

Teledetección: apoyando a la agricultura desde el cielo



Claudio Balbontín N.
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Investigador INIA Intihuasi



Magali Odi L.
Ingeniera Agrónoma, Dra.
Especialista en Teledetección



Gabriel Selles V.
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Coordinador Nacional Programa Hortofrutícola INIA



El INIA lidera una iniciativa que pretende poner a disposición del agro nacional una Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para la supervisión de la agricultura, analizar el desarrollo de los cultivos y determinar las necesidades de riego.

La necesidad de producir más alimentos en un entorno climático cambiante es un gran desafío para la agricultura chilena. Mientras en la zona norte del país los recursos hídricos son cada día más escasos, en la zona sur comienza la expansión de las zonas agrícolas y la incorporación de nuevas zonas al regadío. Por otro lado, las tendencias climáticas no son muy alentadoras, pues indican una menor disponibilidad de recursos hídricos almacenados en la cordillera de Los Andes, producto del cambio en la cota de nieve inducido por variaciones de la temperatura media del aire. Si a esto sumamos la competencia por el uso del agua entre sectores económicos, tenemos un complejo escenario para la agricultura chilena en las próximas décadas.

En este contexto, el uso de innovaciones tecnológicas claramente representa una oportunidad para mejorar la productividad agrícola y del agua; con el objetivo de adaptarnos para mitigar las consecuencias del cambio climático, contribuyendo a establecer una gestión sustentable tanto de los recursos hídricos como de los recursos naturales en general. La mirada integral que ofrece, por ejemplo, la agricultura de precisión, es un marco conceptual adecuado para

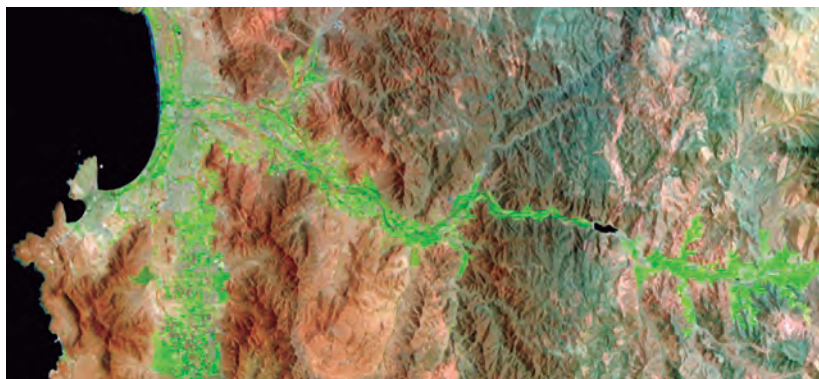


Figura 1. Imagen satelital de La Serena y del valle del río Elqui donde se aprecian claramente las zonas cultivadas (composición RGB, satélite Landsat 8).

generar información detallada del estado de los cultivos, así como para diseñar estrategias de uso racional de los insumos productivos como el agua de riego, los fertilizantes y/o los fitosanitarios.

Desde el año 2014, el Gobierno Regional de Coquimbo, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), ha entregado su apoyo para el desarrollo del proyecto del Centro de Análisis para el Riego y la Agricultura (CAPRA). Este proyecto contempló la implementación de un Laboratorio de Teledetección en INIA Intihuasi, donde hoy se descargan y analizan imágenes registradas por satélites que orbitan la Tierra (FIGURA 1).

Las técnicas de teledetección están basadas en sensores (cámaras) que tienen la capacidad de registrar información biofísica de un elemento sin tener contacto con él. De este modo, el registro de imágenes de la Tierra desde el espacio se conoce como Teledetección Satelital. Estas imágenes son posteriormente procesadas para obtener información con interés agronómico, como puede ser el grado de cobertura de un cultivo sobre el terreno. Los satélites utilizados en estos trabajos son el Landsat 7 (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, NASA) y Sentinel 2A y 2B (Agencia Espacial Europea, ESA), ambos disponibles de manera gratuita (FIGURA 2).

Satélite	Propietario	Cobertura escena	Resolución temporal (días revisita)	Resolución espacial	Resolución espectral
LANDSAT 8	NASA	185 km por 185 km	16 días	30 metros	11 bandas
SENTINEL 2A SENTINEL 2B	ESA	100 km por 100 km	10 días	10 metros	13 bandas



➤ **Figura 2.** Comparación entre imágenes NDVI de un parrón de uva pisquera (centro), registradas con el satélite Landsat (izquierda, pixel de 30 m) y el Sentinel (derecha, pixel 10 m).

