



# FertiRIEGO HORTICULTURA: riego y nutrición a medida de su cultivo de tomate

Ing. Agr. Dra. Cecilia Berrueta<sup>1</sup>,  
Lic. Biol. Mag. Dra. Guadalupe Tiscornia<sup>2</sup>,  
Ing. Agr. Mag. Adrián Cal<sup>2</sup>,  
Ing. Agr. Joaquín Lapetina<sup>3</sup>,  
Dra. Marisa Gallardo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Sistema Vegetal Intensivo - INIA

<sup>2</sup> Área de Sistemas de Información y Transformación Digital - INIA

<sup>3</sup> Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología - INIA

<sup>4</sup> Departamento de Agronomía - Universidad de Almería, España

En este artículo se presenta FertiRIEGO Horticultura, una nueva herramienta desarrollada por INIA que permite generar planes de fertirrigación ajustados a la realidad de cada cultivo y asistir en la toma de decisiones cotidianas de riego y nutrición a nivel predial.

## INTRODUCCIÓN

Existen algunos estudios que analizaron y jerarquizaron los factores responsables de las diferencias entre el rendimiento del tomate en invernáculo obtenido por los productores y el alcanzable para Uruguay. Estos indican que los mismos se podrían incrementar un 34 y 28 % para el sur y norte del país, respectivamente, mejorando principalmente la nutrición con potasio (K),

nitrógeno (N) y el riego (Dogliotti *et al.*, 2021). La mejora de la fertirrigación, que evita el exceso de fertilización y ajusta el manejo del riego, impacta directamente sobre: (a) el problema de lavado de  $\text{NO}_3^-$  y la contaminación de las aguas subterráneas, (b) la acumulación de sales en los suelos bajo invernáculo (Berrueta *et al.*, 2024) y (3) la eficiencia del uso del agua. A pesar de la importancia del riego y la nutrición en el rendimiento del cultivo, y sus efectos sobre el ambiente, sumado a la

disponibilidad de sistemas de fertirriego a nivel predial, actualmente el riego y la fertilización en la mayoría de los establecimientos se realiza en forma intuitiva y en base a la experiencia.

Para ajustar el suministro de nutrientes y agua a la demanda de los cultivos, una de las estrategias más aceptadas es el enfoque prescriptivo-correctivo de manejo de la fertirrigación (Thompson *et al.*, 2017). Según este manejo, las recomendaciones técnicas de los planes de fertirrigación (parte prescriptiva) se combinan con herramientas que permiten corregir esas recomendaciones para el mejor resultado a nivel de predios (parte correctiva). Esta parte involucra el monitoreo del cultivo y el suelo mediante sensores para realizar los ajustes necesarios en el aporte de agua y la fertilización (Thompson *et al.*, 2017).

INIA viene trabajando desde 2019 para generar y ajustar herramientas para mejorar la fertirrigación en el cultivo de tomate en Uruguay. En este artículo se presenta FertiRIEGO Horticultura, una herramienta que permite generar planes de fertirrigación ajustados a la realidad de cada cultivo y asistir en la toma de decisiones cotidianas de riego y nutrición a nivel predial. Esta herramienta deberá complementarse con el monitoreo a campo de humedad de suelo y nutrientes en suelo y planta (Berrueta *et al.*, 2024a) para optimizar el manejo.

¿QUÉ ES FertiRIEGO HORTICULTURA?

FertiRIEGO Horticultura es una aplicación para dispositivos móviles y web de soporte a la toma de decisiones, desarrollada por INIA, que realiza

recomendaciones de riego y aporte de fertilizantes para el cultivo de tomate bajo invernáculo en Uruguay. Se basa en información generada localmente y el sistema VegSyst-DSS desarrollado por la Universidad de Almería (España) (Gallardo *et al.*, 2014).

