento continuo durante la campaña de riego del coeficiente basal de cultivo K_{cb} permite monitorizar la

transpiración del mismo y, en consecuencia, ajustar las dosis de riego realizando un uso más eficiente del agua y de la energía. Sin embargo, su determinación experimental en campo requiere un costoso seguimiento, que consume recursos temporales, humanos y económicos. Hasta la fecha, la forma más habitual ha sido recurrir a valores tabulados según cultivo, como los ofrecidos por la FAO, para poder determinar el valor más aproximado en el momento concreto de consulta.

Figura 2. Visor SIG de los resultados del proyecto SPIDER-SIAR en la plataforma SPIDERwebGIS.

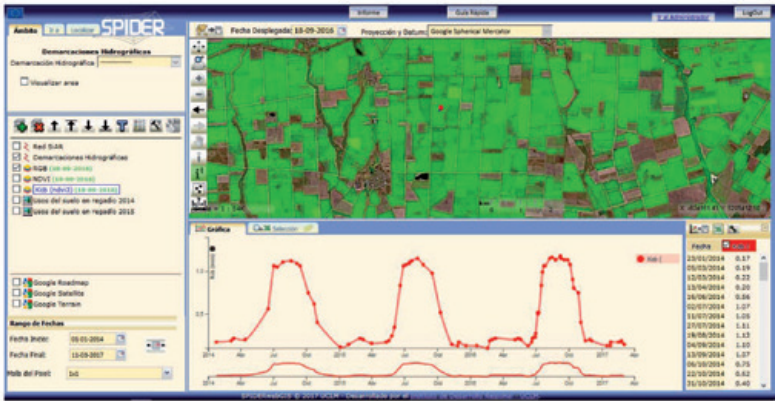
Figura 3. Clases de mapas y leyendas que los representan en SPIDER SIAR.

2.1- Generación de secuencias temporales de K_{cb}

En el proyecto SPIDER-SIAR, para la generación de secuencias temporales de K_{cb} se han procesado en la España peninsular, imágenes del satélite L8 e imágenes del satélite S2A (éste último desde el año 2016, pues el lanzamiento del satélite fue en primavera del 2015 y el inicio del modo operativo en otoño del mismo año).

La obtención de imágenes del producto K_{cb} se basa en las relaciones lineales de los índices de vegetación determinados por teledetección y el coeficiente de cultivo basal de una cubierta. Los índices de vegetación son productos derivados de la teledetección que miden el tamaño fotosintético relativo de la cubierta. Cuentan con un amplio estudio desarrollado desde finales del siglo XX y, en la actualidad, presentan un gran uso como aplicación operativa en la monitorización de cubiertas vegetales.

Figura 4. Información gráfica y alfanumérica desplegada por el sistema SPIDERwebGIS de diferentes secuencias temporales de Kcb a lo largo del periodo de estudio 2014-2016, en diferentes parcelas en regadío de la Comunidad General de Regantes del Páramo Bajo de León y Zamora.



En este trabajo se ha escogido el empleo del índice de vegetación más comúnmente empleado en la teledetección como es el NDVI (por sus siglas en inglés de *Normalized Differenced Vegetation Index*). Se trata de un parámetro robusto, simple y sencillo de obtener mediante la combinación algebraica de las reflectividades en el rojo e infrarrojo cercano. Su correcta aplicación requiere de una previa corrección atmosférica de las reflectividades para poder ofrecer así valores de NDVI en superficie, escogiéndose una normalización absoluta de las imágenes NDVI en el techo de la atmósfera generadas previamente (Campos *et al*., 2011).

En consecuencia, la cadena de procesado seguida para generar imágenes K_{cb} consiste en: a) la descarga de las bandas en reflectividades en el techo de la atmósfera (ya corregidas geométricamente desde las plataformas oficiales); b) la generación del índice de vegetación NDVI y su corrección atmosférica para obtener un NDVI en superficie; c) la combinación con la máscara de nubes y sombras generadas para eliminar los píxeles contaminados (banda de calidad en L8 y algoritmo Sen2Cor en S2A); y d) la aplicación de la ecuación lineal que relaciona el NDVI con el K_{cb}.

