

B-03-2021

Comunicación científico-técnica

# LA DIGITALIZACIÓN DEL CAMPO. USO DE TELEDETECCIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS COMO HERRAMIENTAS SOSTENIBLES EN LA GESTIÓN DE REGADIOS MODERNIZADOS. PROYECTOS I+D+i: OPTIREG Y DEMETER

**Fernández Pesado, Pedro Javier<sup>1</sup>; Rubio Melón, Ángel<sup>2</sup>; Escudero Barbero, Rosario<sup>3</sup>; Sánchez Hernández, Blanca<sup>4</sup>; Cáceres Losada, Jose Luis<sup>5</sup>; Calero Gil, Rodrigo<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Analista (Tragsa), Cruz Roja de León 26 A. 24008 León, pfernand@tragsa.es

<sup>2</sup> Coordinador de Obras (Tragsa), Cruz Roja de León 26 A. 24008 León, arubio@tragsa.es

<sup>3</sup> Jefe de Departamento de Teledetección, Gerencia de Sistemas de Información Geográfica (Tragsatec), Julián Camarillo 6, 28037 Madrid, reb@tragsa.es

<sup>4,5</sup> Técnicos de GIS y Teledetección, Gerencia de Sistemas de Información Geográfica (Tragsatec), Julián Camarillo 6, 28037 Madrid, bsh@tragsa.es; jcaceres@tragsa.es

<sup>6</sup> Jefe Departamento Planificación y Transferencia Tecnológica (Tragsa), Conde Peñalver 84, Madrid, rcalero@tragsa.es

**Resumen:** La actual necesidad de producir alimentos se enfrenta a su vez con la búsqueda de modelos más productivos, sostenibles, con menor impacto ambiental a un menor coste energético, hídrico y económico. La estigmatización del trabajo agrícola como principal consumidor de recursos hídricos, la población rural envejecida y la despoblación de dicho medio rural, hace que sea necesaria la búsqueda de nuevas estrategias para que la labor del empresario agrícola sea más atractiva, productiva, eficiente, sostenible, respetuosa con el medio ambiente y que se aproveche sobre todo de los avances tecnológicos.

En este marco nacen en el Grupo Tragsa dos proyectos para el desarrollo de I+D+i: En primer lugar, OPTIREG para innovación tecnológica en la optimización de la eficiencia hídrica y energética, combinando diferentes tecnologías, como el uso de teledetección por satélite, sistemas de información geográfica, RPAS y diferente sensorica. En segundo lugar, DEMETER como proyecto de innovación tecnológica para el diseño y uso de herramientas relacionadas con Big Data y Machine Learning, en la búsqueda de modelos más productivos, evaluación de comportamientos de los cultivos, predicción de cosechas o análisis de escenarios de sequía o escasez de agua. El empleo de teledetección junto con técnicas de inteligencia artificial, permite realizar herramientas más eficientes y precisas como puede ser la obtención del coeficiente Kc, indicadores de la variabilidad intra e interparcela, que redundan en un aprovechamiento máximo del agua y mejor manejo de los cultivos.

Además, se ofrece servicios personalizados a los distintos actores (Administración, Confederación, Comunidad de Regantes, explotadores agrícolas, etc.) para que sean autogestores con herramientas propias como por ejemplo la posibilidad de obtener peticiones de riego con y sin intervención de usuario (riego automático por ETP).

**Palabras clave:** Teledetección, ahorro, optimización, predicción, innovación, tecnología, sostenibilidad.

# THE DIGITALIZATION OF THE FIELD. USE OF REMOTE SENSING AND NEW TECHNOLOGIES AS SUSTAINABLE TOOLS IN THE MANAGEMENT OF MODERN IRRIGATION. R&D&I PROJECTS: OPTIREG AND DEMETER

**Fernández Pesado, Pedro Javier<sup>1</sup>; Rubio Melón, Ángel<sup>2</sup>; Escudero Barbero, Rosario<sup>3</sup>; Sánchez Hernández, Blanca<sup>4</sup>; Cáceres Losada, Jose Luis<sup>5</sup>; Calero Gil, Rodrigo<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Analista (Tragsa), Cruz Roja de León 26 A. 24008 León, pfernand@tragsa.es

