

HACIA UNA NUEVA FERTILIZACIÓN EN HORTICULTURA:

el caso del tomate de industria

La fertirrigación sostenible en tomate de industria se centra en la inyección racional de abonos, combinada con el riego por pulsos. Esta estrategia optimiza el uso de nutrientes y agua, reduciendo costes y mejorando la eficiencia productiva, un aspecto clave para la competitividad y sostenibilidad del cultivo en un contexto agrícola cada vez más exigente.

BENITO SALVATIERRA BELLIDO, EUGENIO GÓMEZ DURÁN, MANUEL LÓPEZ RODRÍGUEZ
Centro Rancho de la Merced, sede de ChipIona. Instituto de Investigación y Formación Agraria de Andalucía (IFAPA)

En el año 2020, se comenzó a ver la importancia de la combinación del manejo racional del riego y la fertirrigación en tomate de industria (Salvatierra *et al.*, 2021) confirmándose en una campaña posterior. Los siguientes años con restricciones de agua de riego no propiciaron continuar con los ensayos en parcelas comerciales. El término *racionalización* hace referencia a la demanda instantánea de agua y nutrientes que tiene la planta y el área de influencia del suelo que requieren estas condiciones. En definitiva, debemos atender las necesidades de cada momento del día de la planta para que ésta genere menor grado de estrés (hídrico y nutricional). Pero siempre que el suministro sea el justo para evitar pérdidas por lixiviación. Este equilibrio tan preciso es complejo de llevar a las fincas comerciales, aunque tecnológicamente sea imposible, pues se trata de un cultivo al aire libre donde el tamaño medio de parcela puede estar en 5 ha aproximadamente. En los años 2023 y 2024 se pusieron

en marcha ensayos experimentales en la sede de Chipiona del Centro IFAPA Rancho de la Merced. El del año 2023 (Jarén *et al.*, 2024) específico para evaluar el manejo continuo de aplicación del nitrógeno con el riego frente al manejo convencional y otro en 2024 (López *et al.*) para evaluar el fraccionamiento del riego diario en función al diseño agronómico del sistema de riego y conocido en riego localizado como riego por pulsos. Los resultados de ambos fueron muy interesantes y, por tanto, el reto estaba en usar ambos manejos en una explotación comercial. Por un lado, en el 2023 los valores de lixiviación que obtuvieron en un manejo sostenible unas pérdidas de lixiviación de nitratos en torno al 29% frente al 56% de pérdidas de nitratos en el manejo convencional, con pérdidas productivas del 25%. En todos, el drenaje de agua lixiviada fue del 35% del agua aportada con un manejo de riego convencional con 4 pulsos de riego diarios en la época de máxima demanda. Por tanto, unas primeras conclusiones son:

1. La aplicación de abonado nitrogenado de forma continua no incrementa los costes respecto al manejo tradicional, pero ofrece ventajas significativas en producción y sostenibilidad ambiental.
2. La mejora de la eficiencia del riego mediante un mayor control de los pulsos podría reducir las pérdidas por lixiviación y mejorar el aprovechamiento del nitrógeno.

Por tanto, la conclusión última requería de mejorar la eficiencia del riego, y por tanto se llevó a cabo, en un siguiente ensayo, el manejo de abonado nitrogenado con inyección continua a niveles de fraccionamiento del riego diario máximo, llegando a dar en días de máxima demanda hídrica del cultivo hasta 7 pulsos de riego. La estrategia marcada fue tiempos de pulsos de riego que evitaran la lixiviación por debajo de la zona radicular. Y una activación de los mismos de manera automática en función al nivel de humedad de la zona más activa de las raíces. En este ensayo se consiguió obtener

eficiencias del 90% en el abonado nitrogenado, es decir, perder solo el 10% del nitrógeno aportado a la planta y con el mejor resultado posible en producción frente al manejo de riego fraccionado de año anterior y fertirrigación convencional donde solo se consiguió el 66,8% de eficiencia de abonado nitrogenado.

Estos resultados confirman la adopción de estrategias de cambios en la manera de regar y fertirrigar en el sector como un reto importante. El objetivo principal era mejorar la eficiencia del riego y la fertirrigación en el sector productivo.

¿Qué se buscaba con este ensayo?

En la campaña de tomate de industria del año 2024, se puso en marcha una experiencia demostrativa en una finca comercial de 12,5 ha cedida por la Cooperativa de Las Marismas de Lebrija en la provincia de Sevilla. El objetivo fue hacer el seguimiento de tres manejos de riego y fertirrigación en un cultivo de tomate de industria plantado el 15 de mayo y recolectado el 8 de septiembre de 2024 (119 días de ciclo).

