

Boletín Trimestral de Información al Regante

Sistema de Asistencia al Regante (SAR)



- Utilización de aguas residuales regeneradas en el riego de cultivos: una necesidad y una solución
- Influencia del caolín para el control del estrés hídrico en olivar
- Fertirrigación con riego localizado: un sistema en expansión (2ª parte)
- Cuaderno de campo de riego: una herramienta para la programación
- Riego deficitario: experiencia en cítricos

UTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS EN EL RIEGO DE CULTIVOS: UNA NECESIDAD Y UNA SOLUCIÓN

Rafael Baeza Cano y María Luz Segura Pérez (IFAPA)

INTRODUCCIÓN

La reutilización para riego de aguas residuales es un hecho desde tiempos inmemoriales, ya sea de manera directa o bien de una manera indirecta, previa dilución en los cursos naturales de los ríos. Desde hace décadas existen referencias de la reutilización planificada de dichas aguas, una vez que superan procesos de depuración hasta obtener aguas con unas características químicas, físicas y biológicas adecuadas para su empleo en diversos usos. Estas aguas reciben actualmente el calificativo de **regeneradas** y son destacables por el volumen de reutilización los aprovechamientos alcanzados en zonas áridas y/o superpobladas de Estados Unidos como la Baja California y Florida (Mujeriego, 2.006).

En España los antecedentes de uso de aguas regeneradas son más recientes. No obstante, hay diferentes ejemplos con años de experiencia de reutilización con éxito en el riego de cultivos, como son el caso de la Costa Brava y de Álava. En Andalucía cabe mencionar el aprovechamiento que realiza desde hace una década la comunidad de regantes "Las Cuatro Vegas" de las aguas procedentes de la estación depuradora de "El Bobar", que trata la mayor parte de las aguas residuales de Almería capital y su periferia. Todos estos proyectos tienen un denominador común, se encuentran ubicados en zonas con déficit hídrico y no han estado exentos de polémica en su desarrollo, desarrollo que se ha producido sin un adecuado marco legal y sin un verdadero impulso desde las autoridades políticas. La situación ha cambiado recientemente, ya que por un lado ha sido publicado el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas (RD 1.620/2.007) y por otro lado, se han alcanzado niveles de déficit hídrico permanentes o estacionales tan críticos que han obligado a las diferentes administraciones competentes a considerar la reutilización de las aguas residuales regeneradas como un componente más del ciclo del agua.



Figura 1. Vista aérea de las instalaciones de la comunidad de regantes Las Cuatro Vegas en Almería. Cortesía de José Antonio Pérez. Comunidad de Regantes Las 4 Vegas. Almería.

En cualquier caso, independientemente de consideraciones políticas o legales, es evidente que la reutilización de aguas residuales es técnicamente la mejor solución para reducir el impacto que dichas aguas generan al ser liberadas al medio ambiente. Este impacto puede ser apreciado por cualquier ciudadano medio que habite en zonas con un importante crecimiento demográfico como son la Comarca del Poniente de Almería o la Costa del Sol en Málaga.



Figura 2. Vertido de aguas residuales en la costa.

USOS

Las aguas residuales regeneradas se pueden destinar a varios **usos**, dependiendo de las necesidades de la zona de actuación. Entre estos usos cabe destacar:

- Riego de cultivos (en España hortícolas principalmente).
- Riego de campos de golf.
- Utilización urbana como aguas pre-potables para el riego de jardines, lavado de calles, etc.
- Recarga de acuíferos.
- Reutilización industrial.
- Barreras contra la intrusión marina.

DESVENTAJAS

El empleo de aguas regeneradas en el riego de cultivos en zonas costeras ha sido cuestionado al presentar algunas **desventajas** frente a las aguas subterráneas habituales, como son:

- La depuración necesaria para cumplir con el Real Decreto 1.620/2.007 es muy exigente, lo cual encarece el precio de salida del agua. No obstante, este aspecto es muy variable dependiendo de las características iniciales del agua y del coste del agua alternativa con la que se compara.
- Si la red de distribución simultanea el riego con otros usos del agua es necesario construir una red paralela.
- Las aguas regeneradas pueden degradar

químicamente el suelo tanto por su elevada concentración salina, como por su contenido de metales pesados disueltos. No obstante, esta presencia dependerá del origen del agua residual y, en concreto, en las zonas costeras andaluzas, dado el escaso desarrollo industrial, la presencia de metales pesados es despreciable. Por lo que respecta a la salinidad, estudios realizados por el IFAPA en Almería, demuestran su viabilidad en un cultivo especialmente sensible como es la judía verde (Segura et al., 2003).



Figura 3. Cultivo de judía regado con aguas regeneradas en ensayo desarrollado por el Centro IFAPA La Mojonera en su finca de La Cañada.

- Otro aspecto especialmente delicado es en qué medida pueden afectar las aguas regeneradas a la comercialización del producto agrario. En este sentido no hay que olvidar que las restricciones que aplica la legislación a estas aguas les confiere una mejor calidad que cualquier otra agua continental empleada en el riego, especialmente las de origen fluvial. No obstante, el esfuerzo en imagen que den todos los implicados será fundamental para evitar cualquier problema.



Figura 4. La calidad del agua regenerada es adecuada para su empleo en el regadío. Cortesía de José Antonio Pérez. Comunidad de Regantes Las 4 Vegas. Almería.

VENTAJAS

La reutilización planificada de las aguas residuales se plantea como la mejor salida medioambiental para las mismas. Independientemente de este factor, cuya importancia supone prácticamente una obligación para acometer la reutilización, en general se pueden citar las siguientes **ventajas**:

- Las aguas regeneradas son una nueva fuente de agua, que permiten aumentar los abastecimientos y paliar situaciones de déficit.

- En zonas con grandes variaciones temporales en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos, caso de la Cuenca Mediterránea, las aguas regeneradas suponen una fuente relativamente constante.
- Las actuales exigencias legales en cuanto a calidad de las aguas depuradas hace que el coste de la regeneración se haya abaratado en los países desarrollados.
- El coste energético de las aguas regeneradas es inferior si se compara con fuentes alternativas de agua como los trasvases a larga distancia o la desalación, lo cual implica una disminución de los aportes de CO₂ a la atmósfera (Mujeriego, 2.006). El coste del agua regenerada en la Comunidad de Regantes "Las Cuatro Vegas" de Almería es de 0.18 €, siendo el precio que paga el agricultor 0.24 €, similar al que se paga por las aguas subterráneas en la zona.
- En el caso de que la reutilización se produzca en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, si bien no redundaría en un aumento efectivo de los recursos hídricos, sí supone un ahorro de costes de depuración cuenca abajo.

