



LXIX CONGRESO AGRONÓMICO DE CHILE Y XVI CONGRESO DE LA SOCIEDAD CHILENA DE FRUTICULTURA

AGRICULTURA EN ZONAS CRÍTICAS

LIBRO DE RESÚMENES

Auspician:



ENAP



RESÚMENES CHARLAS MAGISTRALES	19
Plataforma Agrícola para Chile: Uso de información agroclimática y satelital en el monitoreo y la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos en las zonas agrícolas del país.	21
C. Balbontín ¹ , L. Morales ² , G. Selles ¹ , S. Ortega ³ , M. Odi ¹ , C. Riveros ³ , O. Lagos ⁴ , F. Meza ⁵ , P. Gil ⁵ , J. Neira ² , M. Lillo ⁴ , E. Holzapfel ⁴ , X. de la Vega ⁶ , R. Ferreyra ¹ , A. Antúnez ¹ .	
Approaches in vegetable crop breeding to overcome extreme crowing condition	28
Domblides Arthur, Pivovarov Victor.	
Agricultura bajo estrés hídrico: respuestas fisiológicas, mecanismos de detección y opciones de mejora de cultivos.	30
Galmes, Jeroni.	
Nexo Agua-Energía-Alimentos: nuevos desafíos y oportunidades.	31
Rivera, Diego.	
RESÚMENES PRESENTACIONES ORALES POR ORDEN DE PRESENTACIÓN	33
Área Hortofruticultura	
O-HF-1 Zonificación agroclimática de variedades de cerezo en la región de O'Higgins.	34
Castro, Valentina; Olmedo, Wladimir; y Morales, Michelle.	
O-HF-2 Tendencias y variabilidad en las fechas de cosecha de <i>vitis vinifera</i> y su relación con índices bioclimáticos en el valle de Elqui.	34
Verdugo-Vásquez, N., Ibacache, A., Zurita-Silva, A. y Balbontín, C.	
O-HF-3 Avances logrados en el programa de mejoramiento genético de manzanos.	35
Salvadores, Y., Hahn, C, Grau, P.	
O-HF-4 Estimación del flujo de calor latente instantáneo de un huerto de olivos regado por goteo utilizando imágenes termales obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado.	35
Camilo Riveros-Burgos, Samuel Ortega-Farías y Luis Morales-Salinas	
O-HF-5 Determinación de épocas de riego suplementario cultivados bajo restricción hídrica severa en olivos aceiteros de la zona Taltal.	36
Francisco Tapia, y Francisco Meza.	
O-HF-6 Evaluación de la estrategia de poda y enmiendas de suelo en olivos bajo sistema intensivo, como mitigación de la sequía en la región de Coquimbo.	36
Arantza Garay1, Charlotte Hardy, Francisco Alfaro, Nicolás Franck, Oscar Seguel, Claudio Pastenes.	
O-HF-7 Programa computacional para apoyar la toma de decisiones en control biológico de precisión.	37
Luis Devotto, Stanley Best, Carolina Cerda, Rodrigo Quintana y Cristian Balbontín.	
O-HF-8 Introducción del control biológico de plagas en la educación técnica agrícola de nivel medio como una forma de impulsar el uso de los enemigos naturales en Chile.	37
Luis Devotto, Claudio Salas, Cristian Rivas y Víctor Zúñiga.	
O-HF-9 Efecto de extractos de hoja de salvia blanca (<i>Sphacele salviae</i>) sobre el crecimiento in vitro de <i>Monilinia fructicola</i> .	38
Javiera González-Cruz, Massiel Maturana y Christel Oberpaur.	

PLATAFORMA AGRÍCOLA PARA CHILE: USO DE INFORMACIÓN AGROCLIMÁTICA Y SATELITAL EN EL MONITOREO Y LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS EN LAS ZONAS AGRÍCOLAS DEL PAÍS.

C. Balbontín¹, L. Morales², G. Selles¹, S. Ortega³, M. Odi¹, C. Riveros³, O. Lagos⁴, F. Meza⁵, P. Gil⁵, J. Neira², M. Lillo⁴, E. Holzapfel⁴, X. de la Vega⁶, R. Ferreyra¹, A. Antúnez¹.

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA

² Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias

³ Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias

⁴ Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola

⁵ Universidad Católica, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal

⁶ Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo

Introducción

El proyecto **Plataforma Agrícola Satelital de Chile** es un esfuerzo mancomunado de especialistas en climatología, riego y recursos hídricos pertenecientes al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile junto al apoyo del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo y el co-financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Su principal objetivo es desarrollar una herramienta de fácil acceso, que permita determinar los requerimientos hídricos del sector agrícola tanto a nivel predial, como también a nivel de sistemas de distribución o incluso cuencas hidrográficas. El desarrollo de la plataforma se está logrando gracias a los trabajos de dos iniciativas complementarias como son los proyectos “**Plataforma Agrícola Satelital para el seguimiento de la determinación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos del país**” y “**Mapa dinámico a escala diaria de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) para determinar las necesidades de riego en Chile**” a partir de los cuales se generará un sistema de consulta *disponible en internet* para determinar el estado de desarrollo de los cultivos, la estimación precisa de sus necesidades hídricas y por tanto el aumento de la eficiencia de riego.

Satelites y Teledetección Agrícola

La información registrada por satelites y que permite obtener información de objetos sobre la tierra (vegetación en nuestro caso) es conocida como teledetección o remote sensing en inglés. Estas tecnologías permite tener una amplia capacidad de observación del territorio y por tanto supervisar el desarrollo de los cultivos en las diferentes zonas agrícolas de manera rápida, eficiente y económica. En la actualidad, la alta frecuencia de paso de los satelites permite contar con nueva información periódicamente y realizar un monitoreo del desarrollo de los cultivos. Así mismo, la capacidad para identificar objetos en tierra ha experimentado notables mejoras llegando actualmente a rangos entre 10 metros en el caso de los satelites Sentinel (programa Copernicus, Agencia Espacial Europea, ESA) y 30 metros para los satelites del programa Landsat de la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, NASA).

La manera más práctica de utilizar en la agricultura la información registrada por los satélites es a través del cálculo de Índices de Vegetación (IV). Estos permiten extraer información de los cultivos, minimizando los efectos del suelo, del ángulo de iluminación o de la atmósfera. En este sentido, el índice más utilizado mundialmente es el conocido como Índice de Vegetación Normalizado por Diferencias (NDVI), el cual tiene una adecuada correspondencia con los atributos biológicos y físicos de la vegetación. Básicamente, el índice NDVI evalúa el tamaño fotosintético relativo de la cubierta vegetal ya que permite estimar cómo los cultivos absorben la radiación solar fotosintéticamente activa. A partir del procesamiento de las imágenes satelitales y el cálculo del **NDVI** para cada

REVISTA



CAMPO tecnología

I+D+i



Agrotecnología
**TELEMETRÍA Y TELEDETECCIÓN:
HERRAMIENTAS PARA LA AGRICULTURA**

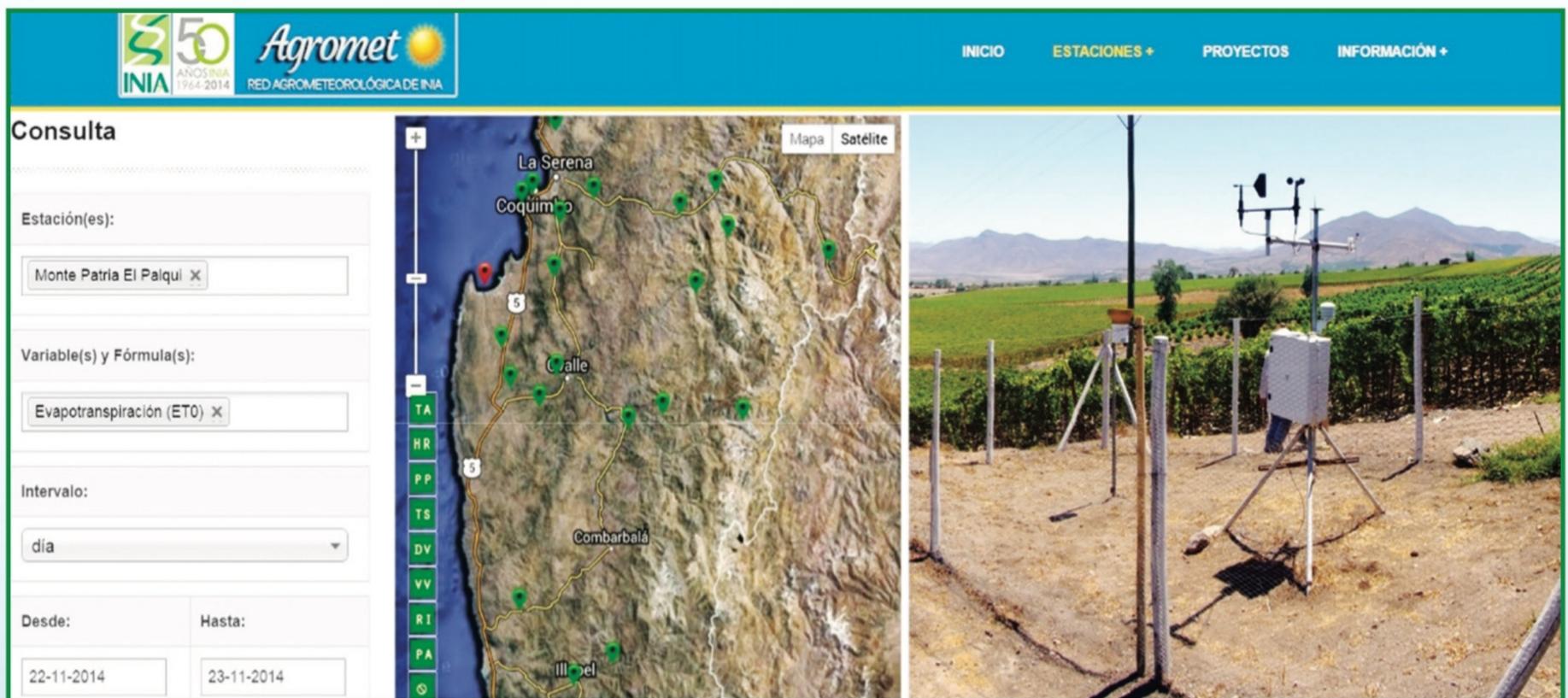


Figura 2. Página web <http://agromet.inia.cl/> para visualización y descarga de datos meteorológicos.

De este modo, ambas informaciones están disponibles en internet y permiten su uso conjunto en la Ecuación (1) para estimar las necesidades de riego de manera operativa. El siguiente paso será entonces ajustar las necesidades de riego definidas con la metodología anterior a las características del suelo donde se desarrolla el cultivo.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y TECNOLOGÍAS PARA EL MONITOREO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE

Al momento de aportar el agua de riego

estimado de acuerdo a lo descrito anteriormente, se deben considerar aspectos relativos a características propias del suelo donde crece el cultivo. Es posible que las necesidades de riego sean estimadas con alta precisión, pero se falle al momento de manejar el riego en cuanto a su duración y/o frecuencia. La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, la profundidad efectiva para el desarrollo de raíces, la presencia de limitantes para el crecimiento de raíces, entre otros, serán los principales factores que determinarán la eficiencia del riego.

La disponibilidad hoy en día de sondas de humedad del suelo (visibles desde internet), son una alternativa de gran utilidad para el control, la supervisión y el monitoreo del riego. Información relativa a la profundidad alcanzada por el riego en un tiempo determinado, el agotamiento de la humedad aprovechable en el tiempo e incluso la verificación de los instantes de riego, son datos que permiten al agricultor tener más información y definir aspectos relativos a los tiempos y frecuencias del riego.



La caracterización de los ciclos de humedecimiento y secado del suelo pueden ser realizados utilizando sensores enterrados a diferentes profundidades, los cuales permiten llevar un control tanto de los instantes de riego, las zonas humedecidas en cada riego, así como del agotamiento del contenido de humedad en el suelo entre los riegos.

De este modo, el establecimiento de umbrales de agotamiento de la humedad del suelo, los cuales estarán en función del tipo de suelo y de la especie con la que se trabaje, permiten establecer frecuencias y tiempos de riego que satisfagan las demandas de riego estimadas con la metodología satelital Kc-ETo descrita anteriormente, humedecer zonas del perfil de suelo donde la densidad de raíces permita el máximo aprovechamiento del agua aportada y maximizar el potencial productivo de los recursos hídricos escasos.

PAQUETE TECNOLÓGICO Y CAPACITACIONES

El paquete tecnológico expuesto corresponde a los trabajos que realiza INIA para implementar estrategias de agricultura de precisión para mejorar la eficiencia hídrica. Basados en un marco conceptual robusto como el planteado por FAO, y el uso de nuevas tecnologías para el monitoreo, es posible realizar un manejo integral del riego. La implementación de estas tecnologías se está realizando hace algunos años ya, en especies como uva de mesa, uva pisquera, nogales, cítricos, paltos, olivos y papayos, entre otros cultivos. Los resultados alcanzados en productividad y ahorro de agua confirman la aptitud del conjunto

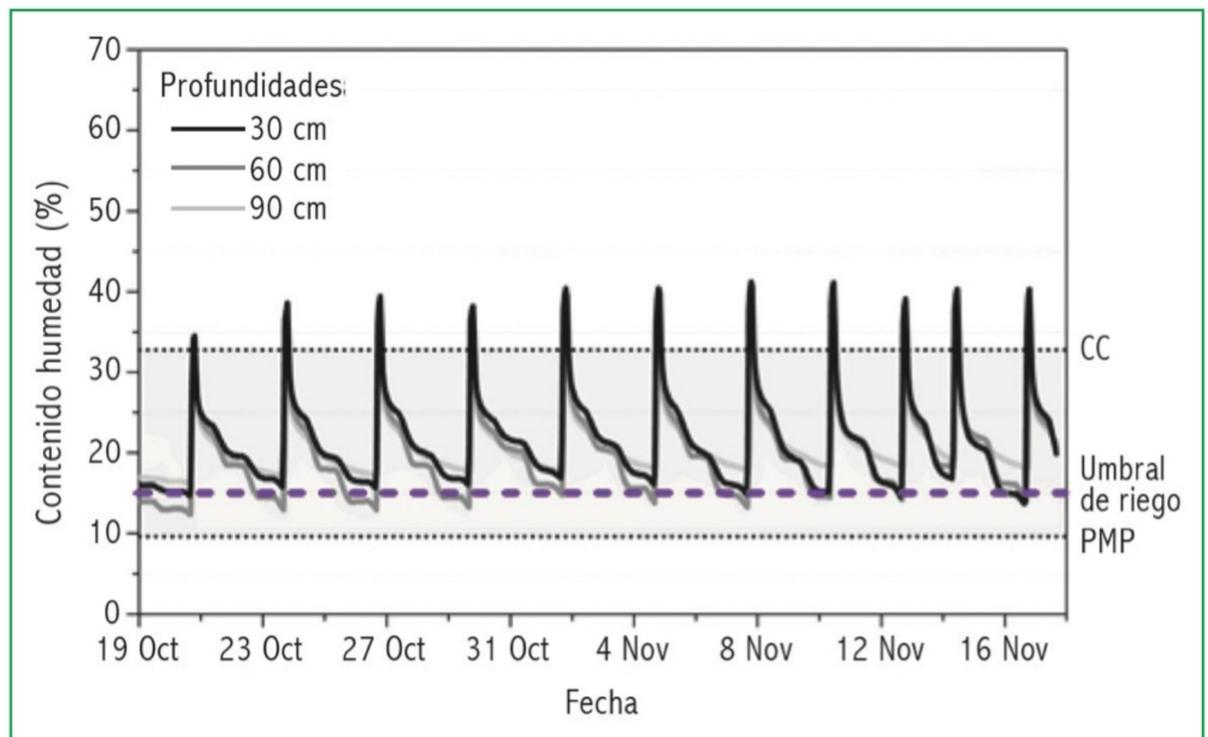


Figura 3. Registro del contenido de humedad en el suelo utilizando sensores de capacitancia.

de tecnologías utilizadas y su simpleza le confieren gran operatividad y capacidad de internalización dentro de los procesos productivos agrícolas.

contactar a claudio.balbontin@inia.cl o al número: +51 2 223290 ext. 2139 si está interesado.

Contacto:



claudio.balbontin@inia.cl

INIA continuamente está capacitando a usuarios para el uso de la plataforma PLAS para la programación del riego. Por favor





COVEPA
La mejor solución

¡PARA UNA MEJOR PRODUCCIÓN DE SUS PAPAS!



**BALANZAS PARA
MAXI SACOS
2 TONS
\$280.000.-**

¡NUEVO MODELO!



**MAXI SACOS
500 Y 1000 KG.
REFORZADOS
Y MAYOR BOCA DE DESCARGA**

**- SACOS 25KG.
(ROJOS, BLANCOS)
- MALLAS 25KG.
(ROJAS, AMARILLO, MORADA,
NARANJA, VERDE)**



CONSULTE EN SU SUCURSAL POR INFORMACIÓN TÉCNICA.

Valdivia - Osorno - Purranque - Frutillar - Llanquihue - Puerto Varas - Puerto Montt - Los Muermos - Calbuco - Ancud - Castro - Quellón - Coyhaique - Punta Arenas

Agricultura Digital o Agricultura 4.0

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA QUE EXPERIMENTA EL SECTOR AGROPECUARIO

La agricultura de precisión, el uso de sensores y drones y la robótica aplicada es el camino ineludible hacia una mayor eficiencia y sustentabilidad de la actual agricultura, la que junto con asumir el desafío de producir una mayor cantidad de alimentos en las próximas décadas, deberá ajustar sus modelos productivos por el cambio constante en las condiciones ambientales. ¿Cuál es la importancia de la tecnología en este escenario?

No es secreto para nadie que la tecnología está transformando todas las actividades del ser humano. Y la agricultura, una de las actividades antrópicas más antiguas de la humanidad, se ha ido adaptando con versatilidad, no sólo como una respuesta evolutiva natural sino también por las necesidades que han surgido a partir del constante escenario de cambio climático que afecta al planeta. Es que la Agricultura se enfrenta hoy más que nunca a un desafío histórico. Según estimaciones de la FAO la demanda por alimentos aumentará en un 70% en las próximas tres décadas, gatillado por el aumento sostenido de los habitantes a nivel global.



Guillermo Rojas F.
Periodista



No obstante, la agricultura se visto enfrentado a grandes retos como el estancamiento del rendimiento y calidad, debido a la disminución de la tierra cultivable provocada por la degradación de suelos, manejos agronómicos deficientes y escasa disponibilidad de agua, entre otros factores propulsados por el cambio climático. Este escenario dificulta la producción de alimentos para una creciente población, que se estima en 9.700 millones para 2050, en condiciones limitantes de recursos naturales.

Así lo plantea Pedro Bustos, Director del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), al señalar que la baja producción de alimentos afecta a todo el planeta, por lo que mantenerse al día con el crecimiento demográfico es un desafío inmenso donde la tecnología juega un rol fundamental para resolver y maximizar las eficiencias del campo, las que también deben considerar que la intensificación productiva sea realizada de forma sustentable.

“Si bien es cierto que en las últimas décadas la innovación ha venido de la mano de las industrias de maquinarias, que cada vez son más grandes y tienen mayor eficiencia, la próxima gran ola de mejoras en la agricultura proviene de la ciencia y la automatización de datos. Por ello, resulta relevante generar proyectos que cubran las áreas de producción de un cultivo, mediante la incorporación y evaluación de herramientas tecnológicas que ya están disponibles en el mercado y que permitan a los productores generar la necesidad de adquirirlas, al demostrarse con resultados reales la eficiencia de éstas, evaluadas por personal capacitado de vasta experiencia en agricultura de precisión, que tenga el despliegue a nivel nacional y cuente con el respaldo de empresas productoras de prestigio nacional e internacional, con certificaciones de calidad y volúmenes de producción”, señala.

Dada la posición de liderazgo que tiene el INIA, esta institución viene ejecutando una estrategia que apunta justamente a dar respuesta a estos requerimientos mediante la definición de Programas



Pedro Bustos, Director Nacional INIA

Tecnológicos Estratégicos, cuyo objetivo es incrementar la tasa de innovación tecnológica en productos y procesos de las empresas en sectores estratégicos, mediante la ejecución articulada de portafolios de proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico con visión de largo plazo, que permitan cerrar las brechas detectadas, mejorar la productividad del sector y contribuir a diversificar y sofisticar el tejido productivo.

“Se trata de un instrumento genérico que puede ser usado para resolver desafíos tecnológicos en cualquier sector agrícola

(hortícola, frutícola y vinícola), su alcance, objetivos, expectativas de resultados e impacto deben ser ajustados en función de los desafíos tecnológicos priorizados por las necesidades de los productores y empresas exportadoras”, señala.

Si bien ya existen varias tecnologías de agricultura de precisión, que van desde estaciones meteorológicas, sensores de humedad, espectrómetros para evaluar calidad, y herramientas de teledetección, las cuales están en el mercado con bajos precios debido a la evolución constante de los avances de la tecnología, el foco – dice Bustos – debe estar puesto en cómo las tecnologías existentes pueden ser aplicadas a la agricultura en el desarrollo de los mercados.

“Dentro de esta línea, el área de Agricultura Digital del INIA enfatiza el uso de información y de tecnologías emergentes, para sintetizar y entregar herramientas de decisión que mejoren la rentabilidad del agricultor usuario. Estas actividades a menudo dependen de la interacción de distintos sistemas: sensores, tecnologías de la información y comunicación (TIC’s), procesamiento de imágenes, análisis y modelos matemáticos estadísticos e ingeniería mecánica. La introducción de tecnologías de precisión involucra costos adicionales; el resultado se expresa en la disminución de los costos de operación, aumento de la eficiencia, mejora de la calidad de los productos y



reducción del impacto medioambiental negativo. Utilizando eficientemente la tecnología de la información se pueden obtener ventajas competitivas, pero es preciso encontrar procedimientos acertados para mantener tales ventajas”, dice.

Cabe destacar que el equipo de Agricultura Digital de INIA mantiene alianzas estratégicas empresariales con Horitifrut, Rosa Sofruco, Beneo Orafiti, Viña Valdívieso y AgriChile, entre otras, promoviendo mejoras de los procesos productivos, a través del uso de tecnologías emergentes en una visión de reducción de la brecha tecnológica, para cumplir con las exigencias internacionales y posicionar a las empresas en un nivel de competitividad igual o superior que los países desarrollados, aumentando el horizonte de competencia de la agricultura chilena.

Si bien esta necesidad ha sido una constante de las últimas décadas, ahora se han agregado otros imperativos como son producir alimentos de mejor calidad y a un bajo impacto en el medio ambiente. Y es ahí donde la Agricultura Digital o 4.0 cobra un valor significativo.



Stanley Best,
líder Programa Agricultura Digital INIA

AGRICULTURA DIGITAL O 4.0

Definida como aquella basada en el uso intensivo de datos, la Agricultura Digital o 4.0 se vale de cualquier tecnología aplicable para recopilar información a través

de sensores localizados en el suelo, plantas, animales, satélites, drones e IA para capturar cualquier dato susceptible de ser analizado y que permitan aumentar y mejorar la eficiencia productiva.

Para el Dr. Stanley Best, ingeniero agrónomo y líder del Programa de Agricultura Digital del INIA, la agricultura ha pasado por diferentes etapas de desarrollo en su historia, desde el uso del arado (Agricultura 1.0), el inicio de la mecanización agrícola (Agricultura 2.0), comienzo de las asesorías agronómicas e inteligencia en el proceso de mecanización (Agricultura 3.0 o de Precisión), hasta la actual agricultura que está asociada al uso de big data para el escalamiento tecnológico productivo e inteligencia artificial (Agricultura 4.0).

“La generación y difusión de la tecnología son los motores del crecimiento económico moderno en la agricultura sustentable. Así, el concepto Agro 4.0, también llamado agricultura inteligente o e-agricultura, deriva de la “cuarta revolución industrial”, originada por el impacto de las tecnologías digitales y el procesamiento de

SQM



5

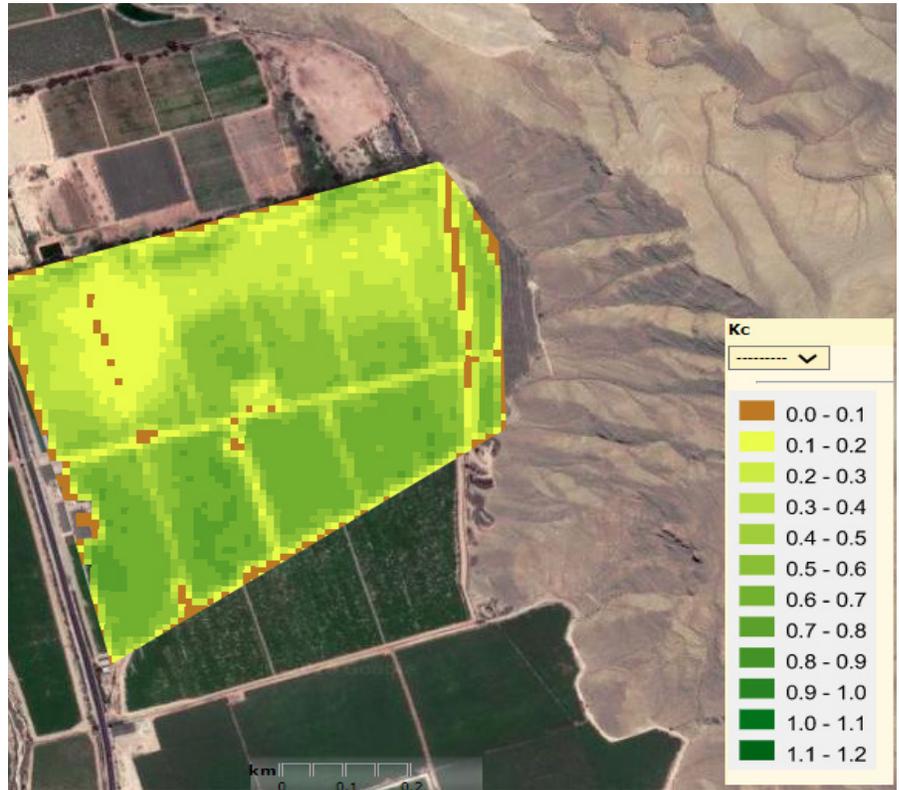




datos, que se caracteriza por la incorporación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA), big data, maquinarias de aprendizaje, sensores IoT (Internet de las cosas) y robótica”, dice el especialista.