En dicha parcela se adoptó un esquema de ensayo demostrativo de elección de tres de parcelas dentro de la misma finca según se muestra en la **Foto 1**. Dicho ensayo adquiere validez experimental al haberse seleccionado parcelas con parámetros de suelo y antecedentes de cultivo homogéneos, lo que asegura condiciones comparables y resultados muy consistentes. A continuación, vemos en la **Foto 1** la homogeneidad del cultivo previo en la misma campaña agrícola (cultivo de brócoli), mientras que en el **Gráfico 1** se muestra el comportamiento de cultivos anteriores frente al escalonamiento de plantación de brócoli del cultivo previo, pero con un manejo.

Por tanto, las parcelas elegidas fueron utilizadas para comparar tres manejos de riego y fertirrigación distintos.

- **Parcela 1.** Manejo convencional de riego y abonado y considerada

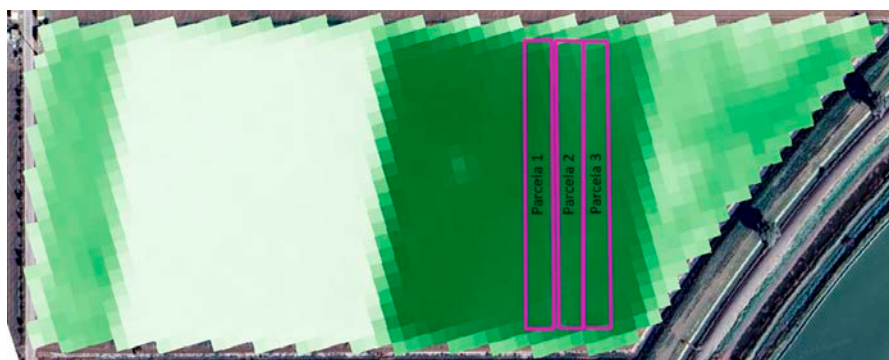


FOTO 1

Imagen satelital del vigor del cultivo previo de otoño-invierno plantado antes del tomate de industria. Instantánea satelital tomada el día 16 de marzo de 2024.

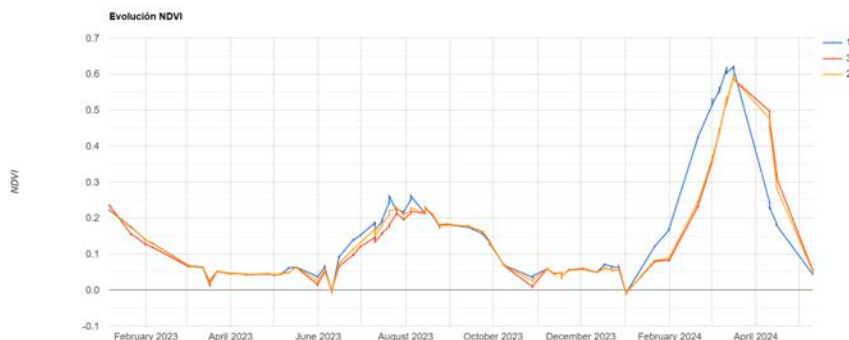


GRÁFICO 1

Evolución del índice satelital NDVI para las tres parcelas escogidas en los cultivos previos.

como manejo testigo. Caracterizado por riegos según criterios de las recomendaciones técnicas de la zona y con una frecuencia no mayor de 2 riegos por día. Y fertirrigación discreta con inyección de nitrógeno solución nitrogenada líquida al 32% de nitrógeno total, que suele estar compuesta por una mezcla de urea y nitrato amónico e inyectándose con una frecuencia de dos veces por semana.

- **Parcela 2.** Manejo de riego sostenible consistente en riego por pulsos según la demanda estimada, como se explicará más adelante. Y fertirrigación continua uniforme al tiempo de riego con solución nitrogenada líquida al 32% igualmente y aplicado en función de las necesidades del cultivo (Hartz *et al.*, 2009).

- **Parcela 3.** Manejo similar a la parcela 2 pero con incorporación de potasio según las necesidades del cultivo (Hartz *et al.*, 2009).

En los tres tratamientos la aportación de fósforo se cubría con la inyección de ácido fosfórico una vez por semana en función a las necesidades del cultivo (Hartz *et al.*, 2009).

