

PROYECTOS

Fertinnowa, innovación en fertirrigación



Transferencia de técnicas INNOvadoras para el uso sostenible del agua (Water) en los cultivos FERTirrigados

Inmaculada Lahoz García, Juan del Castillo García y Ana Pilar Armesto Andrés. INTIA

En una horticultura cada vez más tecnificada y competitiva es necesaria la optimización de las condiciones de producción, ajustándose a las demandas de una sociedad cada vez más exigente con la calidad de los productos ofertados y a unas condiciones de producción más respetuosas con el medio ambiente.

FERTINNOWA es un proyecto que se desarrolla con los fondos del programa H2020 y en el que participan diez países, 9 europeos y uno africano. Surgió ante la necesidad de racionalizar el uso agrario del agua, un recurso cada vez más escaso, y por las demandas de una agricultura cada vez más tecnificada y abierta a la innovación

El objetivo de este proyecto es recopilar, intercambiar, mostrar y transferir soluciones innovadoras de gestión del agua y los nutrientes, y las mejores prácticas en los cultivos fertirrigados para mejorar la calidad del agua, mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir el impacto ambiental.



Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención nº 689687

La escasez de agua y la creciente competencia por los recursos hídricos entre la agricultura y otros sectores obliga a la adopción de estrategias que permitan un ahorro manteniendo niveles de producción satisfactorios. Cada vez es más evidente la necesidad de una mayor racionalización del agua de riego y una aplicación más eficiente de los fertilizantes.

FERTINNOWA, proyecto europeo perteneciente al Programa Marco Europeo de Investigación e Innovación "Horizonte 2020", surgió por la necesidad de afrontar la escasez de agua de calidad y asegurar, bajo el marco legal vigente, la mejora o por lo menos el mantenimiento del estado hídrico. Para ello, existe una gran cantidad de conocimiento y tecnologías innovadoras disponibles, que no son suficientemente conocidas y/o implementadas en la producción primaria.

En este proyecto, con duración de tres años (2016 a 2018), además de INTIA, participan otros 22 socios procedentes de 10 países diferentes, 9 europeos y uno africano que participa a modo de observador, que son entidades correspondientes a centros de Investigación, centros de transferencia y formación, universidades, Pymes e industrias agrícolas.

Como se dice en la introducción, el objetivo global de este proyecto es recopilar, intercambiar, mostrar y transferir soluciones innovadoras de gestión del agua y los nutrientes a los productores. El fin último es mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir el impacto ambiental con las mejores prácticas de fertirrigación.

Para el cumplimiento de este objetivo, lo primero ha sido recopilar las tecnologías aplicadas actualmente en Europa, además de conocer la situación actual de las explotaciones agrícolas, detectando sus debilidades y necesidades, así como los puntos críticos en fertirrigación, mediante encuestas a productores.

Una vez analizadas las **encuestas, realizadas en 531 explotaciones agrícolas europeas**, detectadas las debilidades y conocidas las tecnologías o herramientas existentes que pueden ayudar en este sentido, se han propuesto diversas de ellas para su validación en campo. Los **resultados se publicaron en el número 225 de Navarra Agraria** y pueden consultarse en la web: www.navarraagraria.com



HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS DE INTIA EN FERTINNOWA

En lo que respecta a INTIA, se **pretende validar dos Herramientas tecnológicas de Ayuda a la Decisión (HAD)**. Ambas herramientas están dirigidas a gestionar la dosis y el momento de riego y fertilización y, por lo tanto, mejoran la eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes aportados.