Así pues, a través de la anterior ecuación, somos capaces de generar un valor de K_{cb} por cada pixel de la imagen NDVI, obteniendo para la fecha de captura una imagen K_{cb}. Por ello, y atendiendo a las resoluciones espaciales empleadas, se obtiene el estado de una cubierta en una parcela para la fecha de captura. Finalmente, es posible construir la evolución temporal del K_{cb} si se cuenta con una serie temporal de imágenes NDVI y describir, por tanto, la evolución de la cubierta de estudio.

Gracias a la obtención del valor de K_{cb}, podemos calcular la evapotranspiración del cultivo, empleando la ecuación 2, introduciendo en ella el valor de la evapotranspiración de referencia que nos suministran las estaciones del SIAR y que se puede consultar en la página web www.siar.es

2.2- Explotación de secuencias temporales de K_{cb}

Una vez generadas las imágenes de K_{cb}, se pasa al modo de explotación de dichas secuencias, que se pueden ►►►

consultar (imágenes RGB, NDVI y K_{cb}) a través del grupo SPIDER-SIAR España en la página web http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=spider-siar, a través de lo que se accede al visor que se muestra en la Figura 2.

El proyecto **SPIDER-SIAR** busca la explotación de los productos generados por los usuarios del agua, con lo que la publicación y acceso gratuitos al sistema en tiempo cercano al real, facilitan la monitorización de las cubiertas vegetales. Dicho sistema está basado en una arquitectura clásica cliente servidor, lo que permite a los usuarios su empleo desde cualquier ordenador mediante un navegador web sin necesidad de instalar ningún software adicional. Lo que hace especialmente innovador a **SPIDERwebGIS** es su capacidad de manejo de las series temporales, pues permite desplegar las imágenes y realizar la representación gráfica de las series temporales de datos numéricos. La aplicación web es compatible con los navegadores más utilizados de Internet, y no son necesarios plug-ins para su ejecución.

En el siguiente apartado se presenta un ejemplo de diferentes formas de explotación de las secuencias temporales de K_{cb} de la Comunidad General de Regantes del Páramo Bajo de León y Zamora, en Castilla y León, según el tipo de usuario.

2.3- Mapas de cultivos y mapas temáticos de variables agroclimáticas y del balance de agua en el suelo

Se muestran **mapas anuales descriptivos de usos de suelo de regadío** clasificados según la secuencia temporal del NDVI, centrados en las zonas regables de la España peninsular, desde el año 2014. Los mapas están divididos en las clases y representados en SPIDER-SIAR según la leyenda recogida en la figura 3.

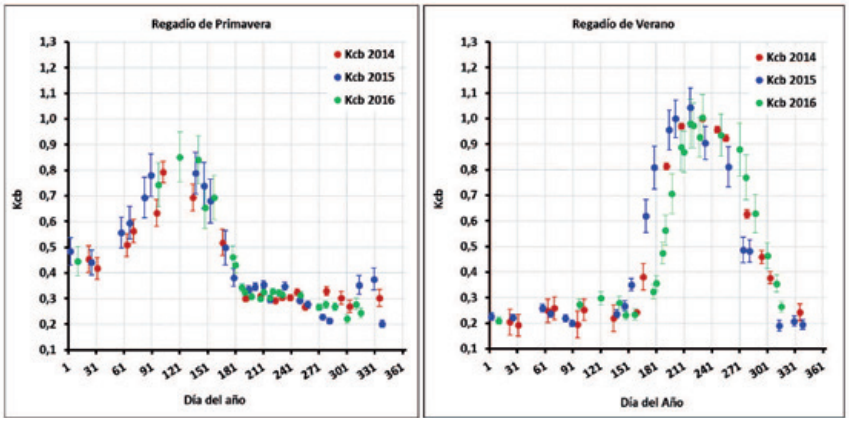
En cuanto a la **cartografía temática de las variables agroclimáticas y del balance de agua en el suelo**, se pueden consultar los mapas mensuales de evapotranspiración actual (mm/mes), necesidades de riego (mm/mes), evapotranspiración de referencia (mm/mes) y precipitación (mm/mes).

Además, se muestra de manera complementaria una variada **cartografía auxiliar**, como la localización de las estaciones del SIAR o los recintos SIGPAC por provincias, así como la búsqueda por localización al incorporar el buscador de Google maps.

