

El papel de la teledetección en la mejora de la gestión del riego

Las noches despejadas se han vuelto un espectáculo tecnológico. Donde antes buscábamos estrellas fugaces ahora encontramos multitud de satélites, que tienen como principal misión la mejora de las telecomunicaciones. Aunque importantes para nosotros, no son en los que nos centraremos en este artículo. Aquí nos vamos a centrar en los satélites que forman parte de los sistemas de observación de la tierra (EOS, del inglés Earth Observation Systems). Estos satélites, que pasan sobre nuestras cabezas durante el día, se centran, principalmente, en captar la energía del sol que es reflejada por los distintos elementos en la superficie terrestre. En el momento de redacción de este artículo llevo una camiseta verde, y la percibimos verde porque los pigmentos de la camiseta hacen que absorban todos los colores menos el verde, que es reflejado y que es lo que percibimos a través de nuestros ojos. De un modo similar, los satélites perciben los “colores” que reflejan los elementos de la superficie terrestre y que nos permiten caracterizarla. Suelo, masas de agua, y sobre todo y lo que más nos interesa en agricultura, la vegetación, los cultivos.

Pero las aplicaciones de teledetección en agricultura se basan en que la vegetación no es verde. Bueno, en realidad los humanos la percibimos verde ya que, al igual que mi camiseta, la vegetación (en general) refleja principalmente el “color” verde, que somos capaces de captar con nuestros ojos. Pero hay un “color” que no somos capaces de captar y que es fuertemente reflejado por la vegetación, que es el infrarrojo cercano. Por lo tanto, podríamos decir que la vegetación es de color infrarrojo cercano. En esta característica de la vegetación se basa la mayor parte de las aplicaciones de teledetección (o percepción remota) y que han definido las características técnicas de los “ojos” que montan los satélites. Estos ojos son capaces de detectar diferentes “colores”, donde destacamos el infrarrojo cercano (que refleja mucho la vegetación) y el rojo, que es un color que absorbe mucho la vegetación (no vemos la vegetación roja). Estos dos “colores” definen un ín-

dice de vegetación que es el más ampliamente utilizado, y que establece la diferencia entre estos dos colores. Si hay mucha diferencia, es que hay mucha vegetación y está sana, y si no la hay, es que hay poca vegetación o está estresada. Para facilitar un uso estandarizado de este indicador, se normaliza, haciendo que valores próximos a 0 se correspondan con un suelo desnudo (aproximadamente 0,1-0,15), y valores próximos a 1 se corresponden con un cultivo que cubre totalmente el suelo, por ejemplo, una alfalfa sana en máximo desarrollo. Este es el NDVI o índice de vegetación de diferencia normalizada.

La gran evolución de los satélites ha hecho que pasen cada vez más frecuentemente y que la definición de la información sea cada vez mejor. De forma general se puede considerar que disponemos actualmente de una imagen cada 5 días (resolución temporal) y con una resolución espacial de 10x10 m, es decir que tenemos un valor de NDVI por cada 100 m² de suelo, sin poder diferenciar los elementos que hay dentro de esos 100 m². Estas características se corresponden con el satélite más ampliamente utilizado en agricultura, que es el Sentinel 2 de la misión espacial Copernicus de la Unión Europea. Por supuesto, hay satélites que pasan más frecuentemente y con mayores resoluciones, pero conllevan un coste mayor al usuario. Además, para la mayor parte de las aplicaciones en agricultura, la resolución temporal y espacial comentada se pueden considerar adecuadas.

Las aplicaciones de esta información en regadío son abundantes y de gran utilidad, desde la gestión de los recursos a escala de cuenca hasta la implementación de técnicas de riego de precisión, que permiten aplicar de forma diferenciada el riego según las necesidades diferenciadas del cultivo dentro de la parcela.

Para la gestión del agua a escala de cuenca es esencial determinar los cultivos establecidos en cada parcela. Estamos hablando de miles y miles de parcelas que sería inviable visitar físicamente. Así, si en una parcela observamos que el índice de ve-

getación NDVI crece de febrero a mediados de abril, se estabiliza de abril a junio y decae hacia finales de junio, podríamos decir que en esta parcela se ha cultivado con un cereal de invierno o con una leguminosa. Si el NDVI empieza a crecer en abril, se estabiliza en julio hasta septiembre y decae hasta octubre, seguramente estemos ante un maíz de ciclo largo (Figura 1). Así, se pueden caracterizar estas curvas de forma que seamos capaces de detectar el cultivo establecido en cada parcela. Más bien el grupo de cultivo (cereal de invierno, de primavera, cultivo de verano, ...) ya que diferenciar entre cultivos suele ser más complejo. Si sabemos qué cultivo se estableció en cada parcela y el consumo de agua aproximado de cada tipo de cultivo en un año concreto se puede estimar, de forma aproximada, las extracciones de agua con el objetivo de riego y por lo tanto establecer balances hidrológicos de gran utilidad en la gestión de los recursos hídricos.