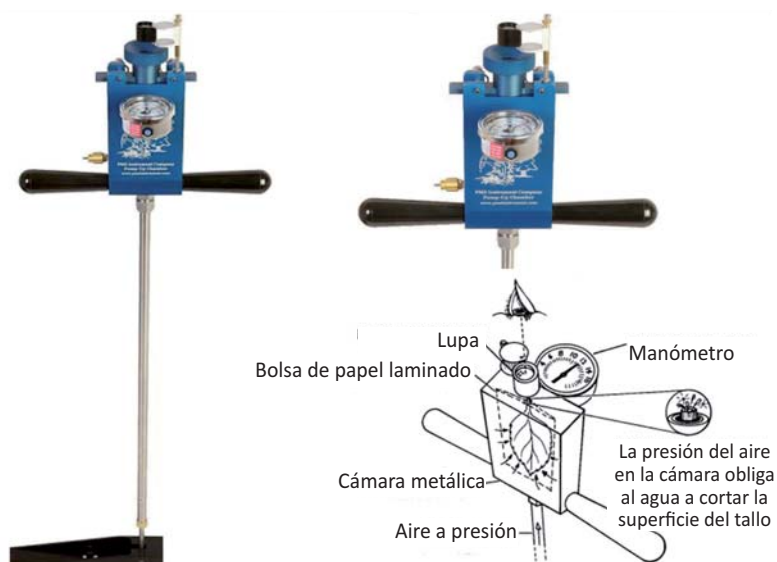
La primera de ellas, para cultivo de tomate de industria, es la herramienta tecnológica HAD Riego de la Plataforma sigAGROasesor, cuyo desarrollo lo ha liderado INTIA, con un consorcio formado por 5 Comunidades Autónomas y Aemet, en el marco del proyecto LIFE sigAGROasesor.

La otra herramienta VEGSYST, que se validó en 2018, está dirigida a cultivos de invernadero. Ha sido desarrollada por la Universidad de Almería con el fin de gestionar las dosis y momentos de riego, adaptando las necesidades del cultivo a las condiciones climáticas propias del interior de un invernadero. Por parte de INTIA, se ha validado en tomate de mesa.

Para la validación de la primera herramienta, se ha realizado un ensayo experimental en tomate para transformación industrial en el que la programación del riego se ha comparado con la HAD Riego sigAGROasesor. Durante el ciclo de cultivo, se ha medido el potencial hídrico en planta, en las diferentes fases de desarrollo del cultivo, con la cámara portátil PUMP UP según la metodología desarrollada por el CICYTEX de Extremadura, y se ha comprobado si los valores obtenidos están dentro de los rangos que ellos han determinado para este cultivo, lo que nos permitirá establecer si el manejo del agua de riego realizado se ajusta a dichos valores de potencial hídrico.

Las cámaras de presión se utilizan para evaluar el estado hídrico de la planta (Figura 1). Miden la presión o tensión negativa con la que se mantiene el agua en la planta. Un alto

Figura 1. Cámara de presión portátil PUMP UP



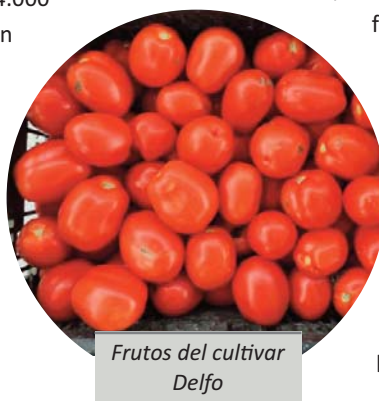
Imágenes de www.maser.com.co

valor de presión significa un alto valor de tensión y un alto grado de estrés hídrico. Para el tomate de industria, los estudios realizados en el CICYTEX indican que los potenciales recomendados para la fase vegetativa (trasplante a cuajado de frutos) son 4 bares, en la fase de crecimiento del fruto son 6 bares y 7 bares para la fase de maduración. El coste de esta cámara es de 1.500 a 2.000 euros, pero se puede utilizar durante mucho tiempo y es de fácil manejo y mantenimiento.

EXPERIMENTACIÓN EN TOMATE DE INDUSTRIA

Descripción del ensayo

El ensayo se realizó en la Finca Experimental de INTIA en Cadreita, en una parcela de textura franco arcillo limosa (Tabla 1) y con riego por goteo, con una dimensión de 4.000 m². La siembra se realizó el 20 de abril en cepellón 3x3 y la plantación a terreno definitivo el 26 de mayo, a una densidad de 35.714 plantas/ha, con una separación entre mesas de cultivo de 1,60 m y 0,35 m entre cepellones (2 plantas por cepellón), sobre acolchado plástico biodegradable Mater-Bi® de 60 galgas de espesor. Como material vegetal se ha utilizado el cultivar Delfo (Nunhems), con destino a otros usos (triturado, concentrado, etc.).