Si bien la agricultura de precisión se basa en disponer de sensores y maquinarias que “coexisten” en una explotación agrícola, donde la información generada puede ser centralizada a través de la comunicación digital e internet, y desplegada para que los productores puedan tomar decisiones sobre la base de dicha información, sea en tiempo real o diferido, Best aclara que esta promesa de la agricultura de precisión no se empezó a cumplir como se esperaba.

“Hace una década comenzó a surgir una visión más acotada sobre generar analítica avanzada y con mayor cantidad de información, que permitiera mejores estándares para dirigir a productores y asesores”, dice Best, lo que obedece a una brecha de conocimiento entre los productores y asesores agrícolas, que al no tener una información integrada y bajo una experiencia de usuario digerida, la utiliza poco o no ve el aporte que podría suscitar respecto de lo que estaba realizando.



“Esto incluye avances importantes en electrónica y sensores, a costos cada vez más bajos, que implican cada día una mayor penetración y transformación digital agrícola, así como reducir la brecha de conocimiento necesario para su uso, habilitando a más usuarios potenciales en el sector agrícola”, destaca.

Respecto al aporte de esta mirada hacia el desarrollo de una agricultura más sustentable, Best señala que un pilar fundamental para entender el comportamiento del cultivo a nivel macro y micro es la variabilidad espacial.

“Esto permite cuantificar la interacción con el medio ambiente, por medio del monito-



reo del cultivo que se da por el uso de información climática y de sensores asociados que cuantifican los problemas pre-diales, en forma oportuna y en un formato coordinado entre la data y la expresión visual para el usuario, con índices claros de qué hacer y cuándo hacerlo; lo que relacionado con la actividad fotosintética del cultivo (fábrica productiva) generará un ecosistema con interacciones sobre las condiciones variables de suelo, hídricas y climáticas, que se llevan en forma eficiente y efectiva en condiciones óptimas”, señala.

Así, este punto será clave para ir resolviendo los problemas de rendimiento y calidad de producción, aumentando la competitividad y sustentabilidad del predio.

Por tanto, la introducción de tecnologías de precisión y sus herramientas, como el uso de sensores y drones, en las actividades normales de la agricultura, involucrará una disminución de costos de operación, aumento de la eficiencia de



Claudio Balbontin, Director Proyecto PLAS

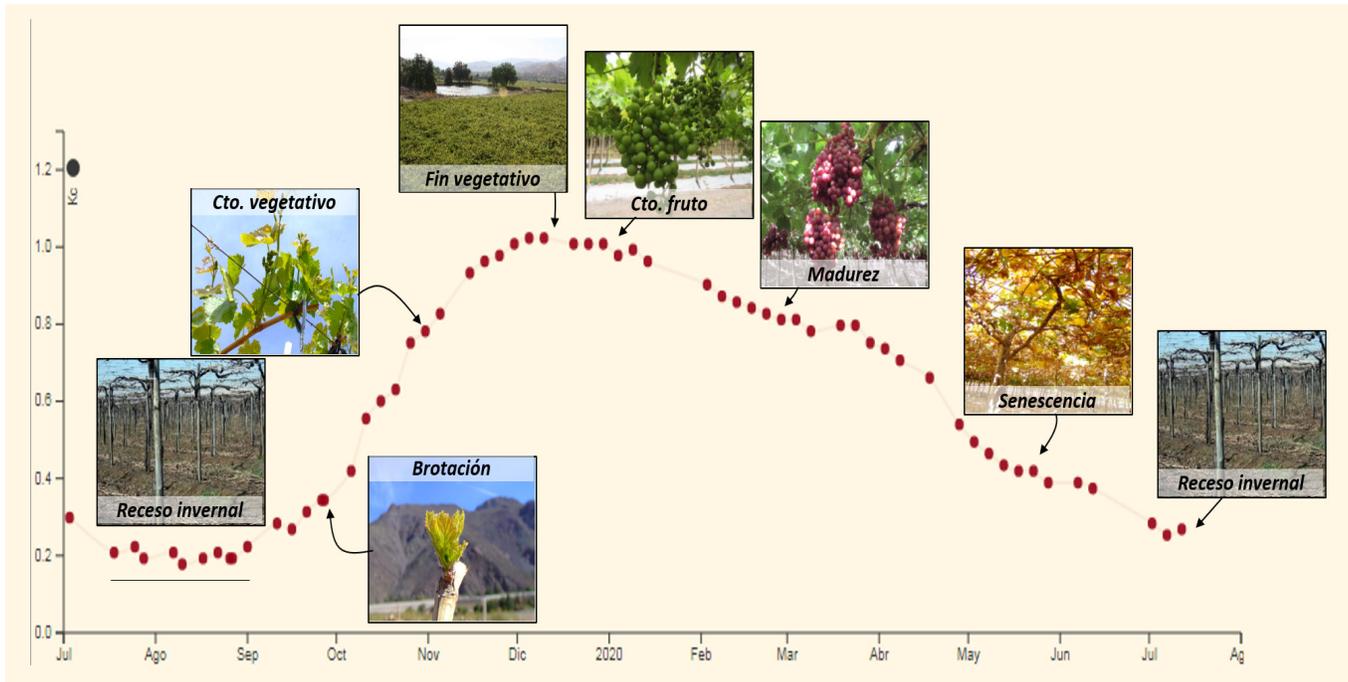
las acciones de manejo (oportunidad y efectividad de acciones) y que, por ende, repercutirán en mejoras en la calidad y cantidad de los productos y reducción del impacto medioambiental negativo.

“Con un uso eficiente de la tecnología de la información se pueden obtener ventajas competitivas, pero es preciso encontrar procedimientos acertados, para mantener tales ventajas bajo un nivel mínimo de capacidades humanas necesarias para llevarlos a cabo”, advierte.

Ejemplos concretos donde han penetrado estas tecnologías son las nuevas plantaciones donde se están mapeando suelos con equipos electromagnéticos o eléctricos. Estos permiten definir, por ejemplo, la variabilidad de suelo a través de información satelital, logrando un plano utilizado para el diseño de riego (agua y fertilidad por fertirriego), que evita posteriores problemas de heterogeneidad.

El uso de imágenes satelitales y drones es otra herramienta que se está empleando, los que permiten evaluar la variabilidad espacial de cultivos y realizar diferentes tipos de monitoreo como fertilidad, riego (uso de sensores de humedad de suelo), plagas y enfermedades, los que permiten efectuar acciones más ajustadas.

UPL



También están penetrando las plataformas digitales para uso de la gestión de campo (cuadernos de campo), control de gestión de cosechas (manejo de cosecha y pagos), sensores de control de calidad en packing, etc.

IMÁGENES SATELITALES

Para el Dr. Claudio Balbontin, ingeniero agrónomo e investigador de INIA Intihuasi, es indudable que el uso de imágenes satelitales (teledetección o remote sensing) está contribuyendo a un manejo más eficiente de la agricultura, demostrando la aptitud de los índices de vegetación satelitales (IV) para evaluar el desarrollo de los cultivos.

“El fundamento es la capacidad de los IV para estimar la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (fPAR), el índice de área foliar, parámetros promotores de la producción de biomasa y del proceso de transpiración en las plantas. Las series temporales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI permiten caracterizar de forma cuantitativa el nivel de desarrollo de los cultivos en el tiempo e identificar instantes con importancia agronómica, como son el crecimiento vegetativo acelerado, los valores máximos de desarrollo, la variabilidad espacial en el terreno, así como modelar la tasa de transpiración o la producción de biomasa”, dice.

Y agrega “las transformaciones lineales y no lineales del NDVI al parámetro coeficiente de cultivo basal (Kcb) permiten su operatividad en el manejo eficiente y operativo del riego. La capacidad de las imágenes satelitales para identificar variaciones del vigor del cultivo dentro de las parcelas permite implementar marcos conceptuales de agricultura de precisión y manejos sectorizados de los cultivos, aumentando la eficiencia de los aportes de insumos productivos como el riego, la fertilización o sanidad”.

En este contexto, el proyecto Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) y del cual Balbontin es su director, es un sistema abierto de consulta on line, que permite el monitoreo del desarrollo de los cultivos en cualquier lugar entre Atacama y Temuco, sitios que concentran el 90 % de la superficie agrícola del país.

Según explica, en esta plataforma cualquier productor puede consultar información útil para el manejo agronómico de sus cultivos. “La información proporcionada en la Plataforma es cuantitativa (numérica) y, por tanto, no depende de las apreciaciones del observador. De este modo, los valores obtenidos en una parcela pueden ser comparados directamente con otros sitios dentro de la parcela o con otras explotaciones, sin incluir el sesgo del observador. Este tipo de análisis, con alto

nivel de detalle y frecuencia, es imposible de realizar con visitas terrestres debido a las dimensiones, ubicación, relieve de los campos o el tiempo que representa una visita exhaustiva. La disponibilidad de la información en internet permite a los usuarios acceder a ella desde cualquier lugar, de manera simple, rápida y operativa”, destaca.

Cabe precisar que este proyecto, cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), integra además de investigadores del INIA a profesionales de la Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile, quienes han podido ejecutar dos trabajos: “Plataforma Agrícola Satelital para la definición de los requerimientos hídricos de los cultivos” y “Mapa dinámico a escala diaria de la Evapotranspiración de Referencia (ETO) para determinar las necesidades de riego en Chile”.

Las tecnologías se están utilizando cada día más en la agricultura; y aunque aún no es a gran escala, todos los eslabones de la cadena y el sector público deben empujar aún más esta tendencia, mediante la creación de ecosistemas de cooperación público-privadas que permitan acelerar su penetración y creación de recursos humanos capacitados.



Paquete tecnológico para el riego eficiente IMÁGENES DE SATÉLITES, ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO



► **Claudio Balbontín N.**
Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Dr.
INIA Intihuasi

C

ada día la disponibilidad hídrica para el riego de los cultivos recibe nuevas amenazas debido a los bajos montos anuales de las precipitaciones o a los efectos del cambio climático que prevé una disminución de las reservas nivales en la cordillera de Los Andes. Asimismo, la competencia por el uso del agua con otros usuarios como la población y sus necesidades de bebida, el medio ambiente, la minería y la industria configuran un escenario de escasez hídrica cuyos síntomas ya se visualizan en algunos sitios del país.

Además, los patrones de cambio de temperatura obligan al aporte de riego (complementario aún) en zonas tradicionales de secano y/o la incorporación de nuevas zonas de riego debido a la expansión de la frontera agrícola. Sumado a esto, el crecimiento de la población mundial proyecta una mayor necesidad de alimentos, lo que representa un gran desafío para la industria hortofrutícola nacional.

Este panorama contrasta con la baja eficiencia en el uso del agua que se observa, en general, en las actividades agrícolas del país, la cual se estima en un 40%, aproximadamente. En este sentido, se aprecia una falta de aplicación de marcos concep-



COQUIMBO

3 satélites
1 vez semana

Coquimbo

Valparaíso

Región Metropolitana

O'Higgins

Maule

BÍO BÍO

Bio-Bio

Plataforma Agrícola Satelital de Chile

Riego (Eficiencia hídrica)

Agricultura precisión

Productividad

Monitoreo agrícola

<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>

tuales para la definición de las necesidades de riego de los cultivos y la obsoleta o inexistente matriz tecnológica para el manejo eficiente del riego. Es muy común en los campos agrícolas que frente a la pregunta ¿Qué marco conceptual o herramientas tecnológicas utiliza para definir las necesidades de riego del cultivo?, la respuesta sea “ninguno”. De este modo, las labores asociadas tradicionalmente al riego se realizan solo con el conocimiento empírico del agricultor o encargado, aprendido con el paso del tiempo en el sitio. Si bien es cierto este conocimiento es muy valioso, no permite aumentar la eficiencia cuando se piensa en miles de explotaciones agrícolas dispersas por el país, con gran diversidad de situaciones y condiciones ambientales propias.

Adicionalmente, y frente a los desafíos que representa la producción agrícola limpia (con bajo impacto en el ambiente), la necesidad de mejorar la eficiencia hídrica cobra aún más importancia debido a la conocida asociación que existe entre el riego y factores adversos como son el lavado de nutrientes (lixiviación), la contaminación con fertilizantes o herbicidas del suelo y cuerpos de agua (subterráneos y superficiales) o procesos erosivos del suelo.

Ante estos escenarios de la agricultura es necesario establecer un marco conceptual robusto para la definición de las necesidades de riego de los cultivos y buscar las herramientas tecnológicas que permitan aplicarlo de manera operativa. Sin bien el marco teórico ha estado disponible desde hace muchos años, su aplicación de manera masiva no ha sido posible por diversas razones. Hoy en día, el nivel de conocimientos y el gran desarrollo tecnológico orientado al manejo del riego, ofrecen una excelente oportunidad para enfrentar los desafíos y establecer una agricultura moderna en un entorno cambiante.

CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

El manejo del riego en condiciones de escasez hídrica exige un análisis cuidadoso de los tres principales factores que definen las necesidades de riego de un cultivo, estos son: el grado de desarrollo del cultivo

al momento de estimar el riego, las condiciones meteorológicas del sitio donde se desarrolla y las características del suelo donde crece.

En el año 2006, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) planteó la metodología conocida como “Coeficiente de Cultivo (Kc)-Evapotranspiración de Referencia (ET_o)” para estimar las necesidades de riego de los cultivos. Esta propuesta relaciona tanto las condiciones de la demanda ambiental del sitio con el nivel de desarrollo del cultivo, es decir la capacidad para evapotranspirar. Dichos parámetros se relacionan de acuerdo a la siguiente ecuación (1):

$$ET_c = K_c * ET_o$$

donde, ET_c es la evapotranspiración del cultivo, es decir el agua que debe ser aportada al cultivo para reponer su consumo hídrico; el K_c que es el coeficiente de cultivo; y la ET_o que corresponde a la evapotranspiración de referencia o demanda ambiental, la cual es estimada a partir de datos meteorológicos obtenidos en la localidad.

La innovación tecnológica en este punto es la capacidad que tenemos hoy de estimar el Coeficiente de Cultivo a partir de imágenes satelitales. A partir de trabajos de investigación realizados en el mundo se ha logrado establecer una relación lineal entre el K_c y el índice de vegetación NDVI registrado desde los satélites que orbitan nuestro planeta. De este modo es posible describir e identificar el nivel de desarrollo de los cultivos en cualquier lugar del país.

Esta información está disponible en la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) (<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>) y puede ser consultada para cualquier sitio que se encuentre entre las regiones de Coquimbo y el Biobío.

Por otro lado, y para integrar el componente de la demanda ambiental indicada en la Ecuación (1), el Ministerio de Agricultura cuenta con una Red Agrometeorológica Nacional (RAN) distribuida a lo largo de Chile (<http://agromet.inia.cl/>) en donde es posible consultar los valores de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y establecer diariamente la demanda ambiental de la localidad.

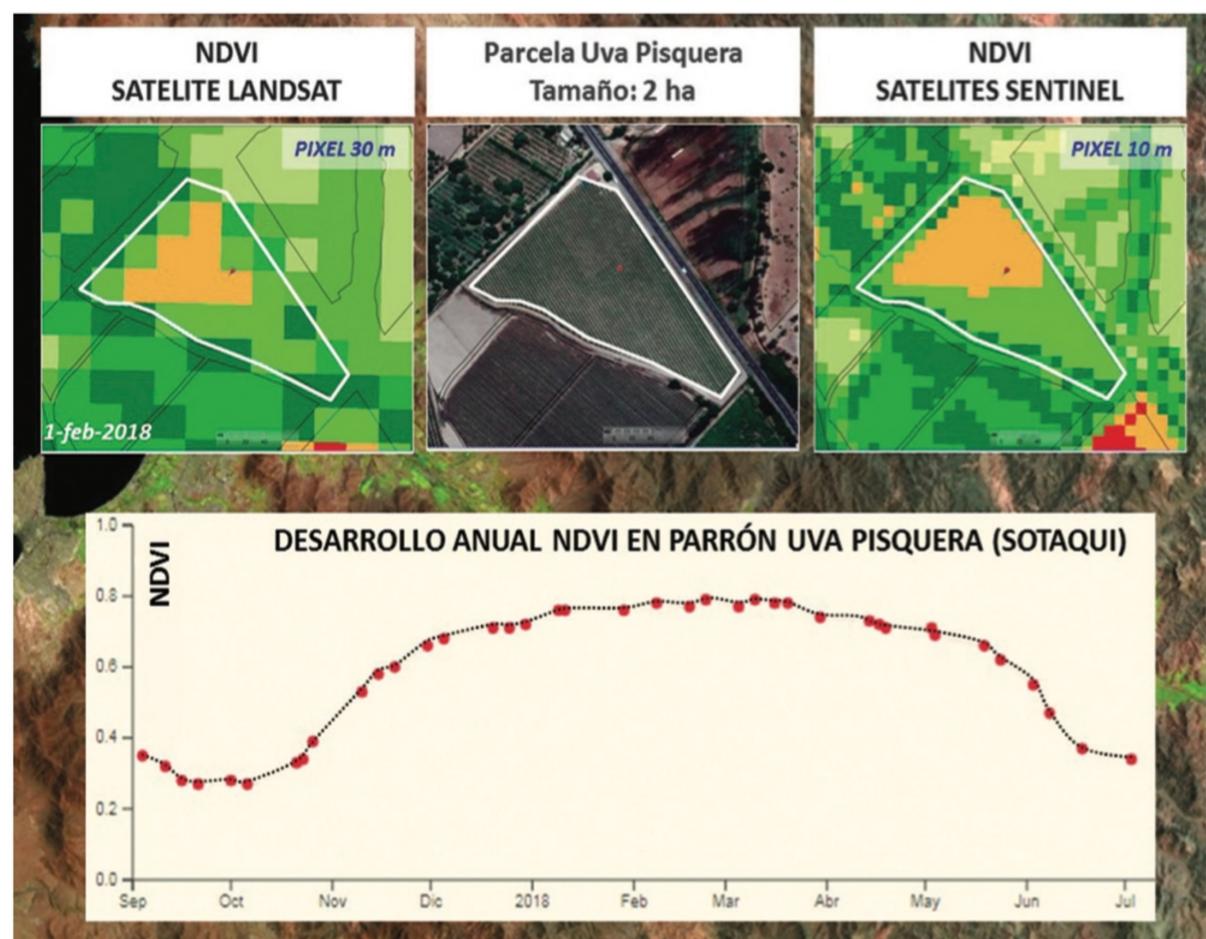


Figura 1. Satélites disponibles y curva de desarrollo de un parrón pisquero de uva pisquera ubicado en la zona de Sotaquí (Coquimbo).



PARA CULTIVOS DE COQUIMBO Y OTRAS SEIS REGIONES

Imágenes satelitales permitirán estimar la demanda hídrica

LandSat8; Sentinel 2a y Sentinel 2b reproducirán la superficie cada cinco días con una precisión desde las 0,5 hectáreas. El material se podrá descargar en una aplicación móvil gratuita.

La Serena

Cada 5 días, tres satélites recorrerán un extenso trozo de Chile, comprendido entre las regiones de Coquimbo y el BíoBío, buscando determinar la demanda hídrica de los cultivos.

La información se proporcionará a través de imágenes, donde cada píxel entregará datos de la evotranspiración,

índice de vegetación, temperatura de la superficie, con una precisión a partir de las 0,5 hectáreas.

Entre los cultivos bajo la lupa de LandSat8; Sentinel 2a y Sentinel 2b están los frutales uva de mesa, manzanos, cerezos, paltos, olivos, cítricos entre otros, para las temporadas agrícolas entre el 2018 y 2020.

"Esta es una herramienta que tiene varias virtudes: hacer control del recurso hídrico y

“

Esta es una herramienta que tiene varias virtudes: hacer control del recurso hídrico y determinar cuál es la demanda que tienen los cultivos en el territorio, todo esto de forma remota”

Edgardo Díaz

director de INIA Intihuasi.



FOTOS: CI

La información será empaquetada en un sistema Web que permitirá a técnicos, agricultores y regantes acceder a los datos y contar con una aproximación de los recursos hídricos que deben irrigar, todo desde la comodidad de un smartphone.

determinar cuál es la demanda que tienen los cultivos en el territorio, todo esto de forma remota. Así podemos monitorear el ciclo de vida del cultivo buscando hacer más eficiente el uso agua y por consiguiente más sustentable la producción agrícola”, dice el director de INIA Intihuasi, Edgardo Díaz.

La información será empaquetada en un sistema Web (Mapserver) que permitirá a técnicos, agricultores y regantes acceder a los datos -consulta y descarga- y contar con una aproximación de los recursos

hídricos que deben irrigar, todo desde la comodidad de un Smartphone. “Este tipo de análisis es inédito. Hay otros grupos que trabajan con información satelital, pero no lo logran en una plataforma para la agricultura”, agrega Dr Claudio Balbontín, ingeniero Agrónomo de INIA Intihuasi y director del proyecto.

La iniciativa se logró con un trabajo interinstitucional con especialistas en agro climatología, riego y recursos hídricos, pertenecientes al Instituto de Investigaciones Agropecuarias

(INIA), Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile, junto al apoyo del Consejo Nacional de Innovación para la Desarrollo (CNID) y el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

“Pretendemos acercar la tecnología a los agricultores para que la puedan incorporar y mejorar en rendimiento y productividad”, sentencia el seremi de Agricultura, Rodrigo Ordenes.

basicos sobre la combinacion de calor, indice de vegetacion, temperatura de la superficie y mascara de nubes y sombras, con el fin de facilitar la toma de decisiones y planificacion hidrica para los diferentes agentes participantes del agro (empresas, regantes, gremios, agricultores, autoridades u otras organizaciones publicas y privadas).

Basicamente, lo que se busca es que los agricultores tengan mayores certezas en la produccion en sus cultivos, menores costos en horas de riego y bombeo, y mayores capacidades instaladas. Yes que dicho proyecto se enmarca en un contexto de cambio climatico, donde el agua, importante recurso para la agricultura y la bebida, escasea.

FUNCIONAMIENTO

Claudio Balbontin, ingeniero agronomo de INIA y creador del proyecto, sostuvo que si bien, el lanzamiento oficial se hizo esta semana, la plataforma ya esta en operaciones desde principios de año.

"Con esta plataforma ya estamos regando y haciendo asesoramiento de riego a agricultores. Es decir la plataforma, nos permite ver el indice de vegetacion que nosotros, a traves de la investigacion que hemos hecho, lo transformamos a un valor que se denomina 'coeficiente de cultivo', que tiene que ver con el desarrollo de las plantas. Entonces a partir de ese desarrollo y la demanda ambiental, podemos definir cuanto esta transpirando esa planta, por tanto, cuanto tenemos que

LA PLATAFORMA SATELITAL DE CHILE, proyecto elaborado por varias instituciones en conjunto, podra estimar la evotranspiracion de los cultivos y, por tanto, las necesidades de riego de los cultivos. CEDIA



UN EJEMPLO DE IMÁGENES SATELITALES recolectadas por la Plataforma Satelital de Chile, en este caso, del valle del Elqui y la zona de Coquimbo-La Serena. CEDIA



Con esta plataforma ya estamos regando y haciendo asesoramiento de riego a agricultores"

CLAUDIO BALBONTÍN
Ingeniero agronomo e investigador INIA

ponerle como riego" explicó.

Actualmente agrega, la plataforma ya están aportando con su informacion a varias parcelas de la region, con cultivos de uvas de mesa, uva pisquera, nogales o paltos. "Próximamente, vamos a comenzar a regar cítricos, y

Se trata de la denominada Plataforma Satelital de Chile, proyecto elaborado por varias instituciones en conjunto, a través de la cual se podrá estimar la evotranspiración de los cultivos y, por tanto, las necesidades de riego, además de ayudar en la toma de decisiones y planificación de los actores del agro.

por ahí tenemos más gente interesada en cerezos y otros usuarios" indicó.

Sobre la recolección de imágenes satélites, Balbontin explica que se creará una infraestructura de datos que contendrá una serie de imágenes provenientes de los satélites LandSat, Sentinel 2A y Sentinel 2B para las temporadas agrícolas entre el 2018 y 2020. Los satélites emitirán informacion cada 10 días

y la precisión de las imágenes abarca a predios superiores a 0,5 hectáreas.

Dicha informacion será subida a un sistema web (Mapserver) que permite a los tomadores de decisiones acceder a los datos (consulta y descarga) y una aproximación de los recursos hídricos.

Además, ya está disponible una aplicación denominada AgriSat que se puede descargar,

y con la cual "se puede caminar por campo, ya que tenemos el GPS en el celular, viendo la informacion in situ" añadió el especialista de INIA.

PROYECTO INÉDITO

Para su creador, la Plataforma Satelital de Chile es una herramienta inédita en su tipo, en especial, en relación a la forma de análisis y la manera en que se entrega la informacion a los agricultores. Por tanto, la vision a futuro, es extender sus servicios.

De hecho, este proyecto se enmarca en un Plan Nacional que puede dar paso a la creacion de nuevas tecnologías y profundizar conceptos: satélites para la agricultura, por ejemplo, o agricultura de precisión, tele-detección operativa y eficiencia hídrica.

Edgardo Díaz, director regional de INIA, destacó que la plataforma es una herramienta que tiene varias virtudes. "Una de

VEN

SEMILLA
VARIEDAD

TELÉFONO 97



VER ESTA Y OTRAS NOTAS EN
www.elmercurio.com/campo o en el QR

PLATAFORMA DETERMINA LAS NECESIDADES DE RIEGO EN TIEMPO REAL

La nueva herramienta, desarrollada por la Fundación para la Innovación Agrícola, será capaz de calcular las necesidades hídricas de más de 8 millones de hectáreas entre las regiones de Coquimbo y Biobío, abarcando casi 180 mil predios agrícolas.