A una escala menor, podemos hacer un seguimiento de nuestro cultivo en parcela y así relacionar el NDVI con el estado fenológico de nuestro cultivo y poder estimar las necesidades de riego. Son numerosos los trabajos que han relacionado el NDVI con

el coeficiente de cultivo (kc) que permite, junto a las estaciones agroclimáticas, determinar las necesidades de riego. Con esta información y un sensor de humedad en el suelo, el ahorro de agua puede llegar a ser muy considerable.

El carácter espacial de la información, que nos dice el estado del cultivo cada 100 m² de la parcela, permite determinar necesidades hídricas diferenciadas en la parcela. Así, si nuestro sistema de riego nos lo permite, podemos suministrar diferentes dosis según el desarrollo del cultivo en cada parte de la parcela. La duda surge en si suministrar más agua en las zonas de menor desarrollo para igualar la producción o favorecer aquellas zonas de mayor desarrollo vegetativo y, por lo tanto, con mayores necesidades, lo que puede llevar a aumentar las diferencias intraparcelarias. Cada caso tiene una solución diferente que debe ser evaluada con el conocimiento profundo de las características de la parcela.

La respuesta al estrés hídrico del NDVI es muy lenta. Es decir, que si el NDVI decae porque el cultivo se ha sometido a estrés es derivado de un efecto acumulado en la planta y esperar a este momento

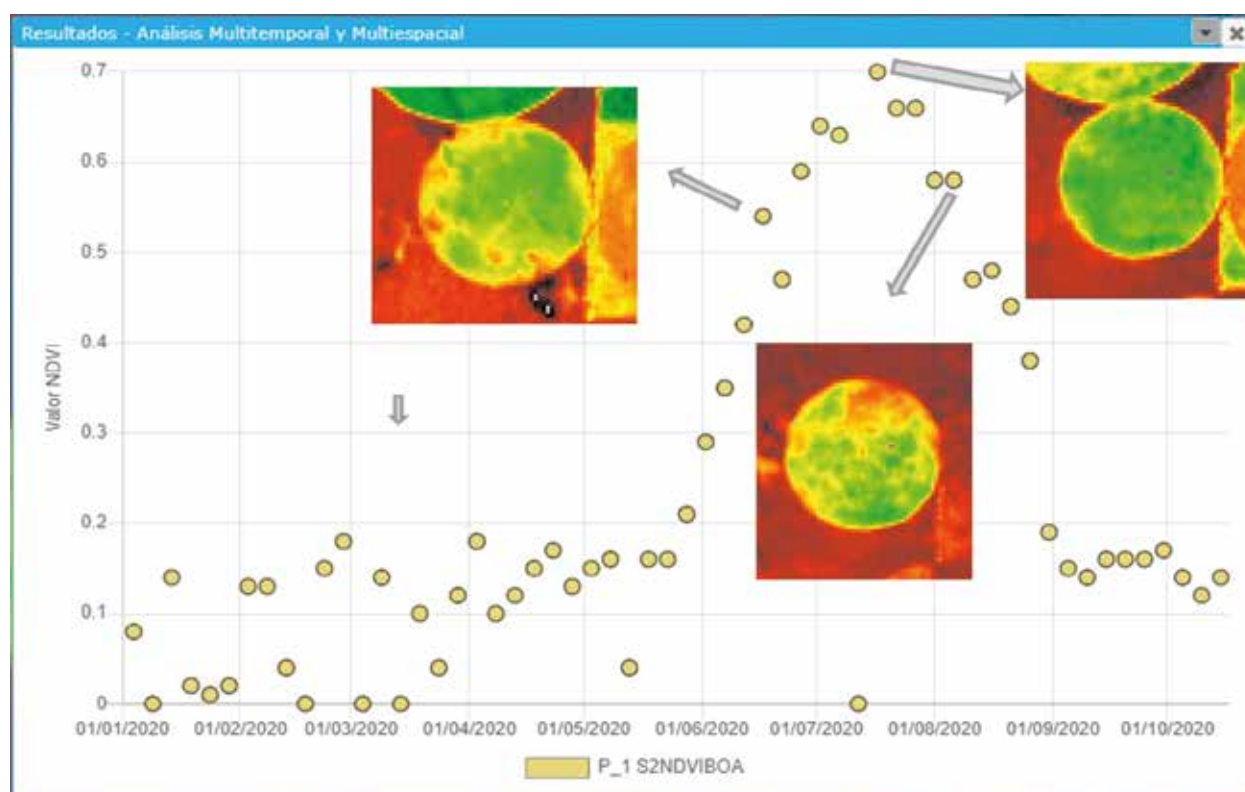


Figura 1. Evolución temporal del NDVI para un cultivo de verano y detalle de la imagen satelital para tres días concretos del ciclo

puede conllevar problemas graves de producción. Para ello hay una alternativa que se basa en la medida de la temperatura de la vegetación. Hay satélites que montan sensores térmicos para medir la temperatura de la superficie terrestre, en nuestras parcelas, de la mezcla de suelo y cultivo. Las plantas bien regadas transpiran mucho y por lo tanto, están más frías que las plantas estresadas que, debido a este estrés, cierran parcialmente los estomas, transpiran menos y, por lo tanto, se calientan más. La determinación de estrés a través del térmico no es sencilla. Hay procedimientos basados en balance de energía, relativamente precisos, que permiten determinar la evapotranspiración del cultivo con adecuada precisión. Sin embargo, se está imponiendo el uso de un índice de estrés, que es el índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI, del inglés “Crop Water Stress Index”), donde se relaciona la temperatura del cultivo con la temperatura atmosférica y la humedad relativa y, de nuevo, se normaliza entre 0 y 1, correspondiente a planta no estresada y completamente estresada, respectivamente.

