

SEMINARIO TÉCNICO

ACTUALIZACIÓN EN INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN HORTÍCOLA

Manejo eficiente de la fertirrigación



JUEVES 28 DE NOVIEMBRE 2024 - INIA SALTO GRANDE

Manejo eficiente de la fertirrigación

Objetivos:



Mejorar la
productividad
y la calidad



Reducir
costos de
fertilizantes y
otros insumos

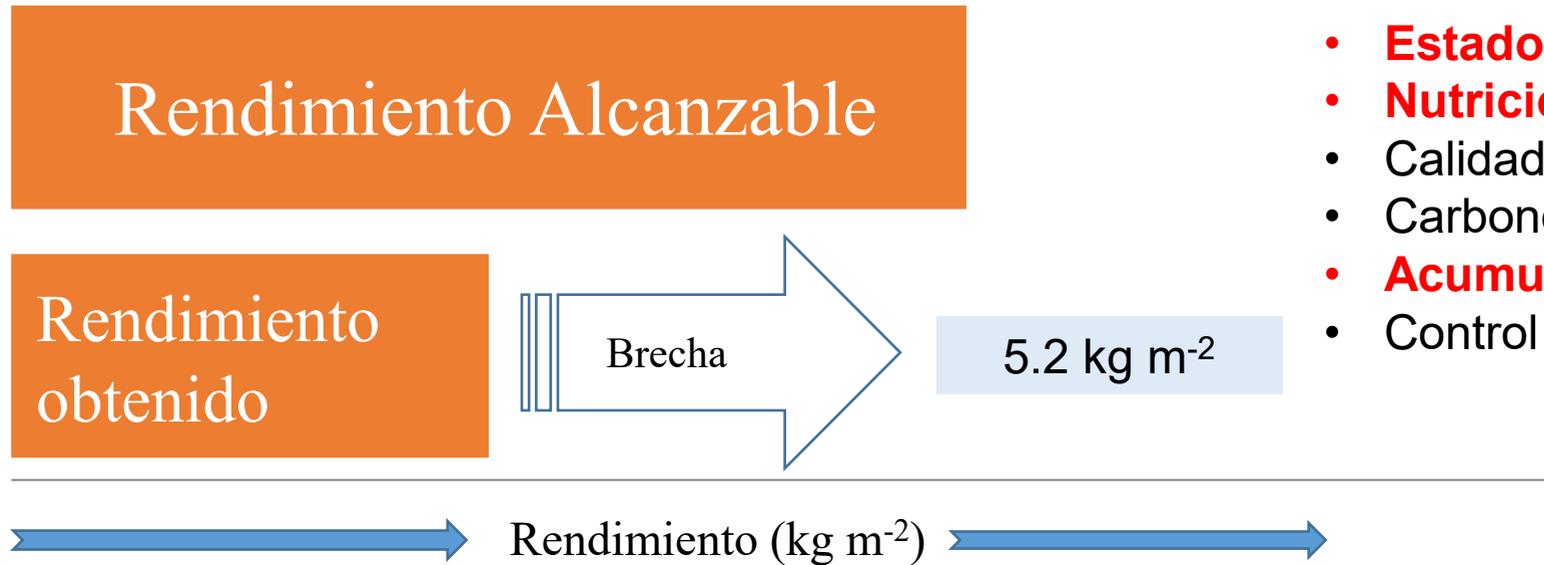


Reducir el
impacto
ambiental



Productividad y calidad

Tomate invernáculo



Berrueta et al. (2020a)

Principales causas:

- **Estado hídrico**
- **Nutrición con K y N**
- Calidad del plantín
- Carbono orgánico del suelo
- **Acumulación de sodio**
- Control de mosca blanca



