

# Sistema VegSyst-DSS suite para la gestión eficiente del fertirriego nitrogenado

Los ensayos se han realizado en parcelas de tomate y pimiento de industria en Extremadura

**José María Vadillo, Eugenio Márquez, Valme González, Carlos Campillo.**

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Área de agronomía de cultivos leñosos y hortícolas. Finca La Orden. Junta de Extremadura. Guadajira, Badajoz.

Para promover un uso eficiente del nitrógeno, se desarrolló el sistema VegSyst-DSS. DSS son las siglas de Decision Support System, que quiere decir sistema de apoyo a la toma de decisiones. En este artículo se muestran los resultados de los ensayos realizados durante dos años en parcelas comerciales de tomate y pimiento de industria para la optimización de la fertirrigación nitrogenada de estos cultivos.

Normalmente los productores recurren a la fertilización nitrogenada excesiva en cultivos hortícolas con la intención de asegurar la producción, pero esto contribuye a la contaminación de acuíferos. La Unión Europea regula esta problemática mediante la Directiva 91/676/CEE, que establece límites de aportaciones de nitrógeno a los cultivos en las zonas vulnerables de nitratos (ZVN), obligando a adoptar buenas prácticas agrarias.

Para promover un uso eficiente del nitrógeno, se desarrolló el sistema VegSyst-DSS. DSS son las siglas de Decision Support System, que quiere decir sistema de apoyo a la toma de decisiones. Esta herramienta estima las dosis óptimas de fertilización y riego según la demanda del cultivo. El sistema de ayuda a la toma de decisiones VegSyst-DSS como herramienta para la gestión del riego y la fertilización de N surge como resultado de más de quince años de trabajo del grupo de nitrógeno y riegos de la Universidad de Almería.

Gracias al proyecto RTI2018-095298 “Desarrollo del sistema de apoyo a la decisión basado en la web VegSyst-DSS para cultivos de hortalizas para gestionar el riego y la fertilización con N y para calcular las huellas de C y N” se diseñó el sistema



EL ÚNICO GOTERO QUE DURA  
TANTO COMO TU CULTIVO

web VegSyst-DSS suite, que integra el sistema Vegsyst-DSS desarrollado para invernadero basado en el modelo de simulación de cultivos Veg-Syst que incorpora balances de agua y balances de nitrógeno, considerando todos sus componentes excepto las pérdidas gaseosas y lo adapta para poder ser utilizado en cultivos al aire libre. Todo ello integrado en una versión web (<http://vegystdss.es/web>) y apps para móviles.



Sensorización en parcela de pimientos.

se va modificando con el crecimiento del cultivo. El sistema es adaptable a las variaciones de las condiciones climáticas, proporcionando así recomendaciones de N y riego específicas para condiciones de cultivo determinadas, zona geográfica, fecha de plantación, así como el diseño del invernadero y los materiales de cobertura.

Esta herramienta puede generar recomendaciones previas a la implantación del cultivo (Plan de campaña), mediante el uso de datos climáticos de un año medio (recomendaciones a priori para todo el ciclo), así como recomendaciones en tiempo real, mediante conexión a las estaciones agroclimáticas de la red del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR). Además, añade para cultivos de invernadero un módulo que calcula, las necesidades de macronutrientes (P, K, Ca, Mg y S) y genera recomendaciones de la concentración de aporte de éstos en la solución de riego y para cultivos hortícolas se ha incorporado el cálculo de los indicadores ambientales de huella de carbono y huella de nitrógeno utilizando la metodología del análisis de ciclo de vida.

El sistema ha sido programado y verificado para diferentes cultivos hortícolas tanto en invernadero (berenjena, calabacín, melón, pepino, pimiento, tomate y sandía) como con cultivos al

VegSyst-DSS suite proporciona recomendaciones diarias de riego y fertilización, a través del cálculo de balances diarios de agua y nitrógeno, utilizando datos diarios de producción de biomasa, la absorción crítica de N, la evapotranspiración de cultivo (ETc) y un volumen de suelo dinámico, que



PRECISIÓN  
DURACIÓN  
EFICIENCIA





Parcela comercial de pimiento donde se ha realizado el ensayo.

aire libre (lechuga, brócoli, coliflor, tomate y pimiento de industria).

VegSyst-DSS suite requiere un número limitado de variables como textura del suelo, N inicial, materia orgánica, abonado de fondo, caudal de goteros y contenido de N en agua de riego, lo que hace muy accesible para poder ser utilizado con pocos datos. Una vez que se entra en el sistema se deben seguir los siguientes pasos:

**1. Registro de usuario y selección de tipo de manejo.** El usuario debe registrarse para entrar en la plataforma con un correo electrónico y una contraseña.