Este sistema se basa en el modelo de simulación VegSyst calibrado y validado para tomate en invernadero de primavera-verano y otoño-invierno en Uruguay (Berrueta *et al.*, 2023) (Figura 1). Este modelo calcula la absorción diaria de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y la evapotranspiración del cultivo (ETc) en base a datos climáticos (temperatura y radiación). Los requerimientos de fertilizantes nitrogenados se calculan utilizando un balance de N, basado en la absorción diaria de N y considera (a) el N mineral del suelo, (b) el N mineralizado de: enmiendas orgánicas (cama de pollo, estiércol y compost), cultivo anterior incorporado o abono verde previo al cultivo y la materia orgánica del suelo, y (c) la concentración de N en el agua de riego. La aplicación recomendada de P, K, Ca y Mg considera (a) la absorción de nutrientes y (b) los nutrientes disponibles/intercambiables en el suelo. Los requerimientos surgen del producto de la absorción simulada por un factor asociado a la disponibilidad de cada nutriente utilizando el enfoque de "maintenance/build up". Los requerimientos de riego se basan en la ETc calculada y el caudal del sistema de riego. La ETc se calcula según el método ETo-kc, utilizando el modelo Hargreaves adaptado para invernáculos para estimar la ETo (Fernandez *et al.*, 2010) y un modelo de kc basado en la evolución de la fracción de radiación interceptada por el cultivo según el tiempo térmico (Figura 1).

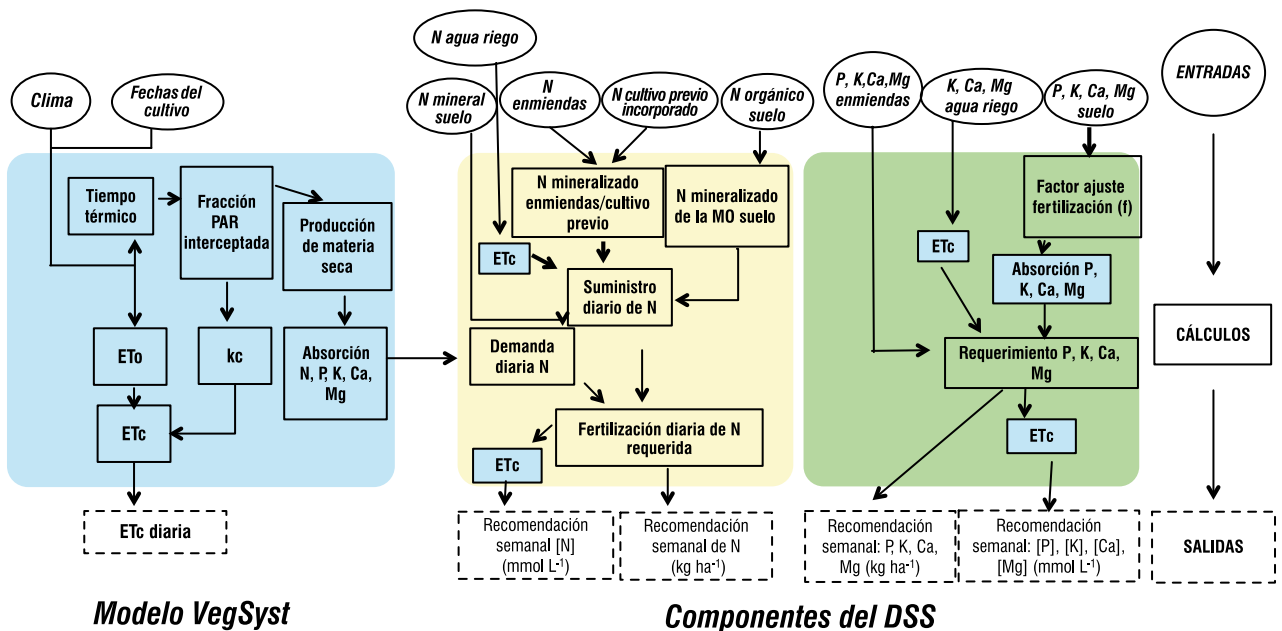


Figura 1 - Representación esquemática de FertiRIEGO Horticultura mostrando los cálculos realizados por (1) el modelo de simulación VegSyst calibrado para Uruguay y (2) los componentes del DSS (Adaptado de Berrueta *et al.*, 2024b).