Características de las imágenes satelitales

A partir del procesamiento de estas imágenes satelitales es posible obtener el Índice de Vegetación NDVI, que resalta las características de la vegetación de los cultivos. Así, es procesada y puesta a disposición la secuencia temporal de imágenes del índice NDVI, que representa la evolución del desarrollo del cultivo en el terreno analizado.

Hoy, en función de las condiciones ambientales (nubes), es posible contar con una imagen satelital cada semana, lo que permite actualizar la información del desarrollo de los cultivos de manera dinámica. De esta forma, es posible derivar información de interés agronómico como fechas de brotación, inicio y fin del desarrollo vegetativo, vigor del crecimiento (cobertura rápida del suelo), valores máximos de desarrollo (máximo NDVI, máxima cobertura), período estable, inicio de la senescencia y, finalmente, cuando ya se encuentra en el período de receso. Todos estos instantes del ciclo anual de un cultivo pueden ser establecidos y supervisados, a través del análisis temporal de imágenes satelitales y adaptados al manejo agronómico del cultivo con énfasis en el manejo del riego.

Asimismo, la información registrada en cada imagen satelital irá formando parte de un libro de campo digital, que será un relato histórico del desarrollo anual del cultivo en la parcela y que permitirá realizar comparaciones de su desarrollo año con año. Esta historia digital en imágenes puede ser utilizada, por ejemplo, para estimar si un huerto frutal se encuentra en fase de crecimiento, en fase estabilizada (huerto adulto) o en fase de decaimiento (huerto viejo) y, por tanto, tomar decisiones de manejo agronómico, como la eventual renovación de un huerto.

Otro producto con alto valor agronómico de la teledetección es la definición de la variabilidad espacial de los cultivos dentro de las parcelas agrícolas. A partir del análisis de imágenes satelitales es posible identificar sectores de huerto donde el cultivo presenta un desarrollo diferente del resto (mayor o menor desarrollo). Con este diagnóstico es posible analizar agronómicamente los motivos que puedan estar generando estas diferencias (tipo de suelo con diferencia en la capacidad de retención de humedad, enfermedades, nutrición, etc.).

En este sentido es bueno indicar que las tecnologías de supervisión

satelital no reemplazan las visitas al cultivo en terreno, sino que permiten orientar y mejorar la eficiencia de los recorridos en campo. La supervisión tradicional de los cultivos (caminando o en vehículo) siempre tiene el sesgo de la disponibilidad de caminos o del tiempo disponible para realizar recorridos por las parcelas. Las herramientas satelitales para la supervisión rompen con estas limitantes, siendo mucho más eficientes en su capacidad de analizar el territorio que los métodos tradicionales. Además, la información proporcionada por las imágenes satelitales es cuantitativa (numérica) y no depende de las apreciaciones personales del observador. De esta manera, los valores obtenidos en una parcela pueden ser comparados directamente con otra parcela, sin incluir el sesgo del observador.

Manejo del riego con información satelital

El asesoramiento en el manejo del riego a partir de información satelital es un producto medular y con alta operatividad agrícola. Y ya que el seguimiento satelital permite definir el desarrollo de los cultivos, estimar el nivel de cobertura y la cantidad de vegetación desplegada por las plantas en terreno, su relación con la tasa de transpiración es directa. La metodología utilizada para esto es la establecida por FAO en su Manual N°56 (Allen *et al*, 1998) y conocida como Coeficiente de cultivo - Evapotranspiración de referencia (Kc-ET_o). El procedimiento considera que la evapotranspiración del cultivo (ET_c, necesidades de riego) es el producto de dos factores: la demanda evaporativa de la atmósfera (evapotranspiración de referencia, ET_o) y, segundo, un coeficiente de cultivo (Kc). La información de ET_o es registrada en la Red Agroclimática Nacional del Ministerio de Agricultura, pero la determinación del Kc es compleja, por lo que a menudo se utilizan valores propuestos en la literatura, pero no

