



**AgriSat**  
Iberia, S.L.



# Tu campo en la mano

Boletín Técnico





**AgriSat**  
Iberia, S.L.

## Productos y Servicios



**AgriSat**  
APP

**Sistema AgriSat SPIDERwebGIS®:**  
acceso a series temporales de imágenes de satélite 6

---



**Estimación precisa de las necesidades hídricas**  
**de los cultivos con una semana de antelación** 10

---



**Mapas de zonas de manejo (MZM)**  
**en base a su potencial productivo** 13

---



## La agricultura lo primero

**A**griSat es un empresa nacida entre gente que trabaja en el campo, por eso su prioridad es ser útil al agricultor o técnico, que a diario necesita información para tomar decisiones. Sus productos y servicios no se diseñan con el objetivo de deslumbrar con alardes tecnológicos, sino pensando en que han de ser **herramientas sencillas y prácticas para el manejo agronómico.**



# La tecnología es sólo un medio

La aparición y desarrollo vertiginoso de nuevas tecnologías son una constante. La especialización en todas las variantes tecnológicas que puedan ser de aplicación en el sector agrícola no sólo es imposible, sino que su complejidad es a menudo la principal barrera para que los potenciales usuarios las adopten. AgriSat es una empresa de base tecnológica, no en vano se cimienta en el empleo de la teledetección y las tecnologías de la información, pero entiende la tecnología sólo como un medio para poner al alcance de los agricultores una nueva clase de información sobre sus cultivos que hasta ahora les resultaba inaccesible.





## Acceso a series temporales de imágenes de satélite

# Series temporales de imágenes multiespectrales, adquiridas desde satélite

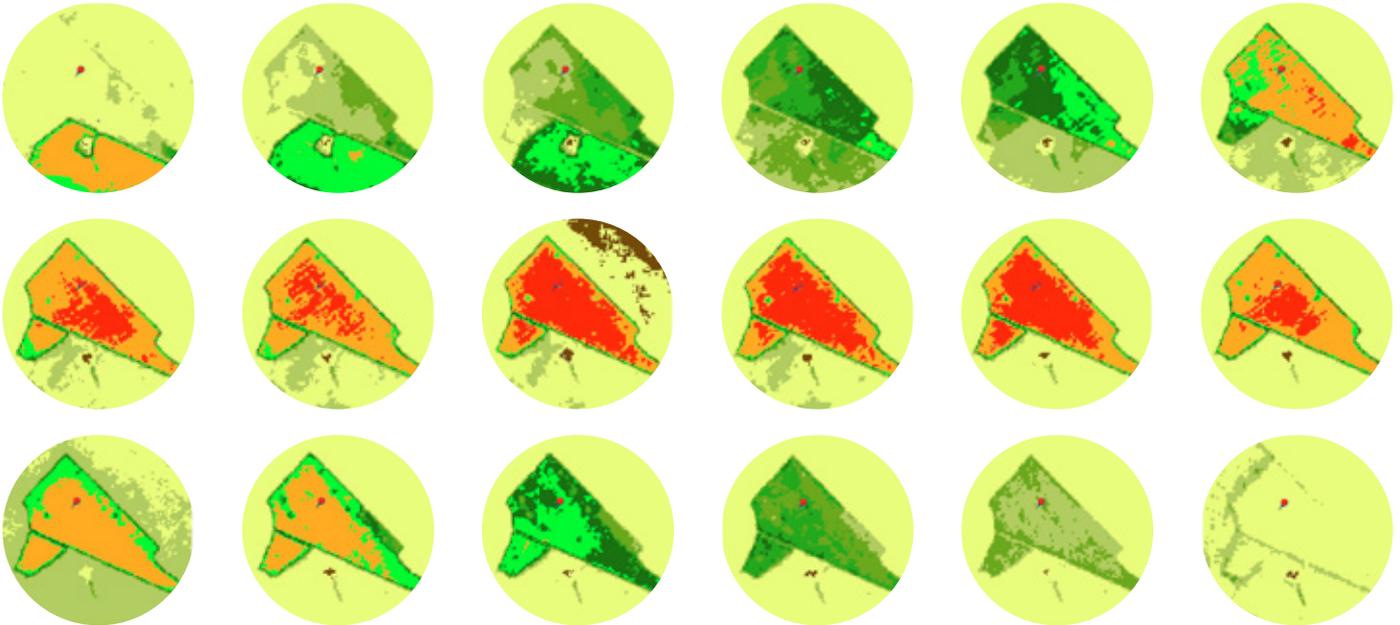
Los cultivos son procesos biológicos cuyo resultado final depende de lo ocurrido en cada uno de los días del ciclo. Lo mismo que una única inspección a pie de campo no aporta suficiente información para juzgar su pasado y futuro, una única imagen de teledetección sólo brindaría indicios vinculados a la fecha de captura. Por el contrario, una **secuencia de imágenes a lo largo del ciclo del cultivo equivaldría a una serie de inspecciones periódicas en campo**, permitiendo reconstruir los pormenores de su evolución.