Desbalances nutricionales y problemas de riego: desordenes fisiológicos

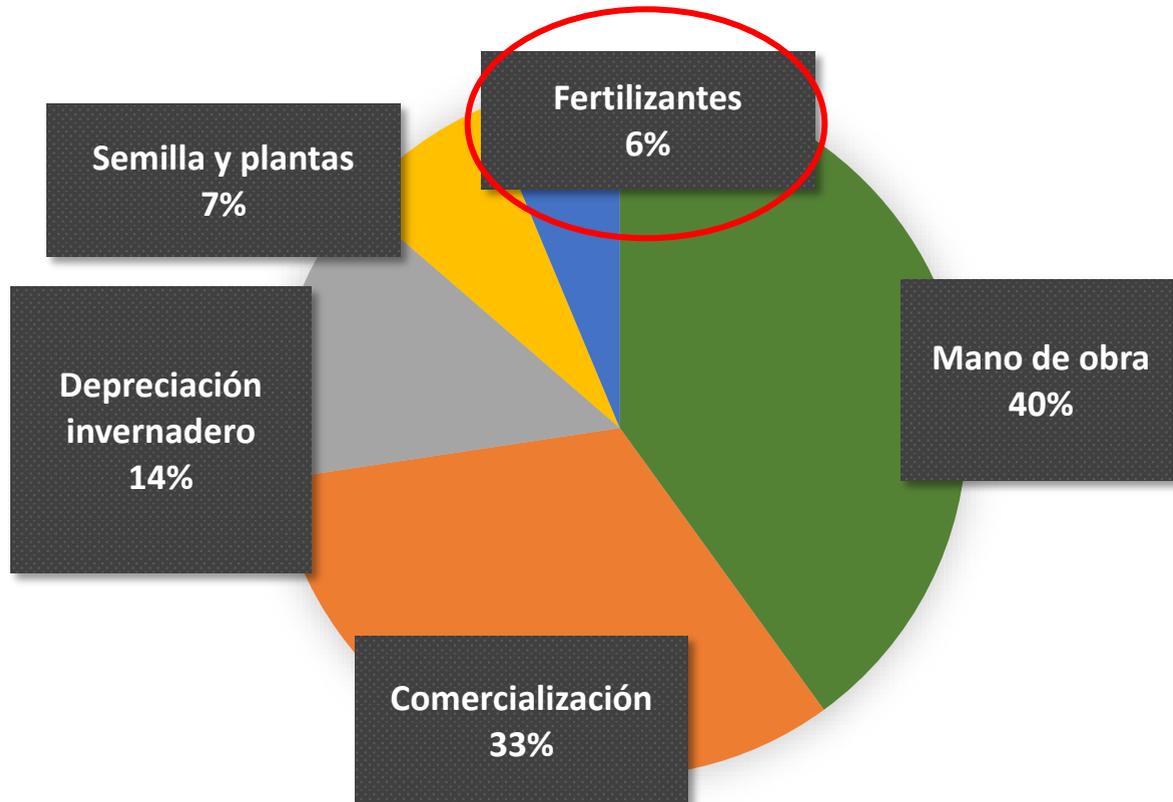


MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN

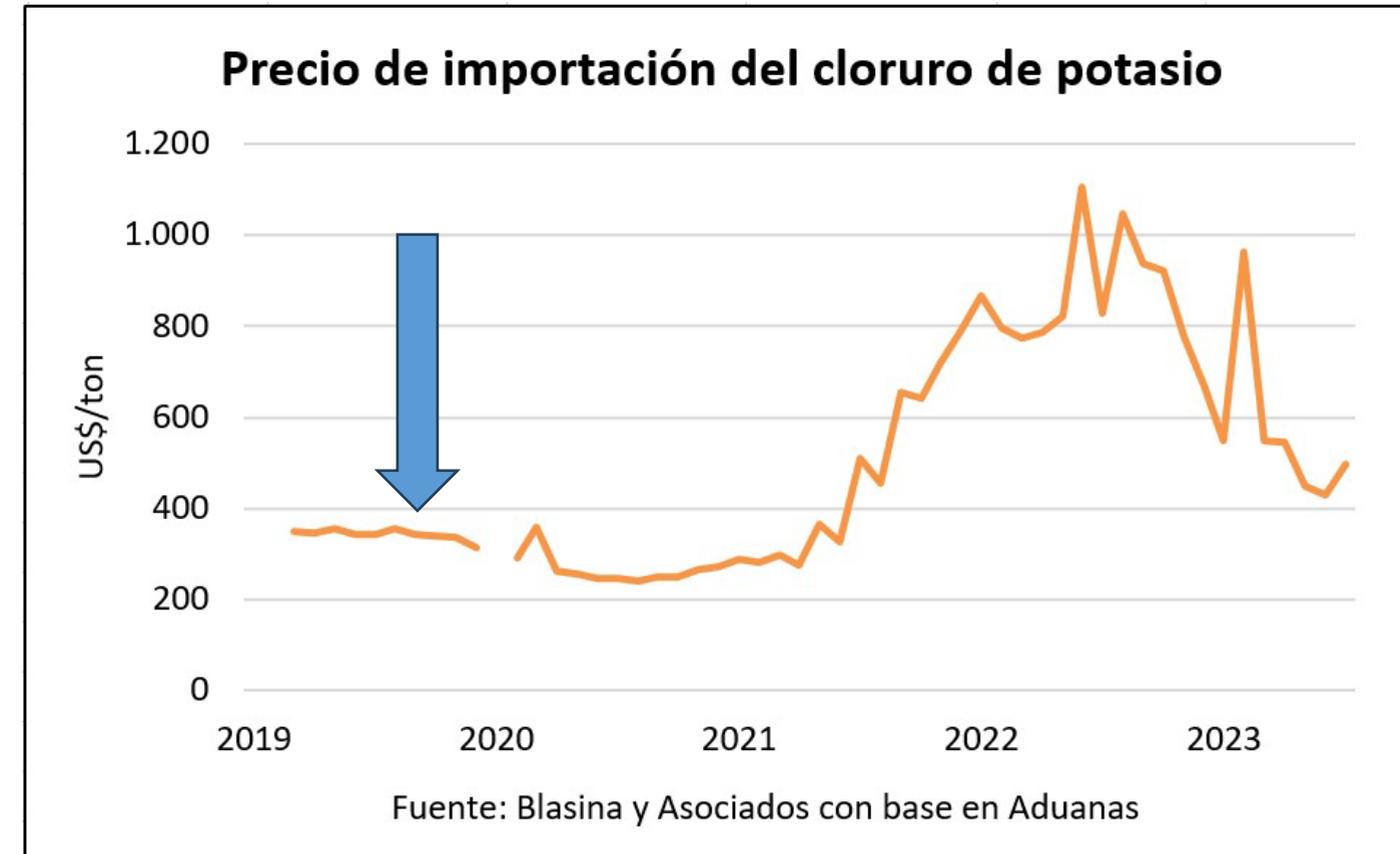
La limitante no es capacidad técnica...
*Información de momentos y dosis de aplicación