Cuando se trata de reutilizar el agua para el riego de cultivos, además de las menciones anteriores se pueden apreciar **otras ventajas**, como son:

- En las zonas costeras, zonas donde cobra más sentido acometer la reutilización, la variación estacional a lo largo del año de la disponibilidad de aguas residuales coincide con los momentos de máxima necesidad de los cultivos.
- Estas aguas tienen un contenido residual de elementos nutritivos para las plantas, nitratos y fosfatos principalmente, que permiten un ahorro importante en los costes de fertilización de los cultivos cuando se hace uso de ellas (Segura et al., 2.006).
- En los países desarrollados el uso para riego ha pasado a ocupar el tercer lugar en las prioridades de satisfacción de demanda, detrás del suministro urbano y el uso ecológico, lo cual obliga a los usuarios de los regadíos a buscar nuevas fuentes que le garanticen los suministros en periodos de escasez (Pérez-Parra, 2.005).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mujeriego, R. 2006.** La reutilización planificada del agua para regadío. Aspectos conceptuales, técnicos, reglamentarios y de gestión. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Pérez-Parra, J. 2.005.** Depuración y reutilización de aguas residuales para riego. Curso superior de especialización. Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos hortícolas protegidos. Pág. 447-469. Edita Fundación para la Investigación Agrícola en la Provincia de Almería.
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE nº 294 de 8 de diciembre de 2007.
- Segura Pérez, M.L., Contreras París, J.I., Granados, M.R., Martín Expósito, E. 2.003.** Utilización de agua residual depurada en fertirrigación de cultivos hortícolas. Memorias del Primer Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal.
- Segura Pérez, M.L., Contreras París, J.I., Martín Expósito, E. 2.006.** Reutilización de aguas residuales urbanas para la horticultura. Revista Horticultura 196, pp. 16-19.

INFLUENCIA DEL CAOLÍN PARA EL CONTROL DEL ESTRÉS HÍDRICO EN OLIVAR

Nicolás Serrano Castillo (IFAPA) y Natividad Ruiz Baena (IFAPA)

INTRODUCCIÓN

El agua es el principal factor limitante de la producción en el olivar. En los últimos años han ocurrido una serie de circunstancias que han despertado un enorme interés por la puesta en riego del olivar en España y muy particularmente en Andalucía. A pesar de ello el olivar se sigue cultivando principalmente bajo condiciones de secano. De las 1.513.319 ha de superficie total de olivar, según el Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras en su avance de 2006, sólo 334.921 es olivar de regadío (CAP, 2006). El estrés hídrico en el olivar de secano y en condiciones de riego deficitario afecta negativamente, además de a la producción, a la caída de la aceituna y a las características organolépticas del aceite que se extrae de la misma. En los últimos años se ha considerado la aplicación de arcilla mineral (Caolín) calcinada y purificada en forma de polvo mojable, como un método paliativo del efecto negativo del estrés hídrico.

El caolín es una arcilla $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ registrada en Estados Unidos para el control de plagas como psylla del peral, trips, cicadélidos, curculiónidos y mosca blanca. Su uso también está autorizado en España, Italia, Grecia, Argentina, Nueva Zelanda y Austria para reducir el "golpe de sol" y el estrés térmico de los cultivos (de la Roca, 2003; Thomas et al., 2004). El uso de caolín en control de plagas en olivar ha dado resultados positivos en diversos ensayos, así, Phillips y de la Roca (2003) observaron un menor ataque de mosca y prays en olivos tratados con caolín, frente a olivos tratados con dimetoato y olivos no tratados en cuatro ensayos realizados en Málaga y Sevilla. Saour y Makee (2003 y 2004) constataron un mejor efecto protector del caolín, en comparación al dimetoato, contra mosca del olivo en Siria, efecto que tuvo una persistencia superior a las 14 semanas. También constataron ciertos efectos positivos sobre las características de las aceitunas cosechadas al final del ensayo. Finalmente, Caleca y Rizzo (2006), comparando dos formulados diferentes de caolín y el hidróxido de cobre, observaron una reducción significativa del porcentaje de aceitunas afectadas de mosca, durante dos años consecutivos, en olivares de Sicilia.

El caolín es considerado como un protector de amplio espectro que además de disminuir los daños de las plagas de insectos, puede actuar como protector de las quemaduras solares y del estrés hídrico (Romero et al., 2006). Cuando se aplica la suspensión de caolín sobre el olivo se forma una capa blanca al secarse (Foto 1 y 2). Según algunos autores, esta aplicación permite el intercambio gaseoso, tanto del vapor de agua como del dióxido de carbono y también permite que la luz solar penetre por la capa protectora, que refleja el calor del sol manteniendo al cultivo más frío y protegiéndolo del estrés hídrico.



Foto 1. Árbol tratado con caolín. Al fondo se observan árboles testigo no tratados.

OBJETIVOS

El objetivo de este ensayo es estudiar la aplicación foliar de caolín sobre el olivar en condiciones de secano y riego, y su posible efecto sobre el control del estrés térmico y el golpe de sol.

METODOLOGÍA

Este ensayo se desarrolló durante los años 2006, 2007 y 2008. Para ello se establecieron dos campos de ensayo sobre plantaciones adultas con buen estado vegetativo y un marco de 7x7m (204 árboles/ha) de la variedad 'Picual'. Una plantación se encontraba en condiciones de secano y estaba situada en la finca Los Alamillos en el término municipal de Porcuna (Jaén) y otra en riego (Finca La Mina) situada en el Centro IFAPA de Cabra (Córdoba) con aportaciones de 1.500 m³/ha. En ambos ensayos se establecieron dos tratamientos:

- T1. Testigo (sin tratar).
- T2. Aplicación foliar de caolín.

El producto comercial utilizado fue un formulado en polvo mojable de caolín (95%) a una concentración del 3% (30 gr. de producto comercial por litro de caldo). La aplicación se hizo mediante pulverización foliar, ajustándose el volumen de caldo gastado al tamaño de los árboles (aprox. 8 l/árbol), garantizando una correcta y total distribución del producto.

Se llevaron a cabo tres aplicaciones anuales, coincidiendo con los primeros días de los meses de Julio, Agosto y Septiembre. El diseño experimental fue en bloques al azar, con 5 repeticiones y parcela elemental de 4 árboles control.

Las variables medidas fueron las siguientes:

- **Contenido hídrico en hoja.** Cada 15 días sobre hoja sana totalmente expandida de brotes de crecimiento del año.
- **Humedad del suelo.** Durante del período de verano se toma muestra de suelo a 30 cm de profundidad y a una distancia de 1 m del tronco.