Una vez accedido podrá elegir entre sistema de recomendaciones para Invernadero o Aire Libre.

**2. Creación de proyectos.** El usuario podrá gestionar sus diferentes parcelas y cultivos estructurados por proyectos diferentes que pueden ser editados en cualquier momento. El usuario deberá incluir diferente información relacionada con su cultivo y localización de la parcela. Características del sistema de riego, aplicación de enmiendas, contenido inicial de nitrógeno y textura de suelo.

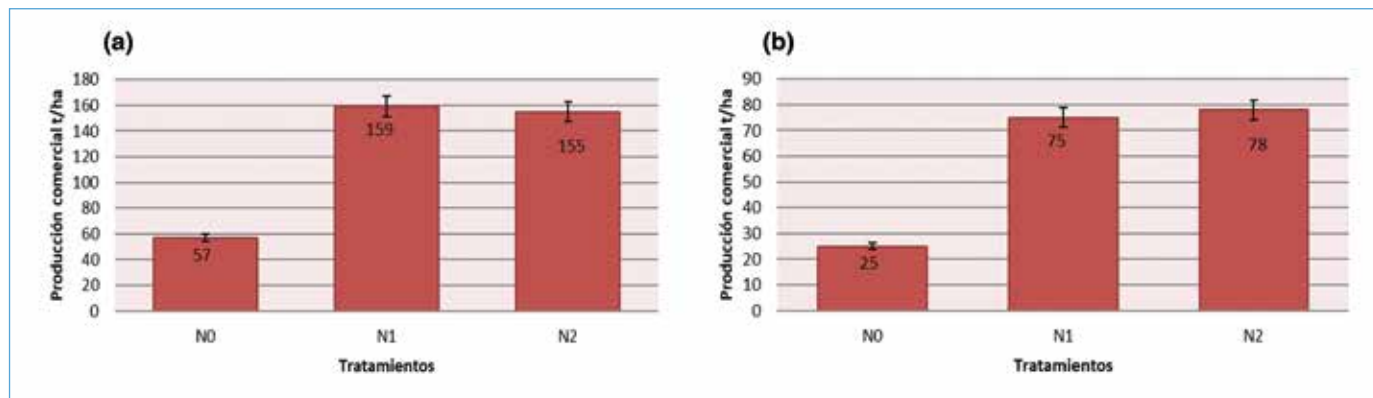
### 3 Relleno información necesaria:

- *Plan de campaña.* Si se pretende realizar un plan de riego y abonado anual debe seleccionar los datos de la estación climática como año medio e incluir el periodo de inicio y fin de cultivo. Generando recomendaciones para todo el ciclo.
- *Recomendaciones en tiempo real.* Si se pretende realizar un riego y abonado en tiempo real debe seleccionar la estación climática e incluir el periodo de inicio y fin de cultivo que deberá ser un día antes de cuando se está rellenando la información. Generando recomendaciones en función del balance diario de nitrógeno y riego.

### 4. Revisión de datos y seguimiento de las recomendaciones de riego y fertilización.

En función del plan de recomendaciones seleccionado el sistema permitirá al usuario ver diferentes datos relacionados con clima, cultivo, suelo, riego y fertilización y en el caso de sistema a tiempo real también las recomendaciones realizadas por el sistema cada día que se entre en el modelo. En esta parte el usuario podrá visualizar la recomendación del sistema para el riego y la fertilización y aceptarla o seleccionar una dosis diferente. El sistema se reajustará en función de la información registrada.

**FIG. 1** Rendimiento productivo en tomate (a) y pimiento (b) en los diferentes tratamientos en el año 2022.



## CUADRO I

### RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN TOMATE EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL AÑO 2023.

Parcela	Ubicación	N aplicado	N VegSyst	t/ha	Diferencia de N	% N Vegsyst	Reducción N aplicado
1	Santa Amalia	197,23	120,5	84	76,73	61,10	38,90
2	Santa Amalia	209,35	119,5	75	89,85	57,08	42,92
3	Santa Amalia	192,68	135,5	146	57,18	70,32	29,68
4	Santa Amalia	192,68	131,6	135	61,08	68,30	31,70
5	Santa Amalia	192,68	132,9	124	59,78	68,97	31,03
6	Santa Amalia	192,68	125,2	96,3	67,48	64,98	35,02
7	Miajadas	188,9	128	98	60,9	67,76	32,24
8	Miajadas	188,9	124,2	92	64,7	65,75	34,25
9	Miajadas	188,9	123,7	92	65,2	65,48	34,52
10	Miajadas	188,9	127,1	95	61,8	67,28	32,72
11	Miajadas	188,9	125,6	97,5	63,3	66,49	33,51
12	Miajadas	154,56	132,7	94	21,86	85,86	14,14
13	Don Benito	192,06	124,8	94	67,26	64,98	35,02
		<b>189,88</b>	<b>127,02</b>	<b>101,75</b>	<b>62,86</b>	<b>67,26</b>	<b>32,74</b>

Este estudio busca validar el modelo en cultivos de tomate y pimiento de industria en condiciones de aire libre, optimizando el manejo del riego y fertilización, además de ampliar la base de datos del sistema. Los ensayos se realizaron durante dos años: en 2022 en la finca experimental La Orden, y en 2023 en parcelas comerciales dentro del proyecto VegSystTup prueba de concepto “valoración del sistema VegSyst-DSS suite como herramienta para la gestión del riego y fertilización en explotaciones hortícolas al aire libre”.

