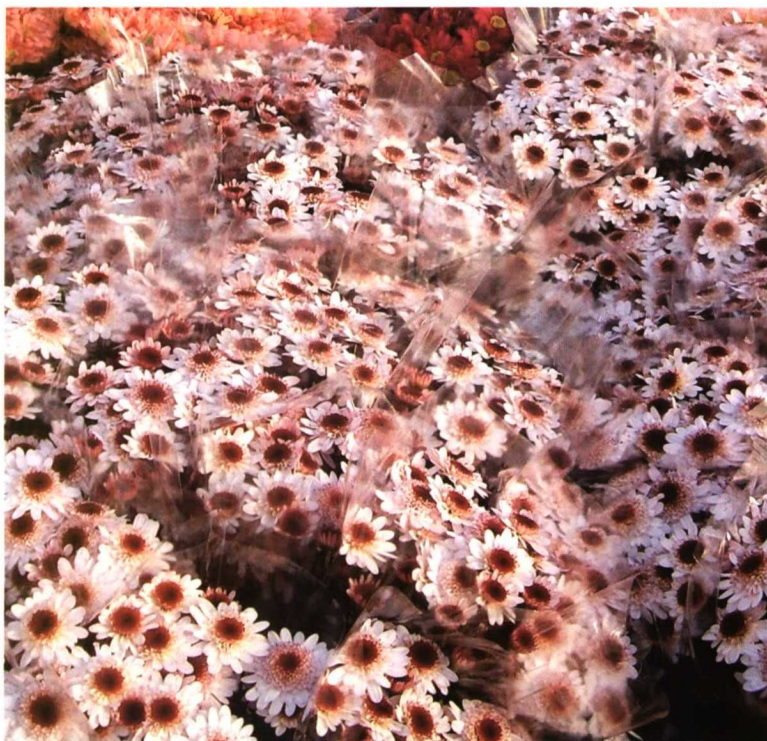


El Proyecto Life "Fertigreen", está subvencionado por la Comisión Europea, y demostró que la adición de gases, CO₂ y O₂ al agua de riego mejora la calidad del producto final.

Gestión sostenible del agua mediante nuevos métodos de fertirrigación

D.J. ARIAS^{1,2}, N. CHAVRIER¹, A. GRIÑAN¹, J.L. MEJIAS³, J.E. MOROS³, M.D. VELA² Y F.J. MACIAS²

¹Centro de Innovación y Tecnología Agroalimentaria S.A. (Citagro), ²Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), ³Abelló Linde S.A.



La mejora de la competitividad de cultivos intensivos bajo invernadero como el de la flor cortada pasa por la incorporación de nuevas tecnologías sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. El proyecto Fertigreen demostró que la adición de gases (CO₂ y O₂) al agua de riego permite la mejora de los parámetros de calidad de los productos finales y presenta una alternativa segura al uso del ácido nítrico para rebajar el pH del agua de riego.

Producir sin contaminar las aguas subterráneas: un reto para la agricultura intensiva

Las diferentes actividades agrícolas (uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, aplicación de herbicidas y pesticidas que contienen nitratos, empleo indiscriminado vía fertirrigación, etc.) pueden generar un deterioro de la calidad del medio natural.

En ocasiones, el aumento en la concentración de fertilizantes se traduce en un incremento de la

Flores cortadas listas para expedición, invernaderos de Chipiona.

cantidad total de nutrientes absorbidos por la planta. No obstante, para una determinada dosis, la proporción de nutrientes absorbidos con respecto al volumen aplicado comienza a decrecer. Este exceso no absorbido, si se encuentra en el suelo en forma soluble (nitratos), puede ser arrastrado ha-



cia el acuífero por el movimiento descendente del agua en la zona no saturada.

El origen de esta contaminación es principalmente agrícola, debido a los fertilizantes que se filtran o llegan por escorrentía a las aguas y es uno de los principales problemas medioambientales a

los que los países desarrollados deben hacer frente ya que un adecuado uso de los fertilizantes produciría un descenso en la contaminación sin perjuicio a la producción.

Los nuevos sistemas de producción agrarios requieren por tanto de tecnologías innovadoras respetuosas con el medio ambiente, basadas fundamentalmente en la optimización en la adición de fertilizantes al cultivo, como vía para conseguir una gestión sostenible del suelo y de las aguas, manteniendo o aumentando la producción y calidad de las cosechas sin generar un impacto ambiental negativo, conforme a toda la Normativa Ambiental de ámbito de la UE.