<sup>2</sup> Coordinador de Obras (Tragsa), Cruz Roja de León 26 A. 24008 León, arubio@tragsa.es

<sup>3</sup> Jefe de Departamento de Teledetección, Gerencia de Sistemas de Información Geográfica (Tragsatec), Julián Camarillo 6, 28037 Madrid, reb@tragsa.es

<sup>4,5</sup> Técnicos de GIS y Teledetección, Gerencia de Sistemas de Información Geográfica (Tragsatec), Julián Camarillo 6, 28037 Madrid, bsh@tragsa.es; jcaceres@tragsa.es

<sup>6</sup> Jefe Departamento Planificación y Transferencia Tecnológica (Tragsa), Conde Peñalver 84, Madrid, rcalero@tragsa.es

**Abstract:** The current need to produce food is faced in turn with the search for more productive, sustainable models, with less environmental impact at a lower energy, water and economic cost. The stigmatization of agricultural work as the main consumer of water resources, the aging rural population and the depopulation of this rural environment, makes it necessary to find new strategies to make the work of the agricultural entrepreneur more attractive, productive, efficient, sustainable, respectful of the environment and that takes advantage above all of technological advances.

Within this framework, two projects for the development of R&D&I are born in the Tragsa Group: Firstly, OPTIREG for technological innovation in the optimization of water and energy efficiency, combining different technologies such as the use of satellite remote sensing, geographic information systems, RPAS and different sensors. Secondly, DEMETER as a technological innovation project for the design and use of tools related to Big Data and Machine Learning, in the search for more productive models, evaluation of crop behaviors, crop prediction or analysis of drought or water scarcity scenarios. The use of remote sensing together with artificial intelligence techniques, allows to make more efficient and precise tools such as obtaining the Kc coefficient, indicators of intra and interparcellan variability, which result in a maximum use of water and better management of crops.

In addition, personalized services are offered to the different actors (Administration, Confederation, Community of Irrigators, agricultural operators, etc.) so that they are self-managers with their own tools such as the possibility of obtaining irrigation requests with and without user intervention (automatic irrigation by ETP).

**Keywords:** Remote sensing, saving, optimization, prediction, innovation, technology, sustainability.

## 1. Introducción.

Desde el año 2006 el Grupo Tragsa lleva la gestión y el mantenimiento de las redes de riego y distribución de agua de las CCRR de las zonas de Payuelos, Porma y Páramo Bajo de León y Zamora. En términos generales, se trata de aproximadamente 45.000 has regadas, unos 5.000 hidrantes, 24 estaciones de bombeo y 1.500 km de tubería enterrada, para efectuar riego sobre cultivos extensivos, donde el 78% de la superficie es de maíz y el resto de superficie se reparte entre remolacha, cereal y otros cultivos menores.