Frutos del cultivar Delfo

La recolección se efectuó una vez alcanzado un porcentaje de fruto rojo superior al 80%. La fecha de recolección fue el 21 de septiembre, 118 días tras la plantación tanto para el tratamiento como para el testigo sin tratar. Se controló la producción comercial, total y el peso medio del fruto. Además, se cogieron muestras de cada uno de los tratamientos y repeticiones y se dividieron en dos, la mitad de las muestras se llevaron al laboratorio CNTA de San Adrián, donde efectuaron la determinación de los principales parámetros de calidad industrial: pH, °Brix, color, consistencia y residuo seco.

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Los alimentos con valores de pH inferiores a 4,5 son considerados ácidos y precisan un menor requerimiento térmico que los alimentos no ácidos. Se ha medido con un pHmetro.

El contenido de sólidos solubles es muy dependiente del contenido de azúcares totales y los frutos deben contener un contenido mínimo de sólidos para ser cosechados. El contenido en sólidos solubles se expresa como grados brix (°Brix) y se determina analíticamente por refractometría.

El color es un importante factor de calidad en el tomate y en sus productos derivados, siendo uno de los atributos que más influye en el consumidor en el momento de adquirirlos. El color rojo del fruto de tomate se ha determinado por colorimetría y se ha utilizado la relación a/b como medida de la intensidad de color rojo del fruto.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del suelo

Prof. cm	Arena (1) %	Limo (1) %	Arcilla (1) %	M.O. (2) %	pH (3)	C.E.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Textura (1)
						dS/m	mg/kg	mg/kg	
0-30	11	60,8	28,2	3,03	8,14	1,02	68,2	487,9	Franco arcillo limosa
30-60	7,2	62,3	30,5	2,34	8,28	0,8	25,3	265,3	

(1) USDA. (2) Materia orgánica oxidable. (3) H₂O (1:5)

Los tratamientos fitosanitarios fueron los recomendados por INTIA en la zona de cultivo. No hay que destacar problemas importantes de plagas y enfermedades criptogámicas. Se realizaron dos tratamientos insecticidas contra lepidópteros y un tratamiento preventivo contra enfermedades.

Antes de la siembra, como abonado de fondo se aplicó a todo el ensayo 600 kg/ha de abono mineral complejo 9-23-30. Como cobertera se aportaron 50 kg/ha de N por medio de fertirrigación, distribuidos en cuatro aplicaciones del fertilizante líquido N32 iniciadas a partir de la cuarta semana de la plantación, con frecuencia semanal.

Vista general del ensayo de INTIA dentro de la finca experimental de Cadreita para el proyecto Fertinnowa



La **consistencia** se ha medido con un consistómetro Bostwick. Este método se basa en la determinación de la fluidez de un producto, medida por la longitud que recorre una cantidad determinada de muestra a lo largo de una escala graduada (consistómetro Bostwick) en un tiempo determinado.

Una alta proporción de la **materia seca del fruto** de tomate maduro está aportada por los azúcares y ácidos orgánicos, los cuales contribuyen al sabor del mismo. En general, a mayor contenido de sólidos mayor rendimiento industrial y sabor; por lo tanto, un alto porcentaje de materia seca mejora la calidad del producto elaborado.

Datos climáticos

Los datos climáticos se han obtenido de la estación meteorológica situada en la misma finca de INTIA en Cadreita donde se realizó el ensayo. Los datos de temperaturas máximas, mínimas y medias, precipitación y radiación registradas en Cadreita, que comprenden todo el ciclo de cultivo, se recogen en la **Tabla 2**.

Las condiciones meteorológicas de la zona durante el periodo de cultivo se han caracterizado por un mes de junio más caluroso de lo normal, lo que ha influido en caída de flores y por tanto, un escalonamiento en la floración, y un mes de septiembre, más frío de lo habitual contribuyendo a un retraso en la maduración de los frutos. Julio y agosto han sido muy similares a años anteriores.

Programación del riego

Inicialmente se ha incorporado en la plataforma sigAGROasesor la parcela en la que se ha realizado el ensayo, añadiendo las características del sistema de riego implantado. (**Figura 2**)

Actualmente, el establecimiento de un riego de precisión óptimo, que aporte en cada momento el agua necesaria según

Figura 2. Pantalla de información de la plataforma sigAGROasesor

las características del suelo, las condiciones climáticas y el estado de desarrollo del cultivo, es de gran importancia para conseguir un uso óptimo de los recursos hídricos. La HAD riego de sigAGROasesor permite incorporar a la recomendación de riego los datos de predicción meteorológica a 7 días, así como ajustar los datos de lluvia real en parcela.