Fertigreen es un proyecto de demostración financiado por el Programa Life de Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea cuyo objetivo es demostrar los beneficios de una tecnología sostenible en cultivos de flor cortada en Chipiona (Cádiz), mediante la optimización de la adición de diferentes gases (CO_2 , O_2) al agua de riego con el objeto de constituir una técnica alternativa a los procedimientos actuales, minimizando la contaminación de las aguas residuales y subterráneas.

El proyecto ha sido desarrollado por Citagro (Centro de Innovación y Tecnología Agroalimentaria) como coordinador del proyecto, con la colaboración de los siguientes socios: Abelló Linde, S.A. (proveedor de gas); Enrique Montalbán, S.L., Taliflor, C.B., Calla La Yeguada, S.L., Carmen Raposo Raposo y Juan Carlos Cruces Bernal (invernaderos de flor cortada); y McBurney Scientific Ltd. (empresa especializada en desarrollo de softwares de uso agrícola).

El sector de la flor cortada y ornamentales de Chipiona, pilar de la actividad económica de la zona

Andalucía se sitúa a la cabeza de las comunidades españolas productoras de flor cortada de España

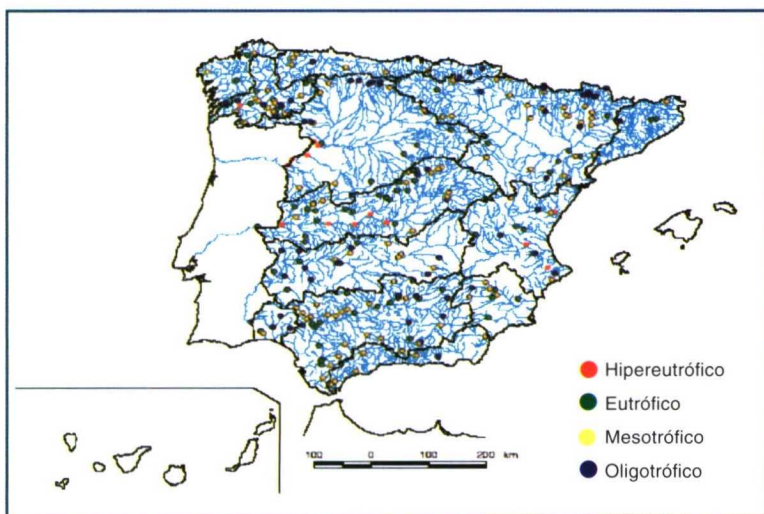
con más del 50% de la producción y el 56% de la superficie nacional. La provincia de Cádiz, concretamente el municipio de Chipiona, es la principal zona productora de Andalucía. Representa más del 60% de la superficie dedicada a la floricultura en Andalucía. El microclima de la zona permite optimizar la producción a lo largo de casi todo el año. El cultivo de flor cortada y ornamental tiene un gran peso socio económico en la economía Andaluza.

Los nuevos sistemas de producción agrarios requieren de tecnologías innovadoras respetuosas con el medio ambiente, basadas en la optimización en la adición de fertilizantes al cultivo, para conseguir una gestión sostenible del suelo y de las aguas

En los municipios de Chipiona y Sanlúcar, se estima que el sector proporciona empleo a más de 8.000 personas y genera más de 2,5 millones de € al año. La modernización y tecnificación de las explotaciones es un elemento decisivo para la competitividad del sector. Se basa en un buen control de las condiciones ambientales del cultivo, mediante la incorporación de dispositivos automáticos y la optimización de los recursos naturales. No hay duda de que la optimización del uso del agua de riego y de la fertirrigación mediante implantación de nuevas tecnologías constituye una prioridad para el sector. Además, hay que considerar que la zona de alta explotación agrícola de Chipiona se encuentra



Figura 1:
Mapa del estado trófico de los embalses mayores de 10 Hm³.



Fuente: <http://hisagua.cedex.es>

en las inmediaciones del Parque de Doñana, Reserva de la Biosfera y uno de los parques más amenazados de Europa, por lo que puede verse aún más en peligro si la agricultura de la zona no es respetuosa con el medio ambiente.

19 ensayos para demostrar los efectos de la adición de gases al agua de riego

La tecnología empleada por el proyecto Fertigreen consiste en

la inyección de CO₂ y O₂ en forma de gas en el agua de riego. La adición de CO₂ al agua de riego consigue un control eficaz y estable del pH. Este aumento del poder "tampón" es fundamental para favorecer la solubilidad de determinados nutrientes y así mejorar la absorción de los mismos por parte de la planta.