- **Volumen de copa.** Calculado a partir de las medidas de altura y diámetro de copa.
- **Crecimiento vegetativo.** Mediante la medida de longitud de brotes.
- **Cosecha.** Producción, tamaño de fruto, índice de madurez y rendimiento graso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el gráfico 1 se observa la evolución del contenido de humedad en hoja en el ensayo de secano durante los meses de verano hasta el inicio de las primeras lluvias. En el gráfico se observa que el contenido de humedad en hoja se reduce a lo largo del período estival de forma paralela en ambos tratamientos sin presentar diferencias significativas entre los mismos. Este resultado se ha mantenido durante los tres años de estudio. El mínimo se alcanza a finales de verano y vuelve a aumentar con el inicio de las primeras lluvias.

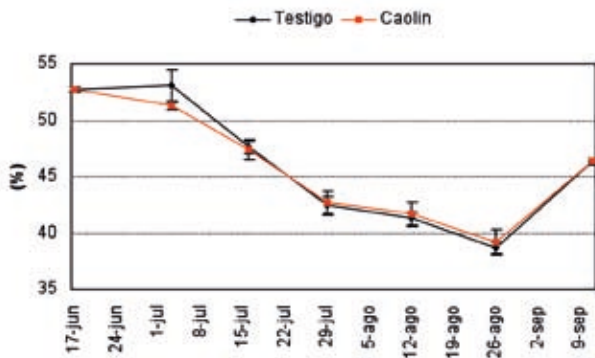


Gráfico 1. Porcentaje de humedad en hoja de ensayo situado en la finca Los Alamillos (Jaén, secano)

La Tabla 1 muestra los datos de producción en el ensayo de secano. Como se observa, no existen diferencias significativas en las diferentes determinaciones realizadas, como índice de madurez, producción de aceituna y aceite y contenido de materia grasa.

Tabla 1. Datos de producción y volúmenes de copa del ensayo situado en la finca Los Alamillos (Jaén, secano). G = contenido graso sobre materia fresca. G/MS = contenido graso sobre materia seca.

	Aceitunas (kg/ha)	Peso de fruto (g)	Índice de madurez	(G) %	(G)/MS (%)	Aceite (kg/ha)	Volumen de copa (m ² /ha)
Testigo	8.155 a*	2,55 a	2,75 a	21,78 a	45,11 a	1.764 a	8.327 a
Caolín	8.100 a	2,64 a	2,70 a	22,13 a	45,57 a	1.804 a	8.245 a

* Dentro de una misma columna los valores seguidos de letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,5$).

Respecto a la evolución del contenido de humedad en suelo, indicar que sigue un gráfico similar al contenido de humedad en hoja sin presentar diferencias significativas entre tratamientos, al igual que la medida de la longitud de brotes.

En el Gráfico 2 se observa la evolución del contenido de humedad en hoja en el ensayo de riego (Finca la Mina, Cabra) durante los meses de verano hasta el inicio de las primeras lluvias. Como se observa, la curva de evolución de ambos tratamientos es similar al

ensayo de secano aunque con valores relativos algo más elevados, pero sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos.

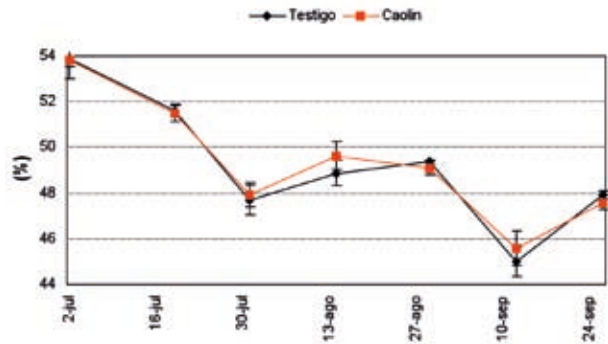


Gráfico 2. Porcentaje de humedad en hoja del ensayo situado en la finca La Mina (Córdoba, regadío).

La Tabla 2 muestra los datos de producción en el ensayo de riego. Como se puede observar no existen diferencias significativas en las diferentes determinaciones realizadas, como índice de madurez, producción de aceituna y aceite y contenido de materia grasa.

Tabla 2. Datos de producción y volúmenes de copa del ensayo situado en la finca La Mina de Cabra (Córdoba, regadío). G = contenido graso sobre materia fresca. G/MS = contenido graso sobre materia seca.

	Aceitunas (kg/ha)	Peso de fruto (g)	Índice de madurez	(G) %	(G)/MS (%)	Aceite (kg/ha)	Volumen de copa (m ² /ha)
Testigo	7.089 a*	3,01 a	3,47 a	28,53 a	51,99 a	2.031 a	9.540 a
Caolín	7.325 a	3,39 a	3,43 a	29,98 a	54,79 a	2.165 a	8.950 a

* Dentro de una misma columna los valores seguidos de letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,5$).



Foto 2. Detalle de la hoja y fruto tras la aplicación de Caolín.

CONCLUSIONES

En los tres años que ha durado este trabajo no se ha detectado ningún efecto de la aplicación foliar de caolín sobre los parámetros evaluados: contenido hídrico en hoja, humedad del suelo, producción, características del fruto y volúmenes de copa. Estos datos coinciden con los alcanzados por otros autores en condiciones agroclimáticas diferentes.

Al contrario de los efectos observados por este producto comercial para algunas plagas del olivo, se ha observado una mayor incidencia de algodoncillo del olivo "Euphyllura olivina" en los árboles tratados con caolín respecto al testigo, aunque este parámetro no se ha cuantificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consultar: sar.ifapa@juntadeandalucia.es

FERTIRRIGACIÓN CON RIEGO LOCALIZADO: UN SISTEMA EN EXPANSIÓN (SEGUNDA PARTE)

Juan Manuel Bohórquez (IFAPA)

CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN.

Las características que debemos conocer en relación con los fertilizantes para fertirrigación son las siguientes:

Elementos nutritivos que aporta y riqueza del abono

Estos datos son fundamentales para establecer un plan adecuado de fertirrigación, pudiendo elegir el abono más adecuado según la concentración del elemento nutritivo en cuestión. Las riquezas del fertilizante se expresan como porcentaje en peso (% p/p), incluso en abonos líquidos, de la siguiente forma:

Macronutrientes: % N (Nitrógeno), % P_2O_5 (Fósforo), % K_2O (Potasio), % CaO (Calcio), % MgO (Magnesio) y % SO_3 (Azufre).

Micronutrientes: % Fe (Hierro), % Mn (Manganeso), % Zn (Zinc), % Cu (Cobre), % B (Boro) y % Mo (Molibdeno).

Otra forma muy común de expresar la riqueza de un abono es mediante la **relación N-P-K**, expresada en tanto por ciento.

