

EL USO DEL AGUA EN INVERNADERO: LA CONTRIBUCIÓN DE 30 AÑOS DE EXPERIENCIAS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE CAJAMAR “LAS PALMERILLAS”

Jerónimo Pérez-Parra y M^a Dolores Fernández Fernández

Introducción

Desde su fundación, la Estación Experimental de Cajamar ha prestado una especial atención a los temas relacionados con el uso del agua en invernadero, consciente de la importancia que tenía un recurso tan escaso en nuestra zona y vital para el desarrollo y sostenibilidad de toda la industria hortícola. Esta línea de trabajo, ha abarcado temas diversos, desde trabajos iniciales sobre las necesidades de riego de los cultivos hortícolas y de evaluación de sistemas de riego por goteo, hasta trabajos más recientes para conocer el estado actual de los recursos hídricos utilizando la más alta tecnología, como es la sismica de reflexión. El objetivo final de todos estos trabajos ha sido aumentar la eficiencia en el uso del agua, así el consumo de agua de una hectárea de invernaderos era de 7.000 m³/año en 1982 y ha pasado a un consumo inferior a los 5.500 m³/año. Esto ha sido posible gracias a la mejora en los sistemas de riego y a que el agricultor y técnico disponen de información precisa sobre los requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero.

En estos más de 30 años de experiencias, se ha generado una cantidad importante de información que está recogida en 12 tesis doctorales, 11 proyectos fin de carrera de alumnos de ITA y de agrónomos, 8 libros y capítulos de libros, 8 artículos en revistas de ámbito internacional, 14 artículos en revistas de ámbito nacional, 60 participaciones en congresos nacionales, 31 participaciones en congresos internacionales y 24 participaciones en jornadas y cursos. Además, se han realizado publicaciones más técnicas, con el objetivo de obtener a una amplia difusión entre técnicos y agricultores. Entre éstas podemos citar los documentos técnicos agrícolas donde se daban recomendaciones de riego, la distribución de material para la evaluación de instalaciones de riego. Más recientemente, se han revisado y mejorado las estimaciones de las necesidades de riego y se recogen en la publicación “Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería”, asimismo también se ha distribuido un software (PrHo) que permite la adaptación más particular de las dosis de riego. Toda esta información, junto con la publicación a diario de datos climáticos tanto bajo invernadero como en exterior, está disponible de forma gratuita a través de la página web <http://www.laspalmerillas.cajamar.es>.

El conocimiento del estado de los recursos y de la práctica del riego

La planificación de la actividad agrícola requiere conocer el estado de los recursos hídricos, y sobre todo en nuestra agricultura donde ésta depende del riego. Recientemente, se han realizado trabajos en colaboración con la universidad de Almería o contratos con empresas, donde se ha estudiado las características hidrogeológicas e hidrodinámicas del campo de Níjar y del Poniente, sobre la recarga en la sierra de Gádor e hidrogeoquímica de los acuíferos del Campo de Dalías, o un estudio estructural del acuífero profundo del Campo de Dalías mediante sismica de reflexión.

Bajo las condiciones de unos recursos hídricos escasos se hace necesario que se haga un uso eficiente de ellos. El conocimiento de la práctica del riego, es decir,

conocer el estado de las instalaciones de los sistemas de riego y la gestión del riego en las explotaciones, es necesario para proponer mejoras que ayuden a aumentar la eficiencia. En general, el uso de sistemas de riego localizados conlleva un uso más eficiente del agua de riego, pero además es necesario que su diseño y calidad sean óptimos para que tenga una elevada uniformidad de aplicación. Los sistemas de riego y de fertilización han evolucionado rápidamente desde sistemas de riego a pie o inundación a sistemas de riego por goteo, y desde una aplicación de fertilizantes manual a modernos programadores. Las instalaciones de riego de los agricultores, se han caracterizado con precisión en los invernaderos de Almería a partir de encuestas realizadas a 461 productores (Pérez-Parra y Céspedes, 2001). Los resultados obtenidos en la encuesta (Tabla 1) muestran que toda la superficie de invernaderos emplea el sistema de riego localizado, siendo el gotero interlínea el emisor más utilizado y la totalidad es empleado en sistemas de cultivo en suelo. El gotero autocompensante tiene una presencia importante, estando muy ligado a los cultivos hidropónicos. También cabe destacar la importante renovación que han sufrido los sistemas de riego por goteo, ya que el 80,9 % de la superficie tenía emisores con menos de 10 años, y de ésta el 55,1 % tenía menos de 5 años. Esto ha contribuido a aumentar la uniformidad de aplicación de los goteros, así en el año 1984 tan sólo el 4% de las instalaciones tenía una uniformidad excelente. El motivo fundamental de la baja uniformidad en la aplicación del agua era la deficiente calidad de los goteros y que las tuberías evaluadas, no estuviesen fabricadas con la materia prima adecuada, ni con las normas vigentes. En la actualidad, la calidad de los goteros ha mejorado considerablemente, lo que se ha traducido en un aumento de la uniformidad, estimándose que el 81% de las instalaciones presentan una uniformidad excelente.