3.- EJEMPLO DE LA COMUNIDAD GENERAL DE REGANTES DEL PÁRAMO BAJO DE LEÓN Y ZAMORA, EN CASTILLA Y LEÓN

A continuación, se muestran diferentes formas de explotación de las secuencias temporales de K_{cb} de la Comunidad General de Regantes del Páramo Bajo de León y Zamora, en Castilla y León, según el tipo de usuario.

Figura 5. Agregación espacial a la escala de comunidad de regantes de las secuencias temporales de Kcb durante el período 2014-2016, sobre los regadíos de primavera y de verano en todas las parcelas bajo esos usos de la Comunidad General de Regantes del Páramo Bajo de León y Zamora. La variable estadística presentada es el Kcb promedio y su desviación estándar.



3.1- Explotación de secuencias temporales por regantes particulares o asesores

Se muestran a continuación dos capturas de pantalla diferentes tomadas de **SPIDERwebGIS** (ver Figura 4), en las que se pueden observar diferentes secuencias temporales de K_{cb} libre de nubes y sombras a lo largo de los diferentes años de estudio.

Las secuencias temporales de K_{cb} se ponen a disposición del regante o asesor para que de forma continuada en el tiempo éste acceda al sistema y pueda consultar la última imagen procesada y servida gratuita y libremente por el proyecto **SPIDER-SIAR**, así como todas las imágenes anteriores. Dichas imágenes han estado siendo publicadas tan pronto como se procesan, permitiendo realizar una monitorización constante de las cubiertas vegetales en regadío.

En el ejemplo anterior, varias secuencias temporales de K_{cb} son desplegadas en la gráfica que presenta **SPIDERwebGIS**, en donde se pueden consultar los valores para el punto concreto de consulta mediante la herramienta de *información temporal.* De esta forma, además de recoger las particularidades de cada parcela en relación a la evolución de la cubierta vegetal, se espera ofrecer una herramienta de referencia a los regantes y asesores para la estimación de las necesidades de riego sin tener que recurrir a valores tabulados.

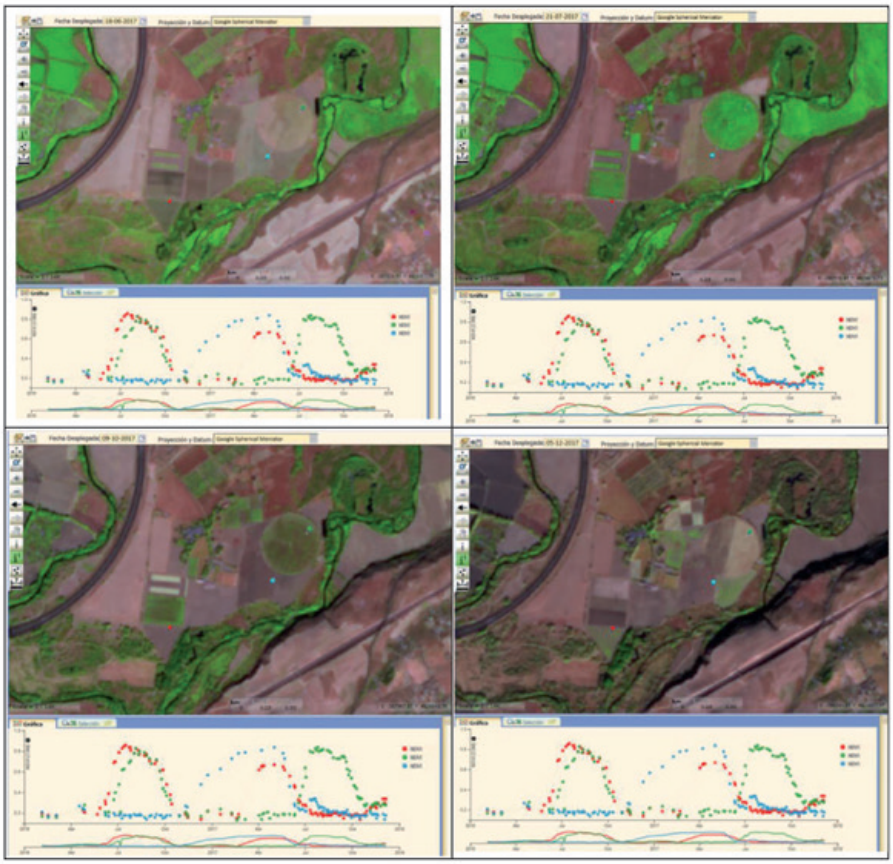
3.2- Explotación de secuencias temporales por gestores de comunidades de regantes y de grandes áreas como demarcaciones hidrológicas