Unidades Fertilizantes

Las necesidades de elementos nutritivos de los cultivos se expresan en Unidades Fertilizantes. Una Unidad Fertilizante equivale a un kilogramo de elemento puro: N, P_2O_5 , K_2O , etc.

Asimilación por parte de la planta

Se debe conocer si el nutriente en cuestión lo asimila la planta fácilmente o sufre transformación previa.

Equilibrio del abono

Este equilibrio es la relación existente entre los elementos nutritivos que lo componen. Se trata de saber cuántas veces se está aportando un elemento más que otro. Este concepto es necesario puesto que según el estado de desarrollo de la planta la proporción de los elementos nutritivos debe variar. Basta con dividir las distintas concentraciones del abono por la cantidad más pequeña.

Solubilidad del fertilizante

Es la cantidad de fertilizante que se disuelve en un litro de agua a 20 °C. De forma general, al aumentar la temperatura del agua se puede disolver más cantidad de abono. La solubilidad hace alusión a los abonos sólidos. El fertilizante debe tener una adecuada solubilidad en el agua de riego a las temperaturas usuales de trabajo. En el caso de los abonos nitrogenados, al disolverlos, provocan enfriamiento del agua, por lo que su solubilidad puede verse afectada. Cuando se disuelven varios fertilizantes, los nitrogenados deben dejarse para el final, ya que el excesivo enfriamiento del agua dificultaría la dilución de otros fertilizantes, como el potasio. El ácido fosfórico, en cambio, provoca un calentamiento del agua al disolverlo. Los abonos

sólidos para la fertirrigación no son los mismos que para el abonado "en seco", ya que no tienen los mismos componentes, por lo que tiene que especificarse en sus etiquetas las expresiones "cristalino soluble" o "soluble para fertirrigación".

Aumento de la salinidad

La salinidad se mide por la Conductividad Eléctrica (CE) en milimhos por centímetro (mmho/cm) o deciSiemens por metro (dS/m). Es necesario saber cuánto aumenta la conductividad eléctrica al incorporar los fertilizantes en el agua de riego, para poder establecer la máxima cantidad permisible a disolver según el tipo de cultivo y fase de desarrollo del mismo. Es deseable que exista un bajo riesgo de salinización del agua de riego y del suelo.

Variación del pH

Cada elemento fertilizante puede variar el pH del agua de riego. Hay abonos que lo reducen (ácidos) y otros que lo elevan (básicos o alcalinos). Por ello es necesario conocer cómo reacciona cada uno de los fertilizantes empleados en fertirrigación, para poder corregir la posible variación de pH. Los abonos de reacción ácida, (al disolverlos en agua bajan el pH de la solución resultante), contribuyen a mejorar la absorción de los nutrientes por las raíces y a reducir el riesgo de obturación de goteros.

Compatibilidad química

Se habla de compatibilidad química con otros fertilizantes, en especial cuando se tengan que realizar mezclas en tanque a nivel de finca, y con el propio agua de riego. Como ejemplo típico, citar que los abonos que aportan calcio son incompatibles con los que aportan fosfatos y sulfatos.

Fitotoxicidad en el cultivo

No debe existir riesgo de posibles daños por toxicidad en el cultivo.

Capacidad de corrosión del fertilizante

Determinados fertilizantes pueden presentar acción corrosiva frente a algunos materiales metálicos utilizados en la instalación de riego, tales como filtros, agitadores de depósitos, etc.

Peligrosidad en su manejo

La utilización de algunos fertilizantes, principalmente el ácido nítrico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico, puede entrañar algún riesgo en su manipulación. Los accidentes más usuales son los causados por salpicaduras, provocando quemaduras más o menos graves en función de la zona afectada, aunque también se pueden producir vapores que pueden ser inhalados. Por ello, en su manipulación, se deben seguir las normas de uso recomendadas por los fabricantes y se deben emplear equipos de protección individual adecuados: gafas, mascarillas, pantallas, guantes, ropa, etc.

FERTILIZANTES MÁS UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN PARA APORTAR MACRONUTRIENTES

Los abonos se incorporan a la red de riego previa preparación de la solución nutritiva o solución madre. Esta solución se obtiene tras disolver los fertilizantes que contienen los distintos elementos en proporciones equilibradas, según las necesidades nutritivas de las plantas.

La solución nutritiva se puede obtener adquiriéndola directamente en forma de abono líquido con los elementos ya proporcionados y equilibrados, o bien preparándola a partir de abonos sólidos solubles.

Para algunos de los fertilizantes de uso habitual en fertirrigación, se presentan datos sobre sus características (Tabla 1), sobre su compatibilidad (Tabla 2) y, finalmente, sobre los principales criterios para evaluar su uso (Tabla 3).

Tabla 1. Características de algunos de los fertilizantes más utilizados en fertirrigación. Fuente: Pastor (2005).

Fertilizante	Riqueza (%) N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	Índice de sal (1)	Solubilidad (g/l) 20°C	Reacción	pH 0,5 g/l	Dosificación recomendada fertirriego
Nitrato amónico	34,5 - 0 - 0	105	1.850	ácida	5,6	1 g/l
Urea	46 - 0 - 0	75,4	1.200	ácida	5,7	1-2 g/l
Nitrato potásico	13 - 0 - 46	73,6	316	neutra	6,6	0,25 - 0,50 g/l
Nitrato cálcico	15 - 0 - 0	52,5	1.220	alcalina	6 - 7	1-2 g/l
Solución N-20	20 - 0 - 0	57,3	líquido	neutra	6,8	1 g/l
Solución N-32	32 - 0 - 0	70,1	líquido	neutra	6,6	1 g/l
Ácido nítrico	13 - 0 - 0	-	líquido	ácida	2 - 3	Variable
Ácido fosfórico 75%	0 - 52 - 0	-	líquido	ácida	2,8	0,25 - 0,50 g/l
Fosfato monoamónico	12 - 61 - 0	34	500	ácida	5	0,25 g/l
Sulfato potásico	0 - 0 - 50	46	110	ácida	6,6	0,25 - 0,50 g/l
Cloruro potásico	0 - 0 - 60	-	350	alcalina	7,5	0,25 - 0,50 g/l
Sulfato magnésico	19 MgO	2	500	ácida	6 - 7	0,4 g/l

(1) Representa el aumento de presión osmótica que produce el abono en la solución del suelo, si se compara con el producido por el nitrato sódico (índice de sal = 100).

Tabla 2. Compatibilidad de los fertilizantes en la preparación de las soluciones madres para fertirrigación. Fuente: Fernández et al., (1999) y Pastor (2005).