**Cuadro 1** - Información requerida para ingresar un nuevo proyecto.

Cultivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de cultivo: ciclo corto de otoño, ciclo corto de primavera, ciclo largo invernal o ciclo largo estival.</li> <li>Fecha de trasplante y final del cultivo.</li> </ul>
Invernáculo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Años desde el último techado.</li> <li>Tipo de nylon: transparente/difuso.</li> <li>Cubiertas adicionales: malla sombra/doble techo/encalado.</li> </ul>
Sistema de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de líneas de riego por cantero y distancia entre canteros</li> <li>Distancia entre emisores y caudal.</li> </ul>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de suelo según textura (liviano/pesado).</li> <li>Materia orgánica.</li> <li>P, N mineral y bases intercambiables.</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrato, fosfato, K, Ca y Mg.</li> </ul>
Enmiendas orgánicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de enmienda: compost, cama de pollo, gallinaza, estiércol ovino/vacuno.</li> <li>Volumen aplicado.</li> <li>Fecha de aplicación.</li> </ul>
Abonos verdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura del abono verde al momento del enterrado.</li> <li>Fecha de incorporación al suelo.</li> </ul>
Cultivo anterior incorporado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Morrón/tomate.</li> <li>Fecha de incorporación al suelo.</li> </ul>

En el marco del desarrollo de FertiRIEGO Horticultura se realizaron tres talleres de consulta e intercambio con técnicos asesores, técnicos de instituciones, productores referentes del norte y sur del país y técnicos de distintas áreas dentro de INIA. En estos talleres se recibieron aportes relacionados a cómo se inserta la herramienta en la forma actual de toma de decisiones sobre riego y fertilización. Estos insumos contribuyeron a lograr un producto más amigable y orientado a las necesidades de técnicos y productores hortícolas.

### ¿QUÉ INFORMACIÓN REQUIERE EL SISTEMA?

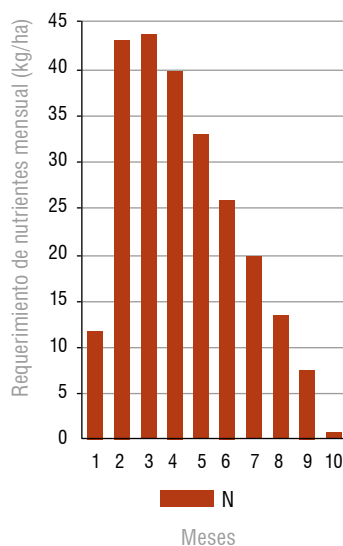
La información de clima se obtiene automáticamente de las estaciones meteorológicas INIA Las Brujas e INIA Salto Grande, sumado a pronósticos meteorológicos obtenidos de GFS. La información que el usuario debe proporcionar se detalla en el Cuadro 1 y refiere a datos del cultivo, invernáculo, sistema de riego, suelo, agua y enmiendas orgánicas. En caso de no contar con información de suelo, agua y enmiendas orgánicas se puede utilizar información precargada en el sistema.

Para optimizar el manejo, FertiRIEGO Horticultura debe complementarse con el monitoreo a campo de humedad de suelo y nutrientes en suelo y planta.

### ¿QUÉ INFORMACIÓN GENERA EL SISTEMA?

El sistema genera tablas y gráficas con información diaria/semanal de riego y semanal/mensual de fertilización con N, K, P, Ca y Mg expresada en cantidad (kg/ha) y concentración (mmol/L).