Paralelamente se ha realizado un ajuste de los datos de ciclo fenológico del cultivo de tomate en la plataforma, ya que la HAD riego estima los periodos de la curva de evapotranspiración con los estadios fenológicos calculados en función de la integral térmica calculada con la estación de referencia. (**Figura 3**)

El día de la plantación se dio un riego importante (28 l/m²) para asegurar la implantación del cultivo y se reiniciaron los riegos el 12 de junio, 17 días después. Se dejó de regar el 30 de agosto, 22 días antes de la recolección, ya que se ha visto que el corte de riego antes de la recolección puede mejorar la maduración, la calidad de los frutos y así mismo facilitar el desprendimiento de los mismos y por tanto, la recolección.

Se midió en cada riego la cantidad de agua mediante un contador situado en la parcela e introduciendo estos datos en sigAGROasesor.

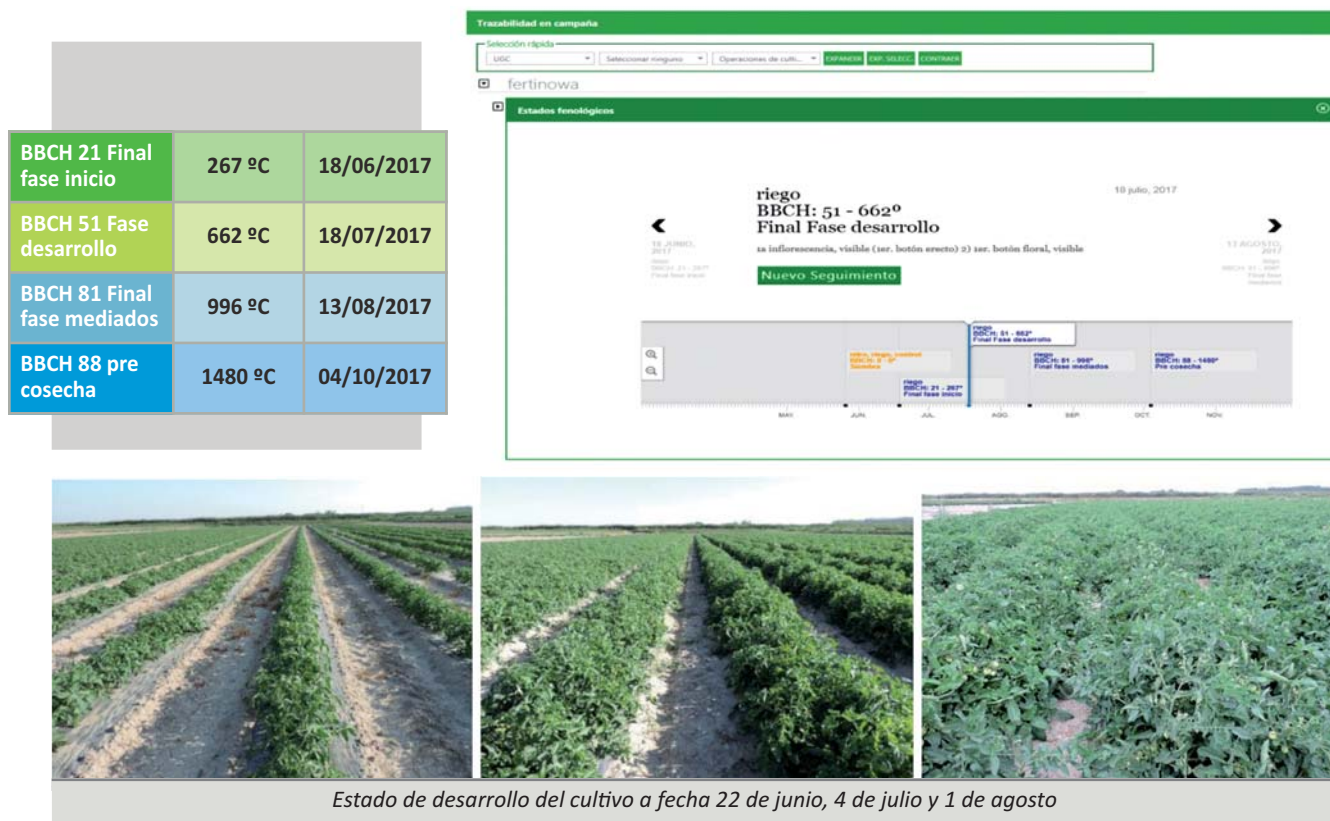
Tabla 2. Datos climáticos de Cadreita 2017