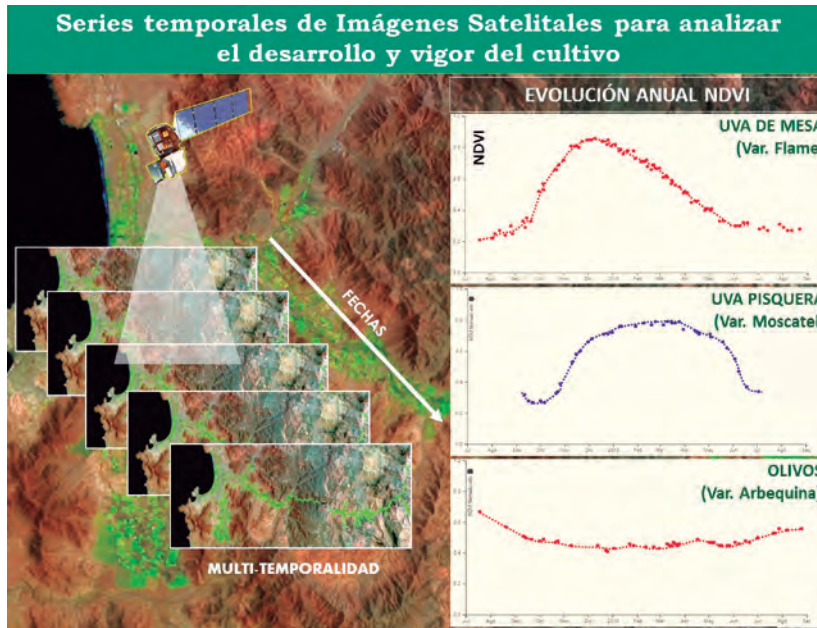


Figura 3. Ejemplo de evolución del índice NDVI en diferentes cultivos. Información agronómica a partir de imágenes satelitales.

Para realizar parte de estos trabajos se han utilizado satélites de la NASA y la Agencia Espacial Europea.

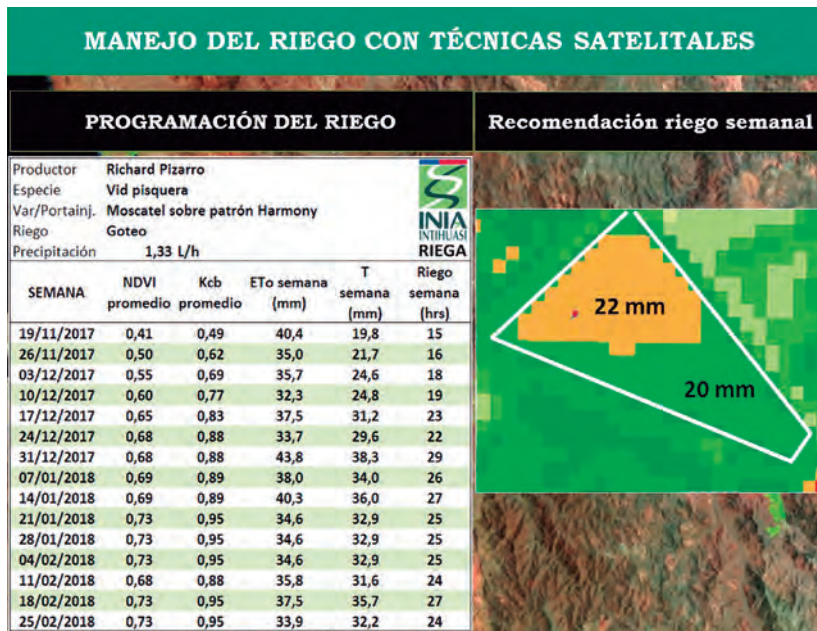


Figura 4. Ejemplo de planilla de programación del riego en uva pisquera, utilizando información satelital y datos de estaciones meteorológicas, para estimar las necesidades y tiempos de riego.

ajustados a la realidad local. Nuestras investigaciones han puesto de manifiesto la relación lineal existente entre NDVI y el coeficiente de cultivo (Kc) (FIGURA 3). De este modo, se puede obtener un Kc realmente ajustado a la situación del cultivo *in situ* a partir de los valores del índice NDVI, siguiendo la siguiente relación:

$$Kcb = 1.44 \times NDVI - 0.1$$

Esta ecuación es una buena aproximación, aplicable para cualquier cultivo/cubierta vegetal, tanto de herbáceos como leñosos, que se integra en el procedimiento de cálculo de las necesidades de riego de FAO N°56 (FIGURA 4).

Cómo funciona

Gracias al financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y el trabajo de especialistas en riego y recursos hídricos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), de la Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) y la Comisión Nacional de Riego (CNR), se está trabajando en una plataforma satelital (disponible en internet en <http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas> - Usuario: FIA - Contraseña: fia), que tiene en esta etapa una cobertura desde la región de Coquimbo hasta la del Biobío. La plataforma PLAS está dotada de capacidades para realizar consultas sobre cualquier cultivo y establecer la dinámica temporal de su desarrollo, a partir del análisis de imágenes satelitales y del índice de vegetación NDVI. Esta información, junto con la demanda ambiental (evapotranspiración de referencia, ET0) registrada en las Redes de Estaciones Meteorológicas (RAN, DGA, DMC), permitirá establecer de manera dinámica las necesidades de riego de los cultivos. TA