Los sistemas de incorporación de fertilizantes más usuales son la abonadora y el venturi (Tabla 1), sin embargo, la tendencia en la instalación de equipos de fertilización es a la utilización creciente de venturís en detrimento de las abonadoras. Otro factor de creciente incorporación en las instalaciones de riego es el programador de riego, un 30,5 % de las fincas cuentan con programador, y han permitido la automatización de la operación del riego y abonado.

Tabla 1: Características principales de los sistemas de riego y fertilización en los invernaderos de Almería.

Sistema de riego	Invernaderos (%)	Superficie (%)
Sistemas de riego localizado	99,41	99,69
Gotero autocompensante	14,46	19,75
Gotero interlínea	83,70	77,85
Sistema de fertilización	Fincas (%)	Antigüedad
Programador	30,70	
Abonadora	52,4	9,2
Inyección	11,2	3,3
Venturi	33,1	3,8

La gestión del riego en las explotaciones comerciales se ha analizado midiendo durante seis campañas consecutivas el consumo de agua y la producción en 41 invernaderos representativos del Poniente de Almería (Caja Rural de Almería, 1997). Los aportes medios de agua de riego anuales oscilan entre 335 mm para la rotación de

judía de otoño y melón de primavera y 508 mm para la rotación de pimiento de otoño y judía de primavera. En general, los aportes de agua en judía de primavera, melón, pimiento y sandía se ajustaron a los requerimientos hídricos (Tabla 4). En cambio, en pepino los aportes fueron muy superiores a los requerimientos hídricos, mientras que en la judía de otoño fueron ligeramente superiores. Además, se encontró con frecuencia, que los aportes de agua de riego en las etapas iniciales de los cultivos fueron excesivos en la mayoría de los cultivos evaluados.

Tabla 2: Valores medios de los aportes totales de agua de riego, necesidades hídricas totales del cultivo para los principales cultivos de los ciclo de otoño-invierno y de primavera. Medidas realizadas durante 6 campañas agrícolas consecutivas (1993/94 a 1998/99) en explotaciones hortícolas del Poniente de Almería.

	Aportes de agua	Necesidades Hídricas
	mm	mm
Pimiento	311	342
Pepino	268	170
Judía otoño	163	143
Melón	177	191
Sandía	189	209
Judía primavera	195	202

El ajuste de las necesidades de agua

Uno de los primeros temas de investigación abordados por la Estación Experimental de Cajamar fueron los trabajos sobre necesidades hídricas de los cultivos bajo invernadero. Como primer paso, la Estación Experimental de Cajamar se dotó de dos estaciones agrometeorológicas, una bajo invernadero con entorno de gramíneas y otra en exterior con entorno de barbecho. En la actualidad, se cuenta con una importante serie histórica, más de 25 años, de datos diarios de temperatura, humedad relativa, radiación, evaporación, precipitación y viento, y que están disponibles en nuestra página web.

Posteriormente, en la década de los 80 se elaboraron una serie de fichas divulgadoras donde se daban los consumos medios de distintos cultivos. Los consumos se obtuvieron relacionando datos medidos del consumo de agua del cultivo con la evaporación de un tanque evaporimétrico (Eo) (Castilla, 1986). Sin embargo, esta relación depende de las condiciones ambientales y de las prácticas de manejo (fecha de siembra, longitud del ciclo, etc.).

Para solucionar estos inconvenientes, en la década de los 90 se calibró el modelo de estimación del consumo de agua de los cultivos de la FAO para su uso en cultivos en invernadero (Fernández, 2000), y permite separar los efectos debidos al cultivo y al clima. En los cultivos bajo invernadero las dosis de riego se pueden estimar con precisión a partir de datos de radiación solar y temperatura. Se desarrollaron dos modelos, un modelo de radiación, que nos permite adaptar las estimaciones a cualquier tipo de invernadero y condiciones de cultivo, como el encalado de la cubierta, y además

tiene la ventaja de no requerir sensor de radiación ya que se pueden utilizar estaciones meteorológicas próximas. El segundo modelo permite adaptar las estimaciones a las distintas fechas de plantación en función de la temperatura máxima y mínima medida dentro de invernadero.