Además de la información de cada parcela individual, se pueden consultar una serie de productos que agregan

información por demarcación hidrográfica, como son las clasificaciones de cultivos en regadío y su estimación de las necesidades hídricas asistidos ambos por técnicas de teledetección. También resulta posible agregar la información contenida en las secuencias temporales de K_{cb} a escala de píxel a escalas mayores como una comunidad de regantes y obtener así un conocimiento del territorio año tras año, lo que llevaría aparejados altos costes económicos, humanos y temporales si se abordase sin la ayuda de la teledetección.

En la Figura 5, se puede observar la agregación espacial de las secuencias de K_{cb} promedio y su desviación estándar para todas las parcelas de regadío de primavera y de verano en la Comunidad General de Regantes del Páramo Bajo de León y Zamora.

Figura 6. Imágenes de fecha 18-6-2017, 21-7-2017, 9-10-2017 y 5-12-2017 de los cultivos con las gráficas de evolución del NDVI en tres puntos diferentes de la finca del Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, CENTER.



4.- EJEMPLO DE SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DE UN CULTIVO EN PARCELA

En la Figura 6 se muestra gráficamente el seguimiento de los cultivos que se puede realizar a nivel de parcela mediante el visor **SPIDERwebGIS** que muestra las imágenes de **SPIDER-SIAR**

5.- CONCLUSIONES

Gracias al proyecto **SPIDER-SIAR**, el empleo de imágenes de satélite junto con la información ofrecida por el SIAR del MAPAMA permite conocer a escala de píxel la evolución de las cubiertas vegetales en regadío mediante el estudio de las secuencias temporales del producto K_{cb} derivado de la teledetección.

A través de la plataforma **SPIDERwebGIS®**, se pone a disposición de los diferentes usuarios del agua de forma libre y gratuita dichas secuencias temporales a nivel nacional.

El estudio de las secuencias temporales de K_{cb} aporta beneficios relevantes en diferentes niveles de gestión. Por un lado, el regante o el asesor pueden ser capaces de monitorizar el estado de sus cubiertas vegetales en regadío y, a partir del K_{cb} estimar las necesidades hídricas de sus cultivos. Por otro lado, el usuario el gestor de una comunidad de regantes es capaz de acceder a valores promedio agregados de K_{cb} a la escala espacial de la propia comunidad de regantes y efectuar la comparación con la de otras campañas de riego desde el año 2014.

Por todo ello, se puede afirmar que el estudio continuado de las secuencias temporales de K_{cb} que ofrece **SPIDER-SIAR** puede acercarnos a mejores programaciones de riego al contar con valores directos de K_{cb} sobre las parcelas, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia en el uso del agua del regadío y, por lo tanto, a la eficiencia energética, además de permitir una planificación adecuada de los recursos hídricos por parte de los gestores del agua, al contar con información espacialmente agregada de la situación y evolución de los cultivos en regadío sobre grandes áreas.

BIBLIOGRAFÍA

En la página web del proyecto SPIDER-SIAR (http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=spider-siar) se puede consultar toda la bibliografía relevante, entre la que se incluye un manual de usuario:

http://maps.spiderwebgis.org/media/customlogins/spider-siar/assets/GuiaSPIDER-SIAR.pdf

El día 19 de diciembre de 2017, la S.G. de Regadíos y Economía del Agua organizó la "JORNADA SOBRE INNOVACIÓN EN GESTIÓN DE REGADÍOS MEDIANTE REDES AGROCLIMÁTICAS, IMÁGENES DE SATÉLITE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA", coordinada por Raquel Bravo Rubio, cuyas presentaciones (entre las que se encuentra la correspondiente a SPIDER-SIAR) se pueden descargar en el siguiente enlace:

http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/centro-nacional-tecnologia-regadios/formacion-difusion-tecnologica/documentacion/detalle.aspx?id=tcm:7-457489-16