En ninguna de las parcelas se abordó abonado de fondo ya que dicha práctica en fertirrigación no tiene mucha eficiencia en abonado nitrogenado. El sistema de riego utilizado para toda la finca fue cinta goteadora de 22 mm diámetro y 0,203 mm de espesor y con emisores no autocompensantes de caudal nominal 1,3 l/h y separados a una distancia de 0,4 m. Al inicio, y durante el cultivo, se

NUTRICIÓN VEGETAL



FOTO 2

A la izquierda la estación agroclimática con las dos correspondientes sondas de humedad de alta precisión colocadas en las parcelas 1 y 2. A la derecha el nodo de comunicaciones Lorawan con pasarela a 4G para el seguimiento del riego la telegestión a través del móvil.

realizó una prueba de caudal con los contadores volumétricos situados a la entrada de cada parcela de ensayo y se obtuvo un caudal medio por gotero de 1,01 l/h.

El manejo de riego por pulsos de las parcelas 2 y 3 se caracterizó por activar pulsos de riego de un tiempo de 36 min durante las horas de sol y según la metodología de Cruz-Bautista *et al.*, 2016. Para ello, se planteó como objetivo no sobrepasar una profundidad de humectación mayor a la de la profundidad de raíces y todo esto en

función de los siguientes parámetros: granulometría del suelo (arcillosa), sistema de riego, profundidad radicular, que en este caso se estandarizó en 50 cm dado que la distancia entre goteros podía comprometer el cultivo en las fases iniciales al no conseguir suficiente expansión horizontal del bulbo húmedo. El número de pulsos aplicados cada día iba a depender de las necesidades de riego estimadas según la metodología FAO 56 (Allen *et al.*, 1998) y con el coeficiente de cultivo Hanson *et al.*, 2006, pero ob-

teniendo el valor previo de previsión de ETO para cada día de la semana entrante. Dicho valor se obtenía de la web SIAR del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de España. En los días de mayor demanda evapotranspirativa del cultivo se llegaron a dar hasta 8 pulsos de riego en un solo día.

Para dichas metodologías y para cultivos extensivos encontramos dos dificultades tecnológicas que fueron superadas gracias a los avances conseguidos en el proyecto de IFAPA



Parcela 1



Parcela 2



Parcela 3

FOTO 3

Imagen de los tres manejos de riego y fertirrigación 85 días después de la plantación (fecha: 7/8/2024)

TABLA 1
Estrategias evaluadas y momentos de aplicación de los fertilizantes

PARCELA	CONSUMO DE AGUA DE RIEGO [m ³ /ha]	UF* DE NITRÓGENO	UF* DE FÓSFORO	UF* DE POTASIO	CE** FINAL EN EXTRACTO DE PASTA SATURADA DE SUELO EN LOS 30 PRIMEROS CM DE PROFUNDIDAD [dS/m]	CE** FINAL EN EXTRACTO DE PASTA SATURADA DE SUELO ENTRE LOS 30 Y 60 CM [dS/m]	NITRATO RESIDUAL EN SUELO EN LOS 30 PRIMEROS CM [mg/l de extracto]	NITRATO RESIDUAL EN SUELO ENTRE LOS 30 Y 60 CM [mg/l de extracto]	POTASIO RESIDUAL EN SUELO EN LOS 30 PRIMEROS CM [mg/l de extracto]	POTASIO RESIDUAL EN SUELO ENTRE LOS 30 Y 60 CM [mg/l de extracto]
1	4.113	253	99	0	1,31	2,07	Menor de 5	21	22	23
2	4.525	255	51	0	1,90	2,44	126	64	41	37
3	4.525	255	51	359	1,87	2,00	Menor de 5	15	62	27

* Conductividad eléctrica
** Unidades de fertilizante

denominado “Soluciones tecnológicas para la gestión eficiente de un regadío sostenible. SAR”. Dichos avances fueron:

1. **Implementación del riego por pulsos** en función a la demanda mediante un sistema de teleges-

tión de riego desarrollado específicamente para esta parcela. Dicho sistema disponía de comunicación inalámbrica combinada, en la que se incluía una red Lorawan para los sensores y actuadores de la telegestión del riego y comunicación

coordinada con la nube a través de cobertura 4G con tarjeta SIM de datos. En esta telegestión no solo se activaban los riegos remotamente, sino que se monitorizaba a tiempo real la evolución de la humedad del suelo en tres profundidades críticas



El poder de las enzimas, la fuerza de la tecnología

- Alta calidad de las materias primas.
- Propiedades biológicas contrastadas.
- Exclusivo proceso de obtención.
- Aumenta la tolerancia y resistencia frente al estrés.



en la zona de raíces (15, 30 y 40 cm). Además, se incorporó de respaldo de una estación agroclimática con seguimiento de la humedad del suelo hasta 85 cm de profundidad y midiendo valores en continuo cada diez centímetros para los dos manejos de riego diferenciados de la parcela 1 por un lado y de riego por pulsos de la parcela 2.