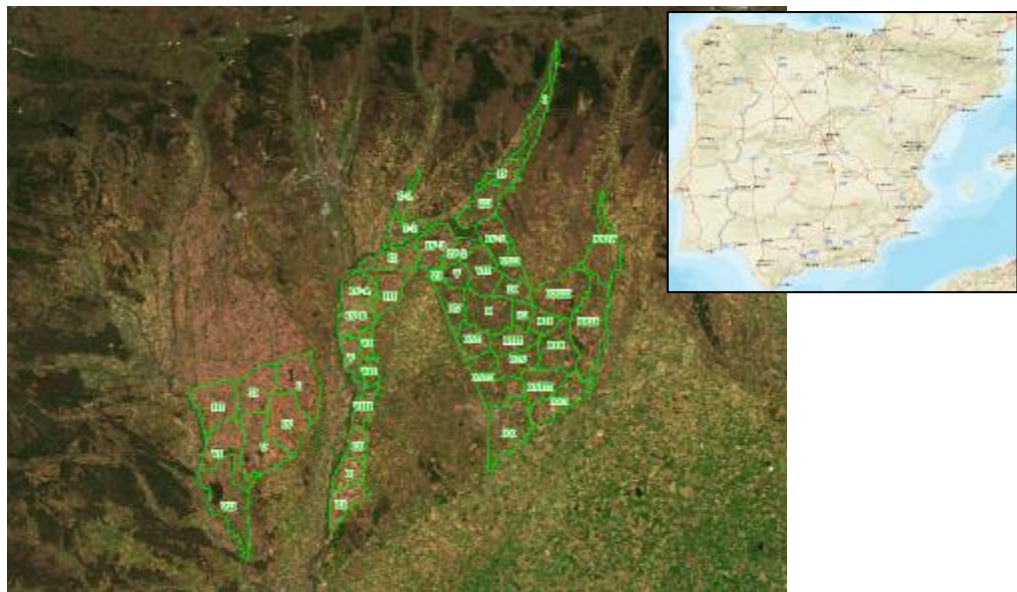


Figura 1: Localización de la zona de estudio

100

Para ayudar en la gestión del riego se desarrollaron, entre otros, una serie de servicios y productos apoyados en técnicas y metodologías de teledetección por satélite, orientados al cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos en el marco del proyecto Optireg (2017-2018). Estos servicios se siguen ofreciendo en la actualidad no sólo a las Comunidades de Regantes, sino más directamente a los regantes. Consisten en:

- Servicios de visualización de imágenes de satélite en tiempo real a lo largo de campaña de riegos. Accesibles a través del visor: <http://www.gestionregadios.com:8080/KcViewer>
- Servicios de obtención de Kc/ET derivada a partir de las imágenes de satélite para el cálculo de las necesidades de riego, empleando automatismos ETL y técnicas de minería de datos para la incorporación al algoritmo de cálculo automático de riego y ejecución del mismo

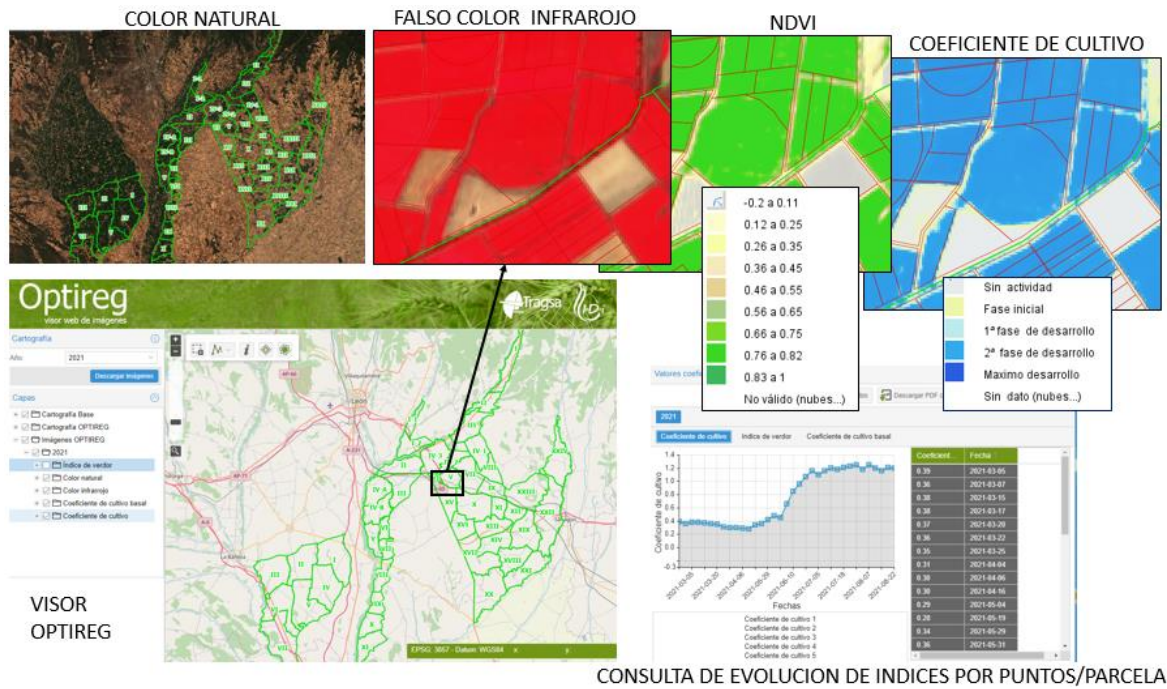


Figura 2: Servicios y productos generados en visor web Optireg

Además de estos servicios orientados al riego se ofrecen otros enfocados a la mejora del manejo del cultivo. Inicialmente se generaron productos que mostraban el vigor del cultivo en función al NDVI de las imágenes de satélite. Estos productos muestran las desviaciones puntuales de desarrollo que puede haber entre las distintas parcelas o zonas y funcionan como alertas de problemas en el cultivo.