Costos de fertilizantes

Tomate invernáculo

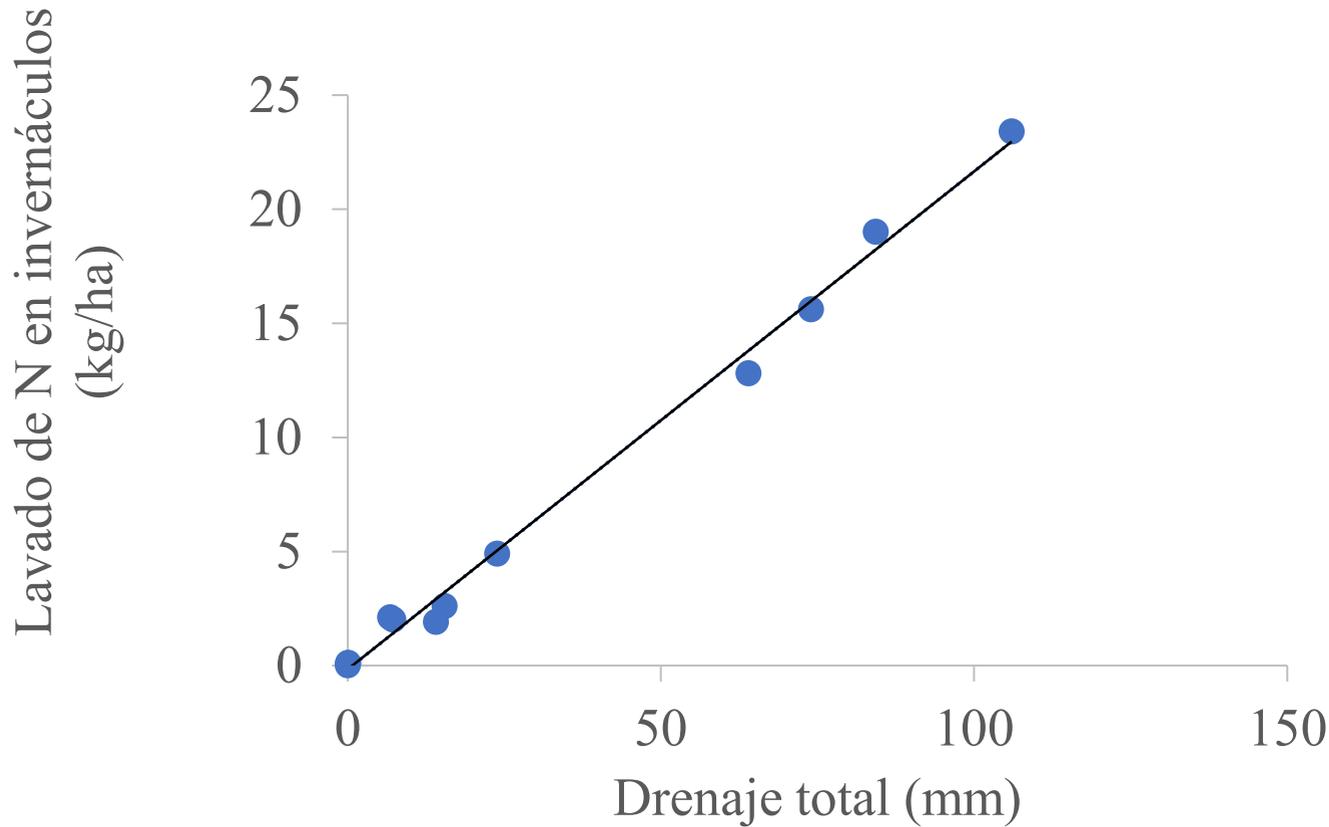


Berrueta et al., (2020b)



Impacto ambiental

Riego excesivo → aumenta el drenaje profundo y lavado de N en sistemas protegidos → **contaminación de las aguas subterráneas**



→ Exceso de riego →

AGROCIENCIA URUGUAY

Agrocienca Uruguay ▾ Information for authors ▾ Special issues ▾ Published issues

Home / Archives / Vol. 27 No. NE1 (2023) / Irrigation and water management

Sodium accumulation vs. nitrate leaching under different fertigation regimes in greenhouse soils in South Uruguay

Cecilia Berrueta
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental Salto Grande, Sistema Vegetal Intensivo, Salto, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0001-5700-2857>

Claudio García
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, Sistema Vegetal Intensivo, Canelones, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0002-0170-4128>

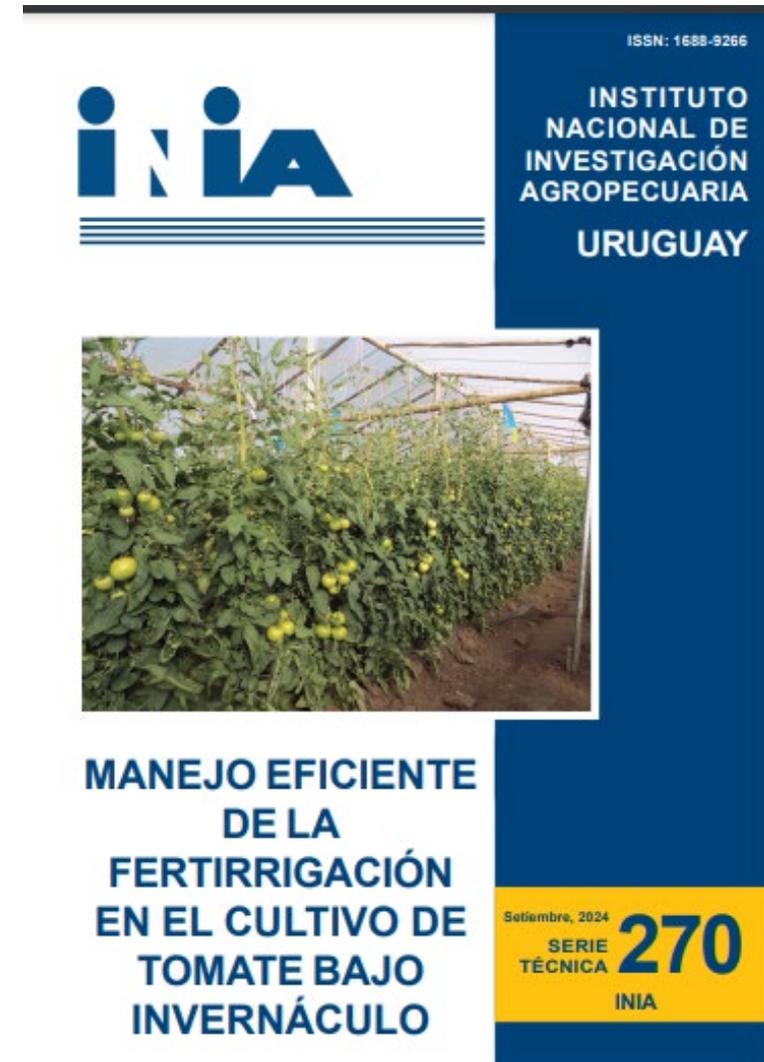
Rafael Grasso
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental

$y = -8.2361x + 107.87$
 $R^2 = 0.8857$

Estrategia: Manejo prescriptivo – correctivo



- **PRESCRIPTIVA:** Definir un plan de fertirriego acorde a las necesidades considerando: demandas del cultivo, análisis de suelo, enmiendas y agua de riego.
- **CORRECTIVA:** Monitorear los resultados del plan a campo (suelo y plantas) para ir ajustando a la situación real.



Plan de fertirriego (prescriptiva)

Nueva herramienta para panificar y asistir en las decisiones de fertirriego en TOMATE



ABSORCIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO POR EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNÁCULO

Dra. Cecilia Berrueta, Dr. Rafael Ing. Agr. Jonathan López
Sistema Vegetal Intensivo

En este artículo se pre cultivo de tomate en ir se aporta información planes de fertirrigación



ABSORCIÓN DE CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO POR EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNÁCULO

Dra. Cecilia Berrueta, Dr. Facundo Ibañez
Sistema Vegetal Intensivo

Con el objetivo de contribuir al diseño de planes de fertirrigación que

Monitoreo de nutrientes a campo (correctiva)

Permiten **realizar análisis rutinarios de nutrientes** (N, K, Ca, Na y P) **durante el ciclo del cultivo**, permitiendo ajustar las dosis de fertilizantes **en tiempo real** según las necesidades.