A partir de una serie de histórica de datos de radiación solar exterior y temperatura bajo invernadero se han elaborado recomendaciones de dosis de riego. También se desarrolló un software para estimar la ETC de los cultivos hortícolas y que está disponible para técnicos y agricultores en <http://www.laspalmerillas.cajamar.es>, y permite estimar las necesidades hídricas con datos climáticos del día anterior (programas de riego a tiempo real) y datos climáticos medios de una serie histórica (programas de riego medios).



Estos programas de riego, programas de riego a tiempo real y programas de riego medios, fueron evaluados experimentalmente (González, 2003). Cuando las condiciones climáticas fueron similares a las del año climático medio, los aportes de agua estimados con el programa de riego medio fueron similares a los requerimientos hídricos del cultivo (Figura 4). En cambio, en un ciclo de judía de primavera, con una demanda evaporativa claramente mayor que el año climático medio, los aportes de agua estimados con el programa de riego medio fueron claramente inferiores a los requerimientos del cultivo, reduciéndose significativamente el crecimiento, la producción de biomasa y la productividad del cultivo respecto del programa en tiempo real. Posteriormente, para mejorar las estimaciones del programa de riego medio se planteó utilizar lo que se denominó un programa de Riego Medio Ajustado (RMA), programa que genera un rango de aportes de agua de riego para cada periodo de riego y cultivo (Bonachela et al., 2006). Las dosis de agua de riego, elegidas por el técnico o agricultor dentro de ese rango, deben permitir mantener el potencial matricial del agua del suelo, por la mañana antes de regar, entre -20 y -30 kPa, según cultivo y condiciones del mismo.

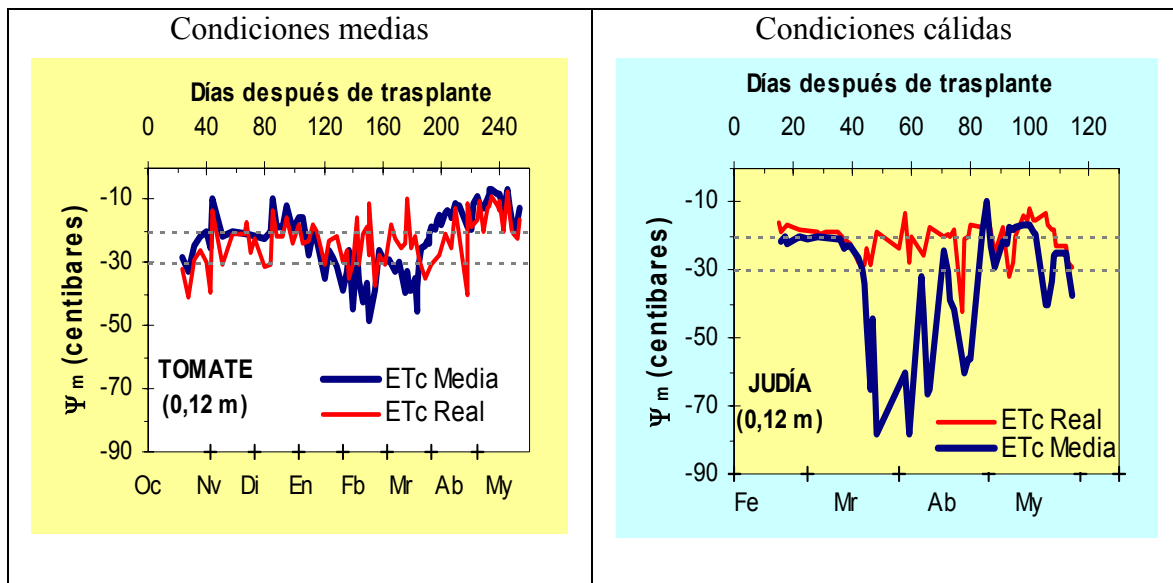


Figura 1: Evolución del potencial matricial medido a 0,12m de profundidad bajo la capa de arena en un ciclo de cultivo de tomate y en un ciclo de judía.