En su servicio básico AgriSat emplea las imágenes multiespectrales libres de diversos satélites; en concreto Landsat 8 (NASA)

y Sentinel 2 (ESA), a los que se incorporarán algunos más en el futuro; creando una constelación virtual multisensor que permite disponer de imágenes con mayor frecuencia y lo que es igualmente importante con información comparable con independencia de su fuente. AgriSat procesa, normaliza y efectúa su propio control de calidad de las imágenes e índices derivados, cargándolos en su sistema AgriSat SPIDERwebGIS® en un plazo medio de 24 h tras la toma correspondiente del satélite. El objetivo sobre el que trabaja AgriSat es poner a disposición de sus usuarios una imagen útil (libre de nubes) por semana, lo que sería una frecuencia suficiente para el manejo agronómico.



## Índice de vegetación por diferencias normalizado (NDVI)



Las cámaras que toman las imágenes desde los satélites son sensibles a ciertas longitudes de onda, tanto pertenecientes al espectro visible para el ojo humano como fuera de éste, y capaces de captar la radiación reflejada por los objetos (reflectancia), lo que permite elaborar índices cuantitativos basados en distintas relaciones entre la radiación absorbida y reflejada para cada longitud de onda, como el Índice de Vegetación por Diferencias Normalizado (NDVI por sus siglas en inglés). Este índice tiene una relación lineal con la fracción de radiación fotosintéticamente

activa (fAPAR) absorbida por la cubierta vegetal, de la que se deriva un significado biofísico que le hace especialmente robusto y útil para la agricultura. El **NDVI cuantifica el tamaño fotosintético relativo de la cubierta vegetal**. Sus valores oscilan entre 0.15, para superficies donde no hay biomasa fotosintéticamente activa (suelo desnudo o cubierto por biomasa seca con independencia de su cantidad), y 0.91 para superficies donde la biomasa presenta una capacidad fotosintética máxima (típicamente un buen cultivo de alfalfa justo antes del corte)



Hoja Muerta



Hoja Estresada



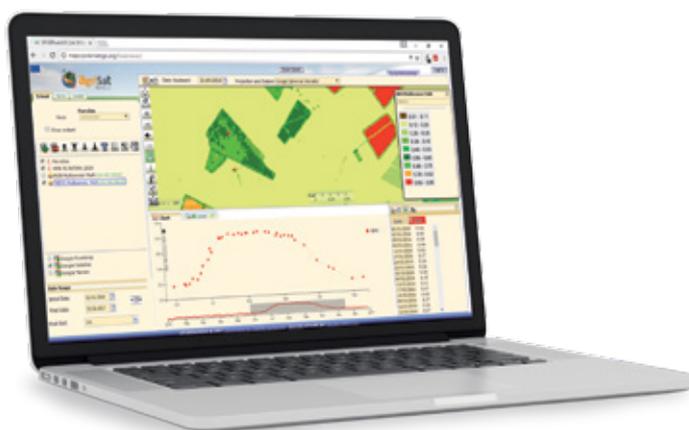
Hoja Sana

## ¿Cómo se accede a esa información?

De forma muy sencilla, y sin necesidad de conocimientos específicos sobre teledetección o sistemas de información geográfica (SIG), se puede acceder al sistema AgriSat SPIDERwebGIS® a través de internet por dos caminos diferentes:

- Para ordenadores: desde la página web [www.agrisat.es](http://www.agrisat.es), con vínculo a la aplicación online SPIDERwebGIS®.
- Para teléfonos y tablets: descargándose la app AgriSat®, disponible en el Apple Store y Google Play.

# Tu campo en la mano



## ¿Qué tipo de información hay disponible?

El usuario del sistema AgriSat SPIDERwebGIS® puede consultar y visualizar la información en distintos formatos:

- Imagen RGB o en falso color: son imágenes similares a las de una fotografía convencional, la vegetación se percibe en distintas tonalidades de verde y el suelo desnudo en un rango de ocres, aunque los colores no son exactamente los que en la realidad percibiría el ojo humano. El falso color ayuda a destacar la cobertura vegetal por encima del resto de objetos de la imagen.
- Imagen NDVI: imagen en la que cada pixel recibe un color en función de su valor de NDVI. Estos colores se asignan arbitrariamente a intervalos concretos de valores del NDVI, pudiendo elegirse entre diferentes escalas disponibles con distinto número de niveles y amplitud de los rangos.
- Valores NDVI: a cada pixel de la imagen (10 x 10 m<sup>2</sup>, en caso de los satélites Sentinel 2) le corresponde un valor de NDVI, marcando el pixel deseado puede consultarse su evolución temporal, generándose una gráfica y tabla de datos exportable.