**Figura 2** - Pasos para ejecutar FertiRIEGO Horticultura.



**Figura 3** - Gráfica de requerimiento mensual de nitrógeno (captura de pantalla de la App).

A su vez, permite valorar *a priori* diferentes estrategias de manejo. Por ejemplo, comparar salidas con aporte de distintas enmiendas orgánicas. Realizar análisis de sensibilidad cargando diferentes valores a una variable, por ejemplo: calidad de agua, características del invernáculo, uso de malla de sombreo, etc. Además, se pueden obtener planes de fertirriego para otras zonas del país (no próximas a las estaciones agroclimáticas INIA Las Brujas o Salto Grande) y para la región, cargando la información climática histórica de la zona particular.

### ¿PARA QUÉ SIRVE EL SISTEMA?

1 - Planifica el fertirriego para cultivos de tomate: para ello utiliza información climática histórica de la estación agroclimática INIA indicada o información cargada por el usuario.

2 - Asiste en las decisiones diarias de riego y fertilización en tiempo real: accede a la información climática del año en curso e información del pronóstico meteorológico Global Forecast System (GFS) (NOAA-EE.UU) para ajustar las recomendaciones durante el cultivo.

Las recomendaciones de FertiRiego Horticultura permiten obtener un plan de manejo de nutrientes y agua muy ajustado, que se utilizaría como parte prescriptiva en un enfoque de manejo prescriptivo-correctivo de la fertirrigación. La parte correctiva posterior implicaría el uso del monitoreo del cultivo/suelo para realizar ajustes y garantizar el aporte óptimo de agua y nutrientes. Es recomendable que las acciones propuestas sean supervisadas por el técnico asesor del predio, quien tiene la formación necesaria y el conocimiento del sistema, para integrar la información de la mejor manera junto al productor. El uso de FertiRiego Horticultura, sumado a las herramientas de monitoreo de riego y nutrición a campo, permiten optimizar la fertirrigación y, de esa forma, maximizar la eficiencia de uso del agua y los fertilizantes, así como los rendimientos del cultivo.



**Figura 4** - Ventajas de FertiRiego Horticultura.



Una vez registrado en INIA móvil se puede acceder a la versión web a través del siguiente link.

Acceda **AQUÍ**

### BIBLIOGRAFÍA

Berrueta, C., Grasso, R., García, C., Thompson, R. B., Gallardo, M., 2023. Use of the VegSyst model to simulate seasonal dry matter production, N and K uptake and evapotranspiration in greenhouse soil-grown tomato in Uruguay. *Agric. Water Manage.*, 286, 108395.

Berrueta, C., Grasso, R., Dogliotti, S., Scarlato, M., Alliaume, F., Machado, D., Manzioni, A., 2024<sup>a</sup>. Manejo eficiente de la fertirrigación en el cultivo de tomate bajo invernáculo. *INIA Serie técnica no. 270*. 78pp.

Berrueta, C., Tiscornia, G., Cal, A., Lapetina, J., Gallardo, M., 2024b. Decision support system software to calculate irrigation and nutrient requirements in greenhouse tomato. *57º Congresso Brasileiro de Olericultura, Campinas SP, Brasil*.

Dogliotti, S., Scarlato, M., Berrueta, C., Barros, C., Reherrmann, F., Rieppi, M., Inetti, C., Soust, G., Borges, A., 2021. Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento y calidad en los principales cultivos hortícolas del Uruguay. *INIA Serie FPTA 91*.

Fernández, M.D., Bonachela, S., Orgaz, F., Thompson, R., López, J.C., Granados, M.R., Gallardo, M., Fereres, E., 2010. Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. *Irrig. Sci.* 28, 497-509. <https://doi.org/10.1007/s00271-010-0210-z>.

Gallardo, M., Thompson, R.B., Giménez, C., Padilla, F.M., Stöckle, C.O., 2014. Prototype decision support system based on the VegSyst simulation model to calculate crop N and water requirements for tomato under plastic cover. *Irrig. Sci.* 32, 237-253. <https://doi.org/10.1007/s00271-014-0427-3>.