ROLANDO ARAOS MILLAR

Lograr determinar las necesidades hídricas de cualquier cultivo ubicado entre las regiones de Coquimbo y el Biobío es lo que hace la nueva Plataforma Agrícola Satelital o PLAS, como se denomina a la nueva herramienta *online* desarrollada por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, y a la que se puede acceder a través de los sitios de la Universidad de Talca y del Inia.

Este sistema web cubre una superficie superior a ocho millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente 176.266 predios agrícolas de todo tipo, sea regada, de secano, natural o forestada.

“La solución propuesta en este proyecto consiste en la entrega de información, tanto para definir el nivel de desarrollo de los cultivos (y

por tanto, su capacidad para transpirar) como de la demanda del ambiente en el sitio donde se desarrollan”, explica Claudio Balbontín, director del proyecto PLAS e investigador del Inia, entidad que lidera este sistema.

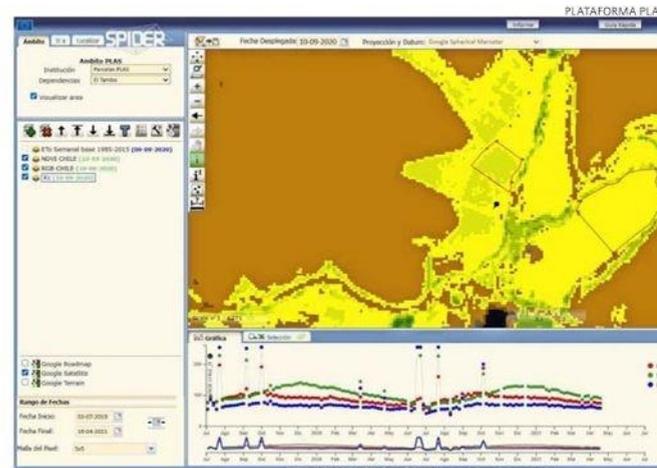
Balbontín explica que contar con ambas informaciones —el nivel de desarrollo y la demanda del ambiente— con un alto nivel de detalle en el tiempo y el espacio, permite estandarizar el cálculo de las necesidades de riego.

“Hoy en día y gracias a estos proyectos es posible definir de manera precisa cuánto y cuándo regar. Esta iniciativa es la primera fuente de información abierta de agricultura de precisión para la comunidad de Chile”, añade Balbontín.

Para aprender a controlar la plataforma y obtener acceso a la misma, es necesario inscribirse, de forma gratuita, en los talleres que está realizando el Inia. Para ello, debe enviar un *e-mail* a Claudio Balbontín.

La iniciativa es el resultado de una colaboración entre la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Talca y la Universidad de Concepción junto a la FIA y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia).

“Para FIA, en el marco de la agricultura 4.0, la digitalización de la agricultura y la incorporación de tecnologías emergentes son relevantes para el sector productivo, ya que podrían modificar la manera en



La información se ve como en este mapa. El acceso y la capacitación para utilizarlo es gratuita.

como se cultivan, producen y distribuyen los alimentos y, por lo tanto, las interacciones entre los diferentes agentes dentro de las cadenas agroalimentarias. Más aún cuando la FAO ya señaló que al año 2050 aumentará la población, pero teniendo menos recursos naturales disponibles”, dice el director ejecutivo de FIA, Álvaro Eyzaguirre.

En este sentido, la plataforma obtiene la información que necesita a través de un servidor de mapas en línea (similar a Google Maps), donde

se alojarán diversos datos como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Tal índice será utilizado por la plataforma para calcular el Coeficiente de Cultivo (Kcb) y la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET₀).

“Ambos datos ayudan a determinar cuánta agua perdió la planta en un momento determinado, lo que será muy útil para saber, con ayuda de un asesor, cuándo y cuánto regar”, sostiene Balbontín.

Venta de Línea Cerezas Unitec

12 vías y 28 salidas,
Vison 2.0

Interesados contactar al celular
+56997423009

**BASCULAS
PARA CAMIONES
DIGITALES**

Fabricada en
EUROPA, CELDAS DIGITALES
Capacidad: 70.000 Kilos

\$21.990.000 NETO
Incluye obras civiles, instalación sobre nivel
Certificación INN

974471950

pm7.cl ventas@pm7.cl

PM2
AUTOMATISMO - ROBOTICA - PESAJE

Civil Agro S.A.

INGENIERIA Y SISTEMAS DE RIEGO

DESDE 1992
REGANDO TODO CHILE

- EQUIPOS DE RIEGO
- SISTEMAS PARA CONTROL DE HELADAS
- IMPULSIONES Y ADUCCIONES EN HDPE Y PVC
- FERTIRRIGACION
- PIVOTES Y AVANCES

Reinke
IRRIGATION SYSTEMS

SANTIAGO / FONO: +56-2274 00727
CURICO / FONO: +56-7523 83841(44)
LOS ANGELES / FONO: +56 9 90991541
OSORNO / FONO: +56 9 98269309

Partner Agrdy www.civilagro.cl

N° ISSN 2735-6051: versión impresa
N° ISSN 2735-6124: versión en línea

REVISTA DE CITRICULTURA

EUREKA!

Volumen: 1, Número: 1

DICIEMBRE 2020

Contacto: citricos@asoex.cl, fono: +56 224724783.



Comité de
**Citricos
Chile**

10 años

ASOEX
ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE A.G.
"Juntos, nuestra fruta vale más"

85
1935 - 2020

Estrategias de riego en mandarinas: uso de coeficientes de cultivo satelitales para la eficiencia hídrica

Claudio Balbontín N.*, Angélica Salvatierra G.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Colina San Joaquín s/n, La Serena.

*Correspondencia: claudio.balbontín@inia.cl

INTRODUCCIÓN

La duración y frecuencia de los períodos con bajas precipitaciones se está acrecentando a lo largo del país debido a los efectos del cambio climático. En la Cordillera de los Andes, las reservas de agua están disminuyendo por cambios en la isoterma cero. Estas condiciones dan lugar a limitantes en el acceso al riego y el desarrollo de déficit hídrico en los cultivos en algunas localidades del país.

En este contexto, el manejo del riego en cítricos presenta altos niveles de incertidumbre frente a escenarios de restricción hídrica. Sin embargo, hoy en día es posible constatar que en el manejo rutinario del riego no existe uniformidad en los criterios para la definición de las necesidades de riego del cultivo. Entre las falencias que se observan, se puede indicar la falta de metodologías estandarizadas para la definición de las necesidades de riego del cultivo, el no uso de información meteorológica para definir la demanda ambiental, la falta de tecnologías para el monitoreo de la disponibilidad hídrica en el suelo o del estado hídrico del cultivo, el no uso de coeficientes de cultivo locales, por mencionar las principales. De este modo, muchos usuarios definen los volúmenes, tiempos y frecuencias del riego de manera intuitiva o con base en su propia experiencia, lo cual conlleva altos niveles de incertidumbres y en algunos casos a baja eficiencia en el uso del agua. El objetivo de esta publicación es analizar el uso de un marco conceptual estandarizado, el cual junto a desarrollos tecnológicos recientes permiten estimar y monitorear el consumo hídrico de los cultivos, operativizar el manejo rutinario del riego y finalmente aumentar la eficiencia del uso del agua en los cultivos.

MONITOREO DE CULTIVOS Y DETERMINACIÓN DEL RIEGO

Índice de vegetación NDVI y coeficiente de cultivo satelital

Los avances científicos en teledetección (remote sensing en inglés), han demostrado la aptitud de los índices de vegetación satelitales (IV) para evaluar el desarrollo de la vegetación, su vigor, estimar la evapotranspiración (ETc) y finalmente las necesidades de riego. El

fundamento de estas aptitudes se basa en la capacidad de los IV para estimar, la fracción de cobertura del cultivo, la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (fPAR), el índice de área foliar, todos parámetros impulsores de la producción de biomasa y del proceso de transpiración en las plantas.

Hoy es posible utilizar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), obtenido a partir de series

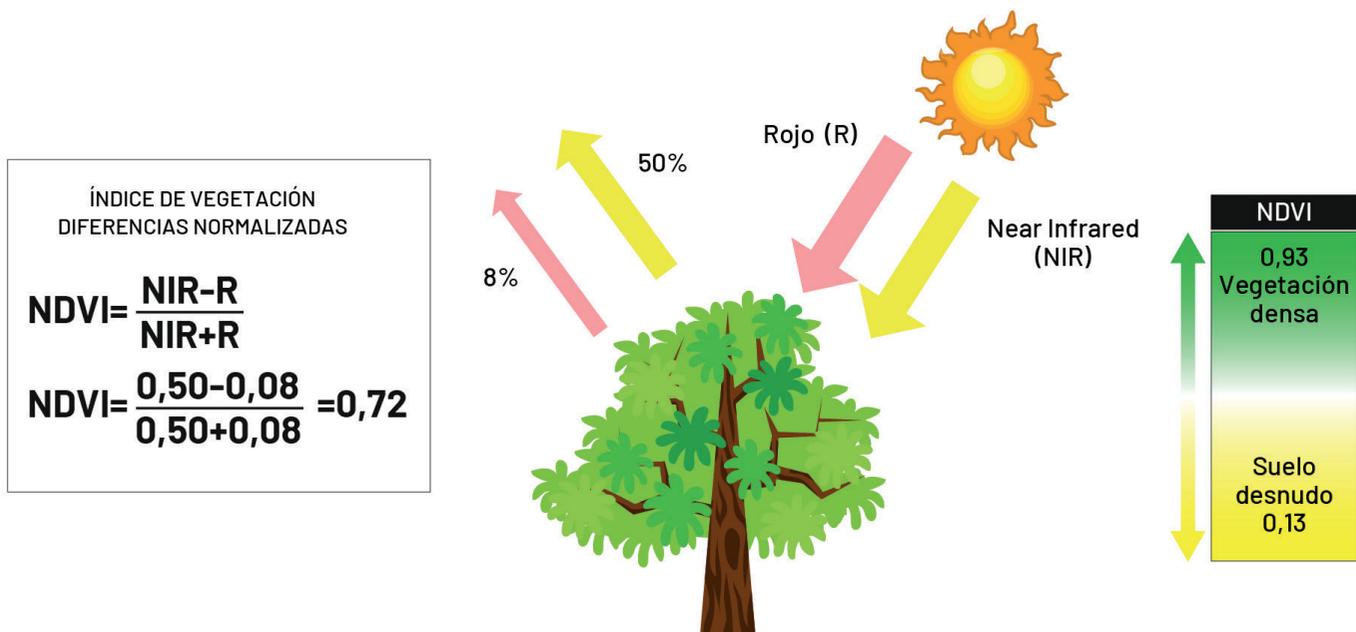


Figura 1. Representación esquemática de las longitudes de onda involucradas en el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI y ejemplo numérico de cálculo.

temporales de imágenes satelitales, para caracterizar el desarrollo anual de un cultivo. Este índice de vegetación permite estimar la absorción o reflectividad de la radiación solar por parte del cultivo, eliminando la respuesta de otros elementos en el terreno (Figura 1). De esta forma, las series temporales de imágenes NDVI permiten caracterizar de forma cuantitativa el nivel de desarrollo del cultivo durante la temporada, e identificar instantes de crecimiento vegetativo, instantes sin crecimiento vegetativo, valores máximos, variabilidad espacial, entre otras cosas (Figura 2).

Debido a la capacidad de los IV para estimar el nivel de desarrollo de las plantas, se han realizado numerosos estudios para establecer el potencial transpirativo del cultivo a partir de los valores del NDVI. La transformación lineal o no lineal del NDVI a un parámetro del riego como es el coeficiente de cultivo basal (Kcb), ha sido

descrita para variados cultivos (Campos et al., 2010; Bausch, 1993; Bausch, 1995; Bausch and Neale, 1987; Heilman et al., 1982; Neale et al., 1989). Una relación utilizada operativamente para la estimación del Kcb en frutales se indica en la siguiente fórmula:

El creciente número de satélites, aumentan la disponibilidad de datos para alimentar metodologías basadas en los IV para estimar el Kcb, con alta resolución temporal (frecuencia) y espacial (nivel de detalle en tierra). Adicionalmente, el desarrollo de plataformas de consulta disponibles en internet, permite acceder a la información de manera simple, rápida y operativa para el manejo rutinario del riego.

Plataforma Satelital de apoyo al riego

La Plataforma Agrícola Satelital (PLAS-Chile) (<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>) es un

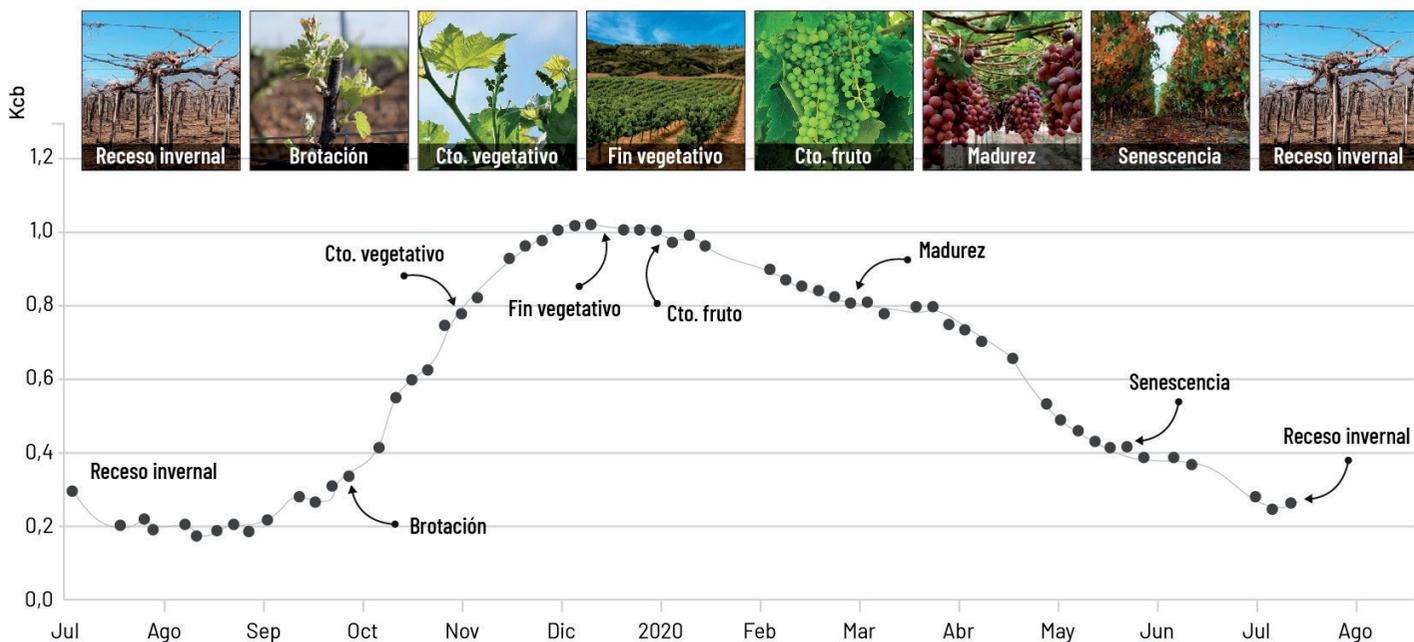


Figura 2. Ejemplo de secuencia temporal del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI en un parrón de uva de mesa var. Flame.

sistema de consulta online, que permite monitorear el desarrollo de los cultivos a partir del índice de vegetación satelital NDVI. De este modo, es posible consultar y descargar series temporales del índice para cualquier cultivo o vegetación y establecer su dinámica temporal de desarrollo. Adicionalmente, la plataforma también entrega la variable *coeficiente de cultivo* (K_c), la cual en conjunto con valores de la demanda ambiental (evapotranspiración de referencia, E_{To}), permite estimar de manera dinámica y precisa el consumo hídrico de los cultivos y establecer estrategias de manejo del riego.

La Plataforma PLAS es actualizada de manera rutinaria con información de los satélites Landsat 8, Sentinel 2A y 2B. De este modo es posible contar con casi una imagen semanal en zonas despejadas (norte) y al menos una imagen cada 15 días en las zonas con mayores nublados

(sur). A partir de la secuencia de imágenes es posible analizar en detalle (pixel a pixel) el comportamiento del cultivo, realizar comparaciones entre zonas del campo y establecer medidas correctivas si se identifican zonas de bajo desarrollo. Este tipo de análisis, con alto nivel de detalle y frecuencia, es imposible de realizar en los campos debido a las dimensiones, ubicación, relieve y el tiempo que representa.

La información proporcionada por las imágenes satelitales es cuantitativa (numérica) y no depende de las apreciaciones del observador. De este modo los valores obtenidos en una parcela pueden ser comparados directamente con otros sitios en la parcela o con otras explotaciones, sin incluir el sesgo del observador. En este sentido, a partir de imágenes satelitales se puede derivar información útil para el manejo agronómico



Figura 3. Portal web Plataforma Agrícola Satelital PLAS.

de cultivos, como identificación de fechas de inicio y fin del desarrollo vegetativo de los cultivos, vigor del crecimiento (cobertura rápida del suelo), valores máximos de desarrollo vegetativo alcanzados durante la temporada (máximo NDVI, máxima cobertura), período estable sin crecimiento vegetativo (llenado de frutos generalmente), inicio de la senescencia, receso invernal, entre otros. Todos estos instantes del ciclo anual de un cultivo, pueden ser establecidos y supervisados a través del análisis temporal de las imágenes, adaptando el manejo agronómico del cultivo, con énfasis en el manejo del riego.

Es bueno indicar también que las tecnologías de supervisión satelital no reemplazan las visitas en terreno sino que potencian, orientan y mejoran la eficiencia de los recorridos. Así mismo, la inclusión de instrumental en campo, como sondas de monitoreo de la disponibilidad hídrica en el suelo, dendrómetros de fruto o tronco o registros del potencial xilemático, terminan de cerrar un marco tecnológico adecuado para el manejo preciso del riego.

Marco conceptual para la programación del riego

Tradicionalmente, el manejo del riego en los campos se realiza utilizando el conocimiento empírico adquirido en el terreno o con manejos históricos que no se ajustan

necesariamente al consumo hídrico real de los cultivos bajo las condiciones de la temporada en desarrollo o del sitio donde crecen. En casos con mayor nivel tecnológico, se utilizan *coeficientes de cultivo genéricos* descritos en la literatura, los cuales fueron desarrollados en otras condiciones ambientales y por tanto, tampoco representan las condiciones locales. Afortunadamente, hoy en día y gracias a las imágenes satelitales, es posible caracterizar el nivel de desarrollo real del cultivo en el sitio, estimar la cantidad de vegetación desplegada y por tanto su capacidad para transpirar frente a la demanda del ambiente.

Un marco conceptual, que permite determinar las necesidades de riego de los cultivos, se conoce como “evapotranspiración de referencia-coeficiente de cultivo” y es propuesto por la FAO en su Manual N°56 (Allen et al., 1998). La fórmula que resume dicho cálculo es:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

Kc: Coeficiente de cultivo (adimensional)

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

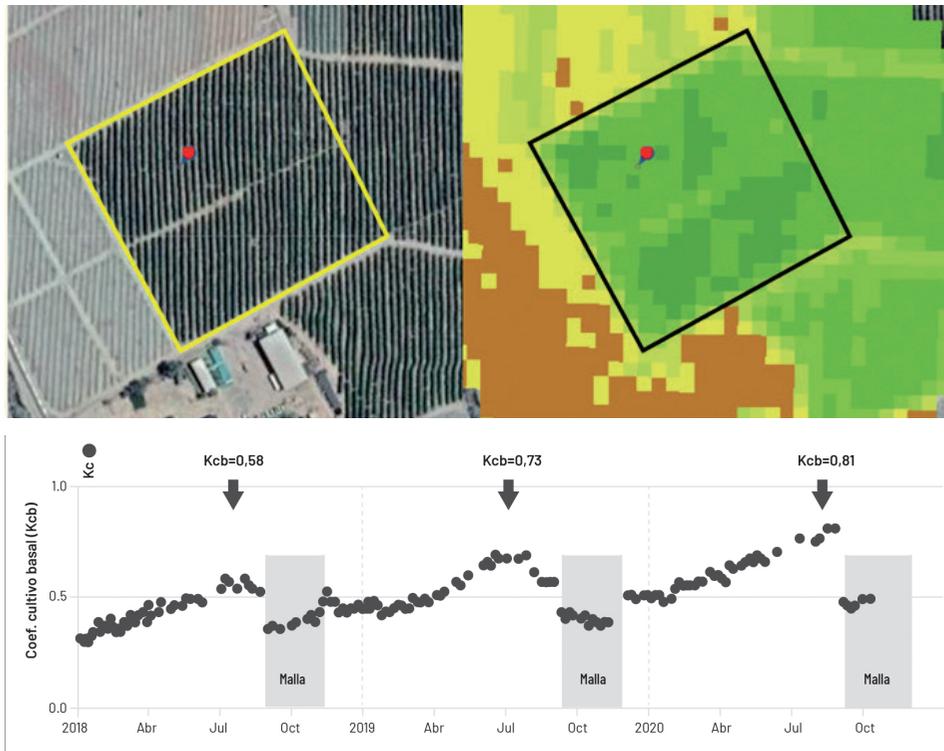


Figura 4. Comportamiento del coeficiente de cultivo satelital en un huerto de mandarinas durante las temporadas 2018/19, 2019/20, 2020/21. Se señala también el período de floración (zona gris) cuando se cubre con malla antipolinizadores y su efecto sobre los valores del coeficiente de cultivo.

Para alimentar esta fórmula, serán necesarios valores de la ETo, los cuales son estimados automáticamente a partir de los registros de estaciones meteorológicas. Esta información está disponible en la Red Agrometeorológica de INIA (MINAGRI) con cobertura nacional y disponible en <https://agrometeorologia.cl>.

Por su parte y como ya se ha comentado, los valores del Kc pueden ser descargados de la Plataforma Agrícola Satelital PLAS, el cual es estimado a partir de la relación lineal con el índice de vegetación satelital NDVI descrita anteriormente.

Una vez consultada la información del coeficiente de cultivo, por medio de la Plataforma PLAS y de la demanda ambiental, es posible implementar operativamente el marco conceptual propuesto y estimar las necesidades de riego de los cultivos. Tomando como ejemplo los valores del Kc indicados en la Figura 4 (huerto de mandarinas, var. Orogrande, comuna de Vicuña), para el día 26 de

agosto de 2020 (justo antes de la implementación de una malla anti polinizante) el valor del coeficiente de cultivo era de 0,81. Para las mismas fechas, la demanda ambiental (ETo) registrada por la estación Vicuña, era de 17 mm a la semana. De este modo, el consumo del cultivo fue de 13,8 mm para esa semana, el cual deberá ser repuesto con el riego. Si se considera un equipo de riego por goteo, con una descarga de 1,4 mm/hora, las necesidades de riego para esa semana serán 9,8 horas. Como se puede apreciar es un cálculo rápido y simple, lo cual transforma a la teledetección en una herramienta realmente operativa para el manejo rutinario del riego.

Una de las principales ventajas de utilizar esta metodología estandarizada para el cálculo de las necesidades de riego, es la posibilidad de implementar manejos deficitarios controlados del riego de acuerdo. Ejemplos clásicos de esto, son el riego deficitario para mejorar características de calidad en uva para vino o uva pisquera, en instantes

cercanos a la madurez de la fruta. También en variedades de uva de mesa tempranas (ej. Flame), las cuales pasarán gran parte del verano sin fruta, pero con necesidades de riego, es posible implementar riego deficitario aplicando un coeficiente de estrés (K_s) a la multiplicación del K_c por ET_0 .

Es importante indicar aquí que las estimaciones de las necesidades de riego señaladas corresponden al consumo hídrico del cultivo, pero para el correcto aporte de estas es necesario considerar aspectos como las características del suelo donde se desarrolla el cultivo, principalmente relacionadas con propiedades como la capacidad de retención de humedad, la humedad aprovechable y/o la profundidad de suelo. Estos aspectos deben ser abordados con caracterizaciones del suelo, zona de raíces y/o uso de tecnologías para el monitoreo de la disponibilidad hídrica en el suelo.

En relación al ahorro hídrico en frutales monitoreados con la plataforma PLAS, se han visto las ventajas en asesoría directa a productores. Por ejemplo, se ha visto que la falta de marcos conceptuales para estimar el consumo hídrico lleva a algunos productores al aporte de excesivo riego, que puede duplicar las necesidades reales del cultivo. Por otro lado, no contar con información de la dinámica anual del desarrollo de las plantas y de la demanda ambiental, conlleva al aporte “desincronizado” del riego, con instantes de sobre riego e instantes de riego deficitario. En trabajos prácticos, se ha logrado ahorros de hasta un 100% (aportaban el doble) y en algunos casos, ajuste de la “oportunidad” de los volúmenes de riego aportados. En cuanto a producción, las metodologías propuestas han alcanzado niveles productivos muy altos que en algunos casos triplican los rendimientos promedio (vides pisqueras). En estos casos, el principal resultado es el aumento de la productividad del agua que engloba la relación volumen de riego aportado y productividad. Otra de las ventajas del sistema es la capacidad de implementar

una métrica auditable sobre el manejo del riego, lo cual permite entrar en dinámicas de certificación de manejo sustentable de los recursos hídricos o huella del agua.

ESTRATEGIA DE RIEGO EN MANDARINAS

Entre los productores de mandarinas existen diversos criterios sobre las tasas de riego que permitan por una parte, obtener una productividad rentable y por otro utilizar de manera eficiente el recurso. Ante esta diversidad y dadas las condiciones propias de la Región de Coquimbo, que incluyen sequías frecuentes, restricciones en la disponibilidad de agua de riego, veranos con alta demanda ambiental, diversidad de ambientes y variedades, aumenta la importancia de contar con un marco conceptual robusto para estimar el consumo hídrico del cultivo e información cuantitativa que permitan el monitoreo del riego.