Ajuste de análisis de savia CEBOLLA



Hortifruticultura

Foto: Iván Rodríguez



Hortifruticultura

Foto: Iván Rodríguez



Hortifruticultura

Sistema Vegetal Intensivo

ANÁLISIS RÁPIDO DE SUELO A NIVEL DE PREDIO POR EL MÉTODO DE DILUCIÓN 1:2

Dr. Rafael Grasso
Dra. Cecilia Berrueta
Téc. Agr. Ariel Manzoni
Lic. Lab. Della Machado

En este artículo se presentan las principales características del método y su inserción a nivel predial. Su aplicación es sencilla, requiere poco equipamiento y los resultados son confiables. Además, se usan los mismos sistemas de análisis rápido que se utilizan para el análisis de soluciones nutritivas, drenajes, solución de suelo y análisis de savia que ya se manejan a nivel de predios comerciales.

ANÁLISIS DE SAVIA PARA LA DETERMINACIÓN RÁPIDA DEL NIVEL DE POTASIO, NITRATO Y CALCIO EN EL CAMPO

Dra. Cecilia Berrueta¹, Dr. Rafael Grasso²,
Dr. Gustavo Giménez³, Ing. Agr. Juan Benlancur⁴,
Ing. Agr. Diego Rivero⁵, Téc. Granjero Marcelo Falero⁶

¹Programa de Investigación en Producción Hortícola - INIA Las Brujas
²Programa de Investigación en Producción Hortícola - INIA Salto Grande
³Tesis Facultad de Agronomía - Udelar

El presente artículo se focaliza en la medición de nutrientes en savia durante el transcurso del cultivo de tomate, incluyendo aspectos prácticos para su implementación y valores de referencia para diferentes estados fenológicos. Un manejo adecuado de la nutrición permite, entre otros aspectos, mejorar el rendimiento y la calidad de los productos cosechados, aumentar la eficiencia de uso de fertilizantes y evitar excesos que pueden provocar problemas ambientales.

ANÁLISIS DE SOLUCIÓN DE SUELO CON SONDAS DE SUCCIÓN PARA EL MONITOREO DEL FERTIRRIEGO EN TIEMPO REAL

Dra. Cecilia Berrueta¹,
Dr. Rafael Grasso²,
Dr. Gustavo Giménez³,
Téc. Granjero Marcelo Falero⁶

¹Programa de Investigación en Producción Hortícola - INIA Las Brujas
²Programa de Investigación en Producción Hortícola - INIA Salto Grande

El monitoreo de nutrientes durante el transcurso del cultivo es una herramienta muy valiosa para ajustar los planes de fertilización y realizar correcciones cuando es necesario. Apuntando a una mejora considerable en el rendimiento y calidad de los frutos mediante el monitoreo del fertirriego, en este artículo se presentan resultados de INIA para el cultivo de tomate.

Ventajas:
Precisión – referencias locales
Simple de utilizar
Bajo costo
Rapidez de los resultados



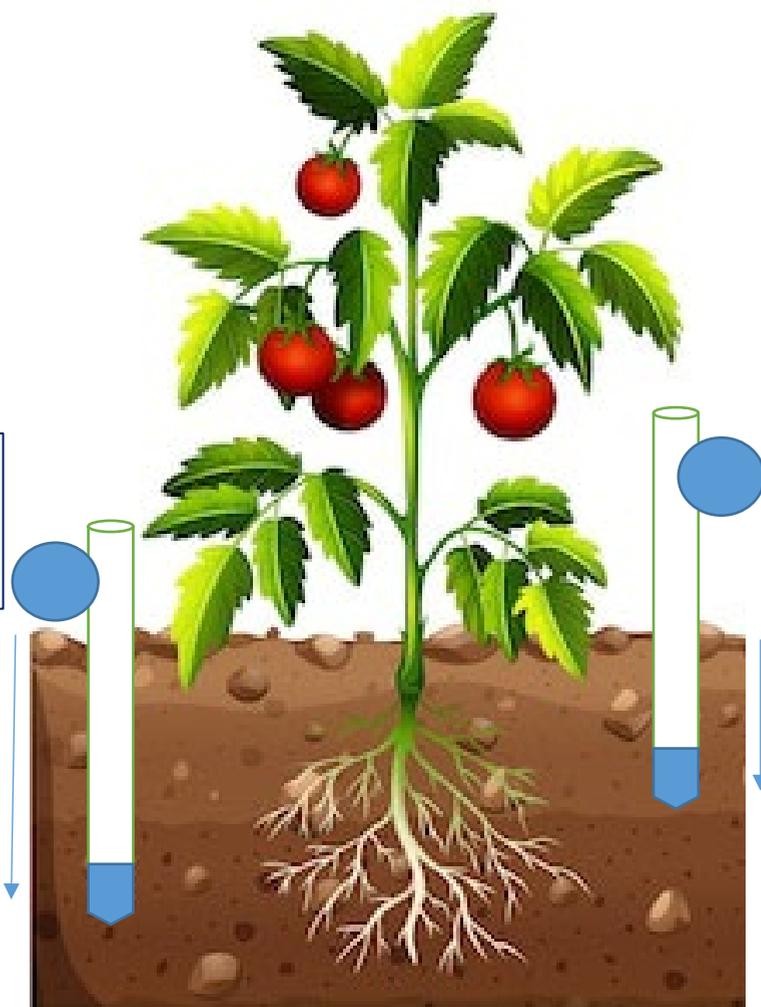
Monitoreo de riego con tensiómetros

Ventajas:

No requieren calibración
Simple de utilizar y bajo costo
No afectado por salinidad de suelo

¿Cuánto riego?

35-40 cm



¿Cuándo riego?

15-20 cm



¿CUÁNDO Y CUÁNTO REGAR? Manejo del riego con tensiómetros en cultivos hortícolas protegidos

Ing. Agr. Dr. Rafael Grasso¹, Ing. Agr. Dra. Cecilia Bernueta²,
Ing. Agr. Dr. Gustavo Giménez², Téc. Jonathan Alzugaray¹

¹Programa de Investigación en Producción Hortícola
- INIA Salto Grande

²Programa de Investigación en Producción Hortícola
- INIA Las Brujas

Los sensores de humedad son tecnologías diseñadas para mejorar el resultado productivo y reducir el impacto ambiental de los cultivos. En este artículo se presentan las características estructurales y funcionales de los tensiómetros, como herramienta promisoría para la gestión del riego en cultivos protegidos.