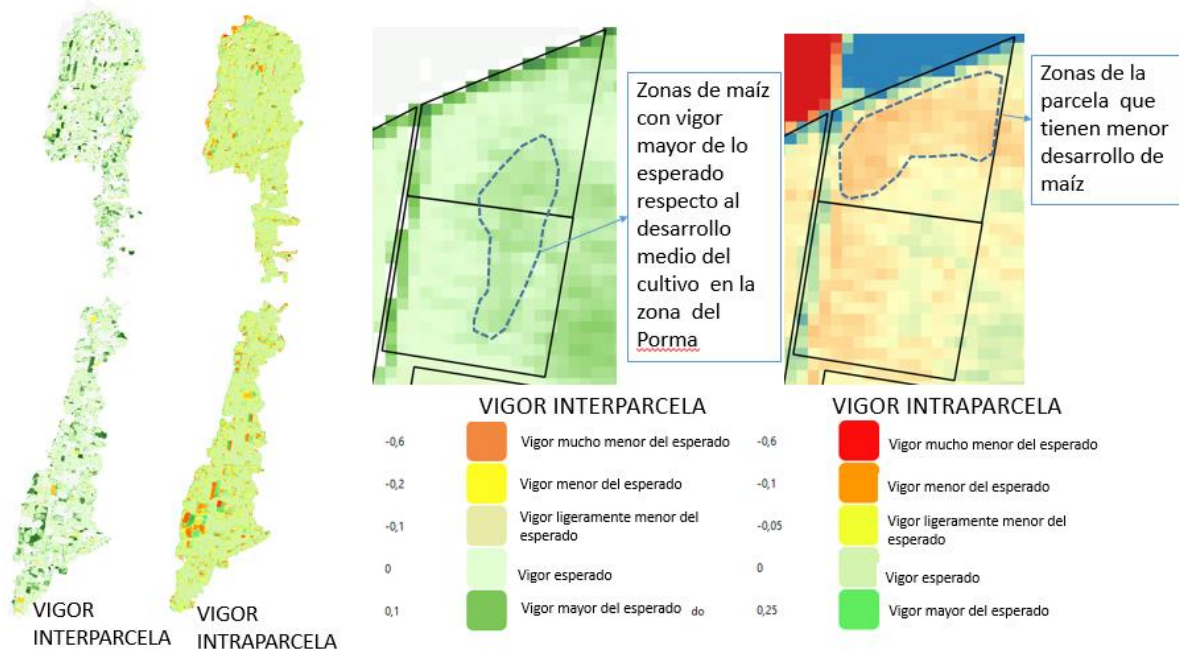


Figura 3: Productos de vigor de cultivo generados

## 2. Objetivo del trabajo.

Con la finalidad de continuar con las mejoras de manejo del cultivo y mejoras en eficiencia hídrica y energética, en la actualidad se están desarrollando, dentro del marco del proyecto DEMETER (2020 – 2022), una serie de servicios adicionales apoyados en datos de teledetección para tener a disposición de los agricultores y de las propias Comunidades de Regantes. Estos servicios consisten en :

- Afinado de modelos de cálculo de necesidades hídricas.
- Aplicación de modelos de biomasa/productividad basados en datos de imágenes de satélite.
- Mejoras en el manejo del abonado nitrogenado.

El Proyecto de I+D+i DEMETER pertenece a la convocatoria europea Horizonte 2020 (H2020-DT-2018-2020, “Plataformas de integración digital para la agricultura” y pretende un despliegue a gran escala de plataformas basadas en Internet de las Cosas (IoT) de agricultura inteligente e interoperable. Estos sistemas se centrarán en el agricultor.

DEMETER demostrará el potencial real de la interoperabilidad avanzada basada en estándares entre las tecnologías IoT, al adaptar y extender los estándares existentes a un modelo de información global, al mismo tiempo que garantiza la seguridad, la privacidad y la confidencialidad empresarial en toda la cadena de valor en entornos operativos agroalimentarios.