Los 19 ensayos realizados se llevaron a cabo desde agosto de 2006 hasta marzo de 2008, en 5

invernaderos comerciales de diferentes empresas, pretendiéndose evaluar y optimizar las dosis de aplicación para cada cultivo ensayado (*Chrysanthemum spp.*, *Lilium spp.*, *Dianthus caryophyllus*, *Zantedeschia aetopica* y *Gladiolus spp.*). Los ensayos se realizaron en parcelas de 500 m² de superficie, con dos tratamientos [(CO₂ + O₂) y Testigo] y 5 repeticiones. En cultivos de ciclo largo (clavel y cala), se han realizado dos ensayos a 300 y 400 ppm de CO₂ y en el resto de cultivos 4 ensayos a diferentes dosis de CO₂ (200 ppm, 300 ppm, y 400 ppm). En todos los casos el agua de riego de las parcelas tratamiento, iba enriquecida con una aportación de O₂ hasta llegar a 10 ppm.

Las dosis de siembra y demás condiciones de cultivo fueron las empleadas por los propios agricultores donde se realizaron los ensayos, coincidiendo en ambas parcelas. La inyección de los gases en el sistema de riego se realizó mediante un cuadro dosificador de la empresa y socio del proyecto Abeillé Linde S.A.

Durante el cultivo, de manera semanal, se realizó el control de diferentes parámetros, relacionados con el desarrollo y calidad comercial del tallo floral (altura, diámetro del tallo, n° de hojas, n° de flores, duración del cultivo, rigidez, presencia de enfermedades, etc.) y análisis foliares con el fin de determinar el estado nutritivo de las plantas. También se determinó la vida útil de la flor cortada y % en peso seco. Se midió la humedad del suelo gracias a sensores alimentados por placa solar y la humedad ambiental con un instru-

Miembros del Proyecto Life Fertigreen realizando la toma de datos de los sensores.

■ La provincia de Cádiz, concretamente el municipio de Chipiona, es la principal zona productora de Andalucía. Representa más del 60% de la superficie dedicada a la floricultura en Andalucía



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

ENESA INFORMA

INICIO DEL PERIODO DE CONTRATACIÓN DEL SEGURO DE GUISANTE Y HABA VERDE



A partir del 1 de julio de 2008 se pone en marcha el Seguro Combinado de Guisante y Haba verde, en donde se han unificado en un único condicionado las antiguas líneas específicas para ambas producciones tanto estén destinadas al consumo en fresco como para industria.

En esta campaña se han producido pocos cambios, salvo los necesarios para la reunificación en una línea, si bien lo más destacable es que no se aplicará la carencia para aquellos asegurados que contrataron el año pasado salvo para el riesgo de helada en donde sí se aplicarán los seis días de carencia.

El agricultor tiene garantizada la producción de **guisante verde** por los daños causados por los riesgos de helada, pedrisco, incendio, inundación - lluvia torrencial, lluvia persistente y viento. Se establecen dos opciones dependiendo de la fecha de siembra.

Para el **Haba verde** también se fijan dos opciones con diferentes riesgos cubiertos, de la siguiente manera:

Opciones	Riesgos cubiertos
A	Helada, pedrisco, incendio, inundación - lluvia torrencial, lluvia persistente y viento huracanado.
B	Pedrisco, incendio, inundación - lluvia torrencial, lluvia persistente y viento huracanado.

Se consideran tres clases de cultivo diferente, cada una de las opciones del guisante y todas las variedades de haba, debiéndose cumplimentar declaraciones de seguro diferentes para cada una de las tres clases.