INTRODUCCIÓN

La decisión de cuándo y cuánto regar es tomada diariamente por los productores basándose en su experiencia y en el conocimiento de su sistema productivo. Estos criterios, en muchos casos subjetivos, pueden conducir a excesos o déficits de riego. El riego excesivo genera pérdidas de rendimiento, ineficiencias en el uso del agua, lavado de los fertilizantes y contaminación de las napas

subterráneas. Por otro lado, el riego deficitario ya en niveles moderados ocasiona pérdida de rendimiento y acumulación de sales en las capas más superficiales del suelo. El control de la irrigación requiere de tecnologías apropiadas que ayuden a productores y técnicos a tomar mejores decisiones. El objetivo es cubrir las necesidades reales del cultivo, mejorando los resultados productivos y reduciendo el impacto ambiental. Existe un abanico amplio de sensores de humedad que nos ayudan a conocer el estado hídrico

Adopción de las herramientas para manejo eficiente del fertirriego

Encuesta a técnicos asesores hortícolas Junio 2024:

- 26 técnicos hortícolas de predios con cultivos protegidos.
- 351 predios asesorados.

Tipo	Herramienta	Predios que la utilizan (%)
Prescriptiva	Análisis de suelo	35
	Análisis de agua de riego	16
Correctiva	Análisis de savia y sonda	19
	Tensiómetros	12

SEMINARIO TÉCNICO

ACTUALIZACIÓN EN INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN HORTÍCOLA

FertiRIEGO Horticultura: Riego y nutrición a medida de su cultivo de tomate



Cecilia Berrueta, Marisa Gallardo, Guadalupe Tiscornia,
Adrian Cal, Joaquín Lapetina



JUEVES 28 DE NOVIEMBRE 2024 - INIA SALTO GRANDE



Ferti
RIEGO
Horticultura
INIA
URUGUAY

Riego y nutrición a medida
de su cultivo de tomate

Ya disponible en **INIA**
móvil



INIA
URUGUAY

- **Sistema de soporte a la toma de decisiones de riego y fertilización para tomate bajo invernáculo (app para dispositivos móviles y web) desarrollado por INIA.**
- Se basa en **información generada localmente** y el sistema **VegSyst-DSS** desarrollado por la Universidad de Almería (España) (Gallardo *et al.*, 2014).

¿Para qué sirve FertiRIEGO Horticultura?

- 1. Planifica el fertirriego para cultivos de tomate:** 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 (NOAA–EE.UU) para ajustar las recomendaciones durante el cultivo.



Ventajas



Formato **amigable e intuitivo**



Acceso por **dispositivos móviles o web**

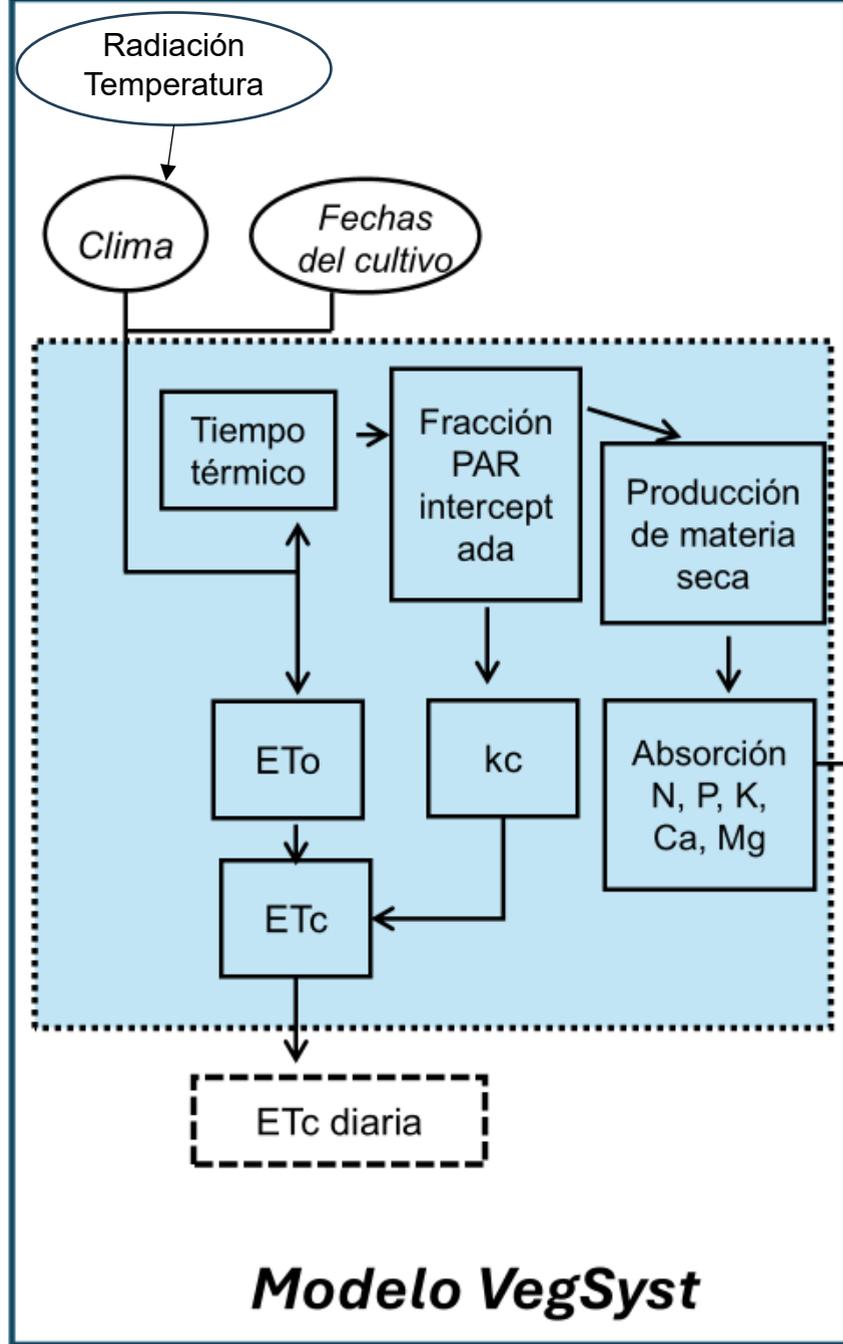


Pensado para su uso **práctico en predios**



Se **adapta a todos los sistemas**
de fertirriego disponibles localmente

¿Qué es FertiRIEGO Horticultura?