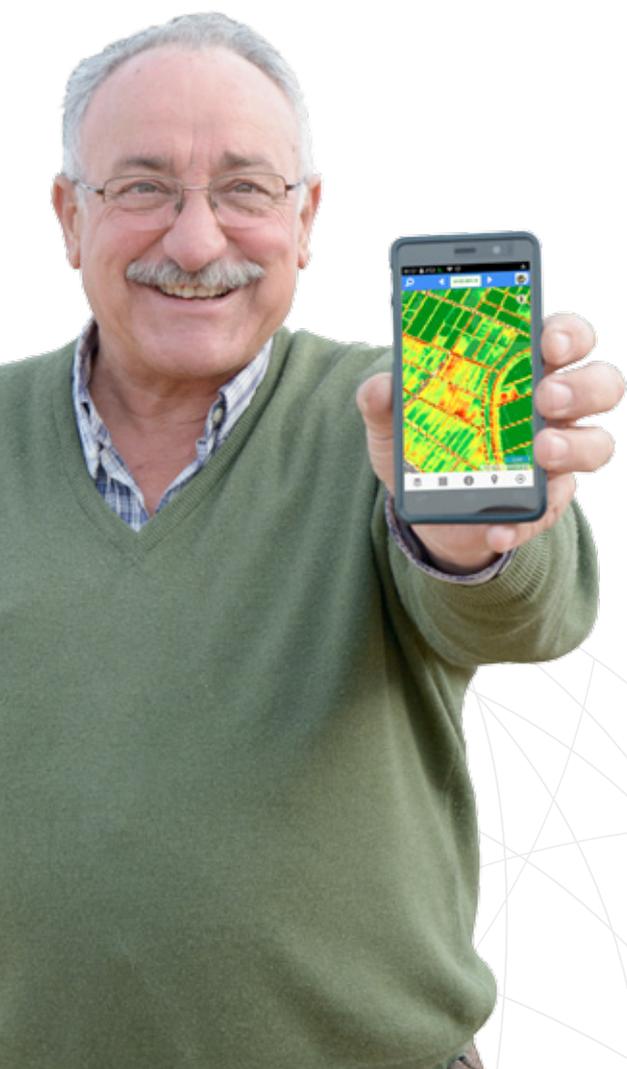




Imagen RGB

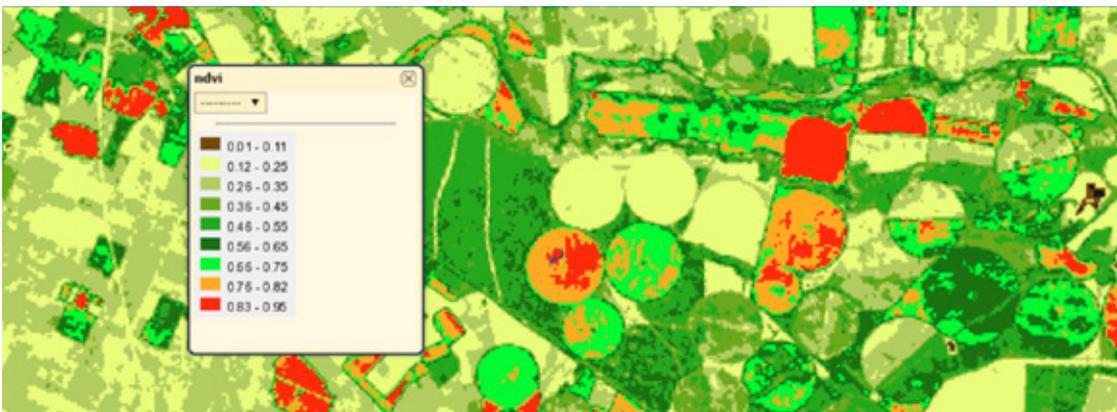
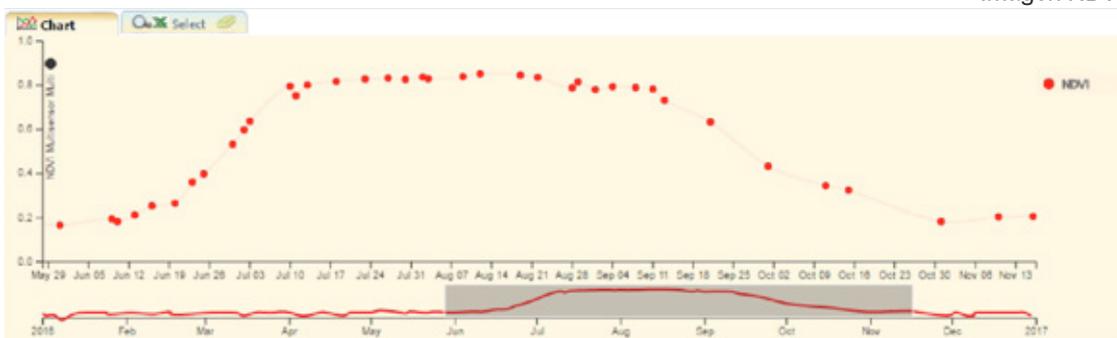


Imagen NDVI



Evolución temporal de los valores NDVI de un pixel

## ¿Qué utilidad puede tener esta información?

Conocer la evolución espacial y temporal de la vegetación, caracterizada por los valores del NDVI, permite **monitorizar los cultivos, identificar y localizar posibles desviaciones o anomalías ligadas a factores ambientales o de manejo que hayan podido afectarle**. Por ejemplo: planificación de las visitas a campo, determinación de los puntos de muestreo o control, heterogeneidad y diferencias dentro de la misma

parcela en momentos fenológicos críticos, identificación de errores de aplicación de fertilizantes o fitosanitarios, fallos de los sistemas de riego, comparación relativa de variedades, evaluación de pautas de manejo (estrategias de fertilización o protección de cultivos, fechas y densidades de siembra, etc.), incidencia de daños por accidentes meteorológicos, plagas o enfermedades...