De acuerdo a trabajos realizados en la región de Coquimbo, los requerimientos hídricos de los cítricos oscilan entre 9.000 m³/ha y 12.000 m³/ha (Osorio y Burgos, 2012). Trabajos realizados por INIA en el Valle de Limarí, demostraron que una reducción de la tasa de riego entre un 25 a 50 %, no afectó el rendimiento pero si aumentó la productividad del agua (Osorio y Burgos, 2012). Ensayos realizados en mandarinas y clementinas en otras latitudes, señalan que es posible aplicar un riego reducido en el período de floración y en el inicio fase I del crecimiento de fruto (división celular), sin afectar la producción y favoreciendo algunos parámetros de calidad (Conesa et al., 2018). Reducciones entre un 17% y 39% en el agua aportada en mandarinas no producen mermas en el rendimiento y al producir ciertos niveles de estrés en floración favorece el número total de frutos cuajados (Conesa et al., 2018). Algo similar se observó en clementinas, donde un riego restringido en la fase III del periodo de crecimiento de fruto, tampoco afectó la

producción (González y Castel, 2003 a,b). Específicamente, en clementinas Nules sobre portainjerto Carrizo citrange, una reducción de riego de un 50 % en el verano (fase II-III de crecimiento de fruto, con potenciales hídricos xilemáticos entre -1,7 a -1,3 MPa), no afectó el rendimiento (CEBAS-CSIC, 2014). Estos antecedentes sirven de base para postular que se podría mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo de mandarinas en la región de Coquimbo, cosa que se debe evaluar implementando marcos conceptuales adecuados y tecnologías como las planteadas.

De este modo, para establecer una buena estrategia de manejo del riego en mandarinas, se debe tener una

aproximación robusta de sus necesidades de riego. Esto puede ser determinado utilizando el marco conceptual descrito, conjuntamente con tecnologías para el monitoreo de la disponibilidad hídrica en el suelo y del estado hídrico interno de las plantas. El uso de relaciones genéricas entre el NDVI y el coeficiente de cultivo, junto a información de la demanda ambiental, pueden ser un primer paso en la operatividad del manejo del riego y que permite establecer una métrica estándar y cuantitativa. El uso de sondas de humedad en el suelo, dendrómetros de tronco y fruto, medidas de potencial hídrico xilemático, pueden configurar un paquete tecnológico que permita realizar ajustes finos de acuerdo a las condiciones locales (Figura 5).



Figura 5. Paquete tecnológico para el monitoreo del riego en cítricos.

LITERATURA CITADA

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome, pp. 300.

Bausch, W.C. (1993). Soil background effects on reflectance-based crop coefficients for corn. Remote Sens. Environ. 46: 213–222. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90096-G](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90096-G).

Bausch, W.C. (1995). Remote sensing of crop coefficients for improving the irrigation scheduling of corn. Agric. Water Manage. 27: 55–68. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(95\)01125-3](https://doi.org/10.1016/0378-3774(95)01125-3).

Bausch, W.C. y Neale, C.M.U. (1987). Crop coefficients derived from reflected canopy radiation: a concept. Trans. ASAE 30: 703–709. <https://doi.org/10.13031/2013.30463>.

Campos, I., Neale, C.M.U., Calera, A., Balbontín, C., González-Piqueras, J. (2010). Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). Agricultural Water Management. 98: 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.07.011>.

CEBAS-CSIC. (2014). Guidelines on Best Irrigation Management Practices for citrus production in the Mediterranean Area. SIRRIMED. Sustainable use of

irrigation water in the Mediterranean Region. p.23

Conesa, M. R.; de la Rosa, J. M.; Fernandez-Trujillo, J. P.; Domingo, R. y Perez-Pastor, A. Deficit irrigation in commercial mandarin trees: water relations, yield and quality responses at harvest and after cold storage. Spanish Journal of Agricultural Research. 16(3) e1201. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-12631>

Gonzalez-Altozano P. y Castel JR. (2003 a). Regulated deficit irrigation in "Clementina de Nules" citrus tree, I. Yield and fruit quality effects during four years. Span J Agric Res. 1:81-92. <https://doi.org/10.5424/sjar/2003012-24>

Gonzalez-Altozano P. y Castel JR. (2003 b). Regulated deficit irrigation in "Clementina de Nules" citrus tree, II. Effects on vegetative growth. Span J Agric Res. 1: 93-101. <https://doi.org/10.5424/sjar/2003012-25>

Heilman, J.L., Heilman, W.E. y Moore, D.G. (1982). Evaluating the crop coefficient using spectral reflectance. Agron. J. 74: 967-971. <https://doi.org/10.2134/agronj1982>.

Neale, C.M.U., Bausch, W.C. y Heermann, D.F. (1989). Development of reflectance-based crop coefficients for corn. Trans. ASAE 32: 1891-1899.

Osorio A. y Burgos M. (eds.) (2012). Riego en Mandarinos y Paltos: Resultados de Investigaciones en el Valle del Río Limarí. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile. Boletín N° 240. 100 p.



Science for a better life



Sácale el jugo a tus cítricos

Protección y potencia

Bayfolan[®]
ALGAE

MOVENTO[®]

IMPULSO Bayer

Compra productos Bayer y acumula puntos en www.impulsobayer.cl



Lea toda la etiqueta antes de usar el producto.

<https://www.chileagricola.cl/plataforma-plas-para-el-manejo-eficiente-del-riego-y-los-cultivos-2/>



TECNOLOGÍA E INFORMACIÓN AGRO 4.0

Plataforma Agrícola Satelital 2

Conocida como PLA por su sigla, es una herramienta que ofrece grandes ventajas a los agricultores. En este video que corresponde a la segunda parte de la charla "Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos" encontrarás información muy importante sobre este tema. Te sugerimos complementar con la primera parte [AQUÍ](#).




NIVEL: INTERMEDIO

TIPO: VIDEO / MATERIAL DESCARGABLE

INSTITUCIÓN: INIA

CALIFICA ESTE CONTENIDO

★★★★★ 5 / 5 (1 voto)

COMPARTE ESTE CONTENIDO



Tu opinión nos interesa (No hay comentarios)

Déjanos tu comentario sobre este contenido

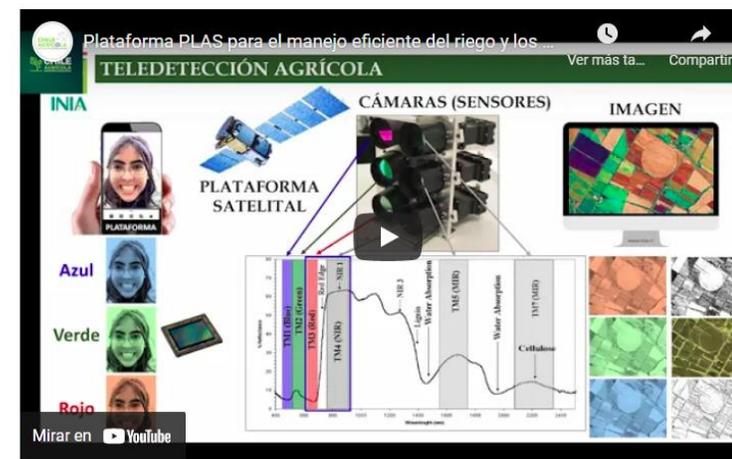
<https://www.chileagricola.cl/plataforma-plas-para-el-manejo-eficiente-del-riego-y-los-cultivos-1/>



TECNOLOGÍA E INFORMACIÓN AGRO 4.0

Plataforma Agrícola Satelital 1

Conocida como PLA por su sigla, es una herramienta que ofrece grandes ventajas a los agricultores. En este video que corresponde a la primera parte de la charla "Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos" encontrarás información muy importante sobre este tema. Te sugerimos complementar con la segunda parte [AQUÍ](#).




NIVEL: INTERMEDIO

TIPO: VIDEO / MATERIAL DESCARGABLE

INSTITUCIÓN: INIA

CALIFICA ESTE CONTENIDO

★★★★★ Valora este contenido

COMPARTE ESTE CONTENIDO



Tu opinión nos interesa (No hay comentarios)

Déjanos tu comentario sobre este contenido

@ Email

COMENTAR

★ AGREGAR A MI PERFIL

 DESCARGAR MATERIAL

 IMPRIMIR MATERIAL



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL 1

AUTOR:

Claudio Balbontín, Investigador
en Riego INIA Intihuasi

La Expo Chile Agrícola es una feria anual creada en 2018 por el Ministerio de Agricultura a través de la Fundación de Comunicaciones y Capacitación del Agro, FUCOA, institución encargada de la producción y ejecución.

Desde sus inicios, esta feria se convirtió en un espacio de encuentro muy importante para los actores y referentes del mundo agrícola, tanto públicos como privados.

Después de dos versiones presenciales muy exitosas, el año 2020 y debido a la pandemia, se realizó la primera Expo Chile Agrícola en modo *on line*, sumando 130 actividades, entre charlas y talleres. Participaron seis países, instituciones académicas, organizaciones de mucho prestigio como el Banco Mundial y una serie de empresas agrícolas relacionadas con el desarrollo de este importante sector productivo del país.

Los contenidos de esta última versión fueron grabados y algunos de ellos los hemos editado para entregártelos como material para tu capacitación.

A continuación, encontrarás contenido elaborado a partir del material facilitado por el investigador en riego Claudio Balbontín de INIA Intihuasi para acompañar el video de la primera parte de la charla “Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos” que el mismo profesional realizó en el marco de la Expo Chile Agrícola 2020.



¿QUÉ ES PLAS?

La Plataforma Agrícola Satelital de Chile (PLAS) es un sistema de consulta on line, basado en el visor SPIDERwebGIS® (System of Participatory Information, Decision support, and Expert knowledge for irrigation and River basin water Management) que permite la consulta y despliegue de la evolución temporal del índice de vegetación NDVI y del coeficiente de cultivo (**Figura 1**) para cualquier superficie vegetal ubicada entre Copiapó y Temuco. Sus bases conceptuales corresponden a técnicas de sistemas información geográfica en línea (web GIS map server) habilitadas con información de tecnologías de observación de la tierra (EO) y funciones típicas de los servicios de asesoramiento en riego (Irrigation Advisory Service, IAS) (Calera et al., 2005).



Figura 1.
Página web de Plataforma Agrícola Satelital
(<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>).

Uno de los pilares básicos de la Plataforma es el uso de tecnologías para la observación de la tierra, como son las imágenes satelitales. Estas tecnologías permiten supervisar de manera eficiente grandes áreas del territorio, con diferentes resoluciones espaciales y temporales. De este modo, es posible generar estrategias para diferentes niveles de gestión del territorio, la agricultura y los recursos hídricos (Moreno-Rivera et al., 2009).

Por su parte, el despliegue de la información en un visor web on line, facilita su acceso y uso, ya que no requiere la instalación de software y es la propia web quien soporta la plataforma de consulta como herramienta cooperativa, incrementando el potencial de operatividad y difusión tecnológica. De este modo, el diseño de la interfaz web proporciona una herramienta de fácil uso para el usuario general sin necesidad de poseer un alto conocimiento sobre sistemas de información geográfica o teledetección.

SISTEMA DE CONSULTA

El visor on line cuenta con las funcionalidades clásicas de los visualizadores de información geográfica (Web MapService, WMS) como es el despliegue de imágenes, la carga de fuentes de información cartográfica (estándares Open Geospatial Consortium, OGC), así como opciones de visualización (zoom) a áreas de interés, recorridos por imágenes, medidas de distancias y superficies o la visualización de sitios por coordenadas. Adicionalmente, el sistema cuenta con la opción de carga de mapas de carreteras (Google roadmap) e imágenes satelitales de referencia (Google satélite) de manera de facilitar la búsqueda y ubicación exacta de parcelas de interés (**Figura 2**).



Figura 2.
Visor Plataforma Agrícola Satelital para consulta de los cultivos.

Los satélites disponibles en la plataforma son Sentinel 2A y Sentinel 2B del programa Copernicus de la Agencia Satelital Europea (ESA) y el satélite Landsat 8 de la NASA, los cuales son utilizados para generar el índice de vegetación NDVI para el análisis de la vegetación. En el **Cuadro 1** se señalan las principales características de los satélites disponibles.

Cuadro 1.
Características de las imágenes satelitales disponibles en la Plataforma PLAS.

Programa	Satélite	Cobertura imagen (km)	Resolución temporal (días entre visita)	Resolución espacial (metros)
Landsat (NASA)	Landsat 8	185 x 185	16 días	30
Copernicus (ESA)	Sentinel 2A Sentinel 2B	100 x 100	10 días	10

Las secuencias temporales de imágenes de satélite y los productos derivados de éstas comienzan en el año 2013 y se actualizan en la medida que se capturan nuevas imágenes desde los programas satelitales mencionados, lo cual es aproximadamente cada semana. Para la caracterización y seguimiento del desarrollo anual de los cultivos se utiliza el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenido de las series temporales de las imágenes satelitales. Este índice de vegetación se calcula a partir de las diferencias en la absorción de la radiación solar en ciertos rangos del espectro electromagnético por parte de la vegetación, eliminando la respuesta de otros elementos presentes en el terreno. En la Plataforma PLAS, los valores absolutos del índice NDVI pueden ser consultados pixel a pixel y descargados para su análisis off line. Así mismo, para identificar zonas del cultivo con diferencias en vigor, los valores del NDVI son agrupados en rangos y asignados a través de una paleta de colores que facilita su visualización en la plataforma (**Figura 3**).

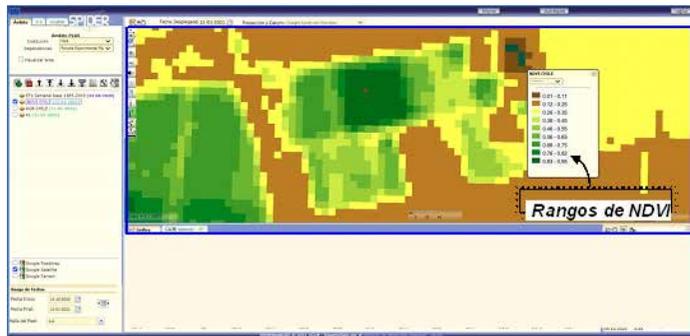


Figura 3. Visualización de una imagen NDVI en la Plataforma Agrícola Satelital, con rangos del índice agrupados en una paleta de colores que permite identificar diferencias de vigor o cobertura del cultivo en el terreno analizado.

GRÁFICAS TEMPORALES

En la Plataforma Agrícola Satelital es posible realizar consultas de la evolución temporal del índice de vegetación NDVI, ya que las capas de consulta consisten en un mosaico dinámico de imágenes con un componente tanto espacial como temporal, cubriendo diferentes áreas del territorio en diferentes fechas. De este modo, al momento de realizar una consulta en un sitio determinado, se descargarán las características de la evolución histórica del índice de vegetación para ese punto (pixel).

De este modo, la Plataforma PLAS no sólo muestra la información para una fecha determinada, sino que entrega la evolución del índice a lo largo del tiempo. Esta información es desplegada automáticamente por medio de gráficos de series de tiempo interactivos, permitiendo al usuario la definición de un rango de fechas para consulta y análisis. De este modo, es posible analizar el desarrollo anual e histórico del cultivo funcionando como un cuaderno de campo digital, en la cual se podrá comparar el estado del cultivo a través de los años.

Así mismo, es posible realizar múltiples consultas en diferentes puntos del cultivo de manera de comparar los valores del índice entre sectores o parcelas. El análisis gráfico de las diversas consultas permite identificar sectores con diferencias en el desarrollo de las plantas e identificar la variabilidad espacial del cultivo (**Figura 4**).

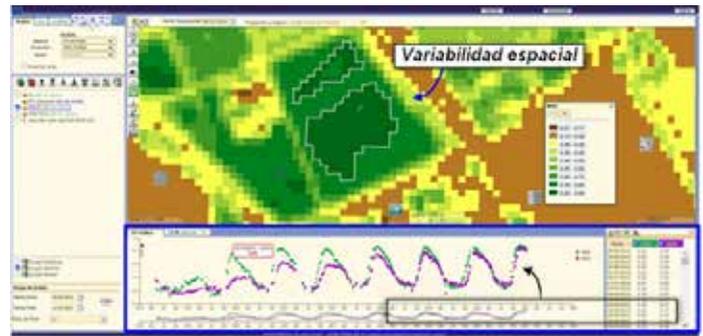


Figura 4. Despliegue gráfico del NDVI en la Plataforma Agrícola Satelital, señalando las curvas temporales del índice y la variabilidad espacial del cultivo.

Una de las mayores fortalezas de este tipo de análisis es que la información proporcionada por las imágenes satelitales es cuantitativa (numérica) y no depende de las apreciaciones del observador. De este modo, los valores obtenidos en una parcela pueden ser comparados directamente con otros sitios de la parcela y/o con otras parcelas, sin incluir el sesgo del observador.

MONITOREO DE LOS CULTIVOS

La posibilidad de disponer de información de los cultivos a través del índice de vegetación cada vez que un satélite visita un territorio, permite establecer un análisis del desarrollo de los cultivos. La periodicidad o frecuencia de información del muestreo dependerá del tipo de satélite y de las condiciones atmosféricas al momento de paso. De este modo, es posible contar con imágenes en diferentes instantes del año que representan la respuesta espectral de los cultivos a lo largo de su ciclo fenológico. En la **Figura 5** se muestra un ejemplo la evolución del índice de vegetación NDVI en un parrón de uva de mesa de la variedad Flame Seedless (Vicuña, región de Coquimbo), señalando los principales estados fenológicos del cultivo en su curva temporal de desarrollo anual.

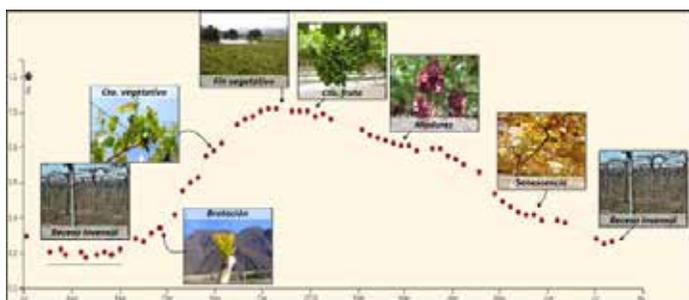


Figura 5. Ejemplo de evolución del índice de vegetación NDVI en un parrón de uva de mesa var. Flame Seedless, ubicado en la ciudad de Vicuña.

Como se puede observar en la Figura 5, la curva anual del índice de vegetación NDVI permite identificar la brotación del parrón, el período de crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas, la fecha en que se alcanza el valor máximo desarrollo de la vegetación (máximo NDVI), el comportamiento de la cobertura vegetal durante el verano y finalmente el período de senescencia y el receso invernal del cultivo. Esta capacidad de identificar instantes del desarrollo anual de un cultivo permite definir manejos agronómicos o la implementación de prácticas culturales ajustados a la realidad temporal del cultivo, ya sea para el manejo del riego u otros aspectos del manejo del cultivo.

En la **Figura 6** se señala otro ejemplo de seguimiento del desarrollo de un cultivo (papas en este caso) registrado a través del índice de vegetación satelital NDVI consultado en la Plataforma Satelital PLAS.

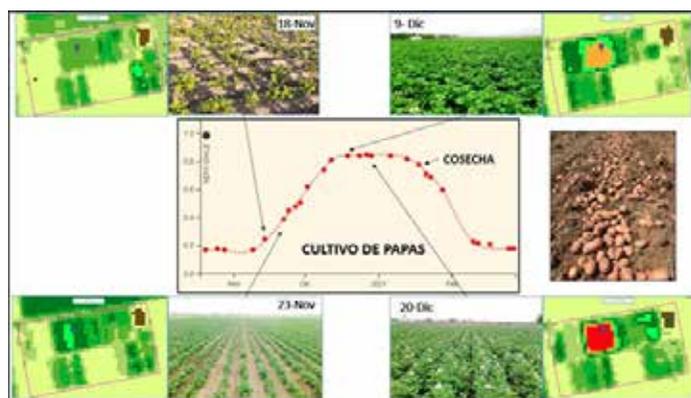


Figura 6. Ejemplo de consulta de la curva de evolución temporal del índice de vegetación satelital NDVI durante el desarrollo de un cultivo de papas, ubicado en la localidad de Pan de Azúcar (Coquimbo). Se incluyen imágenes del cultivo en cada fecha, junto al mapa de NDVI correspondiente.

FUENTE: Esta ficha se ha elaborado con material facilitado por el investigador en riego Claudio Balbontín de INIA Intihuasi para acompañar el video de la primera parte de la charla "Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos" que el mismo profesional realizó en el marco de la Expo Chile Agrícola 2020. Para más información sobre este y otros temas, visita <https://www.inia.cl>



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL 2

AUTOR:

Claudio Balbontín, Investigador
en Riego INIA Intihuasi

La Expo Chile Agrícola es una feria anual creada en 2018 por el Ministerio de Agricultura a través de la Fundación de Comunicaciones y Capacitación del Agro, FUCOA, institución encargada de la producción y ejecución. Desde sus inicios, esta feria se convirtió en un espacio de encuentro muy importante para los actores y referentes del mundo agrícola, tanto públicos como privados.

Después de dos versiones presenciales muy exitosas, el año 2020 y debido a la pandemia, se realizó la primera Expo Chile Agrícola en modo on line, sumando 130 actividades, entre charlas y talleres. Participaron seis países, instituciones académicas, organizaciones de mucho prestigio como el Banco Mundial y una serie de empresas agrícolas relacionadas con el desarrollo de este importante sector productivo del país.

Los contenidos de esta última versión fueron grabados y algunos de ellos los hemos editado para entregártelos como material para tu capacitación.

A continuación, encontrarás contenido elaborado a partir del material facilitado por el investigador en riego Claudio Balbontín de INIA Intihuasi para acompañar el video de la segunda parte de la charla “Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos” que el mismo profesional realizó en el marco de la Expo Chile Agrícola 2020.



DETERMINACIÓN DEL CONSUMO HÍDRICO CON INFORMACIÓN SATELITAL

Las necesidades de riego de los cultivos pueden ser estimadas utilizando la metodología propuesta por FAO56 y asistida con información satelital. Es importante señalar que esta metodología permite estimar el consumo hídrico de los cultivos, con base en la estimación del desarrollo vegetativo sobre el terreno a partir de índices de vegetación y de la demanda del ambiente donde se desarrolla. Aspectos como tiempos y frecuencias de riego, deben ser definidos de acuerdo a características del suelo del sitio, de la zona de desarrollo de raíces del cultivo y del funcionamiento del equipo de riego.

Por esto, características como la textura predominante y su capacidad de retención de humedad, la profundidad efectiva del suelo y de las raíces del cultivo, la velocidad de infiltración del

agua de riego, la presencia de limitantes al desarrollo radicular (por ejemplo: toscas, pedregosidad, niveles freáticos), la presencia de sales, entre otras, deben ser analizadas para definir el manejo del riego. Así mismo, el buen funcionamiento del equipo de riego y el cálculo de su precipitación efectiva, son fundamentales para hacer coincidir las estimaciones del consumo hídrico del cultivo, con los aportes del agua de riego que se realicen. Se recomienda por tanto realizar caracterizaciones de las condiciones del suelo de la parcela a través de calicatas y análisis texturales de los horizontes de suelo, así como del funcionamiento del equipo de riego a través del cálculo del coeficiente de uniformidad.

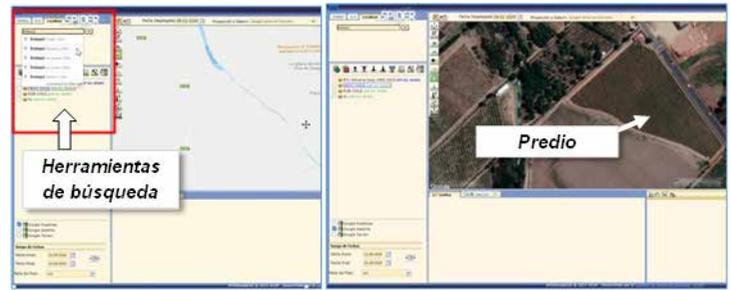
En la **Figura 7** se muestra un esquema de la información necesaria para implementar esta metodología, a partir de la información disponible en la Plataforma Agrícola Satelital y en la página web Agrometeorología INIA.



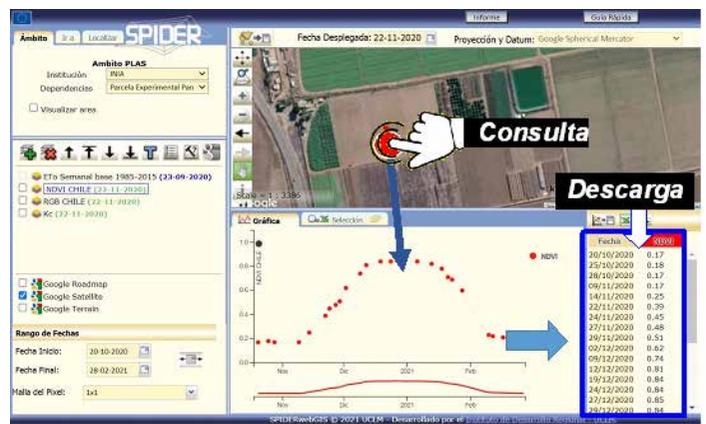
Figura 7. Diagrama del marco conceptual del cálculo del consumo hídrico de los cultivos y fuentes de información disponibles en la región de Coquimbo. En los siguientes link se encuentra tutoriales para el uso de la Plataforma Agrícola Satelital y descarga de la información Agrometeorológica. Tutorial PLAS: https://www.youtube.com/watch?v=AAE4u5tQ_w0 Tutorial Agrometeorología: https://www.youtube.com/watch?v=c_7JrXHOr6s

COEFICIENTE DE CULTIVO BASAL (KCB) UTILIZANDO LA PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL.

La primera actividad será ubicar el predio en cuestión, utilizando para esto el visor de la Plataforma Satelital y las *herramientas de búsqueda*, donde es posible introducir el nombre de la localidad o las coordenadas del predio.



Una vez ubicado el predio, se realizará una consulta de los valores del índice NDVI en diversos sitios de la parcela.



CONSULTA DE CURVA NDVI PARA LA TEMPORADA.

Una vez realizada la consulta del NDVI en el sitio, los valores deben ser revisados para eliminar posibles valores que no sigan o se desvíen del normal desarrollo de los cultivos, situación común cuando existen condiciones de nubosidad en la imagen. Una vez comprobada la calidad de los valores, se procede a **descargar** la información.