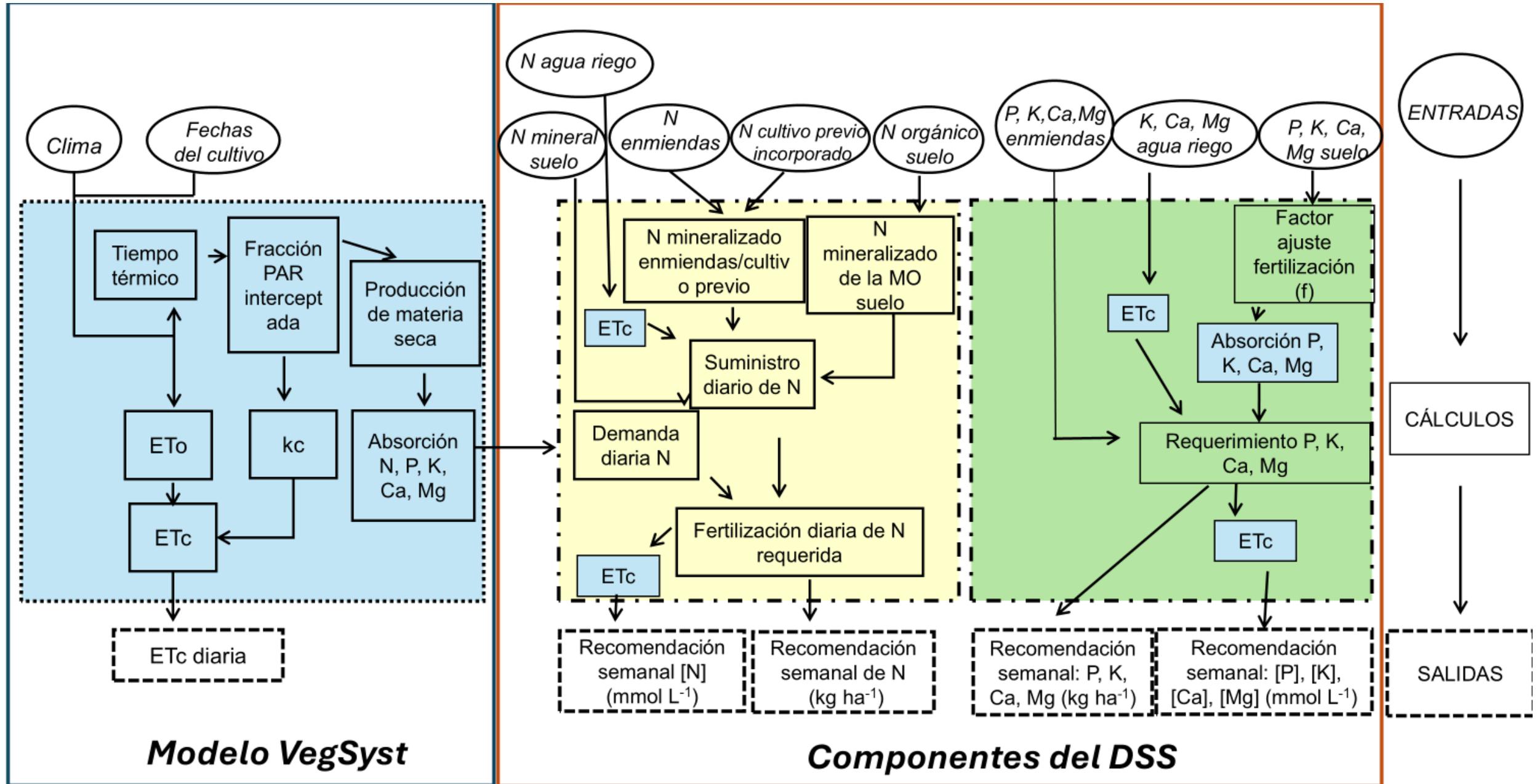
Se basa en el **modelo de simulación VegSyst** calibrado y validado para tomate en invernadero de primavera-verano y otoño-invierno en Uruguay

(Berrueta *et al.*, 2023).

El modelo calcula:

- Absorción diaria de N, P, K, Ca y Mg
- Evapotranspiración del cultivo (ETc)

¿Qué es FertiRIEGO Horticultura?



¿Qué información requiere?



- Estaciones agroclimáticas INIA (Las Brujas y Salto Grande)
- Pronóstico meteorológico de Global Forecast System (EEUU).
- Información climática históricas de otras zonas o regiones subidas por el usuario.

¿Qué información requiere?



CULTIVO

- Ciclo: corto de otoño, corto de primavera, largo invernal o largo estival.
- Fecha de trasplante y final del cultivo.



INVERNÁCULO

- Años desde el último techado y tipo de nylon: transparente/difuso.
- Cubiertas adicionales: malla sombra/doble techo/encalado.



SISTEMA DE RIEGO

- Número de líneas de riego por cantero y distancia entre canteros.
- Distancia entre emisores y caudal.



SUELO/AGUA

- Tipo de suelo según textura (liviano/pesado), MO, P, NO_3^- , K, Ca, Mg.
- Agua: Nitrato, fosfato, K, Ca y Mg.



ENMIENDA ORGÁNICA

- Tipo: compost, cama de pollo, gallinaza, estiércol ovino/vacuno.
- Volumen y Fecha de aplicación.



ABONO VERDE/CULTIVO PREVIO INCORPORADO

- Altura del abono verde al momento del enterrado.
- Morrón/tomate.
- Fecha de incorporación al suelo.

Nuevo proyecto



Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

Administración

Ayuda

Seguridad

Mis proyectos > Agregar proyecto > Datos generales

General Suelo Riego Transmisividad del invernáculo Enmiendas orgánicas Abonos verdes/Incorporación de cultivo anterior

Se necesita la información general para poder crear los demás campos

Nombre*

Departamento*

Seleccionar departamento



Estación agroclimática*

Seleccionar estación agroclimática



Base de datos de clima*

Seleccionar base de datos de clima



Cultivo*

Seleccionar cultivo



Fecha de trasplante*

07/11/24



Medio de cultivo*

Suelo



Fecha prevista de fin de cultivo*

07/11/24



Volver

Guardar

Cerrar sesión

Proyectos existentes



Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

Administración

Ayuda

Seguridad

Mis proyectos

Buscar por nombre o departamento

+ Agregar proyecto

Nombre	Departamento	Estación agroclimática	
Largo estival 2025-26	Paysandú	INIA - Las Brujas	    
Angiolini 2025	Canelones	INIA - Las Brujas	    
Gabrielli 2025	Salto	INIA - Salto Grande	    
Gabrielli Mar-Dic 2023	Salto	INIA - Salto Grande	    
Proyecto Test Datos	Montevideo	INIA - Las Brujas	    
Proyecto Recomendaciones de Fertilizantes	Montevideo	INIA - Las Brujas	    
Otoño 2021 LB	Canelones	INIA - Las Brujas	    



Cerrar sesión

¿Qué información genera?