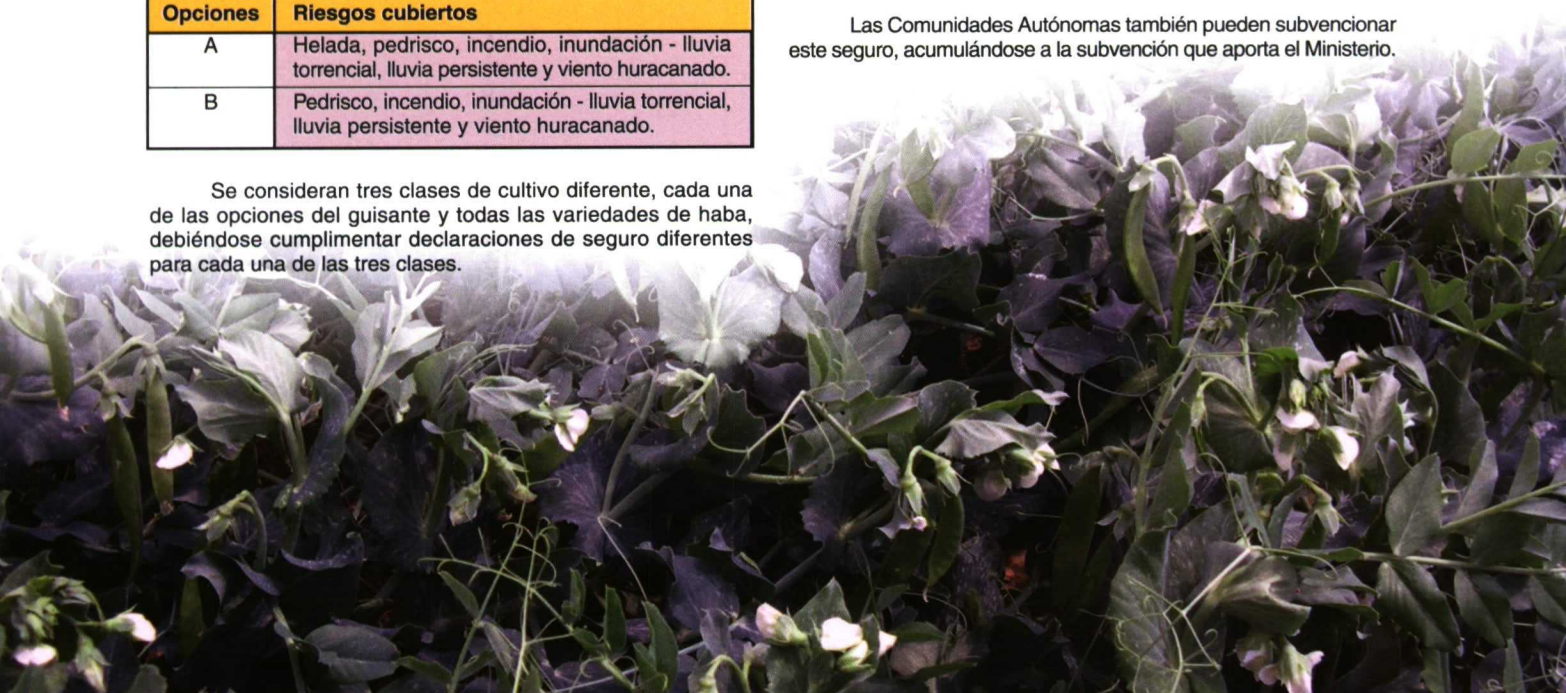
El Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través de ENESA, subvenciona al agricultor parte del coste de su seguro, con unos porcentajes de subvención que se obtienen mediante la suma de los distintos porcentajes y que dependen, entre otros aspectos, de las características del asegurado, siendo los siguientes:

TIPO DE SUBVENCIÓN	PORCENTAJES
Subvención base aplicable a todos los asegurados	9%
Subvención por contratación colectiva	5%
Subvención adicional según las condiciones del asegurado	14% *
Subvención por renovación de contrato	6% ó 9% **

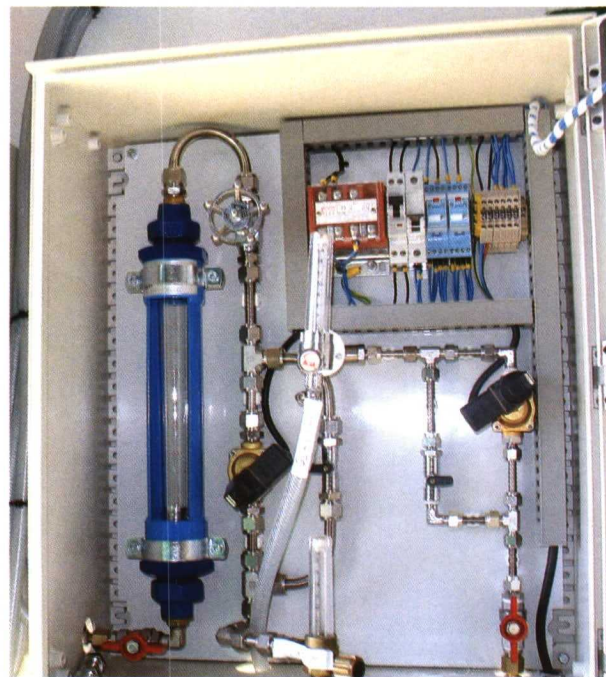
(*) En el caso de una joven agricultora, la subvención adicional según las condiciones del asegurado se incrementa con dos puntos.