Posteriormente, los valores del índice de vegetación NDVI deben ser transformados a coeficiente de cultivo basal (Kcb) para ser utilizados en la metodología para estimar las necesidades de riego de los cultivos (**Figura 7**). Para esto, se pueden utilizar las relaciones indicadas en la literatura científica. En este caso, la Plataforma Satelital se encuentra disponible el valor del coeficiente de cultivo basal genérico, estimado a partir del NDVI utilizando la relación $Kcb=1,51*NDVI-0,23$, la cual se ajusta al comportamiento de cultivos leñosos.

DESCARGA DE VALORES DE LA DEMANDA AMBIENTAL (EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA, ETo) DESDE ESTACIONES AGROMETEOROLÓGICAS INIA.

Como se indica en la **Figura 7**, para estimar los valores del consumo hídrico de los cultivos (*ETc*), es necesario contar con los valores de la demanda ambiental representada por la evapotranspiración de referencia (*ETo*). Estos valores son descargados desde una estación meteorológica automática (EMA) *representativa* de la zona de desarrollo del cultivo, que generalmente corresponde a la estación más próxima a la parcela. Los valores de *ETo* están disponibles para descarga en el sitio web agrometeorologia.cl (ver tutorial en https://www.youtube.com/watch?v=c_7JrXHor6s).

Cálculo de las necesidades de riego: Una vez disponibles los valores de *Kcb* y de la demanda ambiental (*ETo*) del sitio analizado, se puede estimar los valores del consumo hídrico o evapotranspiración de cultivo (*ETc*) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ETc = Kcb \times ETo$$

A modo de ejemplo, determinaremos las necesidades netas de riego para un cultivo de uva de mesa, durante la semana del 10 al 17 de noviembre de 2019. De acuerdo con la información meteorológica consultada, la *ETo* para esa semana fue de 39,2 mm/semana. Así mismo, para el mismo período el coeficiente de cultivo basal (*Kcb*) fue 0,92, por lo cual las necesidades netas de riego o *ETc* serán:

$$ETc \text{ o necesidades netas} = 0,92 * 39,2 = 36 \text{ mm/semana}$$

Para estimar el tiempo de riego necesario para aportar el consumo hídrico estimado, será necesario contar con información de la descarga de riego del equipo a utilizar, conocido como precipitación del equipo de riego. En este ejemplo, la precipitación del equipo es 1,33 mm/hora. Por lo tanto, para aportar los 36 mm/semana estimados como el consumo semanal del cultivo, considerando una eficiencia de 90% del equipo, serán necesarias 30 horas de riego.

Este tiempo de riego semanal debe ser dividido en eventos (frecuencia) que consideren el tipo de suelo presente en la parcela, principalmente referido a la textura del suelo, su capacidad de retención de humedad y la ubicación de las raíces del cultivo.

FUENTE: Esta ficha se ha elaborado con material facilitado por el investigador en riego Claudio Balbontín de INIA Intihuasi para acompañar el video de la segunda parte de la charla "Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) para el manejo del riego eficiente en los cultivos" que el mismo profesional realizó en el marco de la Expo Chile Agrícola 2020. Para más información sobre este y otros temas, visita <https://www.inia.cl>



CLAUDIO BALBONTÍN
INVESTIGADOR
INIA INTIHUASI



GABRIEL SELLES
COORDINADOR NACIONAL
PROGRAMA HORTOFRUTÍCOLA
INIA



FRANCISCO MEZA
PROFESOR TITULAR FACULTAD
DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA
FORESTAL, PUC

UN ASESOR SATELITAL

CÓMO FUNCIONA LA PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL DE CHILE PARA DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS.



LA INFORMACIÓN registrada por sensores acondicionados sobre vehículos, ya sean satélites, aviones, drones, vehículos terrestres, personas, etc. y que permiten obtener información de

objetos (vegetación en nuestro caso) sin tener contacto con ellos, es conocida como teledetección o remote sensing en inglés. En el caso de la Plataforma PLAS (Plataforma Agrícola

Satelital de Chile) se utiliza la teledetección satelital, ya que permite tener una amplia capacidad de observación del territorio y, por tanto, supervisar el desarrollo de los cultivos en las diferentes

zonas agrícolas del país de manera rápida y eficiente. La alta frecuencia de paso de los satélites utilizados en la plataforma (conocido como resolución temporal) permite actualizar la información

UN PROYECTO CONJUNTO

El proyecto Plataforma Agrícola Satelital de Chile es un esfuerzo mancomunado de especialistas en climatología, riego y recursos hídricos pertenecientes al INIA, Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos, junto al apoyo del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo y el co-financiamiento de FIA. Su principal objetivo es desarrollar una herramienta de fácil acceso, que permita determinar los requerimientos hídricos del sector agrícola tanto a nivel predial, como también a nivel de sistemas de distribución o incluso cuencas hidrográficas.



de manera de lograr un monitoreo del desarrollo de los cultivos y de la vegetación en general. Asimismo, la capacidad para identificar objetos en tierra (conocida como resolución espacial

o tamaño del pixel) ha experimentado notables mejoras llegando actualmente a rangos entre 10 y 30 metros, dependiendo del satélite utilizado.

En este sentido, la plataforma trabaja con dos programas satelitales que entregan información útil para el monitoreo de la agricultura: el programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA) con sus satélites Sentinel 2A y Sentinel 2B y el programa Landsat de la NASA, de Estados Unidos. En el cuadro 1 se muestra información técnica de los satélites de ambos programas utilizados en la plataforma.

ÍNDICES DE VEGETACIÓN

La manera más práctica de utilizar la información registrada por los satélites en agricultura es a través del cálculo de Índices de Vegetación (IV) los cuales, de manera genérica, se podrían definir como una variable calculada a partir de las respuestas de la vegeta-

Happening

SANTIAGO

Los placeres de la carne



Abierto de lunes a domingo
de 12:30 a 00:30 horas

Apoquindo 3090, Las Condes, Santiago, Chile,
teléfono: 2332301

CUADRO 1

CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS EN LA PLATAFORMA

Programa	Satélite (Propietario)	Cobertura imagen	Resolución temporal (días entre visita)	Resolución Espacial	Resolución espectral
LANDSAT	LANDSAT 8 (NASA)	185 km por 185 km	16 días	30 metros	11 bandas
COPERNICUS	SENTINEL 2A SENTINEL 2B (ESA)	100 km por 100 km	10 días	10 metros	13 bandas

ción a distintas longitudes de onda y que permite extraer información de los cultivos, minimizando los efectos del suelo de fondo, del ángulo de iluminación del objeto o de la atmósfera.

En este sentido, el índice más utilizado mundialmente es el conocido como Índice de Vegetación Normalizado por Diferencias (NDVI), que tiene una adecuada correspondencia con los atributos biológicos y fisi-

cos de la vegetación, y es simple de calcular a partir de las imágenes registradas con los satélites mencionados. Básicamente, el índice NDVI evalúa el tamaño fotosintético relativo de la cubierta vegetal ya que recoge principalmente cómo los cultivos absorben la radiación solar fotosintéticamente activa. A partir del procesamiento de las imágenes satelitales y el cálculo del NDVI para cada fecha disponible es

posible definir la secuencia temporal del índice y de este modo representar la evolución del desarrollo de los cultivos en el terreno analizado. En la Figura 1 se muestran ejemplos de la evolución temporal del índice en varios cultivos desarrollados en la Región de Coquimbo.

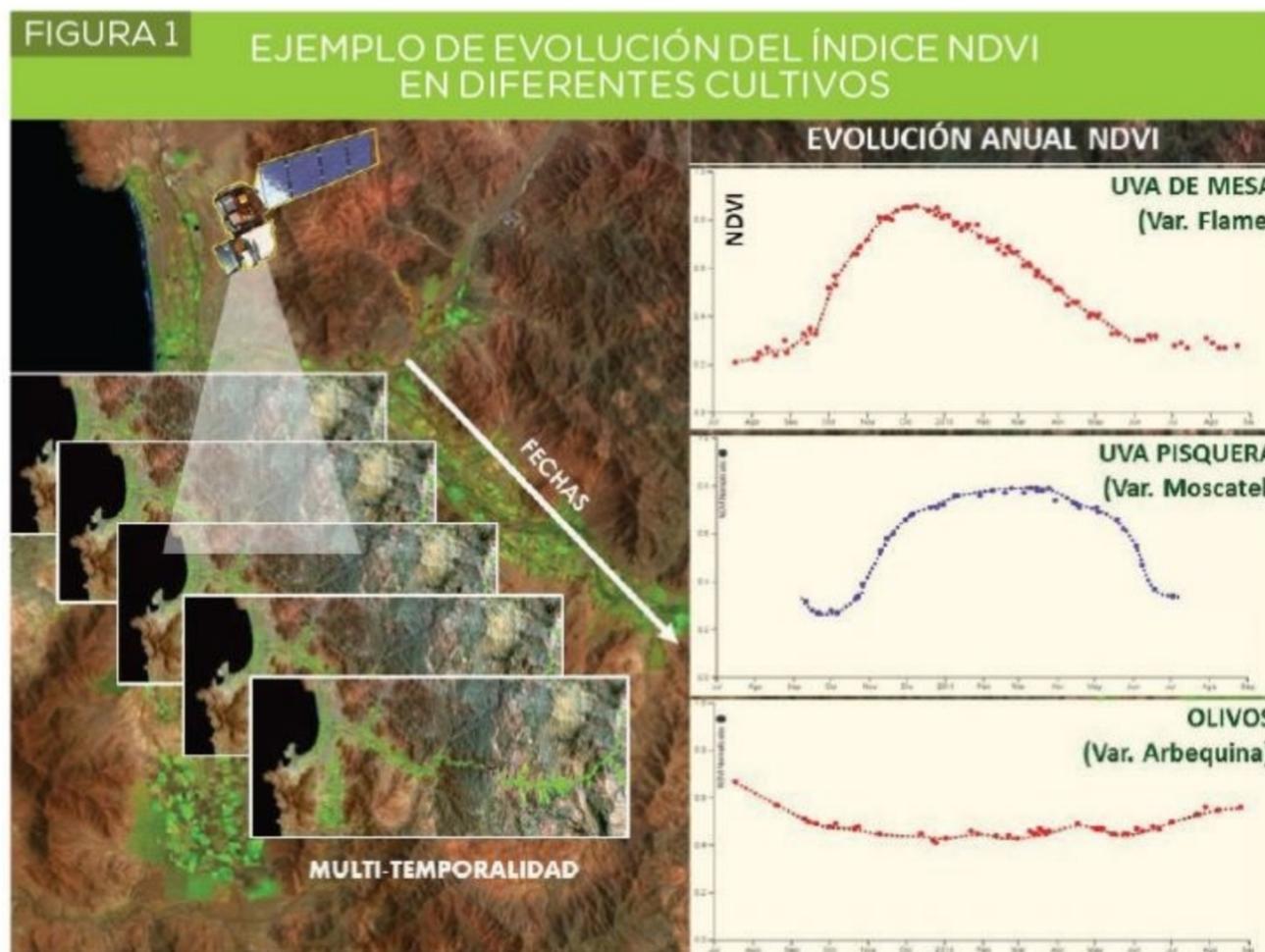
INFORMACIÓN SATELITAL ÚTIL

En función de las condiciones ambientales

locales (nubosidad principalmente) hoy en día es posible contar con series temporales de imágenes satelitales, lo que se espera se incremente dadas las tendencias del uso de herramientas satelitales para la observación de la tierra. A partir de esta información, se pueden implementar análisis y caracterizaciones de la agricultura en dos escalas, una muy amplia regional y otra más detallada intrapredial.

La escala regional (cuencas, zonas agrícolas, etc.) tiene gran utilidad para la gestión de la agricultura, ya sea por la administración pública o privada. La información aportada por los satélites ayuda a definir las zonas cultivadas, catastros de uso de suelo agrícola, variación interanual y modelar el consumo hídrico de las zonas cultivadas en amplias regiones, entre otros múltiples usos.

La otra escala es la llamada intrapredial (campos de productores) donde la información derivada de las imágenes satelitales tiene valor para el manejo agronómico

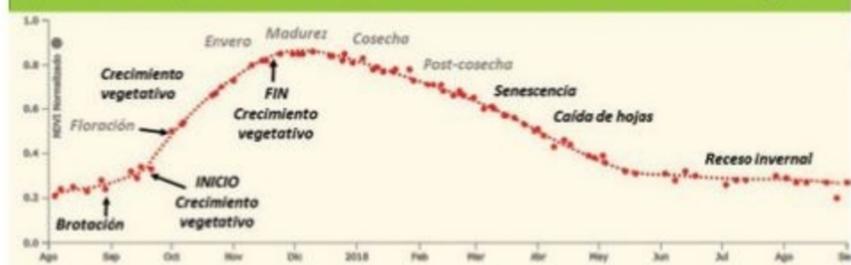


de los cultivos. La información derivada puede ser: fechas de inicio y fin del desarrollo vegetativo de los cultivos, vigor del crecimiento (cobertura rápida del suelo), valores máximos de desarrollo alcanzados en la temporada (máximo NDVI, máxima cobertura), variabilidad espacial, período estable (sin crecimiento), inicio de la senescencia, receso invernal. Todos estos instantes del ciclo anual de un cultivo pueden ser establecidos y supervisados a través del análisis temporal de imágenes satelitales, adaptando el manejo agronó-

micodel cultivo, con énfasis en el manejo del riego. En la figura 2 se señala un ejemplo del desarrollo de un cultivo (parrón uva de mesa) caracterizado a partir de la evolución anual del índice de vegetación NDVI.

La información registrada en cada imagen satelital irá formando parte de “un libro de campodigital” que será un relato histórico del desarrollo anual del cultivo en la parcela, permitiendo realizar comparaciones de su desarrollo año con año. Esta historia digital en imágenes satelitales puede ser utilizada, por

FIGURA 2 EJEMPLO DE CURVA ANUAL DE DESARROLLO DEL NDVI EN UN PARRÓN DE UVA DE MESA (Var. Flame) indicando la secuencia de estados fenológicos



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), comparar con las temporadas anteriores o con otros campos cercanos, definir posibles

fechas de cosecha, toda información útil para la toma de decisiones de manejo agronómico de los cultivos (Figura 3).

La definición de la variabilidad espacial de los cultivos (zonas diferenciadas dentro de las parcelas agrícolas)



CHILE

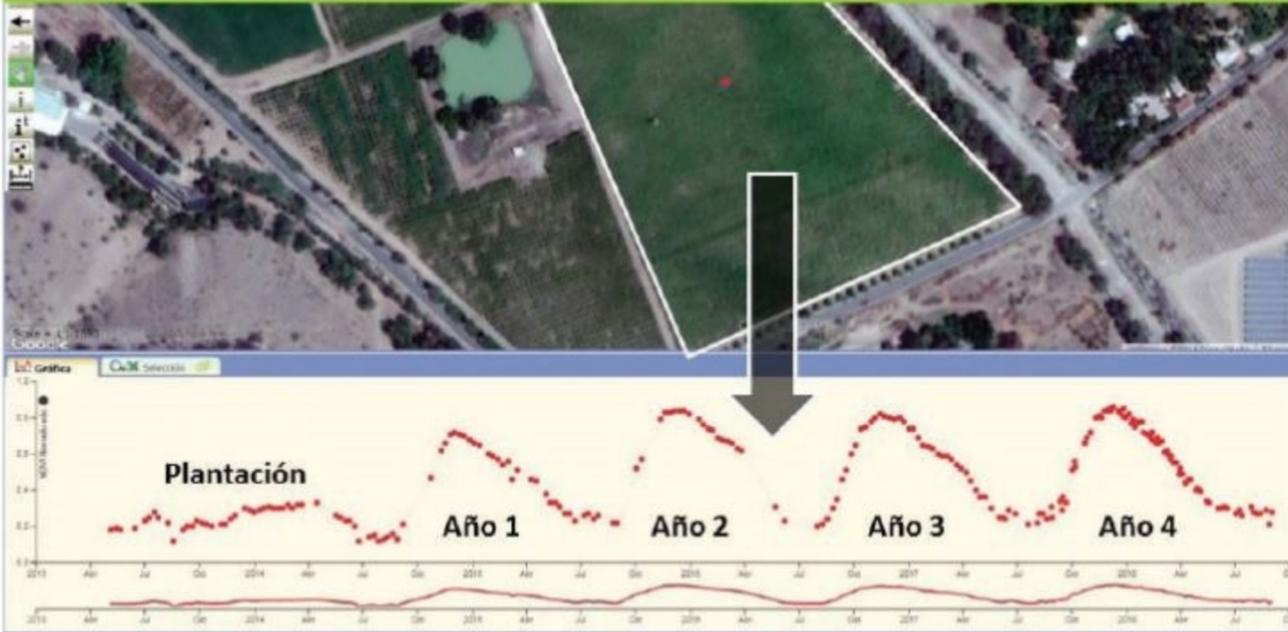
16 Enero 2019

**Hotel InterContinental
Santiago, Chile**

Exportación hortofrutícola, mercados emergentes y nuevas conexiones

www.pma.com/fcchile

FIGURA 3 EJEMPLO DE EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE NDVI SATELITAL DE UN PARRÓN DE UVA DE MESA DURANTE CINCO AÑOS DE DESARROLLO HASTA VALORES ESTABLES (PARRÓN ADULTO)



es posible realizarlo a partir del análisis de las imágenes satelitales. En la figura 4 se muestra un ejemplo de un parrón de uva pisquera donde se han identificado dos zonas en las cuales el cultivo presenta valores diferentes del índice NDVI. Esta información puede ser de gran utilidad en la toma de decisiones para el manejo de este cultivo ya que las diferencias pueden estar relacionadas con deficiencias en los programas sanitarios, de fertilización o con el manejo del riego (diferente capacidad de retención de humedad

en los suelos de la parcela, mal funcionamiento del equipo de riego, etc.). La identificación de la variabilidad espacial puede proporcionar información útil para los agricultores para la programación de la cosecha de los cultivos, sectorizando calidades o fechas de recogida.

Las tecnologías de supervisión satelital no reemplazan las visitas en terreno sino que permiten orientar y mejorar la eficiencia de los recorridos en campo. La supervisión tradicional de los cultivos (caminado o en

vehículos) siempre tiene el sesgo de la disponibilidad de caminos o del tiempo disponible para hacer 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.

Asimismo, la información proporcionada por las imágenes satelitales es cuantitativa (numérica) y no depende de las apreciaciones personales del observador. De este modo los valores obtenidos en

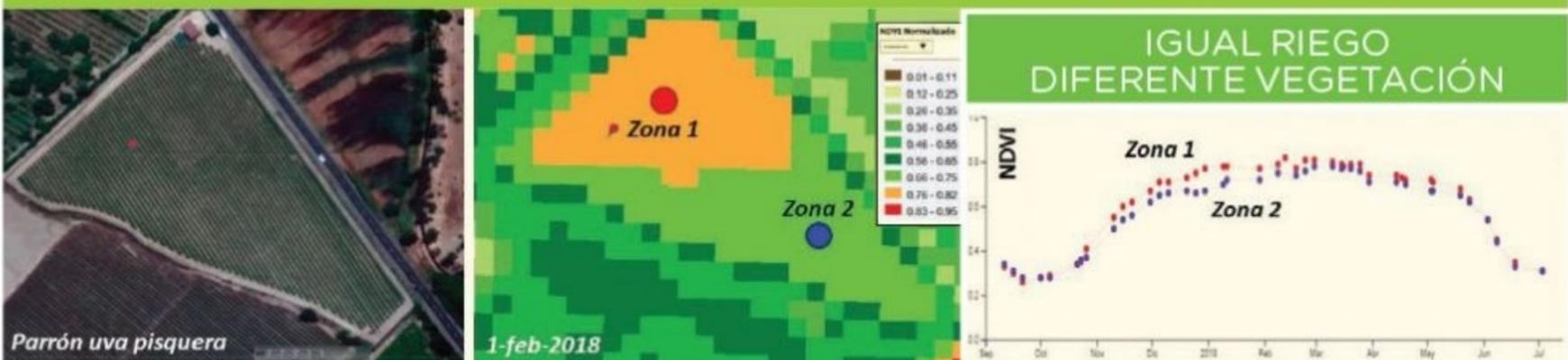
una parcela pueden ser comparados directamente con otra parcela, sin incluir el sesgo del observador.

RIEGO E INFORMACIÓN SATELITAL

Tradicionalmente el manejo del riego en los campos agrícolas se realiza de manera cualitativa utilizando un conocimiento empírico adquirido en el terreno o cuantitativamente a partir de metodologías que no representan necesariamente el nivel de desarrollo de los cultivos bajo las condiciones locales (in situ). El seguimiento temporal realizado con imágenes satelitales permite caracterizar el nivel de desarrollo real de las plantas in situ (pixel a pixel), estimando su cobertura, la cantidad de vegetación desplegada y la absorción de la radiación solar, todo lo que tendrá relación con la capacidad de transpiración del cultivo.

La evolución del cultivo, cuantificado a partir del NDVI, presenta una estrecha correlación con el denominado coeficiente de cultivo (K_c), factor adimensional que permi-

FIGURA 4 EJEMPLO DE VARIABILIDAD ESPACIAL PRESENTE EN UNA PARCELA AGRÍCOLA QUE PERMITE IDENTIFICAR SECTORES CON ANOMALÍAS O DIFERENCIAS EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS



te la cuantificación de las necesidades de agua de las plantas. Este coeficiente corrige la demanda evaporativa de la atmósfera (evapotranspiración de referencia, ETo) para estimar el agua que evapotranspira un cultivo particular, de acuerdo a la siguiente relación:

$$ET_c = K_c \times ETo$$

De este modo, con el desarrollo del proyecto "Plataforma agrícola satelital para el seguimiento de la determinación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos del país" se determinarán los valores de K_c , a partir de los valores del índice NDVI obtenido de imágenes satelitales.

Por su parte, la información relacionada con la demanda ambiental (representada por la ETo) será obtenida a partir del segundo proyecto ("Mapa dinámico a escala diaria de la Evapotranspiración de Referencia (ETo) para determinar las necesidades de riego en Chile"). Este proyecto utilizará la información meteorológica registrada diariamente por la Red Agroclimática Nacional (RAN) del MINAGRI y otras fuentes de registro como DGA, con la innovación de que esta será extrapolada entre las estaciones de manera de generar diariamente una capa continua de los valores de la demanda ambiental de la atmósfera, evaluada a través de la evapotranspiración de referencia (ETo), lo cual permitirá el acceso a información más precisa que permita la gestión más eficiente del riego.

De esta forma, el problema de la representatividad y área de influencia de las estaciones es abordado, al introducir en la interpolación componentes espaciales (aspecto, exposición, pendiente, distancia a cuerpos de agua) que describen las principales variaciones del clima en el paisaje.

PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL (PLAS)

De este modo y gracias al cofinanciamiento de FIA y el trabajo mancomunado de especialistas en clima, riego y recursos hídricos de diversas instituciones de investigación agrícola, se está trabajando en una plataforma satelital, que integrará los productos de los dos proyectos mencionados y que permitirá la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos entre las regiones de Coquimbo y Biobío.

Actualmente, en la Región de Coquimbo y con la asesoría del INIA, ya hay pequeños agricultores usando un prototipo de la plataforma satelital para calcular las necesidades de riego de sus cultivos. Una vez terminada la Plataforma Nacional, quedará a disposición de usuarios como productores de todos los tamaños, organizaciones de regantes, instituciones públicas, universidades, entre otros en la dirección web <http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas> (usuario: plas, contraseña: plas).

La plataforma estará dotada de capacidades para realizar consultas de cualquier cultivo y establecer la dinámica temporal de su desarrollo en campo a partir del índice de vegetación NDVI, además de la demanda ambiental (ETo), lo que permitirá estimar de manera dinámica las necesidades hídricas de los cultivos.

Un aspecto muy valioso de este proyecto lo constituye la consolidación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional de trabajo, que busca poner las capacidades de investigación y desarrollo existentes en el país al servicio de los problemas que enfrenta nuestra agricultura para transformarse en un sector con mayor capacidad de respuesta a los desafíos del cambio climático, la gestión del agua y la consolidación de un modelo sustentable de desarrollo.

Líderes en rectificación de motores

Calidad, eficacia y rapidez, desde 1936

Nuestro taller cuenta con tecnología moderna en máquinas y con personal altamente calificado, de mucha experiencia.

Buscamos otorgar un servicio de calidad consistente y lo más rápido posible.



INDUMOTOR¹⁹³⁶

Servicio Garantizado | Facilidades de pago

Con Con 352 - Estación Central
Santiago de Chile

www.indumotor.cl

Mesa Central +2 2689 4279



Paquete tecnológico para el riego eficiente: imágenes de satélites, estaciones meteorológicas y sensores de humedad del suelo



► **Claudio Balbontín N.**
Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Dr.
INIA Intihuasi

Cada día la disponibilidad hídrica para el riego de los cultivos recibe nuevas amenazas debido a los bajos montos anuales de las precipitaciones o a los efectos del cambio climático que prevé una disminución de las reservas nivales en la cordillera de Los Andes. Asimismo, la competencia por el uso del agua con otros usuarios como la población y sus necesidades de bebida, el medio ambiente, la minería y la industria configuran un escenario de escasez hídrica cuyos síntomas ya se visualizan en algunos sitios del país.

Además, los patrones de cambio de temperatura obligan al aporte de riego (complementario aún) en zonas tradicionales de secano y/o la incorporación de nuevas zonas de riego debido a la expansión de la frontera agrícola. Sumado a esto, el crecimiento de la población mundial proyecta una mayor necesidad de alimentos, lo que representa un gran desafío para la industria hortofrutícola nacional.

Este panorama contrasta con la baja eficiencia en el uso del agua que se observa, en general, en las actividades agrícolas del país, la cual se estima en un 40%, aproximadamente. En este sentido, se aprecia una **falta de marcos** conceptuales para la

COQUIMBO

3 satélites
1 vez semana

Coquimbo
Valparaiso
Región Metropolitana
O'Higgins
Maipo
Bío Bío

Plataforma Agrícola Satelital de Chile

Riego (Eficiencia hídrica)

Agricultura precisión

Monitoreo agrícola

Productividad

<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>

definición de las necesidades de riego de los cultivos y la obsoleta o inexistente matriz tecnológica para el manejo eficiente del riego. Es muy común en los campos agrícolas que frente a la pregunta ¿Qué marco conceptual o herramientas tecnológicas utiliza para definir las necesidades de riego del cultivo?, la respuesta sea “ninguno”. De este modo, las labores asociadas tradicionalmente al riego se realizan solo con el conocimiento empírico del agricultor o encargado, aprendido con el paso del tiempo en el sitio. Si bien es cierto este conocimiento es muy valioso, no permite aumentar la eficiencia cuando se piensa en miles de explotaciones agrícolas dispersas por el país, con gran diversidad de situaciones y condiciones ambientales propias.