La programación del riego y gestión del riego en suelo y sustrato

El empleo de sensores que miden el estado hídrico del cultivo o del suelo permite adaptar el riego a cada invernadero o condiciones particulares de cultivo, y por tanto son una opción para optimizar la gestión del riego. En el mercado existe una amplia variedad de sensores más o menos sofisticados y/o precisos y por tanto con diferente coste, por lo que se hace necesario una evaluación exhaustiva de estos sensores y el desarrollo de prácticas que optimicen su uso. Bajo este contexto se han evaluado sensores que permiten monitorizar la dinámica del agua en el suelo enarenado, como son las sondas de capacitancia y el sensor de matriz granular (SGM), y sensores que miden el estado hídrico del cultivo, como los sensores de medida continua del diámetro del tallo y fruto.

La evaluación de los sensores del estado hídrico del suelo se realizó bajo un proyecto CICYT en el que participaron la Universidad de Almería y la E.E. de Cajamar, y cuyo investigador principal era Marisa Gallardo. Se hizo bajo el contexto de limitar el coste y simplificar el manejo, para facilitar la adopción de esta tecnología por parte de los agricultores (Tabla 3). También se ha generado información necesaria para optimizar el uso de las sondas de capacitancia con respecto a la localización, métodos de interpretación de los datos y el procedimiento más adecuado de instalación (Thompson et al. 2004). Además, se examinó el efecto de la salinidad del suelo sobre las sondas de capacitancia y el SGM. Ambos sensores fueron sensibles a los cambios en la conductividad eléctrica de la solución del suelo, sobreestimando apreciablemente la humedad del suelo con las sondas de capacitancia.

Tabla 3: Características más relevantes de cuatro sensores para medir el estado hídrico del suelo.

CARACTERÍSTICA	SENSOR			
	TENSIÓMETRO	ELECTROTENSIÓMETRO	WATERMARK	FDR (EnviroScan)
RANGO DE OPERACIÓN	-70-0 kPa	-85-0 kPa	-200-0 kPa	5-45%
RECOLECCIÓN DE DATOS	MANUAL	AUTOMATICO	AUTOMATICO O MANUAL	AUTOMATICO
COMPLEJIDAD INSTALACIÓN	BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA
MANTENIMIENTO	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO
PROGRAMADOR DE RIEGO	NO	SI	SI	SI
PERSONAL CUALIFICADO	NO	NO	NO	SI
COSTE	BAJO	MEDIO	BAJO	ALTO

En cuanto a los sensores para monitorizar el estado hídrico del cultivo también se realizó con un proyecto CICYT en el que participaron la Universidad de Almería y la E.E. de Cajamar, y cuyo investigador principal era Marisa Gallardo. La respuesta de los sensores de medida del diámetro del tallo dependió de las condiciones climáticas y de la edad del cultivo (Gallardo et al., 2006). Bajo condiciones de baja demanda evaporativa, los índices derivados del diámetro del tallo fueron menos sensibles para detectar estrés hídrico que el potencial hídrico foliar o del tallo. Bajo condiciones de demanda evaporativa moderada o elevada los índices derivados del diámetro del tallo tuvieron una mayor respuesta que la presentada en condiciones de baja demanda.



Foto 1: Detalle de un sensor de medida del diámetro del tallo en pimiento.

Frecuencia del riego

También se han llevado a cabo trabajos que permitan mejorar la gestión del riego en suelo y sustrato. Un aspecto importante en la gestión del riego es la frecuencia con que es aplicado. En general, los cultivos hortícolas son muy sensibles a la falta de agua, por lo que los riegos son aplicados frecuentemente. Además, existe la tendencia a manejar los cultivos hortícolas bajo en invernadero y en suelo de forma similar a los cultivos en sustrato. Por tanto, se propuso estudiar el efecto de la frecuencia de riegos sobre la productividad y desarrollo radicular de los cultivos hortícolas en invernadero en suelo enarenado, realizándose un proyecto en el que participaron la universidad de Almería y la E.E. de Cajamar, y cuyo investigador principal fue Santiago Bonachela. Se comparó el uso de riegos de alta frecuencia (RAF: uno o más riegos diarios) con los programas de riegos convencionales usados por los agricultores locales (RC: riegos cada 2-3 días hasta un riego diario). Se encontró que la biomasa y la densidad de longitud de raíces del cultivo cuando era regado con alta frecuencia (RAF) estaban más concentradas en la zona central del perfil transversal formando un bulbo de raíces alrededor del gotero y la planta, mientras que con una frecuencia de riego baja (RBF: 1 a 2 riegos semanales) la distribución de raíces fue más uniforme, tanto a lo largo como a lo ancho del perfil transversal (González, 2003).

La respuesta productiva del cultivo a la frecuencia de riego varió según el ciclo de cultivo (González, 2003). En los ciclos de otoño-invierno, en general, la productividad total y comercial se redujo al aumentar la frecuencia de riego, mientras que en los ciclos de primavera no hubo una tendencia productiva clara a la frecuencia de riego.