(**) Según se hayan asegurado en uno o dos años anteriores.

Las Comunidades Autónomas también pueden subvencionar este seguro, acumulándose a la subvención que aporta el Ministerio.



El agricultor interesado en este seguro puede solicitar más información a la ENTIDAD ESTATAL DE SEGUROS AGRARIOS C/ Miguel Angel 23-5ª planta 28010 MADRID con teléfono: 913475001, fax: 913085446 y correo electrónico: seguro.agrario@mapa.es y a través de la página web www.mapa.es. Y sobretodo a su Tomador del Seguro o a su Mediador, ya que éstos se encuentran más próximos y le pueden aclarar cuantas dudas se le planteen antes de realizar la póliza y posteriormente asesorarle en caso de siniestro.



**Cuadro de control
Abelló Linde
para la adición
de gases.**

**Placas solares
para la
alimentación
de los sensores
de medición
de humedad
del suelo.**

mento de medición en continuo data logger.

Principales beneficios de la tecnología

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para cada ensayo mediante el programa Statistix 8.0, considerando un diseño completamente al azar (RCD) con 5 repeticiones y realizando un test de Mínimas Diferencias Significativas LSD para $p < 0.05$. Se elaboró también un estudio de viabilidad técnico económico de la aplicación de la tecnología en los cultivos objeto del proyecto.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico demostraron que con la adición de CO_2 se consigue un control estable del pH del agua de riego sin la necesidad de recurrir a la utilización de ácido nítrico tal como se suele hacer en algunas explotaciones de la zona.

El análisis de los datos obte-

nidos, relativos a la concentración de nitratos en agua de lixiviado, demostró unos resultados muy variables. Sin embargo, cabe destacar como resultado positivo la bajada del pH, beneficiosa para la mayoría de los cultivos por favorecer considerablemente la solubilidad de los abonos aportados, incrementándose la disponibilidad de los mismos para las plantas.

Los ensayos permitieron determinar que, con certeza y para

Los resultados obtenidos del análisis estadístico demostraron que con la adición de CO_2 se consigue un control estable del pH del agua de riego sin la necesidad de recurrir a la utilización de ácido nítrico

todos los cultivos experimentados, la dosis mínima a aplicar con el fin de percibir efectos en el cultivo es de 300 ppm.

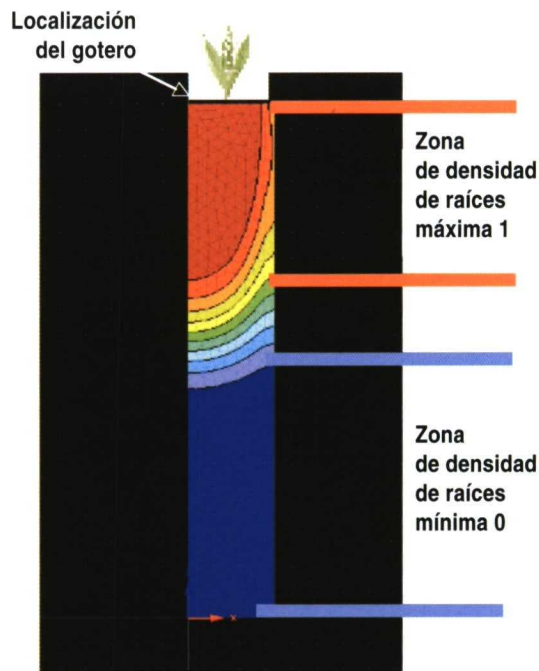
En el cultivo de crisantemo las plantas tratadas presentaron una mayor velocidad de crecimiento, lo que permitió dejar de aplicar luz artificial al tratamiento antes que al testigo, acortándose el ciclo de cultivo, y aumentando considerablemente la calidad comercial de la flor (mayor número de flores, diámetro floral, diámetro del tallo y rigidez y mayor cantidad de biomasa producida). En detrimento, disminuyó la altura final de la planta, lo cual no afectó a la calidad comercial, dado que alcanzaba una longitud suficiente. Se consiguió de esta forma reducir la cantidad de inputs necesarios para el sistema productivo mejorando la rentabilidad de los cultivos. En cultivos bianuales por ejemplo, se observó un aumento de la producción media de tallos por planta. Analizando los parámetros de calidad de las flores en postcosecha, para el conjunto de los ensayos se observó un incremento de la vida comercial en flores provenientes de parcelas tratadas, permitiendo mejorar la rentabilidad de los cultivos.