Adicionalmente, y frente a los desafíos que representa la producción agrícola limpia (con bajo impacto en el ambiente), la necesidad de mejorar la eficiencia hídrica cobra aún más importancia debido a la conocida asociación que existe entre el riego y factores adversos como son el lavado de nutrientes (lixiviación), la contaminación con fertilizantes o herbicidas del suelo y cuerpos de agua (subterráneos y superficiales) o procesos erosivos del suelo.

Ante estos escenarios de la agricultura es necesario establecer un marco conceptual robusto para la definición de las necesidades de riego de los cultivos y buscar las herramientas tecnológicas que permitan aplicarlo de manera operativa. Sin bien el marco teórico ha estado disponible desde hace muchos años, su aplicación de manera masiva no ha sido posible por diversas razones. Hoy en día, el nivel de conocimientos y el gran desarrollo tecnológico orientado al manejo del riego, ofrecen una excelente oportunidad para enfrentar los desafíos y establecer una agricultura moderna en un entorno cambiante.

Caracterización del entorno para la programación del riego

El manejo del riego en condiciones de escasez hídrica exige un análisis cuidadoso de los tres principales factores que definen las necesidades de riego de un cultivo, estos son: el grado de desarrollo del cultivo

al momento de estimar el riego, las condiciones meteorológicas del sitio donde se desarrolla y las características del suelo donde crece.

En el año 2006 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) planteó la metodología conocida como “Coeficiente de Cultivo (Kc)-Evapotranspiración de Referencia (ET_o)” para estimar las necesidades de riego de los cultivos. Esta propuesta relaciona tanto las condiciones de la demanda ambiental del sitio con el nivel de desarrollo del cultivo, es decir la capacidad para evapotranspirar. Dichos parámetros se relacionan de acuerdo a la siguiente ecuación (1):

$$ET_c = K_c * ET_o$$

donde, ET_c es la evapotranspiración del cultivo, es decir el agua que debe ser aportada al cultivo para reponer su consumo hídrico; el K_c que es el coeficiente de cultivo; y la ET_o que corresponde a la evapotranspiración de referencia o demanda ambiental, la cual es estimada a partir de datos meteorológicos obtenidos en la localidad.

La innovación tecnológica en este punto es la capacidad que tenemos hoy de estimar el Coeficiente de Cultivo a partir de imágenes satelitales. A partir de trabajos de investigación realizados en el mundo se ha logrado establecer una relación lineal entre el K_c y el índice de vegetación NDVI registrado desde los satélites que orbitan nuestro planeta. De este modo es posible describir e identificar el nivel de desarrollo de los cultivos en cualquier lugar del país.

Esta información está disponible en la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) (<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>) y puede ser consultada para cualquier sitio que se encuentre entre las regiones de Coquimbo y el Biobío.

Por otro lado, y para integrar el componente de la demanda ambiental indicada en la Ecuación (1), el Ministerio de Agricultura cuenta con una Red Agrometeorológica Nacional (RAN) distribuida a lo largo de Chile (<http://agromet.inia.cl/>) en donde es posible consultar los valores de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y establecer diariamente la demanda ambiental de la localidad.

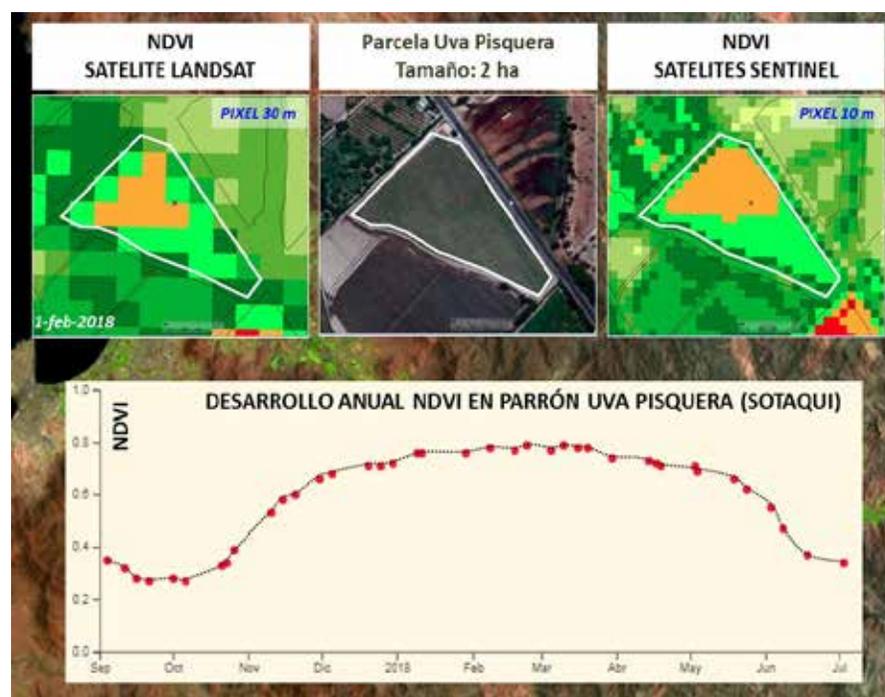


Figura 1. Satélites disponibles y curva de desarrollo de un parrón pisquero de uva ubicada en la zona de Sotaquí (Coquimbo).



Figura 2. Página web <http://agromet.inia.cl/> para visualización y descarga de datos meteorológicos.

De este modo, ambas informaciones están disponible en internet y permiten utilizar la Ecuación (1) para estimar las necesidades de riego de manera operativa. El siguiente paso será entonces ajustar las necesidades de riego definidas con la metodología anterior a las características del suelo donde se desarrolla el cultivo.

Características del suelo y tecnologías para el monitoreo de la humedad disponible
Al momento de aportar el agua de riego estimado de acuerdo a lo descrito ante-

riormente, se deben considerar aspectos relativos a características propias del suelo donde crece el cultivo. Es posible que las necesidades de riego sean estimadas con alta precisión, pero se falle al momento de manejar el riego en cuanto a su duración y/o frecuencia. La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, la profundidad efectiva para el desarrollo de raíces, la presencia de limitantes para el crecimiento de raíces, entre otros, serán los principales factores que determinarán la eficiencia del riego.

La disponibilidad hoy en día de sondas de humedad del suelo (visibles desde internet), son una alternativa de gran utilidad para el control, la supervisión y el monitoreo del riego. Información relativa a la profundidad alcanzada por el riego en un tiempo determinado, el agotamiento de la humedad aprovechable en el tiempo e incluso la verificación de los instantes de riego, son datos que permiten al agricultor tener más información y definir aspectos relativos a los tiempos y frecuencias del riego.



La caracterización de los ciclos de humedecimiento y secado del suelo pueden ser realizados utilizando sensores enterrados a diferentes profundidades, los cuales permiten llevar un control tanto de los instantes de riego, las zonas humedecidas en cada riego, así como del agotamiento del contenido de humedad en el suelo entre los riegos.

De este modo, el establecimiento de umbrales de agotamiento de la humedad del suelo, los cuales estarán en función del tipo de suelo y de la especie con la que se trabaje, permiten establecer frecuencias y tiempos de riego que satisfagan las demandas de riego estimadas con la metodología satelital Kc-ET_o descrita anteriormente, humedecer zonas del perfil de suelo donde la densidad de raíces permita el máximo aprovechamiento del agua aportada y maximizar el potencial productivo de los recursos hídricos escasos.

PAQUETE TECNOLÓGICO Y CAPACITACIONES

El paquete tecnológico expuesto corresponde a los trabajos que realiza INIA para implementar estrategias de agricultura de precisión para mejorar la eficiencia hídrica. Basados en un marco conceptual robusto como el planteado por FAO, y el uso de nuevas tecnologías para el monitoreo, es posible realizar un manejo integral del riego. La implementación de estas tecnologías se está realizando hace algunos años ya, en especies como uva de mesa, uva pisquera, nogales, cítricos, paltos, olivos y papayos, entre otros cultivos. Los resultados alcanzados en productividad y ahorro de agua confirman la aptitud del conjunto

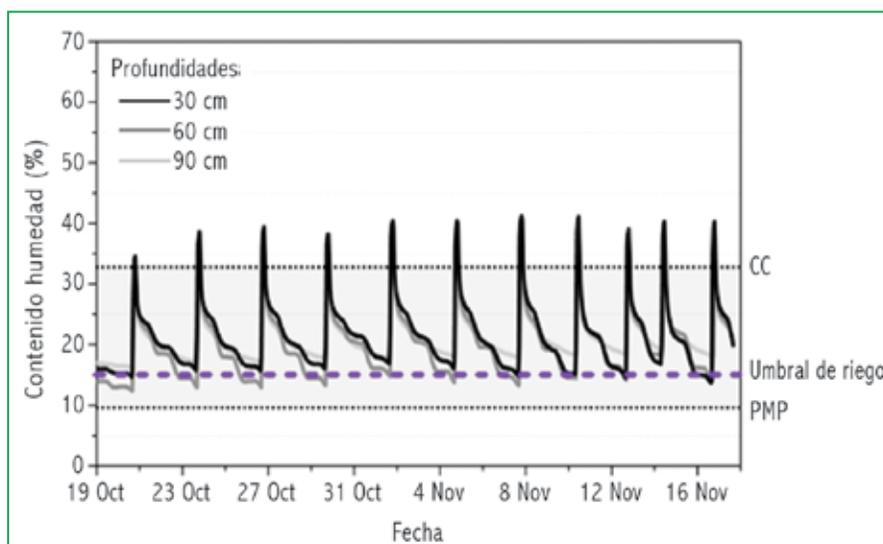


Figura 3. Registro del contenido de humedad en el suelo utilizando sensores de capacitancia.

de tecnologías utilizadas y su simpleza le confieren gran operatividad y capacidad de internalización dentro de los procesos productivos agrícolas.

contactar a claudio.balbontin@inia.cl o al número: +51 2 223290 ext. 2139 si está interesado.

Contacto:



claudio.balbontin@inia.cl



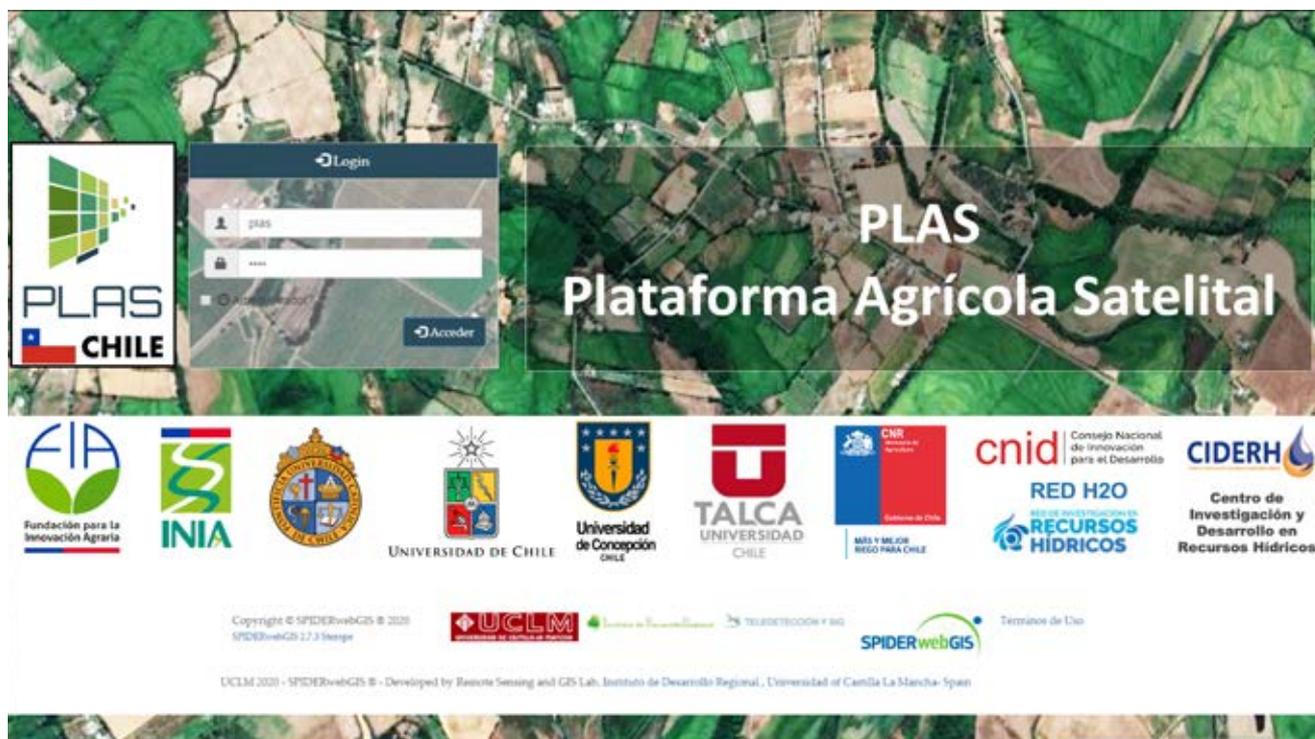


Figura 1. Sitio web Plataforma Agrícola Satelital PLAS.

Plataforma Agrícola Satelital PLAS

COEFICIENTES DE CULTIVO SATELITALES PARA AUMENTAR EFICIENCIA HÍDRICA

Muchos productores definen volumen, tiempo y frecuencia del riego de manera intuitiva o con base a su propia experiencia sitio específica, sistema que conlleva un alto nivel de incertidumbre asociada al correcto manejo del riego, el que en algunos casos es de muy baja eficiencia. En este contexto, por medio de teledetección, la Plataforma Agrícola Satelital PLAS es un esfuerzo de modernización de las herramientas para la supervisión y el manejo del riego.

✍️ CLAUDIO BALBONTÍN N., INIA INTIHUASI. CLAUDIO.BALBONTIN@INIA.CL, TELÉFONO: +56 51 2 223290 EXT. 2139

Chile está atravesando una de las peores crisis hídricas que se tenga registro. La duración y frecuencia de los periodos con bajas precipitaciones se está acrecentando a lo largo del país debido a los efectos del cambio climático. Así mismo, en la Cordillera de Los Andes, las reservas de agua también están disminuyendo, ya sea por los menores montos de precipitaciones, como también por cambios en la altura de la cota isoterma cero. Estas condiciones meteorológicas dan lugar a serias limitantes en el acceso a los recursos hídricos y a situaciones de déficit hídrico en diversas localidades donde tradicionalmente no existía la necesidad de aportar riego.

En contraste, el desarrollo poblacional, económico e industrial del país, han aumentado la demanda por recursos

hídricos y la presión sobre su uso. Nuevos parámetros económicos (empresas B, certificaciones, huella del agua, etc.) obligarán a las empresas al correcto uso del agua si se quiere acceder a mercados internacionales exigentes en estas materias. En este contexto, la agricultura chilena (principal usuario del agua), enfrenta serios problemas relacionados con la disponibilidad hídrica, lo que incluso han generado controversias sociales relacionadas con el acceso al recurso en algunas zonas y el bloqueo económico de algunos mercados.

En la agricultura chilena, al igual que en resto del mundo, se estima que la eficiencia hídrica estaría en torno al 50%, es decir de cada 10 litros que se aportan a un cultivo, solo 5 litros son aprovechados por estos en sus procesos de transpiración, en tanto que el resto

se perderá en conducción, evaporación, percolación profunda, entre otros procesos. Esta baja eficiencia es dramática si se piensa que la agricultura es el principal usuario del agua. La buena noticia sería que el aumento en la eficiencia hídrica en la agricultura representaría notables aumentos globales que permitirían disminuir la presión por el elemento y aportaría sustentabilidad a las actividades agropecuarias.

Entre las principales falencias que se detectan en la eficiencia hídrica del riego está la falta de infraestructura para el correcto aporte del riego, la falta de metodologías estandarizadas para la definición de las necesidades de riego de los cultivos, el no uso de información meteorológica para definir la demanda ambiental del sitio, la falta de tecnologías para el monitoreo de la disponibilidad

hídrica en el suelo, el no uso de coeficientes de cultivo locales, por mencionar las principales. De este modo muchos usuarios definen volumen, tiempo y frecuencia del riego de manera intuitiva o con base a su propia experiencia sitio específica, lo cual conlleva un alto nivel de incertidumbre asociada al correcto manejo del riego, el que en algunos casos es de muy baja eficiencia.

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN SATELITAL

Desde el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA se plantea como estrategia para aumentar la eficiencia hídrica en riego el uso coordinado de marcos conceptuales robustos para la definición de las necesidades de riego de los cultivos y por otro lado nuevas tecnologías para el monitoreo del riego. En este sentido, el INIA junto a otras instituciones de investigación agrícola del país (Universidades de Chile, Talca, Católica de Chile, Arturo Prat) y el co-financiamiento de FIA, han desarrollado el proyecto Plataforma Agrícola Satelital PLAS el cual es un esfuerzo de modernización de las herramientas para la supervisión de la agricultura y el manejo del riego (Fig. 1).

Los avances científicos de los últimos 30 años en teledetección (remote sensing en inglés) han demostrado la aptitud de los índices de vegetación satelitales (IV) para evaluar la vegetación, el vigor de los cultivos, estimar la evapotranspiración (ETc) y por tanto las necesidades de riego. La base de estas metodologías es la relación establecida entre los índices de vegetación y el coeficiente de cultivo (Kc), que resulta de la capacidad de los IV para medir la radiación absorbida por la vegetación, como el principal impulsor del proceso de evapotranspiración. El creciente número de satélites aumentan la disponibilidad de datos para alimentar las metodologías basadas en los IV para estimar el Kc con alta frecuencia y resolución espacial o nivel de detalle en tierra. Adicionalmente, el desarrollo de plataformas de comunicaciones disponibles en internet, así como dispositivos móviles para consulta, permiten disponer de esta información de manera simple, rápida y operativa para el manejo rutinario del riego.

La Plataforma Agrícola Satelital de Chile PLAS (<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>) es un ejemplo de este conjunto de tecnologías puestas al servicio de la agricultura. En ella es posible consultar el nivel de desarrollo de los cultivos y por tanto estimar el valor del Coeficiente de Cultivo (Kc) en ese momento, en cualquier predio ubicado entre las regiones de Atacama y del

Cuadro 1. Características de las imágenes satelitales disponibles en la plataforma PLAS.

Programa	Satélite	Cobertura imagen	Resolución temporal (días entre visita)	Resolución Espacial	Resolución espectral
LANDSAT (NASA)	LANDSAT 8	185 Km por 185 Km	16 días	30 metros	11 bandas
COPERNICUS (ESA)	SENTINEL 2A SENTINEL 2B	100 Km por 100 Km	10 días	10 metros	13 bandas

Biobío (Fig. 2.). Para esto, la plataforma PLAS trabaja con imágenes de dos programas satelitales internacionales: el programa Copernicus de la Agencia Satelital Europea (ESA) con sus satelites Sentinel 2A y Sentinel 2B y el programa Landsat de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), con su satellite Landsat 8. En el Cuadro 1 se muestra información técnica de los satélites de ambos programas utilizados en la plataforma.

La Plataforma PLAS se actualiza de manera rutinaria cada vez que existe una nueva imagen satelital disponible. De este modo es posible contar con casi una imagen semanal en las zonas más despejadas del país (norte) y al menos una imagen cada 15 días en la zona con mayor frecuencia de nublados (sur). A partir de la secuencia de imágenes es posible analizar en detalle (pixel a pixel) el comportamiento del vigor del cultivo, realizar comparaciones entre distintas zonas del campo y establecer posibles

medidas correctivas, si se identifican zonas del cultivo con bajo desarrollo (Fig. 3). Este tipo de análisis del cultivo, con alto nivel de detalle y alta eficiencia de supervisión, es imposible de realizar en todos los predios con otras técnicas, dada su ubicación, relieve, dimensiones y el tiempo que significaría una visita con este detalle.

Es importante indicar que las tecnologías de supervisión satelital no reemplazan las visitas a terreno sino que permiten orientar y mejorar la eficiencia de los recorridos en campo. Pero la supervisión tradicional de los cultivos (caminado o en vehículos), siempre tiene el sesgo de la disponibilidad de caminos o del tiempo disponible para hacer 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. Asimismo, la información proporcionada por las imágenes satelitales es cuantitativa



Figura 2. Cobertura Plataforma Agrícola Satelital PLAS.

(numérica) y no depende de las apreciaciones personales del observador. De este modo los valores obtenidos en una parcela pueden ser comparados directamente con otros sitios en la parcela o con otras explotaciones, sin incluir el sesgo del observador

En este sentido, dentro de la información derivada desde las imágenes satelitales, útil para el manejo agronómico de los cultivos, se puede indicar la identificación de fechas de inicio y fin del desa-

rollo vegetativo de los cultivos, vigor del crecimiento (cobertura rápida del suelo), valores máximos de desarrollo vegetativo alcanzados durante la temporada (máximo NDVI, máxima cobertura), período estable sin crecimiento vegetativo (llenado de frutos generalmente), inicio de la senescencia, receso invernal, entre otros. Todos estos instantes del ciclo anual de un cultivo pueden ser establecidos y supervisados a través del análisis temporal de las imágenes, adaptando el manejo

Ventajas de usar CROP BOOSTER para el agricultor

1. Aumento de rendimiento y condición de la fruta.
2. Adelanto de la cosecha.
3. Fácil de instalar.
4. Reducción de costos de fertilización.
5. Mejor aprovechamiento del agua de riego.
6. Ayuda a desplazar las sales.



26 días usando Crop Booster



Testigo



Solicita información al + 56 99 542 8955

www.organikolatam.com

Síguenos en

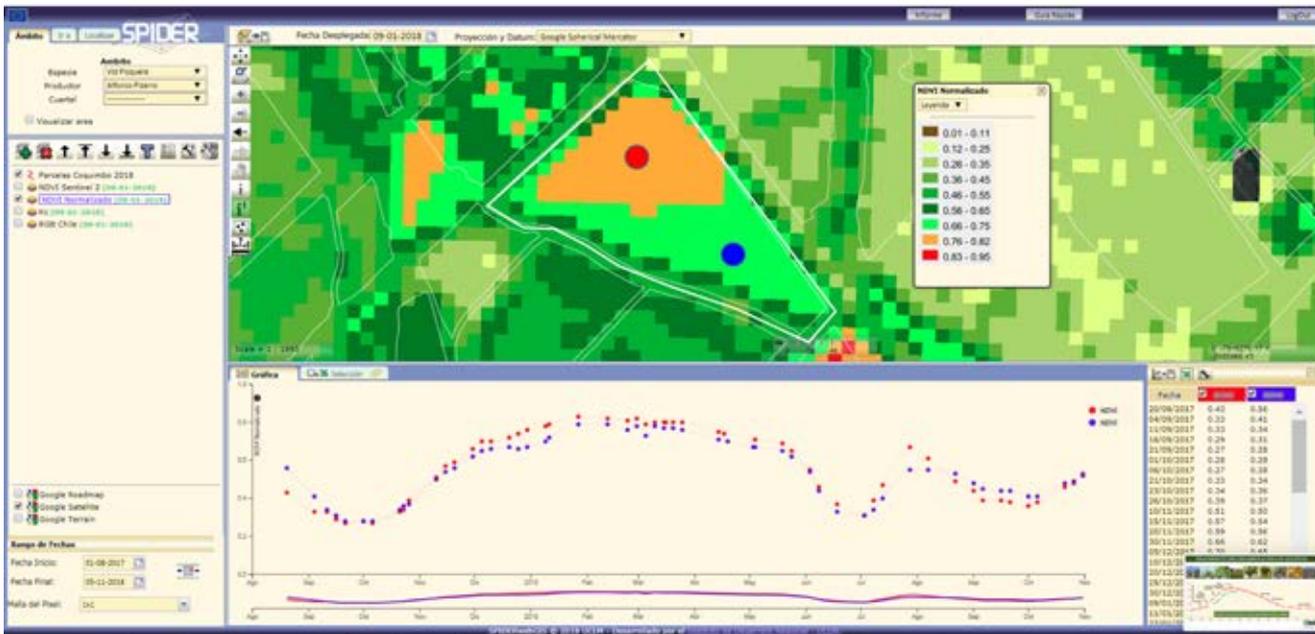


Figura 3. Ejemplo de variabilidad intrapredial de un parrón de uva pisquera.

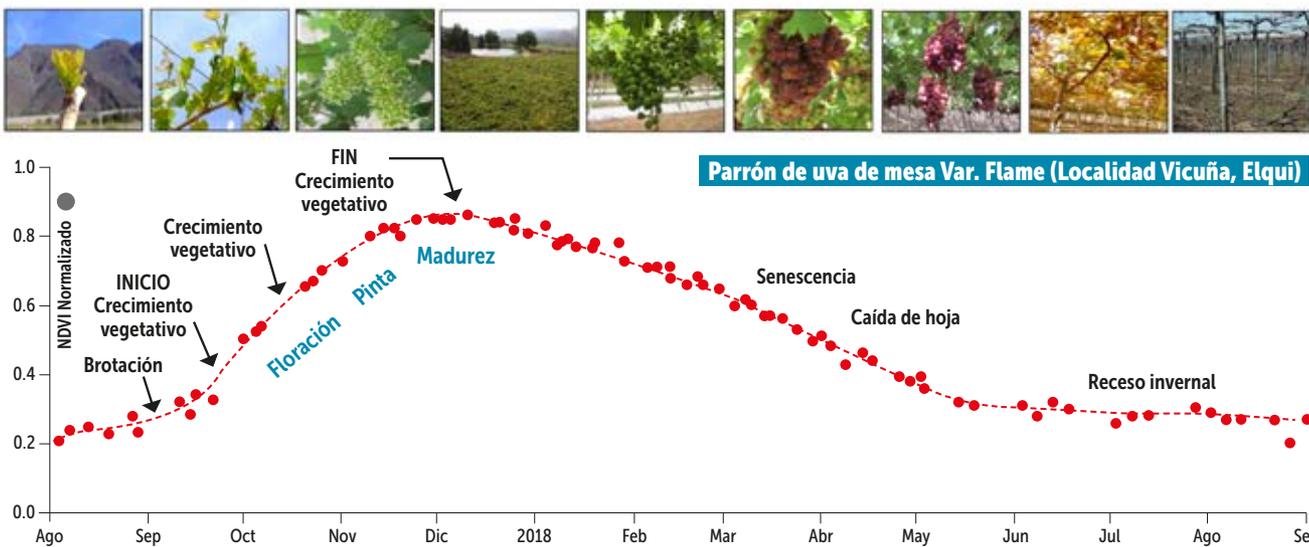


Figura 4. Ejemplo de evolución del desarrollo de un parrón Flame a partir de los valores del índice de vegetación NDVI presentados en la Plataforma PLAS.

agronómico del cultivo, con énfasis en el manejo del riego. En la Figura 4 se señala un ejemplo del desarrollo de un cultivo (parrón uva de mesa) caracterizado a partir de la evolución anual del índice de vegetación NDVI.