Mes	Tª máxima		Tª media (°C)	Tª mínima		Radiación* solar (Mj/m ²)	Lluvia* (mm)
	Absoluta	Media		Absoluta	Media		
Mayo ⁽¹⁾	31,6	27,9	21,1	13,3	14,8	1.576	17,2
Junio	38,3	31	22,4	9	15,4	8.104	55,6
Julio	37	31,7	23,3	10,5	16	8.968	1
Agosto	37,3	30,8	22,4	9,7	15,2	7.511	47
Sept. ⁽²⁾	31,2	24,7	17	4,6	10,3	4.284	4,8

(1) Desde el día 26 de mayo (2) Hasta el 21 de septiembre



Figura 3. Trazabilidad de estados fenológicos



Estado de desarrollo del cultivo a fecha 22 de junio, 4 de julio y 1 de agosto

La evapotranspiración del cultivo (ETc), así como el riego aplicado se reflejan en el **Gráfico 1**. Exceptuando los momentos de plantación y recolección, por los motivos comentados anteriormente, se observa un buen ajuste entre las necesidades hídricas del cultivo según la herramienta HAD riego (617,5 mm) y la cantidad de agua total que ha recibido el cultivo (598 mm), considerando además del agua aportada la precipitación efectiva.

RESULTADOS DEL ENSAYO

Potencial hídrico

Para determinar el estado hídrico del cultivo a lo largo de todo su ciclo se midió el potencial hídrico foliar. La medida de potencial hídrico es una medida rápida para conocer el estado de la planta y el valor obtenido se puede comparar con unos valores de referencia que nos va a indicar en qué situación se encuentran las plantas.

Como se ha indicado anteriormente, las medidas se realizaron con una cámara de presión portátil Pump Up (**Figura 1**) sobre hojas maduras soleadas. Las medidas se efectuaron al medio día solar. En el ensayo se midieron cinco hojas por cada zona de muestreo, de las cuatro zonas elegidas, y con una periodicidad quincenal, siendo semanal en la mayor parte del ciclo de cultivo.

Gráfico 1. Necesidades hídricas del cultivo y cantidad de agua aportada

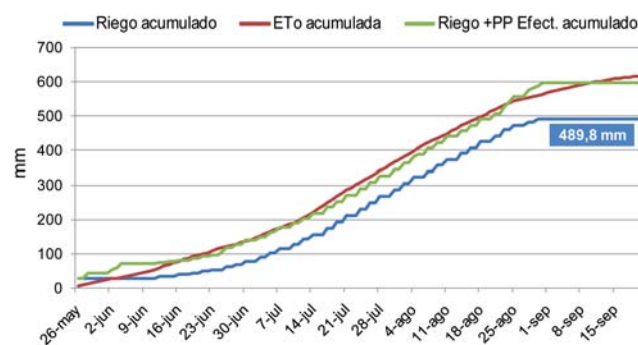
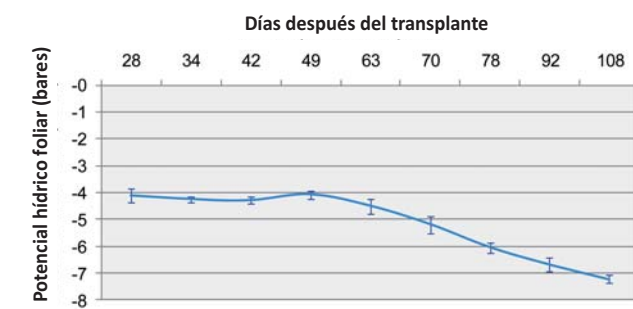


Gráfico 2. Potencial hídrico foliar durante el ciclo de cultivo



Las medidas obtenidas se reflejan en el **Gráfico 2**, donde se puede ver que el potencial hídrico está dentro de los valores

indicados por el CICYTEX en las diferentes fases del desarrollo del cultivo, en el intervalo comprendido entre 4 y 7 bares desde la fase vegetativa hasta la fase de maduración de los frutos. No se ha llegado a un valor de potencial cercano a 8 bares que se podría fijar como límite a partir del cual, para la fase fenológica de crecimiento de frutos y maduración, se puede considerar que la planta está sufriendo estrés.