## Estimación precisa de las necesidades hídricas de los cultivos con una semana de antelación



### ¿Cómo se calculan las necesidades hídricas de los cultivos?

La metodología, ampliamente utilizada y comúnmente aceptada, para la estimación de las necesidades de agua de los cultivos es la denominada “Coeficiente de cultivo-Evapotranspiración de referencia” (Kc-ET<sub>o</sub>), descrita de forma detallada en el manual de FAO56 (Allen et al., 1998).

El procedimiento Kc-ET<sub>o</sub> considera que la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) es el producto de dos factores, el primero de ellos la demanda evaporativa de la atmósfera, o evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), y el segundo un coeficiente de cultivo (Kc) que indica la relación existente entre la cubierta vegetal del cultivo en cuestión y la de un cultivo patrón, utilizado

como estándar de referencia para la medición y cálculos experimentales de la ET<sub>o</sub>, habitualmente una pradera de festuca uniformemente segada a un altura de 10-15 cm.

Aunque FAO56 profundiza en el significado del coeficiente de cultivo y lo divide en diversos componentes, por operatividad, en la práctica agrícola diaria, de forma simplificada se suele emplear la fórmula denominada de coeficiente de cultivo “único”. La estimación de las necesidades hídricas de un cultivo, en ausencia de estrés hídrico, se realizaría mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c ET_o$$

*ET<sub>c</sub>*: evapotranspiración del cultivo

*ET<sub>o</sub>*: evapotranspiración de referencia, habitualmente calculada mediante fórmulas que relacionan diversas variables climáticas (viento, temperatura, humedad relativa y radiación)

*K<sub>c</sub>*: coeficiente de cultivo “único”, toma valores empíricos normalmente vinculados a estadios fenológicos.

## ¿Qué aportan las series temporales de imágenes de satélite al cálculo de las necesidades hídricas?

La determinación del  $K_c$  adecuado, en base a los valores empíricos recogidos en la bibliografía, a menudo implica un alto grado de incertidumbre, máxime cuando se trata de seleccionar un único valor que defina a una parcela de cultivo completa. Las investigaciones científicas han puesto de manifiesto la buena relación lineal existente entre NDVI y el coeficiente de cultivo, lo que permite obtener un  $K_c$  realmente ajustado a la situación del cultivo en cada momento, por ejemplo:

$K_{cb} = 1.44 \text{ NDVI} - 0.1$ , coeficiente de cultivo basal. Esta ecuación es una buena aproximación aplicable para cualquier cultivo/cubierta vegetal, tanto de herbáceos como leñosos, integrándola en el procedimiento de coeficiente dual descrito en FAO56.

$K_c = 1.25 \text{ NDVI} + 0.1$ , coeficiente de cultivo único de aplicación operativa en cultivos herbáceos que cubren rápidamente el suelo, como cereales y leguminosas, por lo que en la pérdida de agua por evapotranspiración predomina la componente de transpiración de la planta frente a la de evaporación directa desde el suelo.

$K_c = 0.85 \text{ NDVI} + 0.47$ , coeficiente de cultivo único para cultivos anuales, como ajo y cebolla, en los que la fracción de suelo descubierto, y por tanto la componente evaporativa, es significativa y donde, por el escaso volumen de suelo explorado por las raíces, se requiere de riegos frecuentes.

La información periódica que brinda el sistema AgriSat SPIDERwebGIS® permite la consulta de los valores de NDVI para cada pixel de la imagen, con lo que resulta posible el empleo de cualquiera de las formulas anteriores y por tanto el cálculo de los valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) derivado de la situación real del cultivo en cada lugar y momento. Esta información, obtenida de forma remota gracias a los satélites, sería el equivalente a tener en campo un sensor por cada pixel (100 m<sup>2</sup>) capaz de registrar en continuo la evolución de la biomasa del cultivo, gracias a la cual se puede establecer una metodología rigurosa y objetiva, que garantiza la reducción de la incertidumbre y el mejor ajuste posible del cálculo de las necesidades hídricas netas al estado real del cultivo, en cada parcela o unidad de manejo de riego concreta y a lo largo del tiempo.