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Tradicionalmente el manejo del riego en los campos agrícolas se realiza utilizando el conocimiento empírico adquirido en el terreno o con manejos históricos que no se ajustan necesariamente al consumo hídrico real de los cultivos bajo las condiciones del sitio donde crecen. En casos con mayor nivel tecnológico, se utilizan coeficientes de cultivo genéricos descritos en la literatura, los cuales fueron desarrollados en otras condiciones ambientales y por tanto tampoco representan las condiciones locales del cultivo.

Afortunadamente, hoy en día y gracias a la información obtenida desde las imágenes satelitales, es posible caracterizar el nivel de desarrollo real del cultivo en el sitio, estimar la cantidad de vegetación desplegada y por tanto la capacidad potencial de transpirar frente a la demanda ambiental. De este modo,

una vez consultada la información del coeficiente de cultivo en un predio por medio de la Plataforma Satelital PLAS, es posible implementar el marco conceptual propuesto por FAO para estimar las necesidades de riego de los cultivos. Para esto será necesario contar con valores de la demanda ambiental o evapotranspiración de referencia (ET_o) de la parcela. Esta información es estimada de manera diaria y automática por las estaciones meteorológicas de la Red Agrometeorológica de INIA (MINAGRI), la que se distribuye a lo largo de todo Chile y puede ser descargada en la dirección web <https://agrometeorologia.cl>.

A modo de ejemplo, en la Figura 5 se muestra un parrón de uva de mesa de la variedad Flame, ubicado en la comuna de Vicuña, el cual -de acuerdo a la Plataforma PLAS- presenta un coeficiente de cultivo (K_c) para el 10 de diciembre de 1,05. Por su parte, para la misma fecha la demanda ambiental (ET_o) fue de 4,8 mm/día. De este modo el consumo será 1,05 x 4,8 mm/día, lo que representa un consumo de 5 mm para ese día. De manera operativa para la programación del riego se considera un valor semanal del

coeficiente de cultivo y la suma semanal de la ET_o para definir la reposición en el riego semanal. Solo quedará conocer la precipitación del equipo para saber el tiempo de riego necesario para aportar el volumen determinado. Como se puede apreciar el cálculo es rápido y simple lo cual transforma a la teledetección en una herramienta realmente operativa

para el manejo rutinario del riego.

Otra de las ventajas de utilizar una metodología estandarizada para el cálculo de las necesidades de riego como el descrito, es la posibilidad de implementar manejos deficitarios controlados del riego de acuerdo a la fenología del cultivo. Un ejemplo clásico es la implementación de un riego deficitario controlado para mejorar características de calidad en uva para vino o en la uva pisquera en instantes cercanos a la madurez de la fruta. Así mismo, en variedades de uva de mesa tempranas (ej. Flame), las cuales pasarán gran parte del verano sin fruta, pero con necesidades de riego, es posible implementar riego deficitario aplicando un coeficiente de estrés (k_s) a la multiplicación del K_c por ET_o. En la Fig. 5 se señala un ejemplo de este manejo en un parrón de uva de mesa var. Maylen. También un ejercicio interesante para evaluar el manejo del riego en un campo, es contrastar el riego aportado en la temporada pasada con el indicado a partir de los valores de la Plataforma Satelital. De este modo se pueden identificar instantes en los cuales se aportó una mayor cantidad de agua, que la necesaria para el cultivo (sobre riego), o instantes en que se aportó menos (déficit) (Fig. 6).

Es importante indicar aquí que las estimaciones de las necesidades de riego señaladas corresponden al consumo hídrico del cultivo, pero para el correcto aporte de estas es necesario considerar aspectos relacionados con el suelo en que se desarrolla el cultivo; principalmente propiedades como capacidad de retención de humedad, humedad aprovechable y profundidad de suelo. Estos aspectos son conocidos como agronomía del riego y deben ser abordados a través de caracterizaciones del suelo y el uso de tecnologías para monitorear la disponibilidad hídrica en el suelo.

SUSTENTABILIDAD DE PLATAFORMAS DE APOYO AL RIEGO

La Plataforma PLAS está dotada con capacidades que permiten realizar consultas sobre cualquier cultivo o tipo de vege-

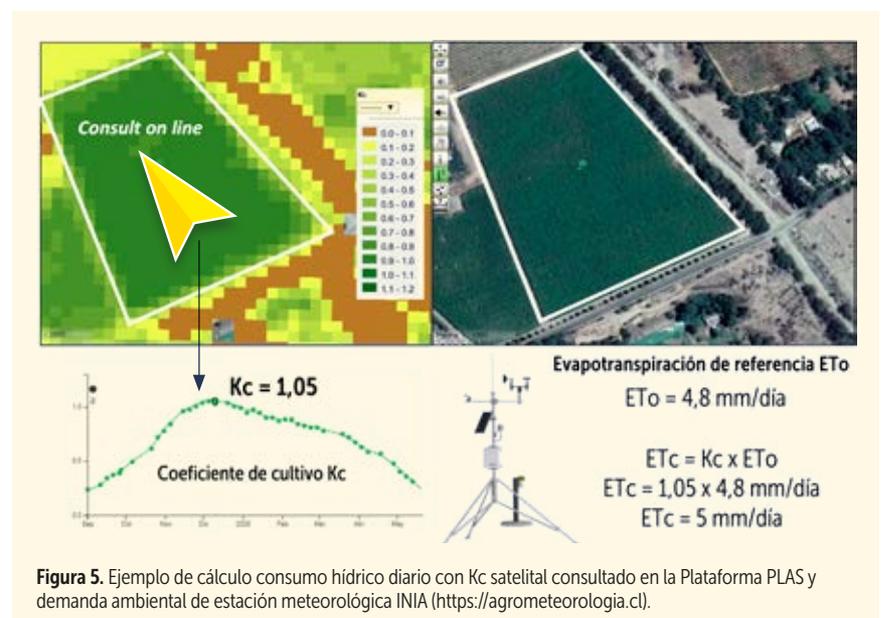


Figura 5. Ejemplo de cálculo consumo hídrico diario con K_c satelital consultado en la Plataforma PLAS y demanda ambiental de estación meteorológica INIA (<https://agrometeorologia.cl>).

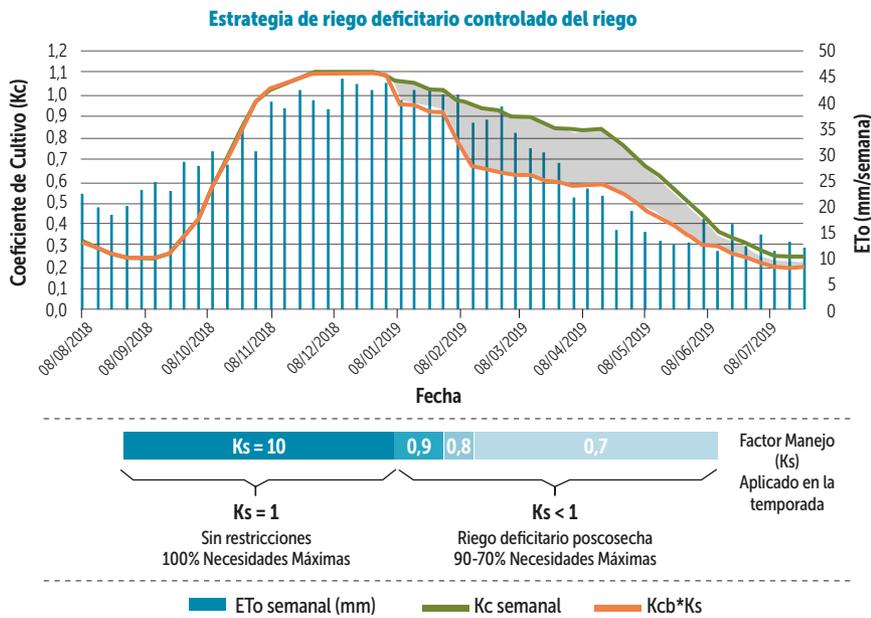


Figura 5. Ejemplo de implementación de un coeficiente de estrés (Ks) en el manejo del riego de uva de mesa. Se destaca en sombra el ahorro de riego.

tación, así como establecer su dinámica temporal de desarrollo a partir del índice de vegetación NDVI. Este índice, transformado en Coeficiente de cultivo, junto a la demanda ambiental del sitio (ETo), permite estimar de manera dinámica y precisa las necesidades hídricas de los cultivos ubicados entre Atacama y Biobío.

Hoy en día y gracias al co-financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y el trabajo mancomunado de especialistas en clima, riego

y recursos hídricos de diversas instituciones de investigación agrícola, se está trabajando en la difusión, validación y perfeccionamiento de la Plataforma. Una vez finalizado este proyecto, la Plataforma PLAS debería quedar a disposición de todo tipo de usuarios. Para esto es necesario establecer su alojamiento y financiamiento basal por alguna institución del estado. Desde el mundo de la investigación estamos entregando continuamente nuevas herramientas para mejorar

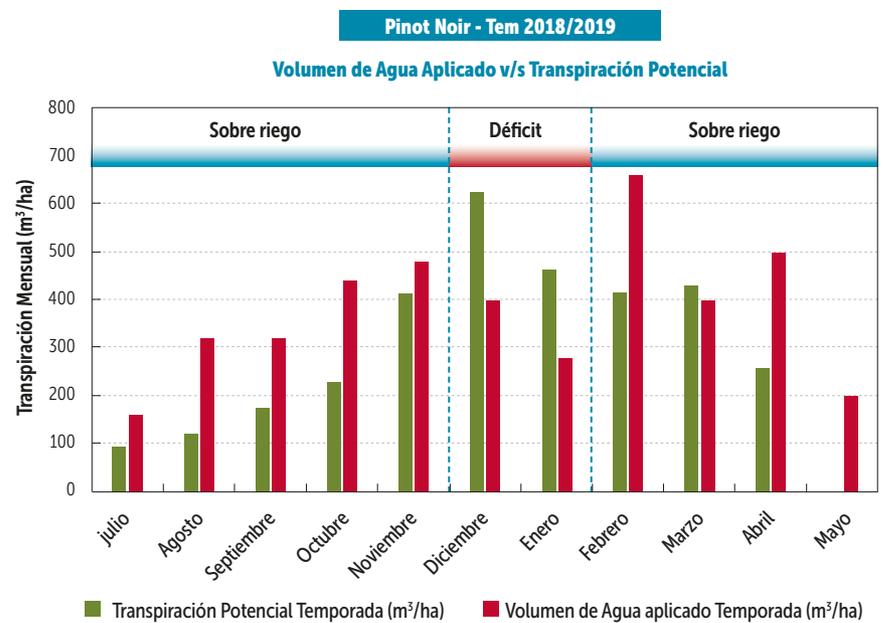


Figura 6. Ejemplo de comparación consumo hídrico mensual modelado con el coeficiente de cultivo satelital versus manejo del riego real durante la temporada.

nuestras prácticas en la agricultura. La Plataforma Satelital PLAS representa una modernización en las herramientas de información cuantitativa de los cultivos, en el marco conceptual de la agricultura de precisión y la eficiencia hídrica.

Un aspecto muy valioso de este proyecto lo constituye la consolidación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional de trabajo, que busca poner las capacidades de investigación y desarrollo existentes en el País al servicio de los pro-

blemas que enfrenta nuestra agricultura para transformarse en un sector con mayor capacidad de respuesta a los desafíos del cambio climático, la gestión del agua y la consolidación de un modelo sustentable de desarrollo. Este equipo de investigadores espera que esta plataforma se consolide como una herramienta basal para el monitoreo de la agricultura chilena y permita establecer métodos de cuantificación del consumo hídrico de los cultivos y por tanto de eficiencia hídrica. **Ra**

hidroconta
hydraulic technology

WHEN WATER COUNTS

Hidroconta, especializada en el diseño y fabricación de productos para el control del riego, válvulas contadores y equipos de telecontrol y complementos para la conducción.

Medidores de agua

Válvulas hidráulicas

Telecontrol

Ventosas

www.hidroconta.com

➔ Información satelital para la agricultura nacional

PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL (PLAS)

El proyecto Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) de Chile es un esfuerzo de especialistas en climatología, riego y recursos hídricos, pertenecientes al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile, junto al apoyo del Consejo Nacional de Innovación para la Desarrollo (CNID) y el co-financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). El desarrollo de esta plataforma se está logrando gracias a los trabajos de dos iniciativas complementarias: “Plataforma Agrícola Satelital para la definición de los requerimientos hídricos de los cultivos” y “Mapa dinámico a escala diaria de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) para determinar las necesidades de riego en Chile”, a partir de las cuales se generará un sistema de consulta disponible en internet, mediante el cual se podrá analizar el estado de desarrollo de los cultivos, la estimación de sus necesidades hídricas y definir manejos agronómicos de los cultivos con alta precisión.

IMÁGENES SATELITALES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN AGRONÓMICA

El interesante desarrollo tecnológico observado en el último tiempo ha permitido contar con nuevas fuentes de información para el análisis y el monitoreo de la agricultura. Dentro de estos desarrollos destaca la Teledetección Satelital (Remote Sensing en inglés) la cual permite obtener información de los cultivos utilizando sensores implementados sobre satélites, los cuales registran imágenes de la tierra con alta frecuencia. De este modo, se puede conocer por ejemplo qué cantidad de follaje está cubriendo el suelo (el desarrollo vegetativo del cultivo), como es absorbida la radiación solar fotosintética o cual es la temperatura superficial de un cultivo, entre otras cosas. Además, la secuencia de imágenes en el tiempo (series temporales) permiten analizar la evolución del desarrollo de un cultivo en el terreno y por lo tanto utilizarla como fuente de información para el manejo agronómico del mismo. Ejemplos de información derivada desde las imágenes satelitales se puede indicar: fechas de inicio y fin del desarrollo vegetativo de los cultivos, vigor del crecimiento (cobertura rápida del suelo), valores máximos de desarrollo alcanzados en la temporada (máximo NDVI, máxima cobertura), variabilidad espacial, período estable (sin crecimiento), inicio de la senescencia, receso invernal.

En la figura 1 se muestra un ejemplo del desarrollo de un cultivo de un parrón uva de mesa, caracterizado a partir de la evolución anual del índice de vegetación

La agricultura chilena enfrenta hoy en día interesantes desafíos planteados ya sea por cambios en las condiciones ambientales (cambio climático, frecuencia de las sequías, balance hídrico, etc.), limitantes en la disponibilidad de recursos hídricos para la agricultura, encarecimiento de los insumos agrícolas, falta de sustentabilidad ambiental en los procesos productivos, por nombrar algunos. En este contexto, el marco conceptual de la agricultura de precisión se presenta como una excelente oportunidad, tanto para modernizar las herramientas tecnológicas utilizadas en la producción agrícola, como para aumentar la eficiencia económica y ambiental del uso de los insumos productivos como son el agua de riego, los fertilizantes, los productos fitosanitarios, entre otros.

Figura 1: Ejemplo de curva anual de desarrollo del NDVI en un parrón de uva de mesa (Var. Flame, región de Coquimbo) indicando la secuencia de estados fenológicos.

Parrón de uva de mesa Var. Flame (Localidad Vicuña, Elqui)

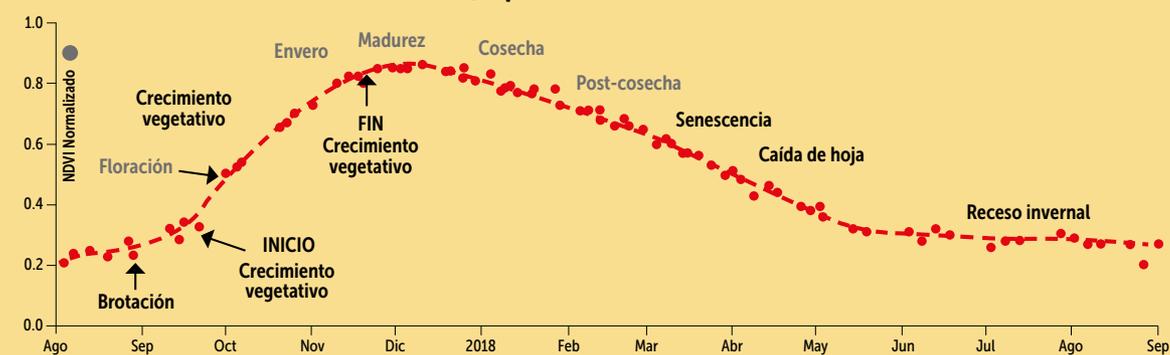
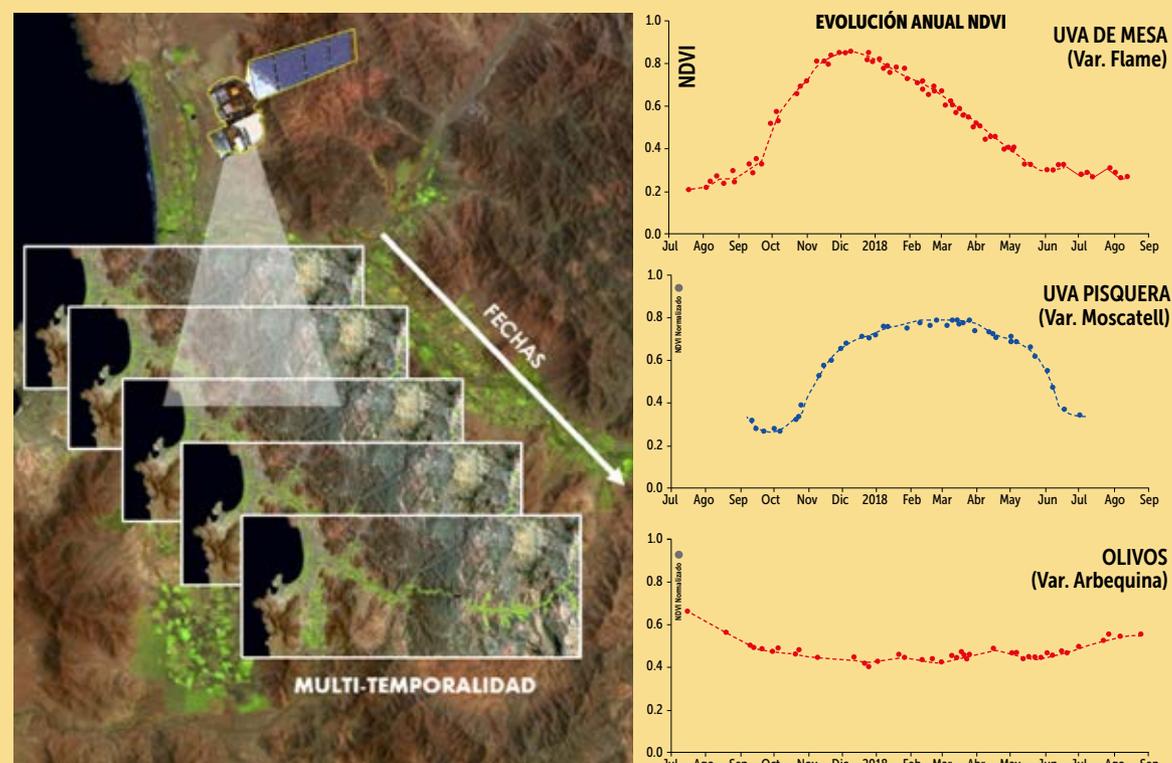


Figura 2: Ejemplo de evolución del índice NDVI en diferentes cultivos desarrollados en la región de Coquimbo.



NDVI estimado de imágenes satelitales.

El Índice de Vegetación NDVI señalado en la imagen anterior es la manera más práctica de utilizar la información registrada por los satélites en la agricultura. De manera genérica se podría definir un Índice de Vegetación como una variable calculada a partir de las respuestas de la vegetación a las distintas longitudes de onda de la radiación solar (absorber o reflejar la radiación) y que permite extraer información de los cultivos, minimizando los efectos del suelo, del ángulo de iluminación del objeto o de la atmósfera. Básicamente, el índice NDVI evalúa el tamaño fotosintético del cultivo ya que recoge principalmente cómo los cultivos absorben la radiación solar fotosintéticamente activa. A partir del cálculo de este índice NDVI para cada fecha de paso del satélite, es posible representar la evolución temporal del desarrollo de los cultivos en una parcela agrícola. Como es de esperar, para cada cultivo es posible establecer el comportamiento del índice NDVI, lo cual servirá para diferenciar tipos de cultivos y diferencias en la fenología de acuerdo a las localidades donde se desarrollan. En la figura 2 se muestran ejemplos de la evolución temporal del índice en varios cultivos desarrollados en la región de Coquimbo.

De este modo, la información derivada de las imágenes satelitales tendrá valor para el manejo agronómico de los cultivos ya que permite identificar fechas claves del desarrollo (emergencia, brotación, senescencia, etc.), vigor del crecimiento y los valores máximos del desarrollo (los cuales como se verá más adelante tienen relación con el riego), la variabilidad del cultivo dentro de los predios, etc. Toda esta información permitirá analizar el desarrollo de un cultivo y adaptar su manejo agronómico a las condiciones observadas. En este aspecto, es bueno indicar que las diferencias identificadas a través del análisis de imágenes satelitales, pueden estar relacionadas con múltiples factores (deficiencias nutricionales, problemas sanitarios, errores en la programación del riego, diferencias de suelo, mal funcionamiento del equipo de riego, etc.) y que los satélites no son capaces de diagnosticar específicamente la razón de dichas condiciones pero si su identificación. Es por esto que las tecnologías basadas en supervisión satelital no reemplazan las visitas en terreno, sino que mejora la capacidad de supervisión y análisis del estado de los cultivos, ya que las maneras tradicionales (caminado o en vehículos) no logran la intensidad de análisis alcanzada con imágenes, ade-

más de ser un método cuantitativo, sin el sesgo introducido por el observador o por la disponibilidad de caminos para recorrer el campo. En este sentido, las herramientas satelitales para la supervisión de los cultivos rompen con estas limitantes, siendo mucho más eficientes y económicos para el análisis del territorio que los métodos tradicionales. En la figura 3 se muestra un ejemplo de un parrón de uva pisquera donde se han identificado dos zonas en las cuales el cultivo presenta valores diferentes del índice NDVI.

INFORMACIÓN SATELITAL PARA EL RIEGO DE LOS CULTIVOS

En la Plataforma PLAS se implementan dos metodologías para estimar las necesidades hídricas de los cultivos utilizando información satelital: una a partir de la relación del coeficiente de cultivo Kcb con el índice NDVI para establecer la tasa de transpiración máxima del cultivo (Campos et al., 2010)) y otra a partir de un balance de energía superficial que permite establecer la tasa de transpiración actual del cultivo.

La primera metodología sigue las directrices planteadas por FAO en su Manual N°56 (Allen et al., 1998) conocida como “Coeficiente de cultivo-Evapotranspiración de referencia (Kc-ETo)”, donde el procedimiento considera que la evapotranspiración de un cultivo (ETc, necesidades de riego) es el producto del nivel de desarrollo vegetativo (un coeficiente de cultivo, Kc) y de la demanda evaporativa de la atmósfera del sitio donde crece (evapotranspiración de referencia, ETo), relacionados de acuerdo a la siguiente ecuación (1):

$$ETc = Kc \times ETo$$

La determinación de este coeficiente de cultivo (Kc) es muy complejo por lo que generalmente se utilizan valores propuestos en la literatura. La innovación implementada en la plataforma PLAS es el uso de la relación existente entre el índice de vegetación satelital NDVI y el coeficiente de cultivo (Kc) de acuerdo a la ecuación:

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

Esta ecuación es una aproximación validada en diferentes cultivos y es aplicable para cualquier cultivo/cubierta vegetal, tanto de herbáceos como frutales faltando validarla para algunas especies de frutales subtropicales, como cítricos y paltos. De este modo, es posible contar con coeficientes de cultivo en cualquier sitio agrícola



¡Asegura la calidad de su uva de mesa!



KELPAK contiene Auxinas, Brassinoesteroides y Poliaminas, que estimulan la elongación celular y así bayas de alta calidad. Estimula el calibre hasta post pinta, sin perjudicar el color, con una perfecta terminación de la fruta: firmeza y madurez. **20 años de ensayos en Chile avalan su eficacia.**

Único extracto de *Ecklonia máxima* producido por el método de rompimiento de células por presión que garantiza una extracción total del citoplasma.



KELPAK hay uno sólo, NO se confunda.

Encuéntrelo sólo en



CALS

KELPAK y CALS, la unión que da frutos.