Resultados de producción y calidad industrial

El rendimiento del cultivo ha sido alto, con una producción comercial de 188,8 t/ha. La agrupación de cosecha ha sido

buena, con un porcentaje de fruto rojo comercial superior al 80%, en concreto de un 84,8%, y un porcentaje de fruto sobremaduro o pasado de un 3,8%. El peso medio del fruto, 67,4 gramos, ha sido el habitual para este cultivar de tomate para transformación industrial (Tabla 3).

En cuanto a calidad industrial (Tabla 4), los valores obtenidos están dentro de los parámetros normales de un tomate de industria, aunque el contenido en sólidos solubles se ha quedado por debajo del valor de 4,5 °Brix, recomendado por la industria del procesado de tomate. Esto puede estar relacionado con la alta producción obtenida, ya que normalmente hay una correlación inversa entre producción y °Brix.

Tabla 3. Resultados de producción

Tomate	Producción comercial		Verde (%)	Sobre-maduro (%)	Producción total (t/ha)	Peso fruto (g)
	%	t/ha				
Delfo	84,8 ± 0,7	188,8 ± 2,2	11,4 ± 0,9	3,8 ± 0,2	222,7 ± 1,4	67,4 ± 1,9

Tabla 4. Parámetros de calidad industrial

Tomate	Residuo seco (%)	Consistencia (cm Bostwick)	Sólidos solubles (°Brix) (a 20°C)	pH	Color a/b
Delfo	5,48 ± 0,09	5,13 ± 0,43	4,33 ± 0,05	4,28 ± 0,04	2,32 ± 0,02



SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CERTIFICADO SIN INSECTICIDAS NI FUNGICIDAS QUÍMICOS

RESPECTUOSO CON EL MEDIO AMBIENTE



Ctra. Valtierra - San Adrian, s/n
31320 Milagro (Navarra)
Telf: 948 40 90 35 Fax: 948 40 90 77
Mail: veconatur@gelagri.es

CONCLUSIONES FINALES

El cultivo de tomate se ha desarrollado con normalidad durante todo el ciclo de cultivo, sin estar sometido a ningún tipo de estrés, lo que se refleja en los resultados de producción obtenidos.

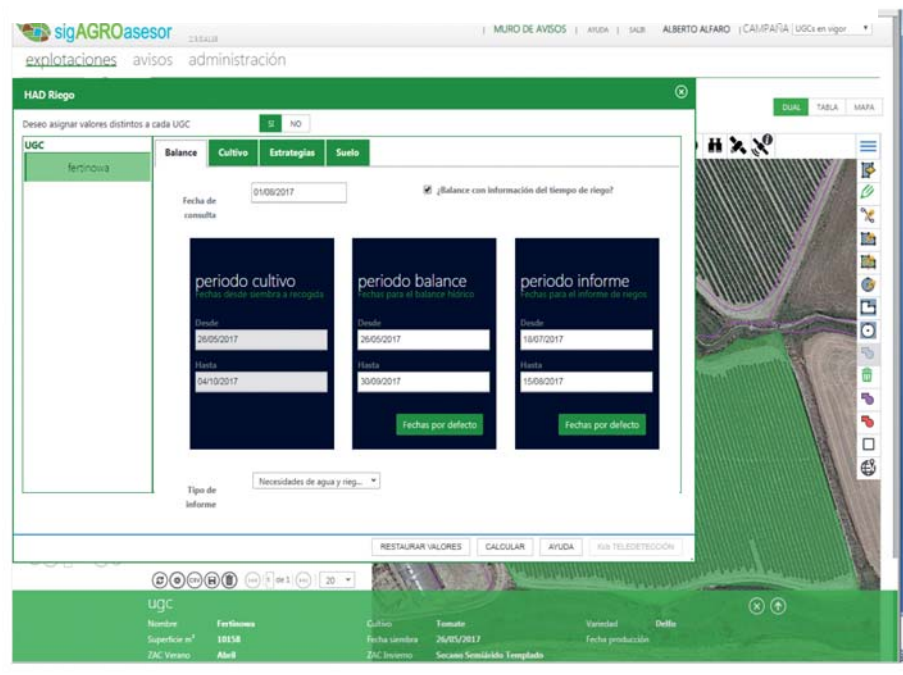
La programación del riego ha satisfecho las necesidades de riego del cultivo, cuyo estado hídrico durante el ciclo de cultivo, medido por medio del potencial hídrico foliar, ha permanecido dentro de los valores recomendados por el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), tras muchos años de investigación en el riego del tomate para procesado industrial.