Lixiviación de nitratos

La gestión del riego también incide en las pérdidas de agua por drenaje. En un suelo enarenado, riegos de bajo volumen y frecuentes por lo general producen menos drenaje (González, 2003) y por tanto menos pérdidas de nutrientes por lixiviación de fertilizantes. El fertilizante con mayor impacto medioambiental es el nitrato por aspectos relacionados con la salud. Existen indicaciones de un aumento de la concentración de nitratos en los acuíferos del Poniente de Almería y el origen de éstos parece estar en los cultivos hortícolas en invernadero. De acuerdo con la directiva comunitaria UE 91/676/CEE (UE, 1991) los municipios donde se concentran los invernaderos han sido declarados “Zonas Vulnerables”. La puesta en marcha de la directiva comunitaria requiere del desarrollo y adopción de prácticas agrícolas que limiten la contaminación de los acuíferos con nitratos. Con el objetivo general de desarrollar un sistema integrado de manejo del cultivo que reduzca apreciablemente las pérdidas por lixiviación de nitratos se está trabajando en un proyecto CICYT en el que participan la Universidad de Almería y la Estación Experimental de Cajamar y cuyo investigador principal es Rodney Thompson. Se han identificado los manejos o prácticas que contribuyen a las pérdidas de nitratos (Thompson et al., 2004). La fertilización, basada en recetas, sin tener en cuenta las extracciones del cultivo, produce la acumulación de nitratos en el suelo durante el ciclo de cultivo (Figura 2), y la mineralización del nitrógeno orgánico del estiércol son las fuentes potenciales para las pérdidas de nitratos. Los riegos de desinfección, lavado o riegos pretransplante y los riegos en las etapas iniciales del cultivo son los responsables de las mayores pérdidas de nitratos (Granados et al., 2005).

Además, se han planteado prácticas que limiten la contaminación de nitratos como son, un manejo racional del N basado en la adaptación de modelos para estimar la extracción de N por el cultivo (Martínez-Gaitán et al., 2005) y prácticas encamidas a

reducir el drenaje, determinando los volúmenes de riego a aplicar en base a criterios técnicos.

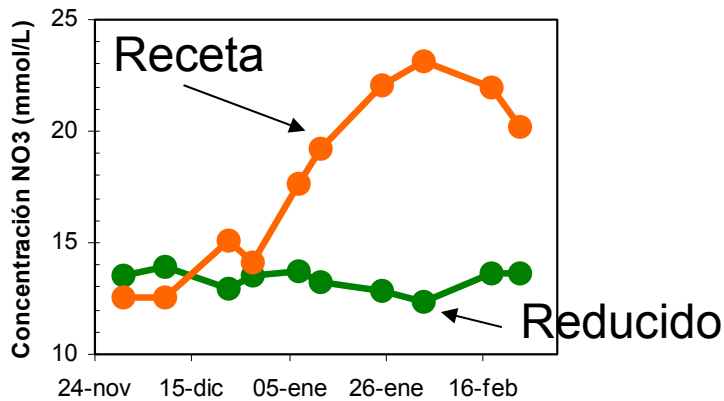


Figura 2: Evolución de la concentración de nitratos en la solución del suelo bajo dos manejos diferentes.

Manejo del riego en cultivos en sustrato

En la actualidad, los cultivos sin suelo ocupan unas 4.500 a 5.000 hectáreas en el Almería, y constituye uno de los núcleos más importantes a nivel mundial en lo que a la implantación de dichos sistemas de cultivo. Teniendo en cuenta que en cultivo sin suelo, generalmente, siempre se aportan fertilizantes con el agua de riego en forma de solución nutritiva, y que es necesario mantener un cierto porcentaje de lixiviación para conseguir un adecuado desarrollo del cultivo, resulta inevitable que se produzcan pérdidas importantes de nutrientes con el lixiviado. Sin embargo, ante la creciente preocupación social por la contaminación medioambiental se están dictando leyes en algunos países que obligan a los agricultores a adoptar sistemas de cultivo sin suelo cerrados. Por tanto, cabe esperar que en el futuro resulte obligatoria la implantación de los sistemas cerrados debido a la trasposición a España de posibles directivas comunitarias, y va a resultar básico estudiar y dar respuesta a aquellos factores que resultan limitantes para el funcionamiento de dichos sistemas. Ante este posible escenario futuro, se llevó a cabo un proyecto de investigación en el que se estudió el comportamiento de los sistemas de cultivo sin suelo cerrados en tomate.