Durante el ensayo en el cultivo de cala, aparecieron daños causados por la bacteria *Erwinia carotovora*. En la parcela testigo hubo un alto porcentaje de muertes de las plantas por esta causa. Sin embargo, en la parcela tratamiento, hubo tan solo ciertas muertes localizadas. Aunque no se pudo demostrar que esta situación sea debida a la aplicación de los gases, sí podemos afirmar, que el CO₂ además de acidificar la solución del suelo, tuvo efecto bacteriostático y fungistático, por lo que la falta de sintomatología en la mayoría de plantas tratadas puede deberse a la aplicación de los gases.

El exceso de riego como factor limitante del efecto de la adición de gases sobre la contaminación de las aguas subterráneas

En paralelo al estudio de viabilidad y al estudio estadístico,

Figura 2:
Modelo de simulación de movimientos de agua y nutrientes en el suelo



■ El CO₂ además de acidificar la solución del suelo, tuvo efecto bacteriostático y fungistático, por lo que la falta de sintomatología en la mayoría de plantas tratadas puede deberse a la aplicación de los gases

con los datos experimentales de humedad del suelo, evapotranspiración y humedad del aire, se construyó un modelo matemático para simular los movimientos del agua y de los nitratos en el suelo, utilizando los datos de suelo, fertilización y riego específicos de cada invernadero. El modelo per-

Beneficio desde la raíz



Grodan Med S.A.

Polígono Industrial La Redonda C/ XIII, nº 77
04710 Santa María del Águila (El Ejido) ALMERÍA
Tel.: +34 950 583 430 - Fax: + 34 950 581 656
info@grodan.es - www.grodan.es

grodan[®]



Imagen de invernadero comercial de flor cortada y del cultivo de crisantemos en invernadero de Chipiona.

mitió representar, para los cultivos estudiados, el efecto del riego sobre la lixiviación de nitratos. Intentó también acotar los posibles efectos de la adición de CO_2 y O_2 al agua de riego sobre la lixiviación y la nutrición de las plantas.

En los últimos años se han producido grandes avances en el desarrollo de modelos informáticos para la simulación de movimientos dinámicos de agua y nutrientes solubles en el suelo. Estos modelos se basan en teorías de transporte estándares combinando potentes algoritmos de elementos finitos con potentes módulos in-

formáticos de proceso de datos. Para nuestro proyecto, los técnicos del socio Mc Burney Scientific Ltd. decidieron utilizar el modelo Hydrus 2/3D, por ser un modelo validado con éxito por varios trabajos internacionales de investigación en el año 2005. El programa permite simular en 2 ó 3 D los movimientos del agua y nutrientes solubles incluyendo las cantidades absorbidas por las raíces del cultivo en función del riego. El modelo de predicción construido integra datos de entorno y técnicas de cultivo específicos de los 5 productos de Chipiona.

El modelo permitió confirmar que se produjo un exceso de riego en los invernaderos objeto del estudio. El exceso de riego podría ser el causante de la variabilidad de los resultados obtenidos en cuanto a los niveles de nitratos en agua de lixiviado. Este exceso de agua enmascara el posible efecto de los gases sobre la mejora de la absorción de nutrientes por la planta y la esperada disminución de nitratos en agua de lixiviado. Por ello, no se pudo demostrar con certeza que la adición de CO_2 y O_2 en el agua de riego tenga un efecto beneficioso directo sobre la contaminación por fertilizantes, de las aguas subterráneas. En este sentido, el desarrollo de modelo de optimización de gestión del agua de riego podría ser objeto de futuras líneas de investigación para el sistema productivo de la flor cortada, conjuntamente con el estudio en profundidad del efecto beneficioso de la adición de gases en agua de riego para aumentar la vida útil de las flores cortadas y ornamentales producidas y ejercer un posible efecto bacteriostático y fungicida.

Para saber más...

- Puede encontrar más información y otros artículos relacionados con el tema en la Plataforma Horticom, www.horticom.com:
- "Fertirrigación de *Epipremnum pinnatum* 'Aureum' utilizando un nuevo fertilizante NPK", www.horticom.com?70796
- www.fertigreen.net.