Cálculos intermedios: dar transparencia al sistema → VegSyst calibrado



Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

Administración

Ayuda

Seguridad

Mis proyectos > Largo estival 2025-26 > Cálculos intermedios

Cultivo

Tomate ciclo largo estival

Fecha de transplante

30/09/25

Fecha de fin de cultivo

13/06/26

Fecha	DDT	Materia seca (g/m ² /día)	N	P	Unidades (kg/ha/día)				ETc (mm/día)
					K	Ca	Mg	Kc	
30/09/25	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
01/10/25	1	0,23	0,09	0,13	0,11	0,22	0,01	0,15	0,32
02/10/25	2	0,84	0,32	0,26	0,40	0,52	0,04	0,26	0,43
03/10/25	3	1,18	0,45	0,27	0,56	0,59	0,06	0,27	0,55
04/10/25	4	1,28	0,49	0,25	0,61	0,57	0,07	0,28	0,58
05/10/25	5	1,39	0,53	0,25	0,66	0,57	0,07	0,29	0,63
06/10/25	6	1,18	0,45	0,20	0,56	0,46	0,06	0,30	0,48
07/10/25	7	1,43	0,55	0,22	0,68	0,53	0,08	0,31	0,55
08/10/25	8	1,33	0,51	0,20	0,63	0,47	0,07	0,31	0,49
09/10/25	9	1,62	0,62	0,23	0,76	0,56	0,09	0,33	0,64



Cerrar sesión

¿Qué información genera?

Recomendaciones de riego



Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

Administración

Ayuda

Seguridad

Cerrar sesión

Mis proyectos > Largo estival 2025-26 > Recomendaciones de riego

Cultivo

Tomate ciclo largo estival

Fecha de transplante

30/09/25

Fecha de fin de cultivo

13/06/26

Riego diario

Riego semanal

Riego mensual

Diario: Asiste en base a pronóstico

Fecha	DDT	Volumen de riego (mm/día)	Riego acumulado (mm)	Tiempo de riego (min/día)
30/09/25	0			
01/10/25	1	0,32	0,32	3,46
02/10/25	2	0,43	0,75	4,64
03/10/25	3	0,55	1,30	5,94
04/10/25	4	0,58	1,88	6,26

¿Qué información genera?



Recomendaciones de riego



Mis proyectos > Largo estival 2025-26 > Recomendaciones de riego

Cultivo

Tomate ciclo largo estival

Fecha de transplante

30/09/25

Fecha de fin de cultivo

13/06/26

Riego diario

Riego semanal

Riego mensual

Número de riego

Recalcular

Fecha	Semana	Volumen de riego (mm/semana)	Riego acumulado (mm)	Tiempo de riego (min/semana)	Número de riegos por semana	Duración de cada riego (min)
07/10/25	1	3,54	3,54	38,00	7	5
14/10/25	2	3,91	7,45	42,00	7	6
21/10/25	3	8,58	16,03	93,00	7	13

Cerrar sesión

¿Qué información genera?

Recomendaciones de fertilización



Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

Administración

Ayuda

Seguridad

Cerrar sesión

Mis proyectos > Largo estival 2025-26 > Recomendaciones de fertilizantes

Cultivo

Tomate ciclo largo estival

Fecha de transplante

30/09/25

Fecha de fin de cultivo

13/06/26

Semanal

Mensual

Gráfico concentración

Gráfico requerimientos

Concentración (mmol/L)

Nutrientes (kg/ha)

Unidades fertilizantes (kg/ha)

Fecha	Semana	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
07/10/25	1	0,00	0,89	1,98	2,35	0,20	0,00	0,97	2,74	3,33	0,17	0,00	2,23	3,29	4,66	0,28
14/10/25	2	0,00	0,70	2,53	2,04	0,32	0,00	0,84	3,86	3,20	0,31	0,00	1,93	4,63	4,47	0,51
21/10/25	3	3,24	0,64	3,04	2,00	0,45	3,90	1,71	10,20	6,86	0,93	3,90	3,91	12,24	9,61	1,54
28/10/25	4	3,83	0,44	2,65	1,29	0,37	8,06	2,05	15,60	7,76	1,33	8,06	4,68	18,72	10,87	2,21
04/11/25	5	3,41	0,36	2,62	1,04	0,28	7,38	1,74	15,87	6,42	1,04	7,38	3,98	19,05	8,99	1,72

¿Qué información genera?