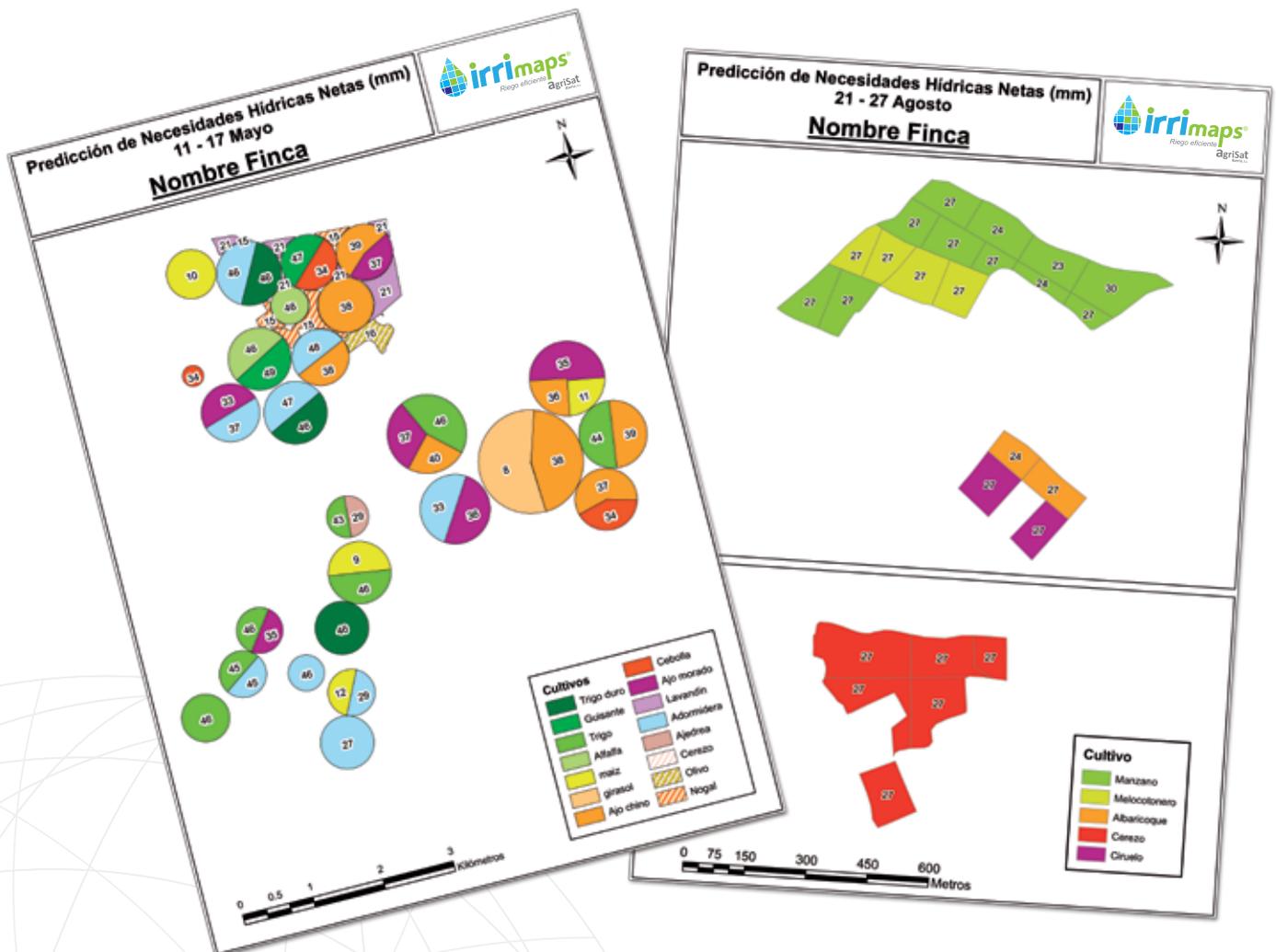


## ¿Cómo obtener las estimaciones semanales?

Pensando en las necesidades reales de la planificación del riego, AgriSat ha diseñado una metodología para poder estimar de forma precisa las necesidades hídricas netas de los cultivos con una semana de antelación. Por esta razón además de las series temporales de imágenes, el sistema AgriSat SPIDERwebGIS® pone a disposición de sus usuarios la distribución espacial de la previsión a una semana vista de la ETo, consultable sobre la imagen de forma similar al NDVI.

AgriSat provee de soporte y formación, online o presencial, a los usuarios que deseen aplicar esta metodología por sí mismos.

Además, para aquellos otros que prefieran recibir, puntual y directamente, los resultados elaborados, **AgriSat provee un servicio personalizado de envío de mapas con la predicción semanal de necesidades hídricas de sus cultivos.** Estos mapas se entregan en el formato y por la vía elegidos por el usuario.



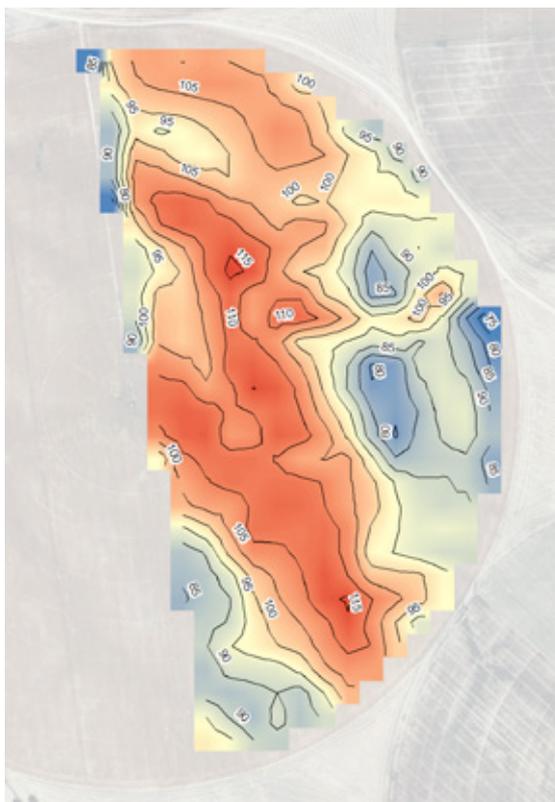
Mapas semanales de predicción de necesidades hídricas de cultivos herbáceos, hortícolas y leñosos