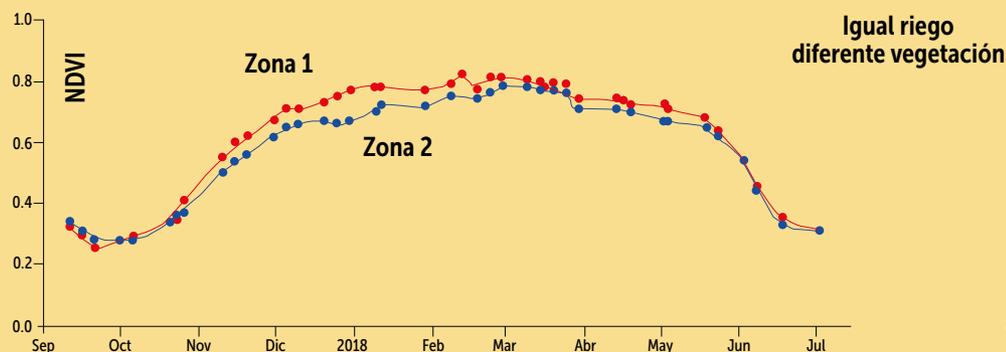
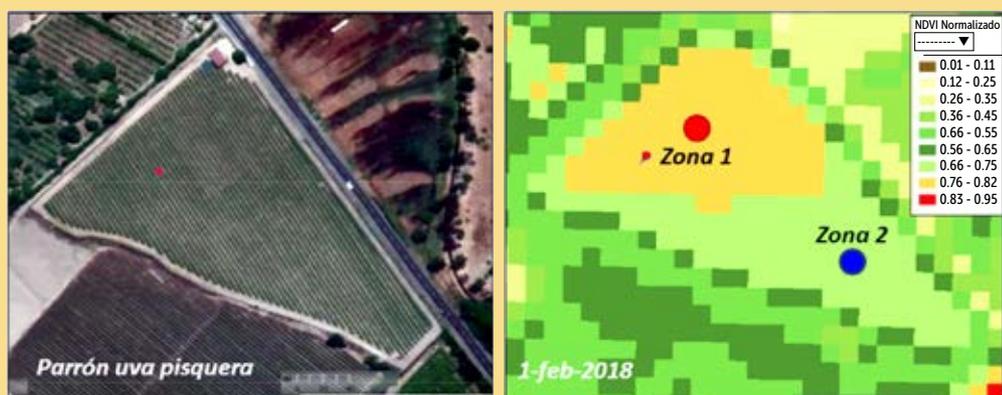


Figura 3: Ejemplo de variabilidad espacial presente en una parcela agrícola que permite identificar sectores con anomalías o diferencias en el desarrollo de las plantas.

la, los cuales representan la situación real del desarrollo del cultivo in situ.

La segunda metodología que se implementará en la plataforma, estima la ETc utilizando modelos de balance de energía superficial (BES) de capa simple como el modelo de Penman-Monteith (PM), o extendiendo el modelo de PM de una sola capa, a un modelo de capas múltiples. Modelos de múltiples capas del BES, aunque más complejos, permiten caracterizar de mejor manera los cultivos y especialmente los frutales donde existen superficies con vegetación (hileras de plantas) y otras con suelo desnudo (entre hileras). Esta característica tiene la ventaja que permite separar la ET entre sus componentes transpiración de la vegetación y la evaporación de agua del suelo.

Actualmente, es posible estimar mapas de ETc utilizando el balance de energía superficial a partir de datos remotamente capturados desde plataformas aéreas y espaciales. Especialmente mediante el uso de imágenes de satélites del programa espacial LANDSAT o de cámaras multiespectrales y termales a bordo de sistemas UAV. Se han desarrollado un gran número de algoritmos a partir de datos remotamente detectados para la estimación de los flujos de energía y, posteriormente cuantificar la ETc. Para cuantificar la evapotranspiración, estos métodos no solamente utilizan la respuesta espectral de las superficies sino que también las mediciones de la temperatura superficial de los cultivos capturada por los satélites. Esta ventaja permite obtener información espacialmente distribuida necesaria para la determinación de requerimientos hídricos tanto a una escala regional como a nivel predial. En la plataforma PLAS se están implementando modelos de capas múltiples del BES donde se estima la ETc como se señala en la figura 4.

Figura 4: Ejemplo de estimación de la evapotranspiración de cultivo (ETc) en frutales mediante el uso de imágenes satelitales y un modelo de múltiples capas del BES.

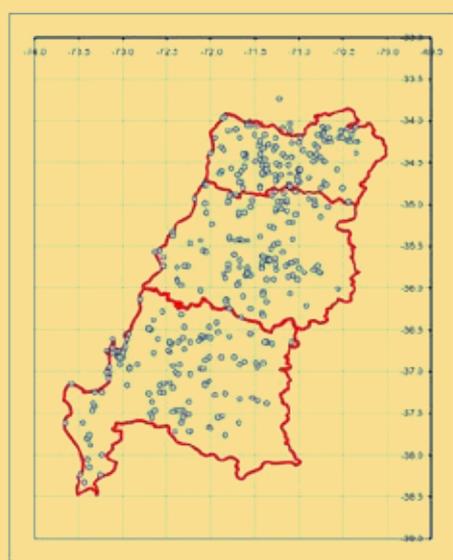
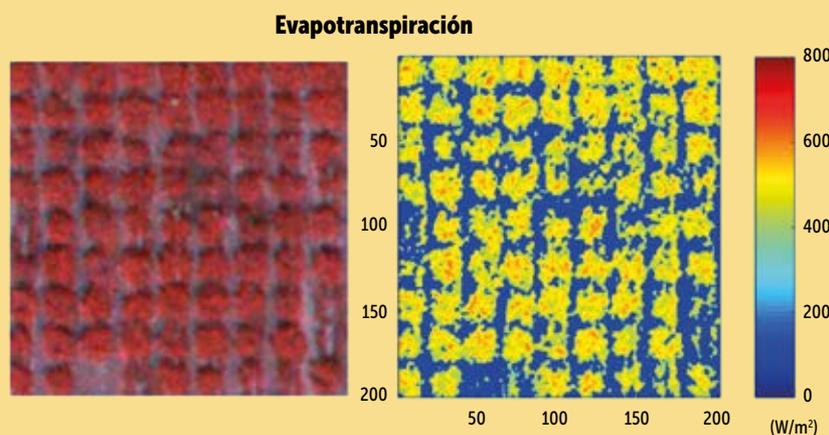


Figura 5: Ejemplo de mapa de Evapotranspiración de referencia (ETo) desarrollado para la región del Maule.

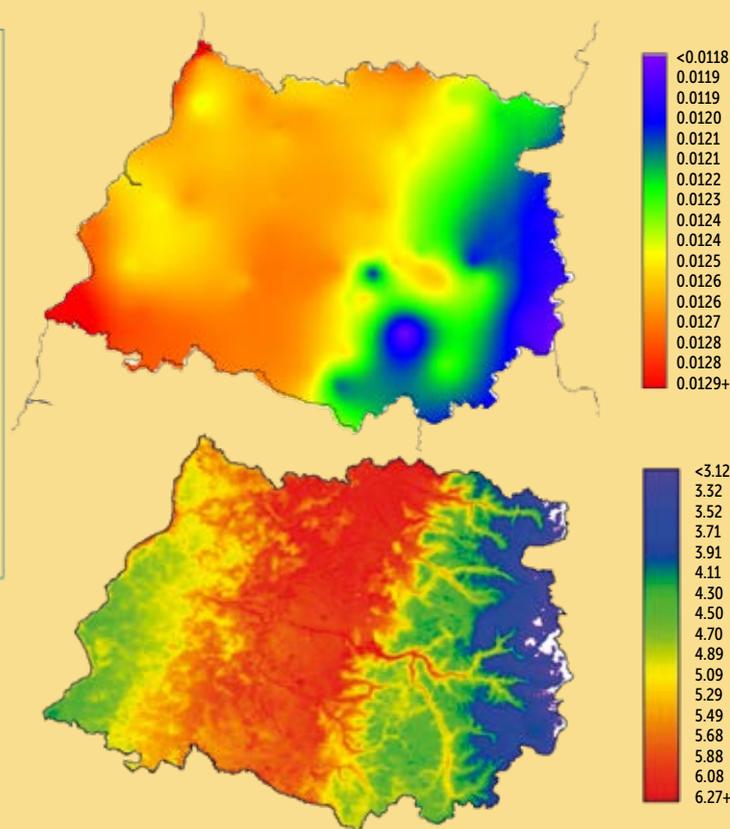


Figura 6: Portal web PLataforma Agrícola Satelital de Chile (PLAS).

DEMANDA AMBIENTAL

Otra de las innovaciones propuestas en la plataforma PLAS es el desarrollo e implementación de una metodología que permita interpolar valores de la demanda ambiental (ETo) entre estaciones meteorológicas cercanas y generar un continuo de información para toda la superficie agrícola, básica en el cálculo de las necesidades de riego, tal como se indicó en la ecuación (1). Actualmente Chile cuenta con redes de estaciones meteorológicas desplegada a lo largo del país (RAN - MINAGRI, DGA, Fedefruta, etc.), la cual lamentablemente presenta una baja densidad de estaciones meteorológicas por lo que no se cuenta con valores de la demanda ambiental para todas las condiciones ambientales donde se desarrollan las actividades agrícolas. Para suplir esta deficiencia en este proyecto se plantea el desarrollo e implementación de una metodología que permita interpolar valores de ETo entre estaciones cercanas y generar un continuo de información de la demanda



Consortio Investigadores en Riego

ambiental para la superficie agrícola.

De esta forma, el problema de cobertura, representatividad y área de influencia de las estaciones meteorológicas disponibles actualmente es abordado introduciendo la interpolación de los componentes espaciales (aspecto, exposición, pendiente, distancia a cuerpos de agua) que describen las principales variaciones del clima en el paisaje. Se espera que con estos resultados se potencie la infraestructura meteorológica actual del país y se avance en el uso operativo de la información para mejorar la definición de las necesidades de riego de los cultivos.

Esta información será integrada en la Plataforma Agrícola, permitiendo a los usuarios contar simultáneamente con información del desarrollo de los cultivos como de la demanda ambiental de la localidad donde se desarrollan y de este modo estimar las necesidades de riego.

PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL (PLAS) PARA LA AGRICULTURA CHILENA

De este modo y gracias al cofinanciamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y el trabajo mancomunado de especialistas en clima, riego y recursos hídricos de diversas instituciones de investigación agrícola, se está trabajando en una plataforma satelital, que integrará los productos de los dos proyectos ya mencionados y que permitirá la

Especialistas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA (C. Balbontín, G. Selles, M. Odi, R. Ferreyra, A. Antúnez), de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile (L. Morales, J. Neira), de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca (S. Ortega, C. Riveros), de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción (O. Lagos, M. Lillo, E. Holzapfel), de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Universidad Católica (F. Meza, P. Gil), del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (X. De la Vega), Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (J. Olave), de la Comisión Nacional de Riego (C. Navarrete y G. Roa) y de la Fundación para la Innovación Agraria (Maurice Streit) han dedicado sus esfuerzos para consolidar un equipo multidisciplinario e interinstitucional de trabajo, que busca poner las capacidades de investigación y desarrollo existentes en el País al servicio de los problemas que enfrenta nuestra agricultura.



determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos, entre las regiones de Coquimbo y Biobío. Actualmente, en la región de Coquimbo y con la asesoría del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ya hay agricultores usando un prototipo de la plataforma satelital para calcular las necesidades de riego de sus cultivos. Una vez terminada la Plataforma Nacional PLAS esta quedará a disposición de usuarios como productores de todos los tamaños, organizaciones de regantes, instituciones públicas, universidades, entre otros, en la dirección web <http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas> (usuario: plas, contraseña: plas) (Figura 6). La plataforma estará dotada de capacidades para realizar consultas de cualquier cultivo

y establecer la dinámica temporal de su desarrollo en campo a partir del índice de vegetación NDVI, además de información de la demanda ambiental (ET_o), lo que permitirá estimar de manera dinámica las necesidades hídricas de los cultivos.

Un aspecto muy valioso de este proyecto lo constituye la consolidación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional de trabajo, que busca poner las capacidades de investigación y desarrollo existentes en el País al servicio de los problemas que enfrenta nuestra agricultura para transformarse en un sector con mayor capacidad de respuesta a los desafíos del cambio climático, la gestión del agua y la consolidación de un modelo sustentable de desarrollo. **Ra**

ABONOS NITROGENADOS DE ALTA EFICIENCIA.



No genera pérdidas por lixiviación y volatilización.



Favorece procesos fisiológicos a través de la **bioestimulación**.



Favorece y aumenta la fertilidad biológica y mineral del suelo.



La **entrega de nitrógeno** se produce **de acuerdo a las necesidades de la planta**.

CONOCE TODA LA LÍNEA DE NUESTROS PRODUCTOS NITROGENADOS PARA AGRICULTURA ORGÁNICA Y CONVENCIONAL EN WWW.EUROCHILENA.CL



Contáctanos al (+56) 2 3203 9654 o en contacto@eurochilena.cl
Eurochilena es representante exclusivo de ILSA en Chile y Perú. www.ilsagroup.com



Plataforma Agrícola Satelital permite conocer requerimientos hídricos de cultivos de la Región de Coquimbo

Ricardo Gálvez Poblete

Con el objetivo de "implementar y transferir una Plataforma Agrícola Nacional para el monitoreo del desarrollo de los cultivos y la determinación en tiempo real de sus requerimientos hídricos, entre la Región de Coquimbo y del Bío Bío", el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia) Intihuasi, realizó el lanzamiento de su Plataforma Agrícola Satelital de Chile.

Actividad que se desarrolló en un seminario llevado cabo en sus instalaciones en La Serena y que contó con la presencia de sus ejecutivos, además, del seremi de Agricultura de la zona, Rodrigo Ordenes y público asistente.

Cada 5 días, tres satélites recorrerán un extenso trozo de Chile, comprendido entre las regiones de Coquimbo y el Biobío, buscando determinar la demanda hídrica de los cultivos.

La información se proporcionará a través de imágenes, donde cada pixel entregará datos de la evotranspiración, índice de vegetación, temperatura de la superficie, con una precisión a partir de las 0,5 hectáreas.

Entre los cultivos bajo la lupa de LandSat8; Sentinel 2a y Sentinel 2b están los frutales uva de mesa, manzanos, cerezos, paltos, olivos, cítricos entre otros,

Pionera iniciativa del Inia Intihuasi, que se encuentra en operación desde comienzos de este año, entrega información en línea mediante una serie de imágenes satelitales para las temporadas agrícolas entre el 2018 y 2020. "Es una herramienta que esperamos sea de bastante utilidad para los usuarios del agua. Hablamos de agricultores, juntas de vigilancia, autoridades que toman decisiones respecto a este recurso hídrico; es decir, toda la gama de usuarios del agua que están en el territorio", manifestó el director regional de la entidad, Edgardo Díaz.



El equipo técnico a cargo del proyecto.



para las temporadas agrícolas entre el 2018 y 2020.

"Esta es una herramienta que tiene varias virtudes: hacer control del recurso hídrico y determinar cuál es la demanda que tienen los cultivos en el territorio, todo esto de forma remota. Así podemos monitorear el ciclo de vida del cultivo buscando hacer más eficiente el uso agua y por consiguiente más sustentable la producción agrícola", dice el director de INIA Intihuasi, Edgardo Díaz.

La información será empacutada en un sistema Web (Mapserver) que permitirá a técnicos, agricultores y regantes acceder a los datos -consulta y descarga- y contar con una aproximación de los recursos hídricos que deben irrigar, todo desde la comodidad de un Smartphone. "Este tipo de análisis es inédito. Hay otros grupos que trabajan con información satelital, pero no lo logran en una plataforma para la agricultura", agrega Dr Claudio Balbontin, ingeniero Agrónomo de INIA Intihuasi y director del proyecto.

La iniciativa se logró con un trabajo interinstitucional con especialistas en agro climatología, riego y recursos hídricos, pertenecientes al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción

y Pontificia Universidad Católica de Chile, junto al apoyo del Consejo Nacional de Innovación para la Desarrollo (CNID) y el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

GOBIERNO: "ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS PERMITE MEJORAR LA EFICIENCIA DEL QUE ES UN RECURSO MUY LIMITADO Y MUY VALIOSO; COMO ES EL AGUA".

Consultado al respecto, el secretario regional ministerial de Agricultura, Rodrigo Ordenes, manifestó que "para nosotros, como Ministerio de Agricultura, es muy importante que se puedan usar este tipo de herramientas para nuestros agricultores y eso está dentro del programa del Presidente Sebastián Piñera; la modernización y la incorporación de tecnología mucho más eficiente para los recursos disponibles. Por lo tanto, este tipo de herramientas, las que son financiadas también a través del ministerio y del FIA (Fondo para la Innovación Agraria), permiten tener mejor rendimiento y productividad, igualmente, mejorar la eficiencia del que es un recurso muy limitado y muy valioso; como es el agua".

La Serena Drone

"Tu Mundo visto desde otra perspectiva"



f LaSerenaDrone | @LaSerenaDrone | laserenadrone@gmail.com

+56 9 8749 2678

INICIATIVA LIDERADA POR CLAUDIO BALBONTÍN, INGENIERO AGRÓNOMO E INVESTIGADOR EN RIEGO DEL INIA:

Con Plataforma Agrícola Satelital logran hasta un 80% de eficiencia hídrica

Asumiendo el crítico escenario hídrico del país y la necesidad de optimizar el uso del agua, Claudio Balbontín, ingeniero agrónomo e investigador en riego del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Intihuasi, se aventuró en utilizar las imágenes que proporcionan los satélites Sentinel 2A y Sentinel 2B de la Agencia Satelital Europea (ESA), y determinar cuál es la real demanda de riego que tienen los cultivos en un territorio específico o amplias áreas geográficas.

Así nace la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS), sistema que funciona de la siguiente manera: la información satelital es puesta a disposición de técnicos, agricultores y regantes en un sitio web donde ellos pueden consultar y descargar información del nivel de desarrollo de sus cultivos. De este modo y junto a información ambiental de la Red Agrometeorológica del INIA, es posible contar con una aproximación de las necesidades de riego de los cultivos, todo desde la comodidad de un smartphone o un computador en la oficina.

La iniciativa se consigue además con un trabajo interinstitucional con especialistas en agrometeorología, riego y recursos hídricos de INIA, Universidad de Chile, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Chile, junto al cofinanciamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y del Gobierno Regional de Coquimbo (FIC-R).

Durante este periodo, explica Balbontín, han logrado una supervisión satelital desde Atacama a Temuco, lo que corresponde al 90% de la superficie cultivada de Chile.

“Lo que queremos es establecer la Plataforma PLAS como un bien público, con cobertura nacional donde cualquier persona pueda acceder, hacer consultas y utilizarla para las acciones que estime para el mejor manejo de sus cultivos”, sostiene. Para ello, se requeriría de un financiamiento basal, que podría provenir desde el Ministerio de Agricultura o la Comisión Nacional de Riego.

LOGROS Y USUARIOS

Uno de los mayores objetivos de la iniciativa, estima Balbontín, ha sido elevar la eficiencia hídrica. Y ejemplifica: “a través de la Plataforma PLAS tenemos campos donde antes se aplicaban 17 mil metros cúbicos de riego

Se trata de la Plataforma Agrícola Satelital (PLAS) que a través de los satélites Sentinel 2A y Sentinel 2B registran imágenes de la superficie terrestre, con una precisión desde las 0,5 hectáreas. A partir de esa información, se realiza un asesoramiento en riego a pequeños agricultores y a grandes productores hortícolas y frutícolas como ASOEX y Capel. La innovación busca expandirse a Argentina, Colombia y Uruguay.



por hectárea y ahora los tenemos con 9 mil. Lo cual nos sitúa en eficiencias agronómicas cercanas al 80%”.

Para continuar difundiendo la Plataforma, desde abril del 2018 la tecnología se está exportando a Colombia, Uruguay y Argentina, donde se implantaron visores satelitales para analizar la información de plantaciones individuales y amplias áreas regadas, sitios donde se ejecutan balances de agua asistidos con información satelital. Ello, considerando el uso de nuevas tecnologías para adaptarse a los escenarios de cambio climático, ha permitido a la Plataforma PLAS acceder a un capital de US\$500 mil, gracias a un cofinanciamiento de la Red FANTAGRO, un mecanismo de cooperación internacional, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) de la Organización de Estados Americanos (OEA).

“En Argentina tenemos varias intervenciones en zonas como San Juan, Mendoza, Río Negro, en Chile en el valle de Elqui, en Colombia en Palmira y en Uruguay en el Arroyo del Tala. Tenemos un universo de personas que está utilizando la tecnología. Por ejemplo, cooperados de Capel ya están utilizando información satelital para el manejo del riego en vides pisqueras. También tenemos agricultores individuales como en el Fundo La Campana donde hacemos un asesoramiento directo”, agrega.

También en la parcela experimental del INIA (sector de Pan de Azúcar), se riega con información satelital cultivos anuales como hortalizas, lechugas, papas, porotos, donde se realizan además capacitaciones en el uso de estas tecnologías.

En la región de Atacama, se trabaja con la Asociación de Productores APECO, regando tres campos de productores de uva de mesa.



Se usan imágenes que proporcionan los satélites Sentinel 2a y Sentinel 2b de la Agencia Satelital Europea (ESA).

Y en el sur, a través del INIA se están realizando capacitaciones en el riego de arándanos utilizando información satelital.

En estos días, a través de un proyecto con el Comité Citrícola de Chile, que es parte de la Asociación de Exportadores de Chile ASOEX y cofinanciado por FIA, la tecnología se aplicará en el riego de mandarinos en la región de Coquimbo y Valparaíso, regiones que concentran el 70% de mandarinos del país.

“Para nosotros es muy importante incentivar el uso de este tipo de tecnologías y plataformas por lo cual estamos participando en la formación de recursos humanos en cursos de posgrado en la Universidad de la Frontera y cursos de riego propios de INIA”, sentencia.

MÁS INFORMACIÓN:

Sitio web Plataforma PLAS: <http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>
Tutorial Uso PLAS https://www.youtube.com/watch?v=AAE4u5tCQ_w0

FINANCIADO POR EL MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE GOBIERNO 2021

SUPLEMENTO ESPECIAL “10 iniciativas relevantes para la eficiencia hídrica”

Como cada año, el Fondo Concursable de Medios de Comunicación otorgado por la Secretaría General de Gobierno, nos brinda la posibilidad de destinar tiempo para profundizar en temas que necesitan una mayor atención periodística. Es así como este año Semanario Tiempo decidió abordar las ideas, investigaciones o proyectos concretos enfocados en la eficiencia hídrica en la Región de Coquimbo. Todo esto, en medio de la megasequia que azota a nuestro país desde hace una década y que nos llevará a enfrentar problemáticamente una de las temporadas hídricas más difíciles de la historia, cuyos efectos probablemente sentiremos en plenitud a fines del primer trimestre de próximo año 2021.

Para elaborar este suplemento, contactamos a investigadores, universi-

dades, autoridades públicas, empresas vinculadas y expertos que generosamente aportaron información relevante que va desde la instalación de geomembranas y compuertas telemétricas para el riego, hasta estudios piloto sobre barreras de nieve o recarga de acuíferos. Probablemente hay mucho más que decir, por ejemplo respecto a la reutilización de aguas grises, las comunidades de Agua Potable Rural o el avance de la desertificación. Sin embargo nos enfocamos en las iniciativas que presentan resultados concretos y significativos en el escenario actual.

Agradecemos la oportunidad de elaborar este material, cuyo seguimiento es parte del contenido permanente de Semanario Tiempo, pero que en esta edición especial podemos entregarles de manera sistemática y completa.



Teledetección: apoyando a la agricultura desde el cielo



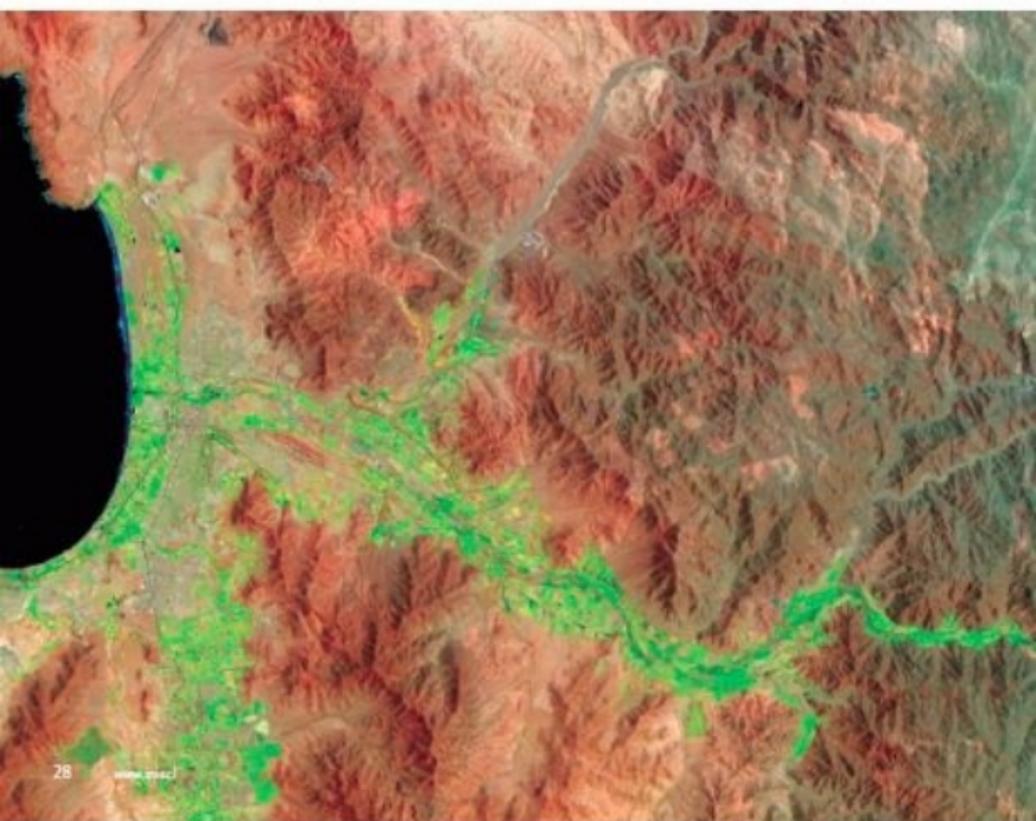
Claudio Barberán N.
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Investigador INIA Instituto



Magall Orellana L.
Ingeniera Agrónoma, Dra.
Especialista en Teledetección



Gabriel Solles V.
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Coordinador Nacional Programa Hereditario 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.