## 3. Afinado de modelos de cálculo de necesidades hídricas.

Se han evaluado dos modelos para ver cuál proporciona mejores resultados, de acuerdo a la experiencia en la zona y a los datos disponibles de riego:

- El Modelo NDVI simplificado, que emplea la metodología FAO para estimar la evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ) en función de la evapotranspiración potencial ( $ET_o$ ) y un coeficiente de cultivo  $K_c$ , generado a partir de una serie temporal de NDVIs obtenidos de imágenes de satélite. (Calera et al, 2016).
- El Modelo SAVI MINARET, que presenta ligeras variaciones respecto del modelo anterior, teniendo en cuenta además los términos de estrés hídrico del cultivo ( $K_s$ ) y coeficiente de evaporación del suelo ( $K_e$ ). En este modelo el coeficiente de cultivo se genera a partir de los índices SAVI obtenidos de las imágenes de satélite de la campaña. (Mateos et al, 2013)

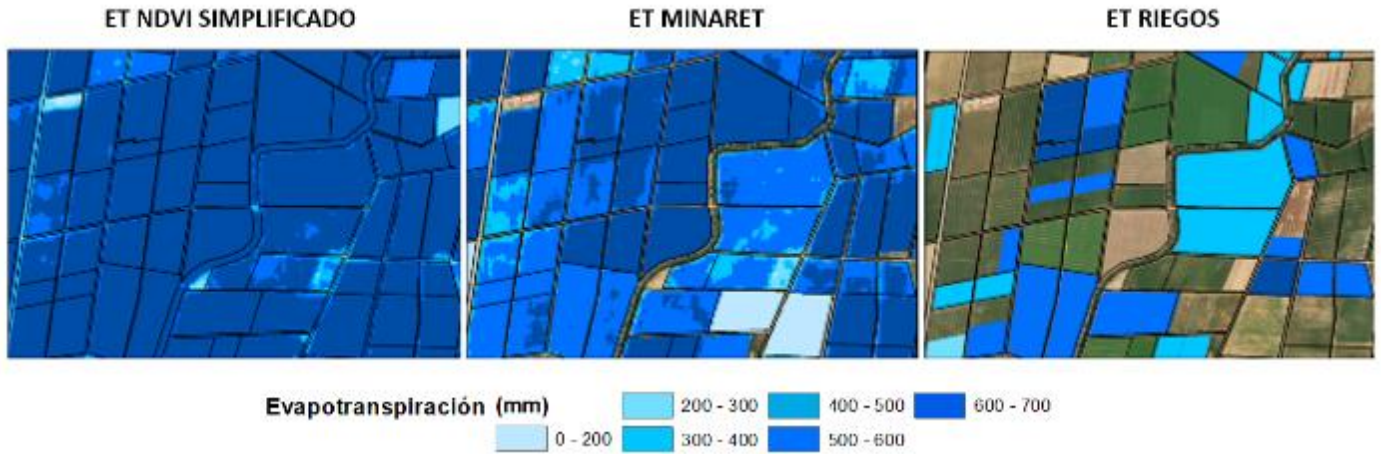


Figura 4: ET calculada con distintos modelos y ET de la que se deriva el riego real