2. Inyección de manera proporcional del abonado nitrogenado, para ello se calibró el inyector hidráulico, similar al utilizado en la generalidad de explotaciones de la zona, para una concentración fija de solución de abonado para toda la campaña de riego. Dicha concentración respondía muy bien a la curva de absorción de nitrógeno del cultivo a lo largo del ciclo.

Resultados obtenidos tras finalizar el ensayo

Los resultados del trabajo fueron muy interesantes desde los ámbitos de manejo de riego y fertirrigación. En la **Foto 3** podemos ver la apariencia del cultivo en el inicio de la fase de maduración (85 días de después del transplante) donde se pueden apreciar visualmente los mayores grados de desarrollo del cultivo en las parcelas 2 y 3. Además, en el **Gráfico 2** se confirma mediante el seguimiento satelital de manera cuantificada la diferencia a lo largo del ciclo.

Los insumos utilizados y los restos de fertilizantes para las tres parcelas se resumen en la **Tabla 1**.

Los resultados productivos obtenidos de las tres parcelas fueron los detallados en el **Gráfico 3**.

Esta información por sí sola solo muestra la ventaja productiva en el manejo de la parcela 3 pero un estudio de rentabilidad aproximado y, según datos medios para el tomate de industria, se podría considerar un precio del tomate en origen de 0,12 €/kg y un coste de producción de 8.000 €/ha. Esta aproximación repercutiría en un aumento de rentabilidad de 2.430 €/ha en la parcela 2 y de 6.059 €/ha en la parcela 3 con respecto a la parcela 1. Comprometiéndose incluso

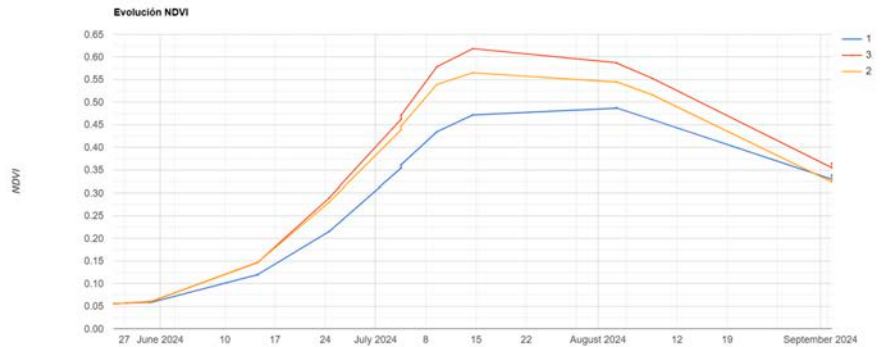


GRÁFICO 2
Evolución del NDVI de cada manejo de fertirrigación con los valores de los días con un porcentaje de nubes muy escaso (0,005% de nubosidad).

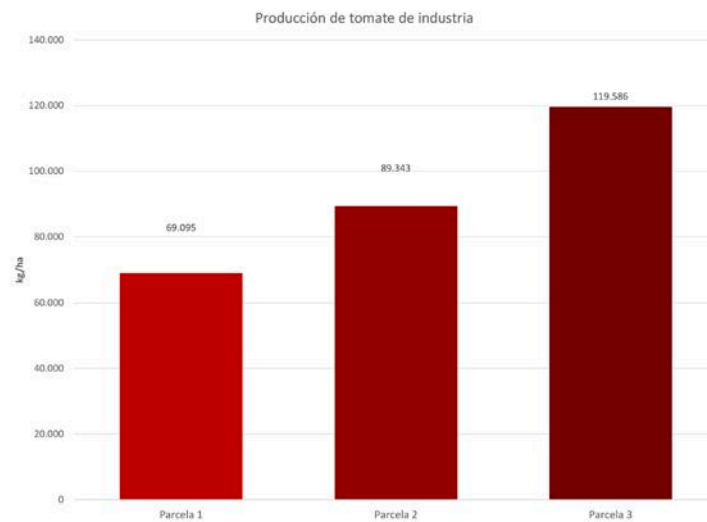


GRÁFICO 3
Producción de tomate en industria.