### Material y métodos

Para evaluar el funcionamiento del sistema VegSyst-DSS suite en situaciones reales de cultivo se establecieron ensayos en

2022 y 2023. En 2022, se evaluaron tomate (variedad H-1015) y pimiento (variedad Ramonete) en la finca La Orden, Badajoz. Los tratamientos incluyeron N0 (sin nitrógeno), N1 (prácticas convencionales) y N2 (200 UF, límite normativo y recomendado por VegSyst).

El tomate se trasplantó el 4 de abril de 2022, en camas de 150 cm de anchura, con una fila de plantas en cada cama, y a una distancia de 25 cm entre plantas de una misma fila, resultando en una densidad de plantación de 26.666 plantas/ha.

El pimiento se trasplantó el 8 de mayo de 2022, en camas de 150 cm de anchura, con dos filas de plantas en cada cama a tresbolillo, y una distancia de 40 cm entre plantas de una misma fila y 40 cm de distancia entre filas, resultando en

una densidad de plantación de 33.333 plantas/ha. En el año 2023 los ensayos se realizaron en fincas colaboradoras, llevándose a cabo en 13 parcelas comerciales de tomate y 3 de pimiento en las Vegas del Guadiana, con tratamientos basados en VegSyst-DSS y en prácticas convencionales.

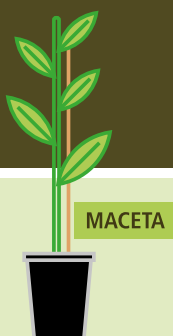
En ambos ensayos se instaló un sistema de fertirriego, colocándose la cinta de goteo entre las líneas de plantas, en el centro de la cama. La distancia entre emisores fue de 0,3 m, teniendo éstos una tasa de descarga de 1,1 l h<sup>-1</sup>.

El modelo VegSyst-DSS recomendó aplicaciones semanales ajustadas al desarrollo del cultivo, mientras que las prácticas convencionales aplicaron mayores cantidades desde el inicio.



**Hernandorena**

Producimos tu plantón  
Elige tu formato



## Resultados y discusión

VegSyst-DSS suite recomendó menores aportes de nitrógeno en las primeras fases del cultivo, evitando excesos en momentos de baja demanda. En 2022, el tratamiento N2 en tomate alcanzó 155 t/ha con 200 UF de N, similar al tratamiento N1 (159 t/ha con 346 UF) (figura 1a). En pimiento, N2 produjo 78 t/ha con 200 UF, superando al N1 (75 t/ha con 317 UF) (figura 1b).

En 2023, en las parcelas comerciales de tomate, el modelo redujo un 32,74% el aporte de N (127,02 UF frente a 189,88 UF en prácticas convencionales), manteniendo rendimientos de 101,75 t/ha. Esta información puede verse más detalladamente en el cuadro I. En pimiento (cuadro II), VegSyst-DSS recomendó un aporte mayor (+38,93 UF) en comparación con las prácticas habituales, lo que inicialmente generó resistencia entre los agricultores. Sin embargo, el sistema mostró mantener mejores condiciones nutricionales durante el ciclo del cultivo.

Las recomendaciones del modelo ajustaron las aplicaciones a las necesidades reales del cultivo, evidenciando que los rendimientos no aumentan al superar las demandas de nitrógeno.

Estos resultados hacen que nos replanteemos las aplicaciones de abonados de fondo. Gracias a las instalaciones que se llevan a cabo en la mayoría de las explotaciones donde parte del abonado se hace mediante fertirriego da la posibilidad de, sumado a herramientas como este DSS, se aplique toda la fertilización mediante fertirriego. De esta manera podemos ir supliendo las necesidades del cultivo permanentemente sin necesidad de dejar una reserva en el suelo al principio del cultivo que va a ocasionar una gran pérdida del nitrógeno por lixiviación.