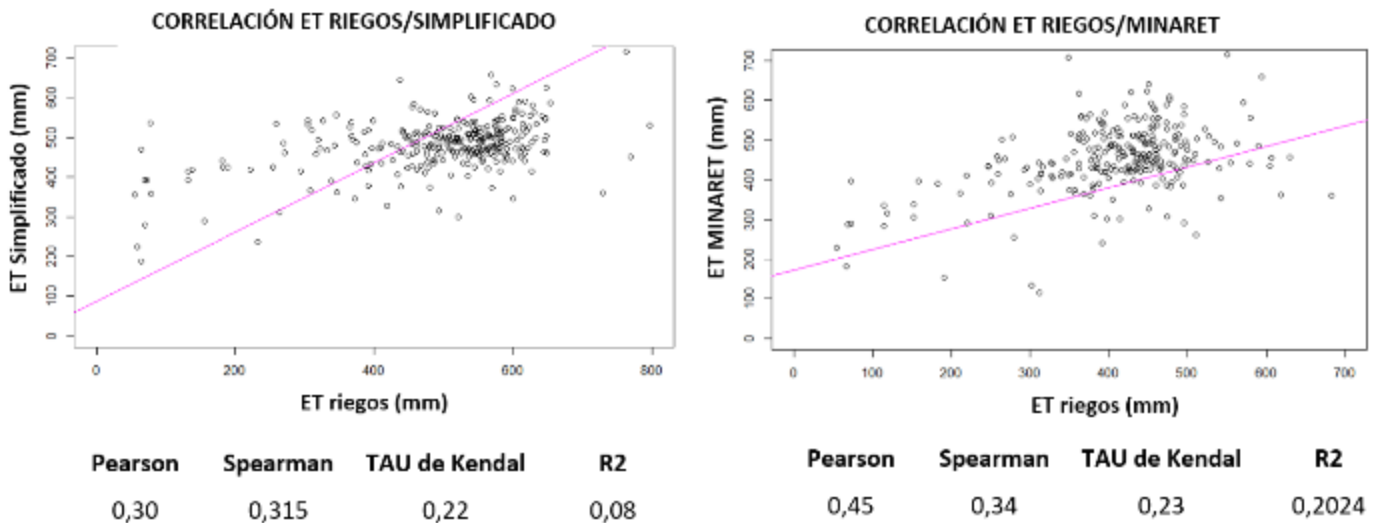


Figura 5: Resultados de correlación entre de ETs

Las correlaciones existentes entre la Et calculada a partir de estos modelos y la ET del riego real permiten concluir que el la Et calculada mediante el modelo SAVI MINARET se ajusta mejor a la ET de la que derivan los datos reales de riego a nivel de parcela.

#### 4. Aplicación de modelos de biomasa y rendimiento derivado.

Se han analizado dos modelos para el cálculo de la biomasa para el maíz durante la campaña de 2019, uno basado en la eficiencia de uso de la luz absorbida (LUE) y el otro en el uso del agua transpirada (WUE) y de ellos se infiere el rendimiento por parcela.

Ambos modelos se basan en series de imágenes de satélite Sentinel-2 e índices derivados, en este caso el NDVI, y datos agroclimáticos proporcionados por estaciones SIAR; en el caso del modelo basado en la luz, la radiación diaria; y en el caso del modelo basado en el agua, la ETo diaria.

Se trabaja con los resultados de la aplicación de los modelos acumulados en un periodo de tiempo de interés para el cultivo que se define a partir de datos de imágenes de satélite en cada parcela. La aplicación de un índice de cosecha al resultado permite obtener el dato de rendimiento que se ha evaluado frente a rendimientos reales proporcionados por cosechadoras.