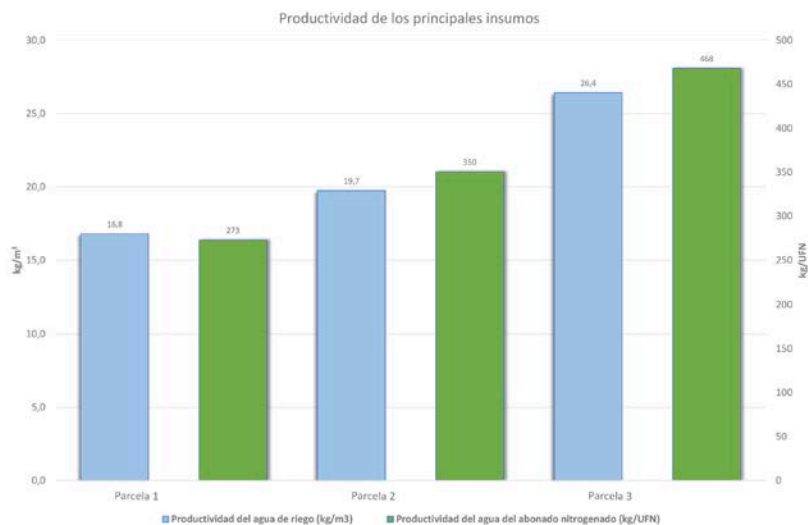


GRÁFICO 4
Productividad de tomate de industria en relación al agua utilizada en cada parcela y productividad del abonado nitrogenado.

para la parcela 1 la viabilidad económica de la parcela considerando un cálculo más personalizado en un estudio de costes pormenorizado.

Lo más destacable, desde el punto de vista de la sostenibilidad de los distintos manejos, ha sido la productividad de tomate desde el punto de vista del agua utilizada y desde la cantidad de abono nitrogenado aportado. En el **Gráfico 4** se detalla para cada parcela.

Igualmente, y como se ha observado en los datos de la parcela 3, la implementación del riego por pulsos bien calculado y la aplicación del abonado nitrogenado y de potasio de manera continua en el riego consigue los mejores resultados productivos.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

A MODO DE CONCLUSIÓN

Los principales hitos conseguidos para el caso de este cultivo de riego localizado al aire libre, puede ser extrapolable a otros escenarios en los que el nivel tecnológico del sistema de riego lo permita. Por ello, es conveniente concluir con que el riego y la fertirrigación de precisión y automatizada son cruciales para mejorar la rentabilidad del cultivo. Además, será siempre muy interesante conocer las necesidades nutricionales y su distribución en el cultivo para cada día del ciclo y de manera continua y uniforme en los tiempos de riego.

El riego por pulsos, además de mejorar la producción final del cultivo, aumenta no solo la eficiencia del uso del agua sino que asegura la reducción de la lixiviación de nitratos en el manejo del cultivo, garantizando con un seguimiento adecuado una mayor producción final.

Para una mejor adopción de los pulsos de riego en las fases iniciales del cultivo es necesario un estudio en el diseño agronómico del riego, en lo referente a la distancia entre goteros y el caudal de éstos, aspirando a poder reducir la aportación del riego sin merma en el cultivo.

Este trabajo es un paso más hacia la implementación en el sector de un sistema de riego a la demanda del cultivo para optimizar la eficiencia del riego y la fertirrigación, a la vez que hacemos más competitiva la explotación.



28-30 OCTUBRE 2025
MÁLAGA - FYCMA
#AGR25

INNOVAR LA NUEVA FORMA DE CULTIVAR



8.000
visitantes
profesionales



+200
firmas
expositoras



400
ponentes
y expertos



600
innovaciones
presentadas



Ángel del Pino
Director de Producción e Innovación
ANECOOP



Alejandro de Frías
Manager Sostenibilidad
DANONE



Tomás García
Economista
UE-CSIC



Juan Carrasco
Global Sustainability Manager
DEOLEO



Juan Sagarna
Director Sostenibilidad, Calidad e Innovación
COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS



Pascual Cabedo
Fundador
EAP Y FLS



Alfredo Pérez
Presidente
PISTACYL



Te invitamos a AGRITECH25

Obtén tu pase con un **50% de descuento** escaneando el QR o con el código: **3K7VA**

www.expoagritech.com

Organizado por:

NEBEX T
NEXT BUSINESS EXHIBITIONS

En colaboración con:

FYCMA