FERTILIZANTE	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Soluc. nitrogenada	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato	Ácido fosfórico	Sulfato potásico	Cloruro potásico
Nitrato amónico	--	C	X	X	I	X	X	X	C	C
Sulfato amónico	C	--	C	X	I	C	I	I	C	C
Soluc. nitrogenada	X	X	--	X	X	X	X	X	C	C
Urea	X	X	X	--	X	X	X	X	C	C
Nitrato cálcico	I	I	X	X	--	X	I	I	I	C
Nitrato potásico	C	C	C	X	C	--	C	C	C	C
Fosfato	X	I	X	X	I	C	--	C	C	C
Ácido fosfórico	X	I	X	X	I	C	C	--	C	C
Sulfato potásico	C	C	C	C	I	C	C	C	--	C
Cloruro potásico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	--

C = compatibles, se pueden mezclar;

X = se pueden mezclar en el momento de su empleo;

I = incompatibles, no se pueden mezclar porque forman precipitados insolubles en el tanque.

Tabla 3. Principales criterios para evaluar algunos de los fertilizantes de uso frecuente en fertirrigación. Fuente: Pastor (2005).

Características del fertilizante	Fertilizante					
	Urea	Solución N-32	Nitrato amónico	Nitrato potásico	Ácido fosfórico	Fosfato monoamónico
Solubilidad	3	3	3	2	3	2
Formación de precipitados	2	2	1	1	1	3
Posibilidad de mezcla	3	3	3	2	2	3
Corrosividad	1	2	2	1	3	2
Pérdidas por volatilidad	3	3	3	1	1	1
Daños a plantas	2	2	2	1	3	2

Evaluación: 1 = baja; 2 = intermedia; 3 = alta

Fertilizantes sólidos solubles

Riqueza de abonos sólidos más habituales en fertirriego:

Nitrato amónico (34,5% N)

Urea (46% N)

Nitrato potásico (13% N; 46% K₂O)

Nitrato cálcico (15,5% N; 27% CaO)

Nitrato de magnesio (11% N; 15,7% MgO)

Sulfato amónico (21% N; 58% SO₃)

Sulfato potásico (50-52% K₂O; 46,5-47,5% SO₃)

Fosfato monoamónico (12% N; 60% P₂O₅)

Fosfato monopotásico (51% P₂O₅; 34% K₂O)

Cloruro potásico (60% K₂O)

Fertilizantes líquidos

Es importante su comodidad de manejo y su densidad o que es el peso en gramos de un centímetro cúbico (= el peso en kilogramos de un litro = el peso en toneladas métricas de un metro cúbico) de la solución fertilizante. El conocimiento de la densidad es vital para realizar los cálculos de dosificación, ya que es necesario convertir la cantidad de abono necesario que se suele calcular en base a peso, a la cantidad de litros, que son más fáciles de medir en el momento de la aplicación en el campo.

A continuación, se citan algunos abonos líquidos simples de uso frecuente en fertirrigación, indicando su riqueza y densidad:

Solución nitrogenada N-20 (20% N; 1,26 g/cm³)

Solución nitrogenada N-32 (32% N; 1,32 g/cm³)

Ácido nítrico (13% N; 1,32 g/cm³)

Ácido fosfórico (Entre 40% y 50% P₂O₅; entre 1,40 y 1,43 g/cm³)

Además, en la actualidad es perfectamente factible adquirir abonos líquidos complejos con el equilibrio adecuado para el cultivo ya preparado en fábrica (fertilizantes "a la carta"), como por ejemplo: 4 - 8 - 2, 8 - 1 - 10, 0 - 20 - 10, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Consultar: sar.ifapa@juntadeandalucia.es

CUADERNO DE CAMPO DE RIEGO: UNA HERRAMIENTA PARA LA PROGRAMACIÓN

Benito Salvatierra Bellido (IFAPA)

INTRODUCCIÓN

Desde el Sistema de Asistencia al Regante (SAR) en el Centro IFAPA Los Palacios (Sevilla) se diseñó un cuaderno de campo de riego como una herramienta precisa para la programación de riego por el agricultor. La iniciativa partió de una demanda del propio sector, pero al mismo tiempo puede ser una herramienta muy útil para la transferencia en riego.

El motivo de la puesta en marcha de este proyecto surge por la necesidad de tener una herramienta de análisis de la información transmitida desde el SAR.



Figura 1. Cuaderno de campo de riego de dimensiones DIN A5

El objetivo fundamental era que respondiera básicamente a las siguientes cuestiones:

- Proporcionar información precisa de las necesidades de agua de su parcela.
- Conseguir que el regante decida cuándo regar adaptando el riego a otras tareas más prioritarias o turnos de oferta de agua.
- Proporcionar información técnica para una mejor eficiencia de riego.

Como ejemplo del diseño se muestran unas figuras de hojas del cuaderno para riego por aspersión. De similar formato serán para riego localizado y riego por surcos.

EN DISEÑO DE INSTALACIONES

En esta sección se aporta información técnica sobre el comportamiento de los materiales de riego además de criterios de diseño gracias a los cuales el agricultor puede rápidamente determinar fallos en su instalación. Esta información es de gran utilidad para abordar una programación previa. Para ello se aportan datos para el cálculo de pluviometría del sistema.

CÁLCULO DEL TIEMPO DE RIEGO EN RIEGO POR ASPERSIÓN

Pluviometría del sistema (mm/h): Caudal del aspersor (l/h) / Superficie del marco de aspersión

Momento del riego: Cuando se agote Almacén Útil del suelo o cuando llevemos acumulado 30 mm como mínimo.

Tiempo de riego (horas): Horas acumuladas de riego desde el último riego. Como valor máximo el valor del Almacén Útil del suelo. Como valor ideal entre 30 y 40 mm.

EJEMPLO:

• Tenemos un cultivo de remolacha con cobertura con **distancia entre aspersores de 12 m y distancia entre ramales 15 m.**

• El caudal del aspersor es de 1200 l/h.

Calculamos la pluviometría de nuestro sistema de riego en l/m² y h ó lo que es lo mismo en mm/h: 1200 / (12 X 15) = **6,6 l/m² y h**

Momento del Riego:

Horas acumuladas de Déficit + **Recomendación en horas** >= Almacén Útil

0

Antes, en cobertura se suele trabajar cuando: Horas acumuladas de Déficit + **Recomendación en horas** >= **35 mm**

Tiempo de riego:

Horas acumuladas de Déficit + **Recomendación en horas** / **Pluviometría del sistema**

0

35 mm / **Pluviometría del sistema**

35 mm / 6,6 = **5,3 horas**

TABLA 2. DATO ORIENTATIVO SOBRE EL NÚMERO MÁXIMO DE ASPERSORES QUE ADMITE UN RAMAL DE RIEGO EN FUNCIÓN DE SU DIÁMETRO Y DEL CAUDAL DE CADA ASPERSOR. DATOS VÁLIDOS EN RAMALES SIN PENDIENTE.