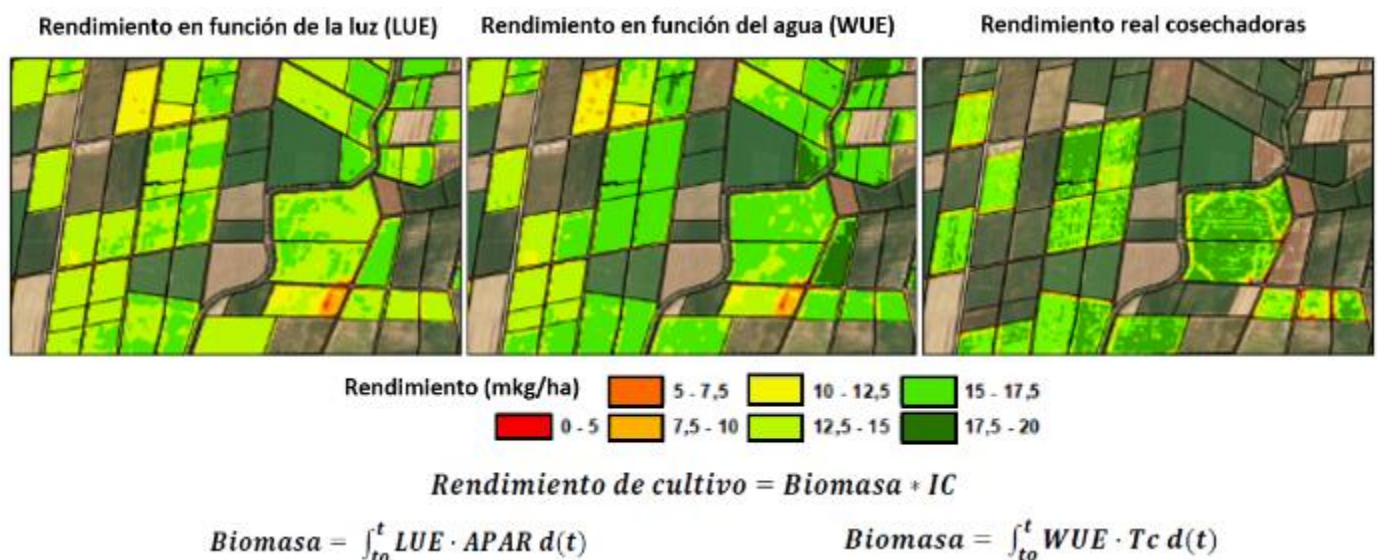


Figura 6: Rendimiento de parcelas en mkg/ha calculado con distintos modelos y obtenido por cosechadoras

La evaluación de los resultados permite concluir que el modelo basado en la eficiencia del uso de la luz (LUE) proporciona valores de rendimientos más acordes con la realidad que el modelo basado en la transpiración del cultivo. Actualmente se trabaja en afinar aún mas los resultados de este modelo introduciendo otras variables meteorológicas como la integral térmica. Los datos obtenidos con la aplicación de un modelo preciso son muy valiosos para la gestión de los cultivos en la zona.

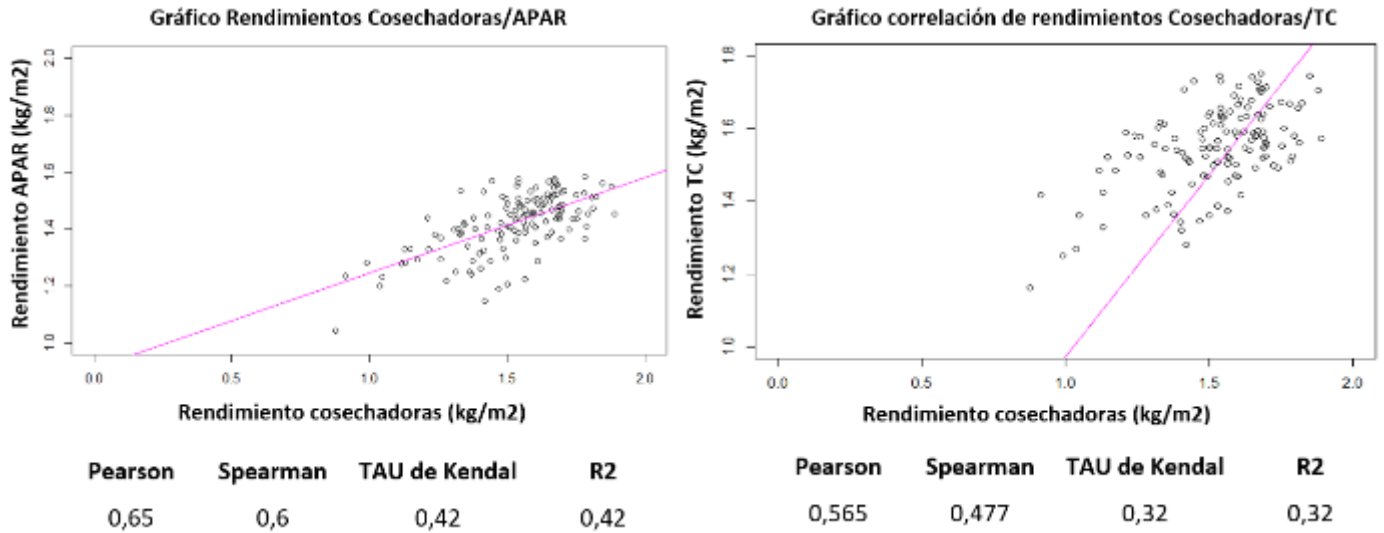


Figura 7: Resultados de correlación entre rendimientos

## 5. Abonado nitrogenado.

Esta fase se encuentra actualmente en desarrollo. Inicialmente se han recopilado estudios de suelos sobre las parcelas en las que se va a evaluar el posible uso de imágenes de satélite como información auxiliar para la ayuda en el manejo del abonado nitrogenado de las parcelas.