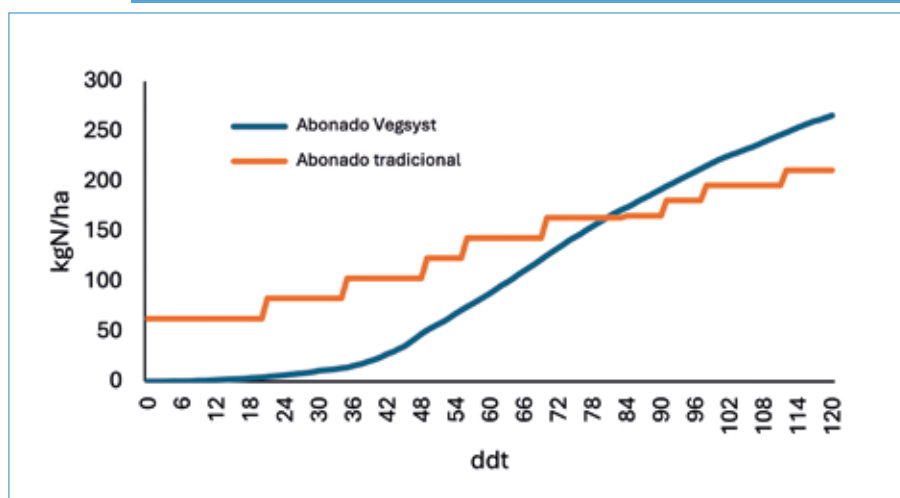
En la figura 2 se observa la evolución de las aportaciones de nitrógeno en una de las parcelas de pimiento de 2023. Cuando el cultivo no necesita apenas ni-

**CUADRO II**

RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN PIMIENTO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL AÑO 2023.

Parcela	Ubicación	N aplicado	N VegSyst	t/ha	Diferencia de N
1	Lobón	211	253	37,2	41,9
2	Lobón	199	241	24,5	42
3	Guadiana	210	243	31,6	32,9
		<b>206,84</b>	<b>245,77</b>	<b>31,1</b>	<b>38,9</b>

**FIG. 2** Aplicación de nitrógeno en pimiento 2023 en la parcela 1. (ddt: días después de trasplante).



trógeno se puede apreciar cómo según las planificaciones de abonado tradicionales se realiza una aportación importante al inicio del ciclo; a su vez se observa cómo, siguiendo las indicaciones del modelo, se va aportando el nitrógeno más progresivamente según lo va necesitando el cultivo.

## Conclusiones

Los ensayos demostraron que una reducción del 30% en las aplicaciones de nitrógeno respecto a las aportaciones tradicionales no afecta a los rendimientos ni la calidad de los cultivos.

En 2023, la adopción de VegSyst-DSS redujo un 32% el uso de nitrógeno en tomate de industria, sin mermas de producción. En pimiento, los agricultores fueron reacios a aplicar dosis más bajas, lo que

subraya la necesidad de mayor transferencia tecnológica sobre los beneficios de la reducción de nitrógeno.

VegSyst-DSS permite ajustar las dosis de fertilización a las demandas del cultivo, mejorando la sostenibilidad y reduciendo la contaminación ambiental.

Este modelo representa una herramienta eficaz para optimizar la gestión del riego y la fertilización nitrogenada en cultivos hortícolas intensivos. ■

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a todos los agricultores colaboradores. Proyecto PDC2022-133936-I00 financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades /Agencia Estatal de Investigación/ 10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/ Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España. Proyecto RTI2018-095298 financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades /Agencia Estatal de Investigación y FEDER Una manera de hacer Europa.

# servalesa®

SORPRÉNDETE CON NUESTRAS 3 GAMAS ÚNICAS

## BIOESTIMULANTES

# WOW!

ESTIMULAN Y FORTALECEN TUS CULTIVOS

  
NEOESTIM



 **QUALIFUN®**  
Neoestim

AZUFRE SISTÉMICO  
PARA MOMENTOS  
CRÍTICOS



 **SERGOMIL® L60**  
Neoestim

EL GLUCONATO DE  
COBRE

  
B'NATURE



 **RENOV® SUPER 6**  
B'Nature

EL CONSORCIO DE  
MICROORGANISMOS  
MÁS COMPLETO  
PÁSATE 6 PUEBLOS



 **FUSVER® ECO**  
B'Nature

BACILLUS SUBTILIS Y  
ALTA CONCENTRACIÓN  
DE METABOLITOS  
SECUNDARIOS



BIOESTIMULANTES



 **MAS RAIZ®+**  
Bioestimulantes

ESTIMULA EL  
DESARROLLO DEL  
SISTEMA RADICULAR



 **FEEDSER®**  
Bioestimulantes

LA SOLUCIÓN PARA EL  
ENGORDE DE FRUTOS Y  
EL LLENADO DE GRANOS

VISÍTANOS EN HALL 2 | STAND 226-227

**AGROEXPO**  
FERIA INTERNACIONAL