El uso de este tipo de imágenes satelitales en cultivos leñosos tiene una limitación importante, que es que existe una gran proporción de suelo sobre vegetación. Por ejemplo, en una viña en espaldera bien desarrollada, de los 100 m² de la imagen satelital aproximadamente 14 m² corresponden a vegetación y el resto a suelo. Aquí es donde jue-

gan un papel fundamental los drones, ya que podemos obtener imágenes con una resolución de hasta 1 cm². Es decir, que podemos ver cada hoja. Esto es una gran ventaja, ya que esta resolución permite diferenciar entre la vegetación y el suelo y evaluar exclusivamente lo que le está pasando a la planta. Así, con esta tecnología se llega a evaluar cada planta individualmente. Estos drones pueden montar cámaras convencionales, para ver cuánto cubre la vegetación el suelo, que es un indicador de cantidad de vegetación, similar al NDVI, pero también pueden montar cámaras multispectrales, donde existe un canal para el infrarrojo cercano, e incluso cámaras térmicas.

Las aplicaciones se incrementan, ya que a las ya enumeradas anteriormente, se pueden detectar fugas en los sistemas de riego (Figura 2), volúmenes de vegetación al poder determinar la altura de la vegetación, entre otras aplicaciones. Las limitaciones de esta tecnología son, principalmente, el coste asociado a la adquisición y tratamiento de la información y el área cubierta por cada vuelo, que con drones actuales no superan las 50 ha.

Miguel Ángel Moreno Hidalgo.

Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes y Biotecnología de la Universidad de Castilla-La Mancha y miembro de AERYD.

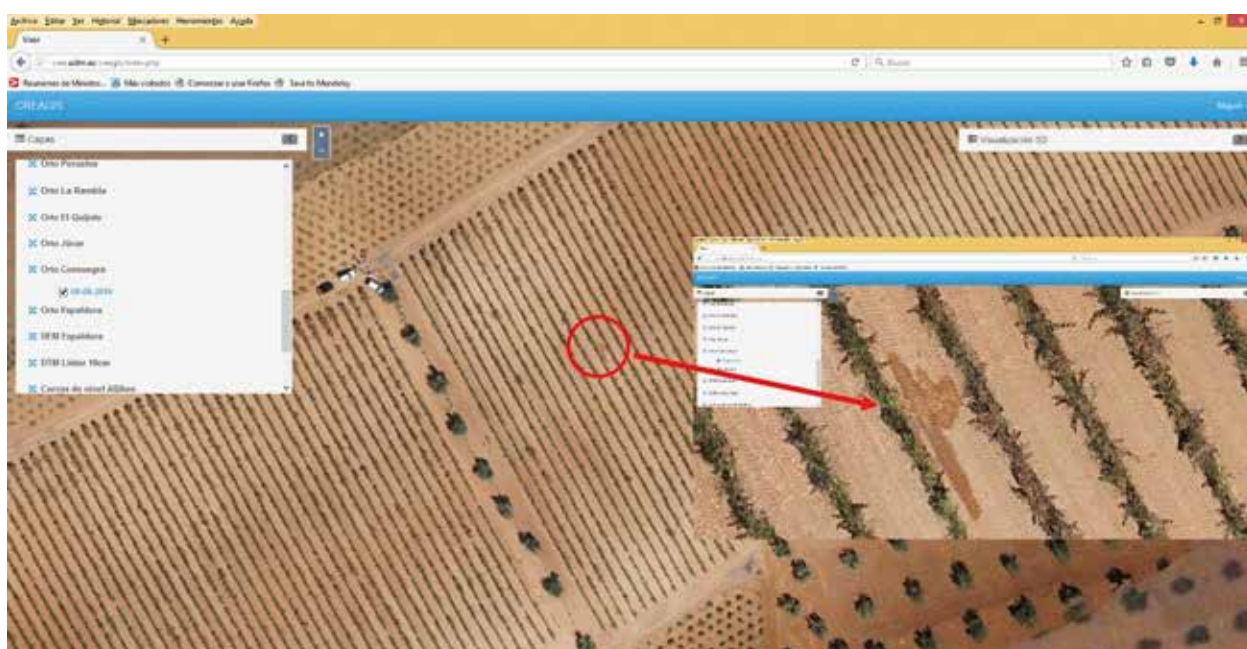


Figura 2. Ejemplo de detección de fugas en sistemas de riego por goteo mediante el análisis de un vuelo con dron.