## Mapas de zonas de manejo (MZM) en base a su potencial productivo

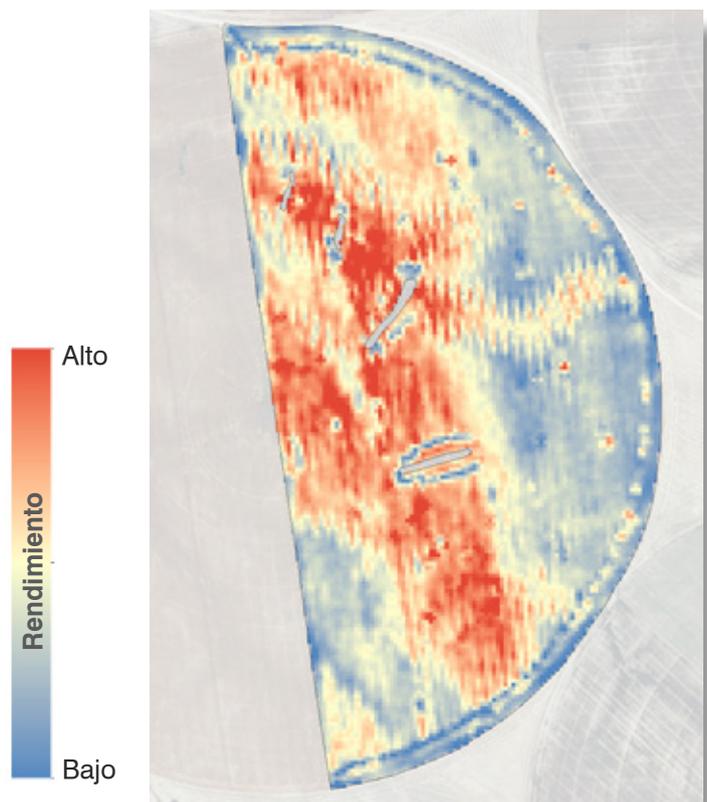
¿Qué relación existe entre las series temporales de imágenes y la producción?

El **desarrollo del propio cultivo es el mejor indicador del potencial productivo de un punto o zona concreta en una parcela**, ya que integra todos los factores que influyen en su crecimiento, como fertilidad del suelo, condiciones ambientales y manejo. Las series temporales de imágenes de satélite permiten caracterizar ese desarrollo. Cada imagen muestra, en base a los valores de índices de vegetación como el NDVI, el estado de la cubierta vegetal en el momento de la toma. Si se cuenta con una secuencia temporal de imágenes suficientemente densa, se pueden construir curvas que describan la dinámica de la evolución espacial y temporal del cultivo en cada pixel. Esta trayectoria en el tiempo define el crecimiento del cultivo. La **integración numérica, a**

**lo largo del ciclo del cultivo, de esta trayectoria, o dicho de otra manera el área bajo la curva, permite caracterizar cuantitativamente la producción de biomasa a escala de pixel.**



Mapa de Zonas de Manejo (MZM)