Se va a comprobar la relación entre diversos índices acumulados obtenidos a partir de imágenes de satélite con datos reales de abonado aplicado para emplearlos como indicativo de la necesidad de abonado.



## 6. Conclusiones.

En países como España, la falta de agua es el mayor factor limitante para la producción agrícola.

El nuevo mandato de la sociedad mundial y de forma más concreta en la UE, se está materializando en unas nuevas estrategias sobre biodiversidad para reintegrar la naturaleza a nuestras vidas, siendo más sostenibles en la lucha frente al cambio climático.

Las nuevas tecnologías se ponen a disposición de este nuevo mandato y el consumo de agua medido en m<sup>3</sup> por ha debe reducirse hasta donde dicha tecnología permita.

Mediante la eficiencia hídrica podemos conseguir la meta de ahorro máximo de agua empleada en la producción agrícola, beneficiando indirectamente en la optimización y ahorro energético (sostenibilidad).

La teledetección, es una tecnología que permite realizar un seguimiento del estado de los cultivos con una frecuencia casi diaria, lo que redundará en que sea la herramienta más eficiente y precisa para la obtención de una serie de indicadores de dichos cultivos y por lo tanto contribuya en gran medida a la eficiencia hídrica y energética, mejorar la distribución de las parcelas, así como la búsqueda de escenarios más productivos y la perfeccionamiento de los suelos al optimizar y racionalizar los nutrientes.

Si a los productos obtenidos mediante técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica, los enlazamos con la interoperabilidad de los sistemas IoT distribuidos por el terreno, como sistemas de telecontrol y otros sistemas de medición, podemos conseguir que la digitalización del campo sea completa y nos estaremos acercando al rendimiento óptimo de los cultivos.

Los proyectos de innovación tecnológica OPTIREG y DEMETER y concretamente algunas de sus técnicas se aplican con éxito en diferentes Comunidades de Regantes, ayudando en primer lugar a un uso mucho más racional y eficiente de agua y electricidad, ahorro de insumos para obtener la misma cosecha o incluso mayor lo que se traduce en un beneficio máximo para el agricultor, el medio ambiente y en un mayor valor añadido de las inversiones públicas y privadas ejecutadas.

## Referencias

1. Allen, R.G, B Burnett, Clarence Robinson, and M. Tasumi. "Estimating the soil surface evaporation and transpiration components from satellite images in the absence of a thermal band." *Agricultural Water Management*, 2008.
2. Calera, A., Campos, I. y Garrido J. "Determinación de las necesidades de agua y de Riego mediante estaciones meteorológicas y series temporales de imágenes multispectrales"; CENTER, 2016
3. Campoy, J. "Eficiencia de uso del agua y de la luz en cultivo de ajo mediante el uso de series temporales de imágenes de satélite." *Universidad de castilla – La Mancha*, 2018.
4. Cuesta, A. "Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite." *ITEA: Información Técnica Económica Agraria*, 2005: 101(3), 212-224.
5. Esposito, G, G Balbosa, C Cerliani, and R Balboa. "Rendimiento Potencial del Maíz." *Universidad Nacional del Río Cuarto*, 2016: 36.
6. Gomez, L. G. Crop yield and biomass estimation in wheat, barley and maize, using crop growth models based on satellite remote sensing. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla – La Mancha, 2018
7. MAPA. *Calendario de Siembra, Recolección y Comercialización*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2014-2016.
8. Mateos, L, M.P González-Dugo, L Testi, and F Villalobos. "Monitoring ET of irrigated crops using crop coefficients derived from time series of satellite images. I. Method validation; Monitoring ET of irrigated crop coefficients derived from time series of satellite images II. Application." *Agricultural Water Management (Agricultural Water Management)*, 2013.
9. Muñoz, Francisco L. "Integración de datos remotos en modelos de crecimiento y estimación de cosecha de cultivos herbáceos. Aplicación a escala local sobre trigo y maíz." Córdoba, 2011.