Tipo de aspersor y diámetro de las boquillas	Caudal en litros/hora a una presión de 3,5 bar	Distancia entre aspersores (m)	NÚMERO MÁXIMO DE ASPERSORES POR RAMAL SIN PENDIENTE						
			ALUMINIO		POLIETILENO		PVC		
			2"	3"	32	40	50	50	63
5/32	1125	12	12	26	-	-	11	13	20
1/8 + 3/32	1140	12	12	26	-	-	11	13	20
9/64 + 3/32	1330	12	11	24	-	-	10	12	18
5/32 + 3/32	1530	12	10	21	-	-	9	11	16
		15	9	20	-	-	9	10	15
11/64 + 3/32	1790	12	9	19	-	-	8	10	15
		15	8	18	-	-	8	9	13
		18	8	17	-	-	7	8	12
3/16 + 3/32	2040	15	8	16	-	-	7	8	13
		18	7	15	-	-	7	8	12
NAAN 5022 con boquilla AMARILLA	458	10	-	-	9	14	21	-	-
		12	-	-	8	12	18	-	-
SOMLO 22C con boquilla de 2'35 mm	560	10	-	-	8	12	19	-	-
		12	-	-	8	11	18	-	-
ROTATOR 2000 con boquilla MARRÓN	570	10	-	-	8	12	19	-	-
		12	-	-	8	11	18	-	-

Las pérdidas de presión se han calculado usando las fórmulas empíricas existentes para cada tipo de material, con la condición de que la pérdida de presión entre el primer y el último aspersor no sea superior al 20%.

Caudales de las boquillas simples sin vaina prolongadora de chorro de aspersores de impacto o martillo de alto caudal.

PRE-SION	BOQUILLA 1/8"	BOQUILLA 9/64"	BOQUILLA 5/32"	BOQUILLA 11/64"	BOQUILLA 3/16"	BOQUILLA 13/64"	BOQUILLA 7/32"
MCA	L/H R(m)	L/H R(m)	L/H R(m)	L/H R(m)	L/H R(m)	L/H R(m)	L/H R(m)
17,6	511 11,9	654 12,3	799 13,0	963 13,4	1136 13,9	1340 14,3	1556 14,8
21,1	561 12,3	715 13,0	874 13,6	1054 14,0	1249 14,5	1476 14,9	1715 15,4
24,6	609 12,6	772 13,3	945 14,0	1140 14,5	1354 14,9	1601 15,4	1862 15,8
28,1	652 12,8	827 13,6	1011 14,3	1220 14,8	1449 15,2	1715 15,7	1999 16,2
31,6	693 13,0	877 13,7	1072 14,5	1295 15,1	1540 15,5	1817 16,0	2124 16,5
35,2	731 13,1	924 13,9	1131 14,6	1365 15,2	1626 15,8	1919 16,3	2248 16,8
38,7	768 13,3	970 14,0	1186 14,8	1431 15,4	1708 16,0	2010 16,6	2362 17,1
42,2	802 13,4	1013 14,2	1238 14,9	1492 15,5	1783 16,2	2101 16,8	2442 17,2
45,7	836 13,6	1056 14,3	1290 15,1	1551 15,7	1858 16,3	2180 16,9	2521 17,4
49,2	868 13,7	1097 14,5	1340 15,2	1610 15,8	1931 16,5	2260 17,1	2599 17,5
52,7	899 13,9	1136 14,6	1388 15,4	1667 16,0	1999 16,6	2328 17,2	2657 17,7
56,2	929 14,0	1174 14,8	1431 15,5	1722 16,2	2065 16,8	2385 17,4	2725 17,8

Figura 2. Páginas del cuaderno, correspondientes a datos técnicos de diseño.

EN PROGRAMACIÓN DE RIEGOS

Esta sección la utiliza el agricultor para disponer de las variables necesarias para acumular el Déficit de Agua en el Suelo y para conocer en todo momento el valor de Agua Útil de su parcela y de su cultivo de una manera sencilla y simple. Esto le permitirá decidir el mejor momento de riego en función de criterios de calendario diversos (imposibilidad de ir a la finca, tratamientos culturales simultáneos, etc) y aplicar el tiempo de riego adecuado.

CONTABILIDAD DE RIEGOS			
Finca			
Tipo de suelo		Superficie (ha)	
Cultivo y variedad		Fecha de siembra o plantación	
Marco de plantación (m x m)		Diámetro de copa	
Sistema de riego			
Emisor	marca		Modelo y boquilla
Caudal (l/h)		Marco del emisor (m x m)	
Uniformidad de Distribución %		Pluviometría del sistema (mm/h)	
Fecha de Recolección		Producción (Kg/ha)	
OBSERVACIONES			

Fecha	Almacén Útil	Lluvia Efectiva (Lluvia - 0.7)	Recomendación	Riego Pendiente (Recomendación-Lluvia)	Riego Aplicado (Riego ptePluviometría)	Observaciones
	mm.	mm.	mm.	mm.	horas	
lunes 02/03/2009						
martes 03/03/2009						
miércoles 04/03/2009						
jueves 05/03/2009						
viernes 06/03/2009						
sábado 07/03/2009						
domingo 08/03/2009						
lunes 09/03/2009						
martes 10/03/2009						
miércoles 11/03/2009						
jueves 12/03/2009						
viernes 13/03/2009						
sábado 14/03/2009						
domingo 15/03/2009						

Figura 3. Páginas del cuaderno correspondiente a la programación de riego de una de las fincas del agricultor.

EN EVALUACIÓN DE INSTALACIONES

Finalmente se le ofrece al agricultor formularios de campo para recoger la información en caso de que tenga que realizar una evaluación de su sistema de riego. De esta manera, facilitará la labor a su técnico de referencia para obtener los resultados de la evaluación, es decir, de la salud de su instalación.

DATOS DE EVALUACIÓN DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Parcela n° _____

Presión mínima en ramal más desfavorable: (corresponde al aspersor n°)

Presión máxima en ramal más desfavorable: (corresponde al aspersor n°)

	Ramal	Situación de los aspersores en los ramales			
		1°	2°	3°	4°
Presión inicial (bar)	Dcho. Izdo.				
Presión final (bar)	Dcho. Izdo.				
Volumen recogido (l)	Dcho. Izdo.				
Tiempo de llenado (s)	Dcho. Izdo.				
Caudal (l/h)	Dcho. Izdo.				