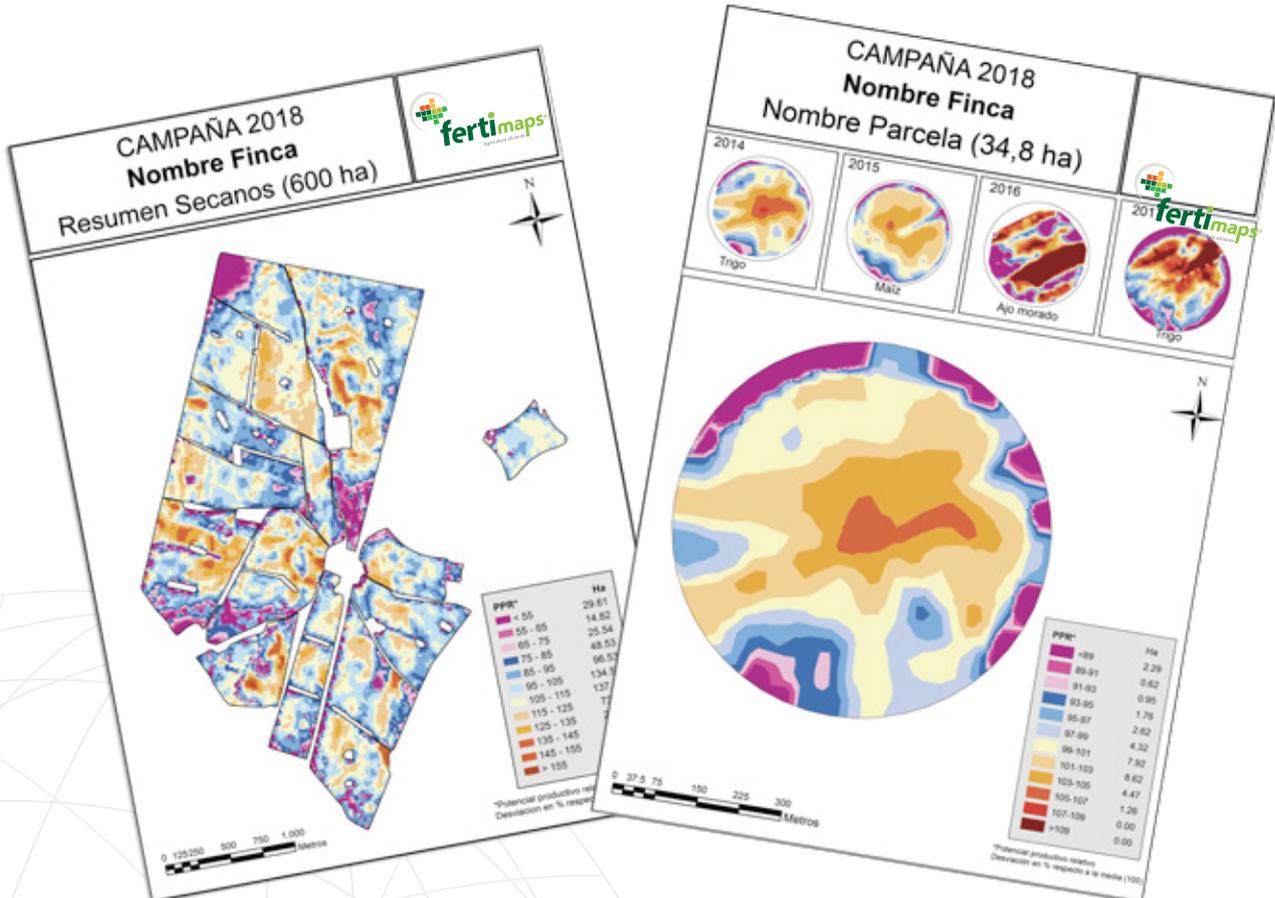


Mapa de Monitor de Rendimiento

## ¿Cuál es el significado de un MZM?

Un MZM se refiere siempre a una unidad de cultivo concreta, entendiendo por tal la superficie total o parcial de una parcela ocupada por la misma especie y manejada de forma homogénea. En un MZM se comparan los valores de biomasa de cada pixel respecto al valor medio del total de la unidad de cultivo, con lo que el resultado es la representación gráfica de zonas caracterizadas por su desviación porcentual respecto a esa media. Sus resultados son comparables a los obtenidos con otras metodologías empleadas para confeccionar mapas de la variabilidad o heterogeneidad, tanto del suelo (mapas de conductividad eléctrica), como de producción (mapas de monitores de rendimiento instalados en cosechadoras).

La disponibilidad de series temporales de imágenes en el sistema AgriSat SPIDERwebGIS® hace posible la elaboración de estos mapas no sólo para la campaña presente, sino también para las anteriores. Operando sobre ellas, de la manera descrita, se puede obtener un mapa de producción de biomasa por campaña y unidad de cultivo. El mapa de una única campaña tiene ya utilidad por sí mismo; pero el contar, de forma rápida y sencilla, con mapas de años sucesivos permite discriminar los factores coyunturales, que puedan haber afectado a la producción de un año o cultivo concreto, y delimitar mejor los patrones espaciales de carácter estructural vinculados a las variaciones intraparcitarias de las condiciones agroecológicas (propiedades edáficas, orografía, pendiente, orientación, microclimas, etc.).