Los principales resultados fueron que los sistemas cerrados permiten un ahorro de agua entre el 20 y el 30 % y un ahorro de fertilizantes superior al 40 %, lo que implica una drástica reducción del vertido contaminante al medio ambiente (superior al 90 %) (Magán, 2001). La rentabilidad económica de la técnica depende del método de desinfección del drenaje empleado, debido a la alta repercusión que éste tiene sobre la inversión (Tabla 4).

Tabla 4: Balance económico final de la reutilización de drenajes respecto a la solución perdida en cultivo de tomate (valores en € ha⁻¹ año⁻¹).

	Sistema de desinfección empleado		
	Sin desinfección	Filtración lenta en arena	Ozonización
Ciclo largo único	+ 1050	- 46	- 1361
Doble ciclo de cultivo	+ 1860	+ 746	- 680

A raíz del manejo de los sistemas cerrados, surgió la necesidad de estudiar el efecto de la salinidad sobre los cultivos, con el fin de disponer de criterios objetivos para determinar el momento del descarte de la solución recirculante. Los resultados obtenidos indican que el tomate muestra una caída lineal de producción a partir de un umbral de conductividad eléctrica que oscila entre 3 y 3,8 dS m⁻¹ (Figura 3) dependiendo de la variedad estudiada (Magán, 2005). Esta reducción es debida a un menor peso medio del fruto y esto, a su vez, es originado por una menor acumulación tanto de agua como de materia seca en el mismo. El aumento de la salinidad permite una mejora significativa de la calidad del fruto, tanto en lo referente a su aspecto externo como a los parámetros de calidad internos.

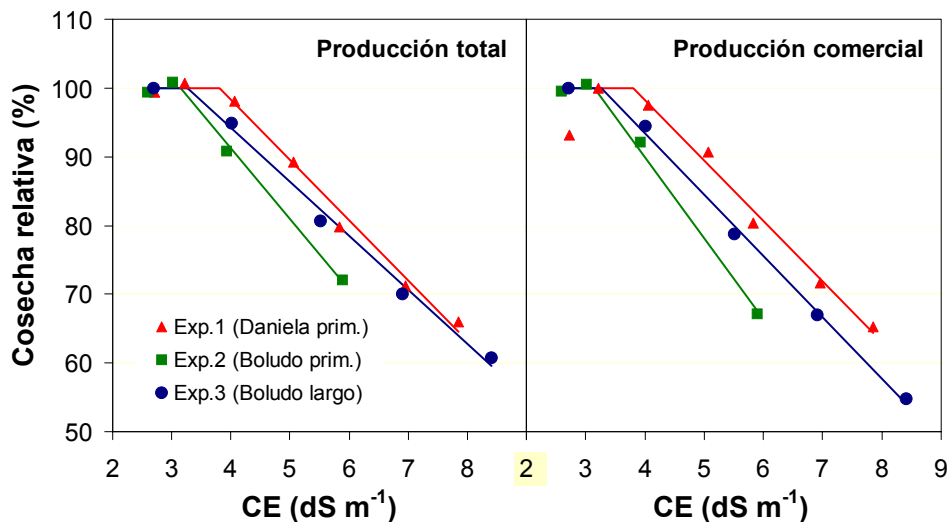


Figura 3: Relación entre la conductividad eléctrica (CE) de la solución de drenaje y la producción acumulada total y comercial expresada en valores relativos a la producción máxima en cada uno de los experimentos realizados. Las líneas muestran el mejor ajuste lineal.

Reutilización de aguas residuales

La reutilización de aguas residuales depuradas para el riego constituye un recurso hídrico alternativo a los procedentes de sondeos subterráneos y en algunos casos pueden suponer una mejora de la calidad. Así, en los invernaderos próximos a la ciudad de Almería, unas 2.000 ha de invernadero, utilizan 15 hm³/año procedentes de la estación depuradora de la ciudad (EDAR de Almería), y ha supuesto la solución a un grave problema de escasez y de calidad del agua en esta zona. Sin embargo, el principal inconveniente que presentan las aguas residuales depuradas es la contaminación, que en

el caso de cultivos cuyos frutos van destinados al consumo en verde tiene gran importancia, ya que la presencia de determinados patógenos puede ser perjudicial para los consumidores. Se llevo a cabo un proyecto, en el que participaron la E.E. de Cajamar "Las Palmerillas", Universidad de Córdoba, Universidad de Almería e IFAPA "La Mojonera", para evaluar los efectos que produce el riego con agua residual depurada sobre el suelo y los cultivos hortícolas bajo invernadero y suelo enarenado utilizando dos sistemas de riego localizado, riego por goteo superficial y enterrado.