Condiciones de viento

	Velocidad (km/h)	Dirección del viento respecto al ramal
Al inicio		
Durante		
Al final de la prueba		

Figura 4. Páginas del cuaderno correspondientes a la introducción de datos de la evaluación de una de las fincas del agricultor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El cuaderno de campo se ha elaborado como herramienta para facilitar la programación en la mayoría de las casuísticas de riego: Riego con turnos o a la demanda; riego por aspersión, goteo o por surcos; o cultivos leñosos o herbáceos, etc. Dicha polivalencia

reside en caracterizar previamente el cultivo y el sistema de riego.

Para una buena programación hemos de tener en cuenta algunos criterios generales:

- No dejar en ningún momento el seguimiento visual del cultivo.
- El comienzo de la programación de riego se hará después de un periodo de lluvia o riego abundante.
- El inicio de la programación será un día después para suelos ligeros y hasta tres días después para suelo arcillosos.
- Contabilizar la lluvia en valores efectivos (generalmente son los valores medidos reducidos en un 70 %) preferiblemente de un pluviómetro colocado en la parcela, o de los datos de las estaciones del Sistema de Asistencia al Regante (SAR) del IFAPA: www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/sar
- Tener en cuenta las necesidades del cultivo obtenidas semanalmente preferiblemente por un Servicio Local de Asesoramiento o en su defecto de la página web del SAR.
- Tener en cuenta el almacén de agua aprovechable por la planta cada día del ciclo, "Almacén Útil" sobre todo en riego por aspersión y riego por surcos. El dato ha de obtenerse semanalmente preferiblemente por un Servicio Local de Asesoramiento o en su defecto de la página web del SAR.

Por tanto, además de las ventajas ofrecidas para el regante, el cuaderno da la posibilidad de recoger la información utilizada durante toda la campaña de riegos. De esta forma se podría:

- Si seguimos una explotación en producción integrada, obtener información válida y veraz de cara a las necesidades de los técnicos para el seguimiento del riego y para poder informar sobre el manejo del mismo en las pertinentes parcelas.
- Utilizar esa información para hacer un estudio del manejo de riego realizado en una determinada comarca. Para el caso del SAR le aportaría una información certera sobre la validez de las recomendaciones de riego:
 - * La productividad del agua de riego.
 - * La efectividad de las recomendaciones suministradas por el SAR.
 - * La influencia de distintos hábitos tradicionales de estrés sobre el cultivo, etc.
 - * Los periodos críticos de aporte de agua al cultivo.
 - * Los materiales de riego más utilizados.

- Como herramienta de apoyo en cualquier acción de transferencia en riego para cualquier área regable. Ya que atendería a un ejercicio práctico, real, e integral de todos los aspectos que debe manejar un agricultor y un técnico (programación de riego, evaluación y diseño).

Los resultados obtenidos en los seminarios de Eficiencia del Agua en este Centro han sido importantísimos, ya que los alumnos han obtenido altas producciones con consumos de agua moderados.

RIEGO DEFICITARIO: EL CASO DE LOS CÍTRICOS EN ANDALUCÍA

Franco Castillo-Llanque (IFAPA)

INTRODUCCIÓN

La falta de agua en el suelo provoca una reducción de la actividad de la planta, lo que afecta negativamente a su producción. Evitar que la actividad fotosintética de la planta se detenga, y conseguir así el máximo nivel de producción, es el objetivo primordial del riego. Ahora bien, ¿cómo actúa el agua de riego en el cultivo?. En primer lugar, hay que decir que el ambiente que rodea al cultivo demanda agua tanto al cultivo como al suelo que lo sostiene, proceso que en conjunto se denomina evapotranspiración (ET). Por otro lado, no toda el agua aplicada está destinada a satisfacer la demanda evaporativa del ambiente, sino también a compensar las posibles pérdidas de agua producidas por las condiciones en la que el cultivo se desarrolla, como la pendiente del terreno, tipo y profundidad del suelo, concentración de sales, sistema de riego, etc. En resumen, para que un cultivo esté a su plena capacidad productiva se debe procurar que su transpiración sea la máxima y que la evaporación desde el suelo, así como las pérdidas de agua debidas a otros factores, sean satisfechas durante todo el ciclo del cultivo.

En zonas en las que el agua es cada vez más escasa, el mantenimiento de un cultivo en máxima tasa de transpiración tiene cada vez más detractores dentro de la sociedad. Además, la presión de otros sectores como los destinados al consumo humano, industrial y de recreo, obligan cada vez más a la administración reguladora a reducir las dotaciones de agua para el riego. La mejora de los sistemas de riego y de un mejor manejo de los recursos ha ayudado a mejorar la imagen de los regantes respecto al uso del agua. Sin embargo, dichas mejoras no atacan el problema de fondo que es la reducción de la ET sin que la producción se vea afectada. Bajo este panorama solo cabe reducir las superficies destinadas a riego o reducir la tasa de riego en los cultivos actualmente existentes.

La primera alternativa no parece ser la más adecuada (por todo lo que ello conllevaría), por lo que sólo queda someter al cultivo a un déficit de riego (DR), es decir, aplicar agua de riego por debajo de sus necesidades máximas de ET. Esta práctica está más extendida en cultivos leñosos, especialmente frutales, ya que en ellos el rendimiento económico está relacionado con la calidad de la producción y no tanto con la producción de biomasa, como sí lo es en algunos cultivos anuales (Feres y Soriano, 2007). Por otro lado, los procesos encargados de la producción en muchos frutales no son sensibles a la carencia de agua en algún determinado estado fenológico, por lo que la reducción del riego no supone una pérdida importante en la producción, tal como han demostrado diversos estudios en almendro (Goldhamer y col. 2006), olivo (Moriani y col. 2003), melocotón (Girona y col. 2005) y cítricos (González-Altozano y col. 1999).

Tras toda la información previa, un agricultor se plantea

las siguientes preguntas ¿qué cantidad de agua de riego, por debajo de sus necesidades máximas, puede suprimirse a un cultivo antes de observar pérdidas considerables en su producción? ¿en qué momento debe aplicarse el déficit de riego, durante todo el ciclo del cultivo o en un determinado estado fenológico? y ¿qué efectos puede tener el RD sobre la producción y desarrollo del cultivo?. Para responder a estas preguntas vamos a analizar los resultados que han observado diversos investigadores, centrándonos en este caso en los cítricos, dado su importancia como cultivo leñoso en Andalucía.