La HAD RIEGO se ha utilizado con éxito para estimar las necesidades de riego mediante el ajuste de cada período de consulta (Figura 4), la fenología del cultivo en la parcela por integral térmico (Figura 5) y las características del suelo en la parcela (Figura 6).

La evolución de los datos de la evapotranspiración del cultivo (ETc), así como el riego aplicado, se han mos-

trado en la **Gráfico 1**. Hay un **buen ajuste entre las necesidades de agua del cultivo estimado con la herramienta HAD irrigación (617,5 mm) y la cantidad total de agua que el cultivo ha recibido (598 mm), incluida la precipitación efectiva.**

Figura 4. HAD RIEGO. Interfaz para consultas de necesidades diarias



Más información sobre HAD Riego: <http://www.agroasesor.es>

Figura 5. HAD RIEGO. Interfaz para modificar los valores según las etapas fenológicas del cultivo

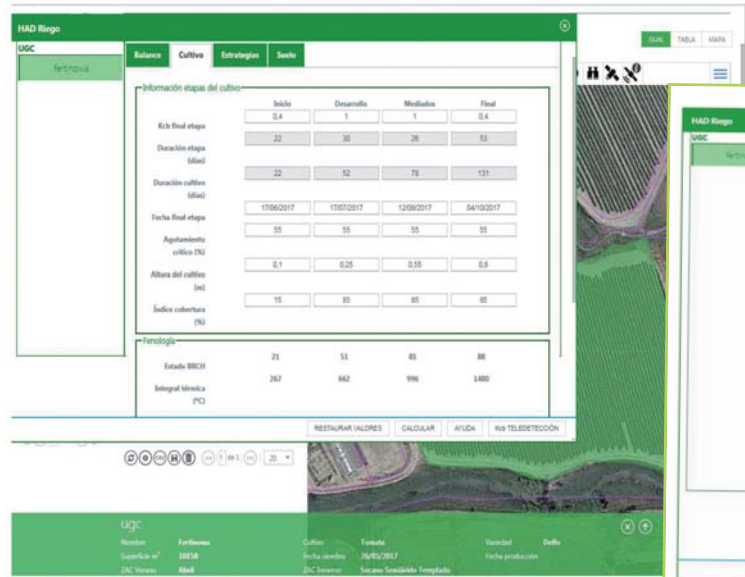
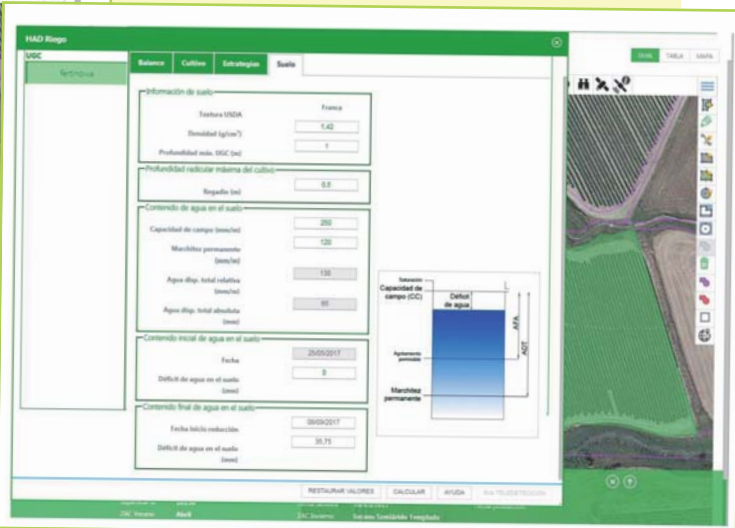


Figura 6. HAD RIEGO. Interfaz para modificar los parámetros asociados a las características del suelo de la parcela.



Más información del proyecto:

Página web: www.fertinnowa.com

Twitter: @fertinnowa



Horizon 2020