En comparación con el agua convencional, el agua depurada aporta una cantidad de N y K cuatro veces superior, lo que supone un ahorro importante de fertilizantes (Fernández et al., 2002). Los ensayos se realizaron con cultivos de melón y judía de mata baja, pues sus frutos mantienen contacto con el suelo, vía potencial de contaminación microbiológica. En general, el sistema de riego enterrado reduce la presencia de organismos patógenos en el suelo (coliformes totales y fecales), y la presencia de patógenos es mayor en el ciclo de otoño-invierno, donde se dan condiciones ambientales más favorables para su supervivencia (Contreras et al., 2002). A pesar de ello, es necesario extremar las precauciones cuando se riegan hortalizas para consumo en fresco con aguas residuales depuradas, ya que la presencia de estos microorganismos en la superficie del suelo implica que existe un riesgo de que estos microorganismos lleguen al fruto.

Riego deficitario en níspero japonés

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) es un frutal subtropical de creciente interés en los mercados europeos, y que puede alcanzar precios elevados para aquellas partidas de buen calibre y precocidad. Por tanto, todas aquellas técnicas de cultivo conducentes a conseguir una mejora de la precocidad en la maduración del fruto del níspero podrían incrementar su rentabilidad. Se ha estudiado el efecto del riego deficitario controlado (RDC) como técnica que permita adelantar la fecha de recolección. Los ensayos riego deficitario controlado (RDC) consistieron en regar el cultivo con cantidades inferiores a los requerimientos hídricos en poscosecha, entre los meses de mayo y agosto, recibiendo aportes de riego que cubren plenamente sus necesidades hídricas durante el resto del año. La experiencia mostró un adelanto de la floración para RDC (Hueso, 2005), además este adelanto en la floración repercute en las fechas de recolección lo que revaloriza extraordinariamente el valor de la cosecha, aumentando la rentabilidad del cultivo en 15.000 €/ha y con un ahorro de agua de 1.500 m³/ha y año.

Posteriormente, se ha trabajado para determinar la intensidad, la duración y el momento óptimo de aplicación del estrés hídrico para mejorar aún más la precocidad. Los ensayos se han realizado dentro del marco de un proyecto CICYT, en el que participan la Universidad de Almería y la Estación Experimental de Cajamar y cuyo investigador principal era Julián Cuevas. Con este proyecto se ha determinado que la mejor estrategia de riego deficitario controlado (RDC) es la suspensión completa del riego durante seis semanas (Figura 4). También se han precisado que las fechas más adecuadas para llevar a cabo el RDC son entre junio y julio, resultando contraproducente prolongar el estrés durante el mes de agosto (Cuevas et al., 2006). Asimismo, se ha avanzado sustancialmente en el conocimiento de la fenología del proceso de desarrollo floral del níspero.

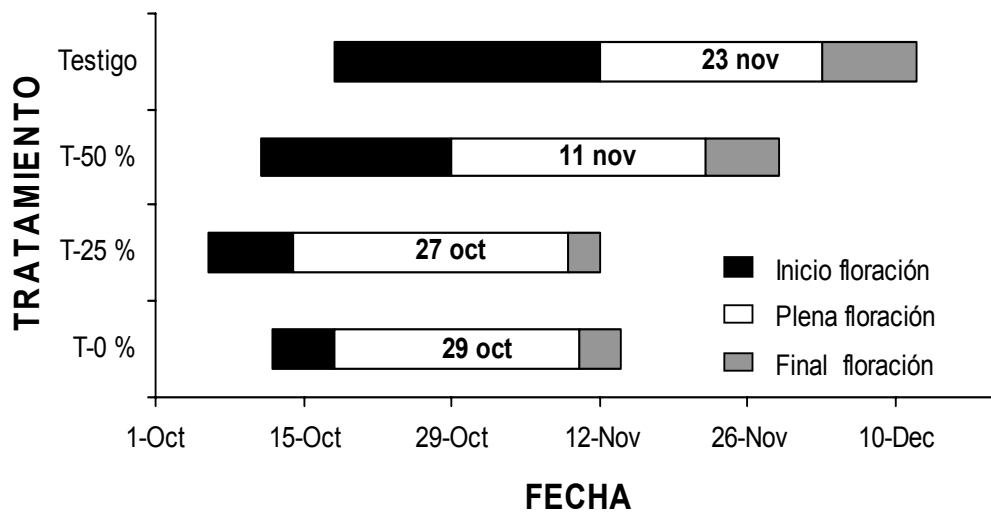


Figura 4: Duración de las fases de floración y fecha de plena floración del cultivo de níspero. Cada fecha corresponde al promedio de 6 seis árboles por tratamiento.

Bibliografía

BONACHELA, S., GONZÁLEZ, A., FERNÁNDEZ, M.D., "Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data", en *Irrigation Science*, (2006), en prensa.

CAJA RURAL DE ALMERÍA, *Gestión del regadío en el campo de Dalías: las comunidades de regantes Sol y Arena y Sol-Poniente*, Almería, 1997, 195 pp.

CASTILLA, N., *Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería: necesidades hídricas y extracción de nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno*, Madrid, 1986, Tesis doctoral.

CONTRERAS, J.I., MARTÍNEZ, J., ALCALDE, J., PÉREZ-PARRA, J., ROLDÁN, J., "Influencia del sistema de riego localizado enterrado en la utilización de agua residual depurada para riego de hortalizas", en *Sinopsis de los trabajos del XX Congreso Nacional de Riegos*, (2002), pp 75-77.

CUEVAS, J., CAÑETE, M., PINILLOS, V., ZAPATA, A.J., FERNÁNDEZ, M.D., GONZÁLEZ, M., HUESO, J.J., "Selection of optimal dates for regulated deficit irrigation makes loquat cultivation more profitable", en *Agricultural Water Management*, (2006), en prensa.

FERNÁNDEZ, M.D., *Necesidades hídricas y programación de riegos en los cultivos hortalizas en invernadero y suelo enarenado de Almería*, Almería, 2000, Tesis Doctoral.

FERNÁNDEZ, M.D., CONTRERAS, J.I., SEGURA, M.L., POLO, M.J., “Efectos en el rendimiento de cultivos hortícolas producidos por el uso de agua residual depurada para riego”, en *Sinopsis de los trabajos del XX Congreso Nacional de Riegos*, (2002), pp 71-74.

GALLARDO, M., THOMPSON, R.B., VALDEZ, L.C., FERNÁNDEZ, M.D, “Use of stem diameter variations to detect plant water stress in tomato”, en *Irrigation Science* 24, (2006), pp 241-255.

GONZÁLEZ, AM., *Programas de riego para cultivos hortícolas en invernaderos enarenados en Almería*, Almería, 2003, Tesis doctoral.

GRANADOS, M^a R., THOMPSON, R.B., FERNÁNDEZ, M^a D., GALLARDO, M., GÁZQUEZ, J.C., “Uso de sondas de succión para el manejo de la fertilización nitrogenada en un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero”, en *Actas de Horticultura* 44, (2005), pp 79-85.

HUESO MARTÍN, J.J., *Riego deficitario controlado en níspero japonés*, Almería, 2005, Tesis doctoral.

MAGÁN CAÑADAS, J.J., “La reutilización de la solución nutritiva en los cultivos sin suelo”, en *II Jornadas Técnicas sobre cultivos sin suelo*, (2001), pp 43-54.

MAGÁN CAÑADAS, J.J., *Respuesta a la salinidad del tomate larga vida en cultivo sin suelo recirculante en el sureste español*, Almería, 2005, Tesis doctoral.

MARTÍNEZ-GAITÁN, C., GALLARDO, M., GIMÉNEZ, C., THOMPSON, R.B., FERNÁNDEZ, M^a D., GRANADOS, R.M^a, “Aplicación de modelos de simulación para la recomendación del abonado nitrogenado en el cultivo de melón en invernaderos de Almería”, en *Actas de Horticultura* 44, (2005), pp 111-115.

PEREZ-PARRA, J, CESPEDES, A., “Análisis de la demanda de inputs para la producción en el sector de cultivos protegidos de Almería”. En ESTUDIO DE LA DEMANDA DE INPUTS AUXILIARES: PRODUCCIÓN Y MANIPULACIÓN EN EL SISTEMA PRODUCTIVO AGRÍCOLA ALMERIENSE. Almería, 2001.

THOMPSON, R.B., GALLARDO, M., FERNÁNDEZ, M^aD, “Irrigation scheduling of drip-irrigated vegetable crops in greenhouses using continuous soil moisture monitoring”, en *Acta Horticulturae* 664, (2004), pp 653-660.

THOMPSON, R.B., FERNÁNDEZ, M.D., LÓPEZ-TORAL, J., GALLARDO, M., GIMENEZ, C, “Management factors contributing to nitrate leaching loss from a greenhouse-based intensive vegetable production system”, en *Italus Horto*, (2004).