Recomendaciones de fertilización



Tomate ciclo largo estival

30/09/25

13/06/26

Mis proyectos

Bases de datos

Mi perfil

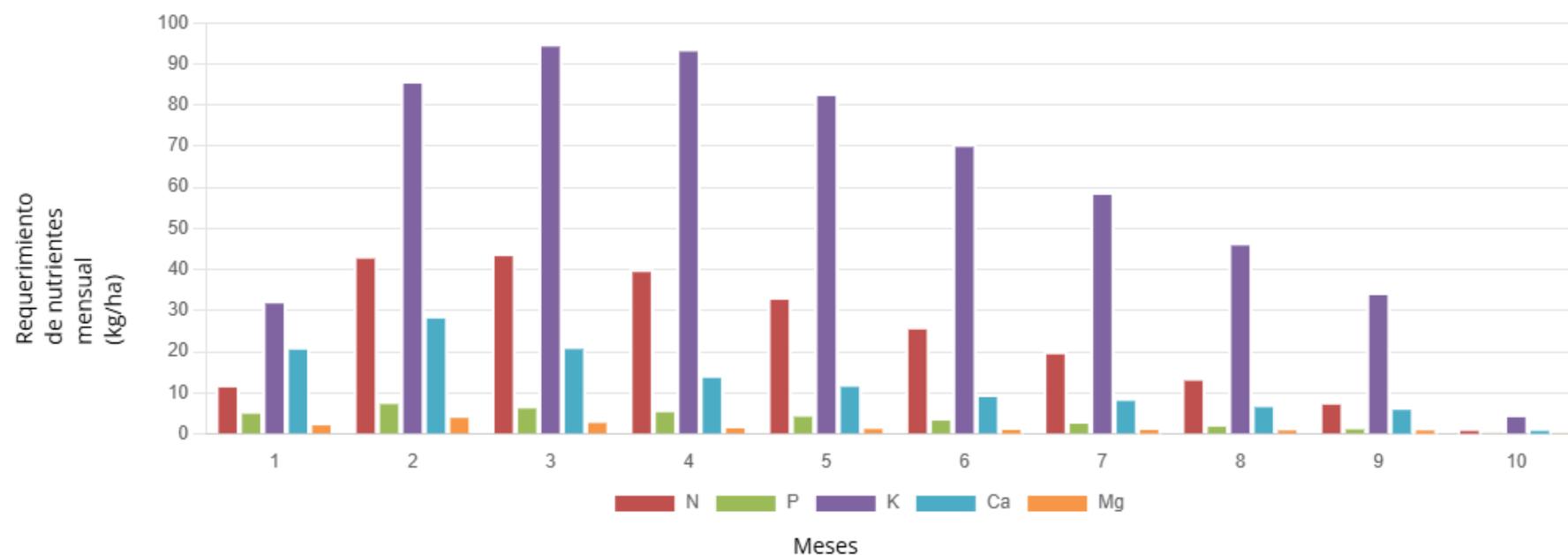
Administración

Ayuda

Seguridad

Cerrar sesión

Semanal Mensual Gráfico concentración **Gráfico requerimientos**





Pasos para su uso



1. Personalice la App con la información de su sistema productivo



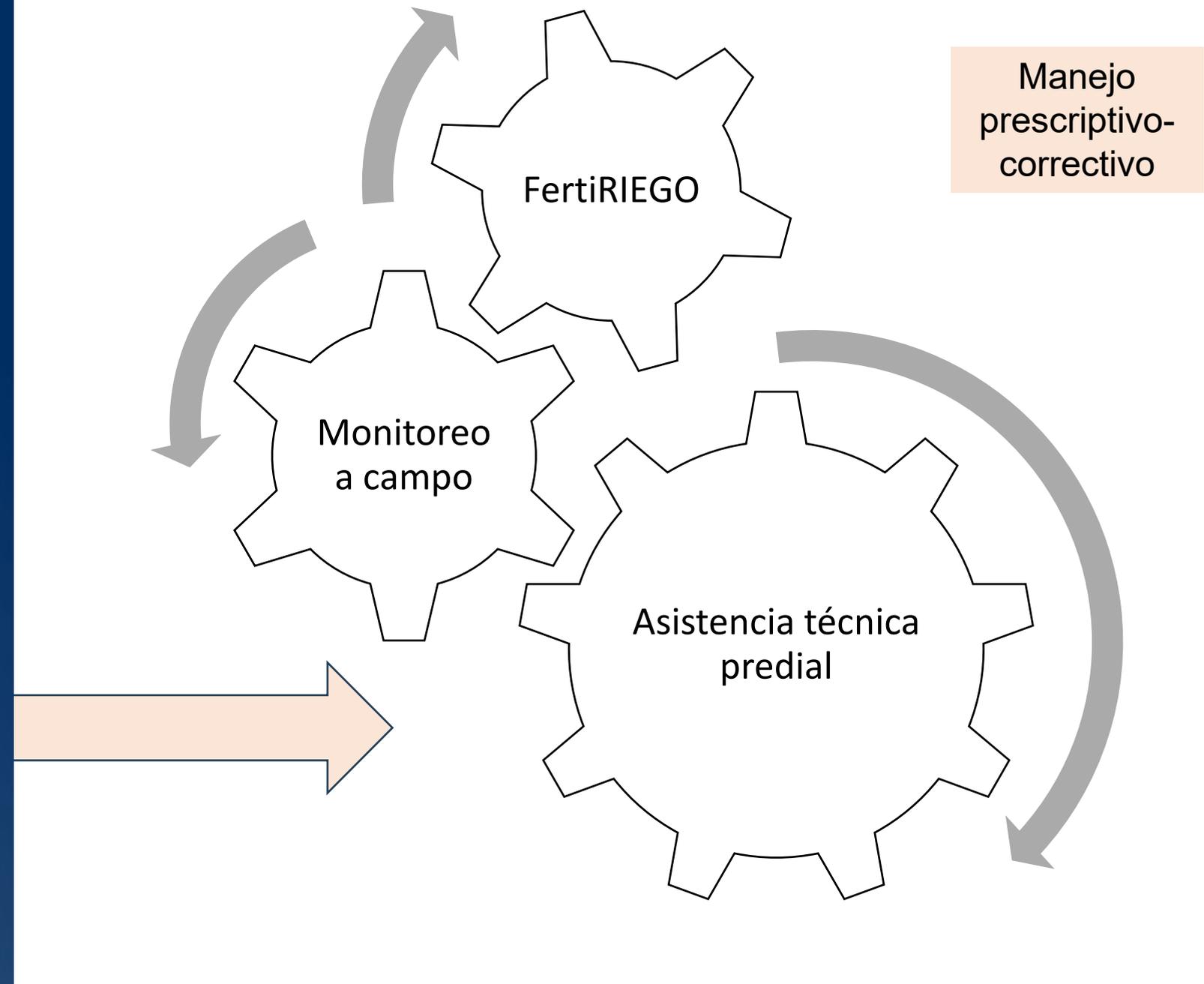
2. Obtenga su plan de fertirriego previo al trasplante



3. Ajuste las recomendaciones de riego y fertilización en tiempo real



4. Combine el uso de la App con el seguimiento predial



Ya disponible en **inia**
móvil

Available on the
App Store

Descarga aquí



GET IT ON
Google Play

Descarga aquí



FertiRIEGO agrega **ciencia e información** local a las recomendaciones cotidianas de **riego y nutrición** para la producción de alimentos inocuos y el **cuidado del ambiente.**



Próximas actividades:

- Talleres de entrenamiento para el uso de FertiRIEGO en el norte y sur del país.



¡Muchas gracias!

cberrueta@inia.org.uy



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y



INIA Uruguay



www.inia.uy



@INIA_uy