Para responder a la primera pregunta es necesario determinar las necesidades de agua o la evapotranspiración de un cultivo (ET_c). Castillo-Llanque (2008) ha determinado la ET_c de los cítricos para diferentes edades y marcos de plantación en las diversas zonas de Andalucía. Dicha ET_c se ha estimado por medio de la expresión $ET_c = ET_o \times Kc$, donde la evapotranspiración de referencia (ET_o) fue determinada por la ecuación de Penman-Monteith (Allen y col., 1998), y el coeficiente de cultivo (Kc) con la ecuación propuesta por Castel (2001). Así, la ET_c de una plantación de 2 años rondaría los 200 a 250 mm/año, y una de 10 años los 600 a 800 mm/año. Dependiendo de las características del cultivo las lluvias pueden cubrir hasta un 40% de la ET_c , siendo necesario el aporte del riego para satisfacer la demanda de agua. Entonces, ¿cuánta agua podemos ahorrar?. Los diversos estudios indican que la aplicación de agua de riego en un 30% menos de la ET_c máxima no supone ninguna pérdida considerable respecto a un campo mantenido al 100% de ET_c .

Ahora bien, los investigadores coinciden en que más importante que la cantidad de agua en ahorro es saber determinar el momento oportuno en el que debe aplicarse el riego deficitario. Esto se basa en que la supresión de agua en un determinado estado fenológico de la planta tiene distintas consecuencias. Ginestar y Castel (1996) indican que un RD en floración, cuajado y crecimiento inicial del fruto afecta principalmente al número de frutos ya que provoca una caída elevada de éstos, mientras que el RD durante la maduración reduce el tamaño del fruto. Tras dos años de estudio en la zona de Valencia, González-Altozano y Castel (1999), determinaron grandes diferencias en la producción según el estado fenológico en que se aplicaron los tratamientos de RD (Tabla 1). Sus conclusiones indican que el periodo menos aconsejable para ahorrar agua es la primavera, en el que el RD incrementa la caída de frutos pequeños, reduciendo así la cosecha en un 63% (50% ET_c) y 28% (25% ET_c) respecto al control. El RD al final del verano e inicios de otoño redujo significativamente el tamaño de los frutos. En verano, durante la fase del crecimiento rápido e inicial del fruto, sería el periodo más recomendado para la aplicación del RD en Clementina de Nules, pudiendo ahorrarse entre un 13% y 8% de agua sin afectar a la producción ni al tamaño del fruto. Esto se debería a que los frutos

de Clementina de Nules, como otros cítricos, pueden crecer rápidamente cuando se restablece el riego sin limitación tras periodos de estrés moderados.

Tabla 1. Efectos sobre la producción y calidad del fruto de distintos tratamientos de riego deficitario en Clementina de Nules (González-Altozano y Castel 1999).

PARÁMETRO EN ESTUDIO	TRATAMIENTOS DE RIEGO (% DE AGUA DE RIEGO RESPECTO A ET _c)							
	Control 125%	Floración y cuajado (Primavera)		Crecimiento inicial del fruto		Crecimiento final y maduración fruto		50% todo el año
		25%	50%	25%	50%	25%	50%	
Riego (m ³ /ha)	3840	2750	3090	3350	3540	2670	2880	1700
Ahorro de agua (%)	0	28	20	13	8	30	25	56
Producción (kg/árbol)	55	20	39	50	57	42	47	45
Producción relativa (%)	100	37	72	92	105	77	87	83
Peso medio fruto (g)	103	102	103	92	99	77	92	94
Azúcares (°Brix)	11,3	10,6	11,0	11,4	11,0	14,2	13,1	12,5

En Andalucía, García-Tejero y col (2007 y 2008) también han estudiado los efectos de restricciones controladas de riego en naranjo dulce instalados en Sevilla y Córdoba. Sus resultados coinciden con los observados en Valencia, en el que un ahorro de agua del 30% no provoca una reducción considerable de la cosecha respecto una plantación mantenida al 100% de ET_c. Estos investigadores proponen, aplicar RD en los distintos estados fenológicos del naranjo, sosteniendo que llegado de caso de restricciones éstas tendrían que hacerse en primavera y otoño, a fin de aprovechar las lluvias de estos periodos típicas en la cuenca del Guadalquivir.

La Tabla 2 muestra los tratamientos aplicados por García-Tejero y col. (2008), destacando el caso D con un ahorro del 31% de agua y una reducción de cosecha inferior al 2%. La reducción del riego, hasta un 50% en floración y 75% en las fases de crecimiento inicial y maduración (caso B), también consigue una producción satisfactoria. Ambos tratamientos, sin embargo, sólo podrían aplicarse en años normales de precipitación, de lo contrario el RD debe aplicarse principalmente durante el crecimiento inicial del fruto.

Tabla 2. Aplicación de diferentes niveles de riego deficitario en distintos estados fenológicos del naranjo dulce y sus efectos en el ahorro de agua y producción (García-Tejero y col. 2008).

CASO	APORTES DE AGUA RESPECTO A ET _c (%)			AHORRO DE AGUA (%)	PRODUCCIÓN (tm/ha)	DISMINUCIÓN DE COSECHA (%)
	Floración y Cuajado	Crecimiento inicial de fruto	Crecimiento final y maduración			
A	75	50	50	42	41,7	18,7
B	50	75	75	33	48,3	5,9
C	50	50	75	44	46	10,3
D	75	75	50	31	50,5	1,5
E	100	100	100	0	51,3	0

La calidad del fruto también se ve afectada por el momento en el que se aplica el RD. Así, recortes de agua durante el periodo de maduración suponen un incremento en el contenido de azúcar, acidez y espesor de la piel del fruto (Ginestar y Castel, 1996). Esta misma tendencia también es observada por García-Tejero y col. (2008), que indican además que el contenido de azúcar también incrementa cuando el ahorro de agua es superior al 40%, con independencia del momento de aplicación del RD.

A la vista de los resultados es evidente que el riego deficitario se muestra como una alternativa a posibles restricciones de riego. Es conveniente recordar que el grado de RD, así como su momento de aplicación, son importantes para evitar reducciones significativas de cosecha y calidad de la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consultar: sar.ifapa@juntadeandalucia.es

SUSCRIPCIÓN GRATUITA BOLETÍN DIGITAL

Si desea recibir nuestro boletín, de forma gratuita y sin esperas, suscríbese enviando un correo electrónico a la dirección sar.ifapa@juntadeandalucia.es con el tema Suscripción Boletín Digital y la siguiente información:

DATOS A ENVIAR

Nombre
Primer Apellido Segundo Apellido
Correo Electrónico
Provincia Teléfono (opcional)

Actividad

Señale con una X la actividad que desempeñe

- Agricultor/a Otras (especifique cual)
 Técnico/a Otra Actividad

Edición y Dirección: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

DIRECCIÓN DE CONTACTO

Sistema de Asistencia al Regante de Andalucía (SAR): sar.ifapa@juntadeandalucia.es
www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/sar

Dep. Legal: CO-673/06
ISSN edición impresa: 1886-3884
ISSN edición digital: 1886-3906