MZM de parcelas de secano

MZM multicampaña de parcela de regadío



## ¿Para qué sirve un MZM?

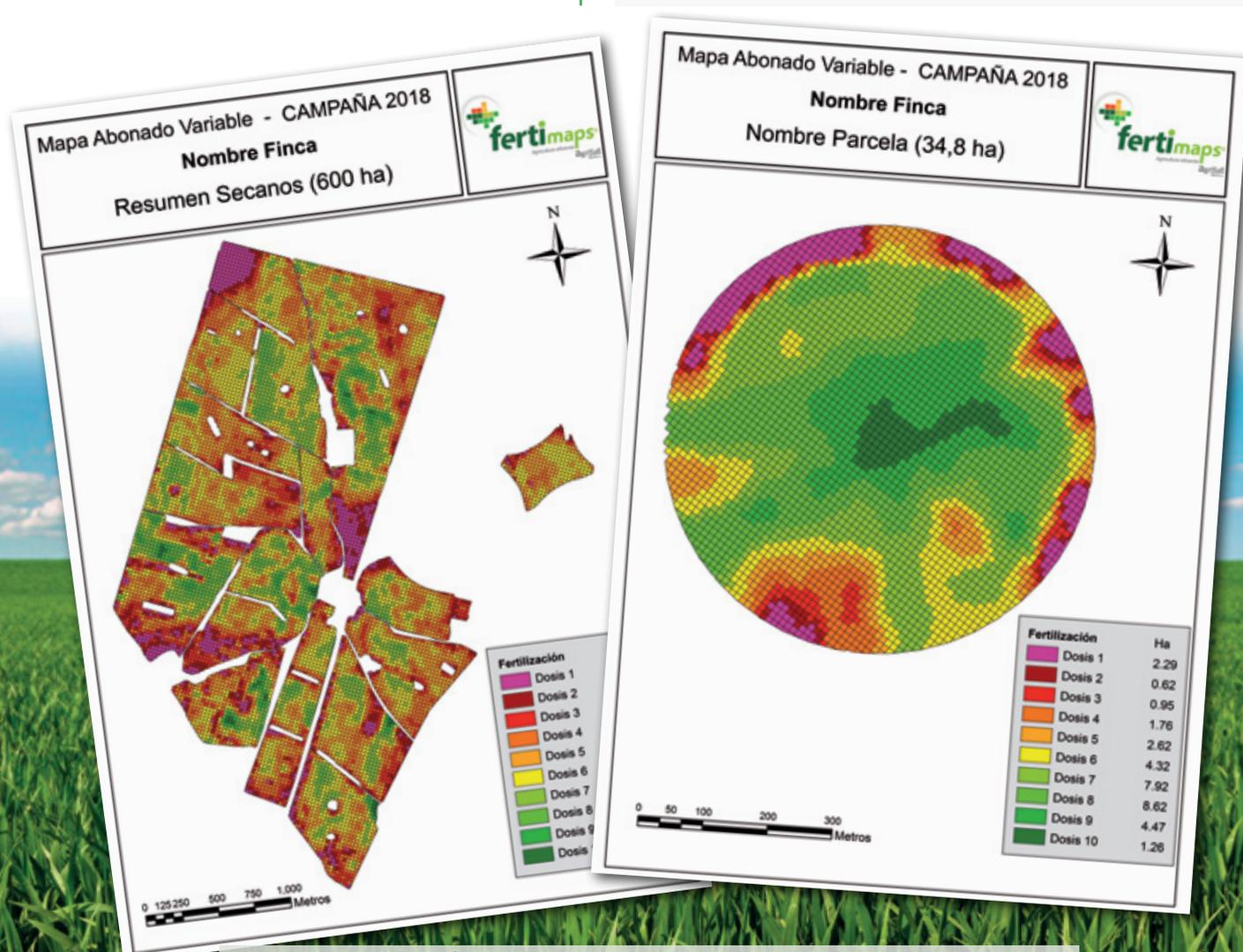
Un MZM define y caracteriza la variabilidad de las parcelas agrícolas, dependiendo del cultivo y planteamiento productivo esta información se puede usar para múltiples fines, por ejemplo:

- Delimitación de zonas, susceptibles de manejo diferencial.
- Fertilización a dosis variable: conocida la producción total cosechada en la parcela, o alternatively fijando un objetivo de producción para el cultivo siguiente, es posible realizar una distribución espacial de los rendimientos, para su empleo posterior en tareas de diagnóstico de fertilidad, estimación de extracciones de nutrientes y elaboración de planes de abonado.
- Determinación de zonas de muestreo para estudios y análisis de suelo.
- Determinación de zonas para seguimiento de los procesos de maduración y evaluación de la calidad final, en cultivos leñosos como la viña y otros frutales.
- Definición de zonas y sectores en el diseño de sistemas de riego.
- Clasificación de calidades de suelo a efectos de valoraciones de tierras.



## El primer paso para la fertilización a dosis variable

La posibilidad de disponer, de forma rápida y sencilla, de mapas que reflejen la variabilidad intraparcilaria invita a reconsiderar las prácticas habituales de abonado, basadas en el empleo de dosis homogéneas. La información suministrada por un MZM, junto con los conocimientos agronómicos en materia de nutrición vegetal, y la disponibilidad de equipos de aplicación de fertilizantes gobernados por GPS, franquea el camino para planificar nuevas estrategias de fertilización, variando la dosis para cada zona de la parcela tanto en el espacio como en el tiempo.



Mapas de prescripción de abonado variable de parcelas de secano (izquierda) y de regadío (derecha) obtenidos a partir de sus respectivos MZM



## Un futuro prometedor

Por sorprendentes que puedan parecer sus actuales utilidades, las aplicaciones agronómicas de la teledetección no se agotan aquí. Los constantes avances tecnológicos y de conocimiento auguran una verdadera revolución para el control y toma de decisiones en el manejo de cultivos. Los programas de las agencias espaciales estatales, y diversos consorcios de empresas privadas, contemplan para los próximos años el diseño y lanzamiento de nuevos satélites dedicados específicamente a cubrir necesidades del sector agrícola. El agricultor actual, no ya el del futuro, no puede ignorar estas potentes herramientas que le ayudarán a realizar su trabajo con más eficiencia económica y medioambiental.





# Tu campo en la mano



**AgriSat**  
aPP



**AgriSat**  
Iberia, s.L.

**AgriSat Iberia S.L.**

Polígono Campollano, Tercera Avenida 27

02007 ALBACETE

Teléfono (+34) 967 033 401 - Móvil (+34) 607 200 404

info@agrisat.es - www.agrisat.es



**fertimaps**  
Agricultura eficiente



Impreso en papel libre de cloro



**UNIÓN EUROPEA**  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa