

BOLETÍN TRIMESTRAL DE INFORMACIÓN AL REGANTE

Nº 27, Julio-Septiembre 2014

Sistema de Asistencia al Regante (SAR)



1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes
2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego
3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero
4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Boletín Trimestral de Información al Regante nº 27 (Julio-Septiembre 2014). / [Baeza, R.; Bohórquez, J.M.; Contreras, J.I.; Ruiz, N.; Salvatierra, B.]. - Córdoba. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2014. 1-31 p. Formato digital (e-book) - (Producción Ecológica y Recursos Naturales). D.L: CO-673/06. ISSN edición digital: 1886-3906.

Riego por aspersión - Optimización del riego - Fertilización con restos vegetales - Riego de vid



Este documento está bajo Licencia Creative Commons.
Reconocimiento-No comercial-Sin obra derivada.
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

Boletín Trimestral de Información al Regante

© Edita JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Córdoba, Julio de 2014.

Contacto:

sar.ifapa@juntadeandalucia.es

Autoría:

Rafael Baeza Cano ¹
Juan Manuel Bohórquez Caro ³
Juana Isabel Contreras París ¹
Natividad Ruiz Baena ³
Benito Salvatierra Bellido ²

Edición y diseño:

Juan Manuel Bohórquez Caro ³

¹ IFAPA, Centro de La Mojonera

² IFAPA, Centro de Chipiona

³ IFAPA, Centro Alameda del Obispo

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes

Natividad Ruiz Baena
IFAPA

INTRODUCCIÓN

Un sistema de riego por aspersión implica una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. Tanto los sistemas de aspersión como los de goteo utilizan dispositivos de emisión o descarga en los que la presión disponible en el ramal induce un caudal de salida. La diferencia entre ambos métodos radica en la magnitud de la presión y en la geometría del emisor.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ASPERSIÓN

Se pueden clasificar en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema, ya que esto facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarios. Con carácter previo podemos hablar de sistemas convencionales (estacionarios) y no convencionales (sistemas automecanizados y de desplazamiento continuo), atendiendo a la disposición que adoptan en el campo y la utilización o no de maquinaria adicional. Siguiendo este criterio se tendrá la clasificación que se presenta en la Figura 1.

Los sistemas fijos consisten en un equipo de tuberías y aspersores que cubren completamente el área de riego y no precisan transporte durante la campaña de riegos. Pueden ser permanentes (Figura 2), si la red de distribución está enterrada y todo el equipo está en la parcela de riego en todo momento. Son de utilización preferente en instalaciones deportivas, jardinería, viveros, cultivos ornamentales, y en menor medida en cultivos extensivos de regadío, aunque son muchos ya los agricultores que optan por este tipo de aspersión. Los sistemas fijos temporales

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes



Figura 1. Clasificación de los principales sistemas de riego por aspersión.

hay que montarlos al principio de la campaña de riego y retirarlos al final de la misma, lo que implica que los ramales y sus tuberías de alimentación tengan que estar en superficie, pudiendo ser de aluminio o de PVC.

Los sistemas semifijos suelen tener fija la estación de bombeo y la red de tuberías principales, que va enterrada, de la que derivan los hidrantes donde se conectan las tuberías de alimentación y los ramales de riego, que son móviles. Estos ramales de riego pueden llevar acoplados

directamente los aspersores o bien ir dotados de mangueras que desplazan cada uno de los aspersores (sobre 'patines') a una determinada distancia del ramal (30 a 45 m). Esto permite realizar varias posturas sin necesidad de cambiar la tubería de sitio. En los de tubería fija, sólo se cambian los tubos portaaspersores y los aspersores.



Figura 2. Sistemas de aspersión fijo permanente (cobertura total enterrada).

El proceso de transporte admite diferentes grados de mecanización desde el completamente manual hasta los mecanizados. En última instancia se pueden transportar solamente los aspersores de una parcela a otra y en ese

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes

caso se tendría un sistema de cobertura total.

En los sistemas móviles, la totalidad de la red de distribución se puede desplazar de una posición a otra, incluso puede darse el caso de ser móvil el grupo de elevación, generalmente accionado por el motor de un tractor. En estos casos reviste especial importancia la resistencia mecánica de los materiales empleados.

Dentro de los sistemas no convencionales, también llamados sistemas automecánicos de desplazamiento continuo, podemos distinguir los sistemas pivotantes (Figura 3), que consisten en una tubería sustentada por una serie de torres autopropulsadas que describen un movimiento circular alrededor de un hidrante central fijo. El sistema se autorregula para mantener la alimentación y la velocidad angular en las condiciones prefijadas.

En los sistemas de desplazamiento lateral (Figura 4) las torres autopropulsadas describen un movimiento rectilíneo y puede cubrir una parcela cuadrada o rectangular desde un extremo al otro. En este caso es frecuente que el suministro de agua se realice desde un canal o tubería flexible y se eleve mediante un grupo accionado desde un tractor.

En el mercado podemos encontrar una gran cantidad de

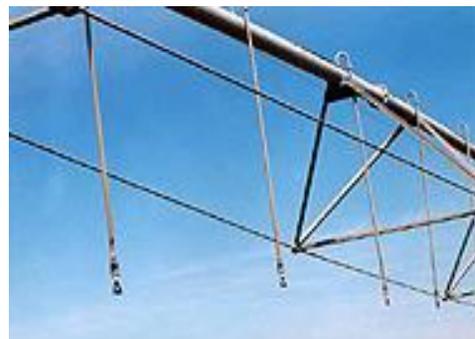


Figura 3. Sistemas de aspersión mediante pivot.

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes



Figura 4. Sistemas de aspersión con laterales de avance frontal.

máquinas regadoras, más o menos automatizadas, entre las que cabe destacar los bastidores con tuberías de aspersión y los caños autopulsados.

CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA

Para la elección del sistema hay que tener en cuenta los condicionamientos relativos a:

- Cultivo
- Suelo
- Forma, dimensiones y topografía de la parcela
- Disponibilidades de mano de obra
- Análisis económico de la inversión

La tendencia actual es hacia los sistemas de baja presión, que permitan el riego nocturno (menos evaporación, viento y coste energético) y sean de fácil manejo y automatización. El adecuado diseño de los emisores juega un papel fundamental, debiendo tender a que tengan el máximo alcance y un tamaño de gota medio (entre 1,5 y 4 mm), lo que reduce la distorsión originada por el viento (y su efecto sobre la uniformidad de aplicación de agua) y las pérdidas por evaporación y arrastre por el viento.

En parcelas pequeñas o de forma irregular se adaptan

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes

mejor los sistemas fijos que los de ramales móviles. Los que son permanentes necesitan de menos mano de obra que los temporales y permiten el paso de maquinaria con el cultivo implantado, aunque requieren mayor cuidado en las labores de preparación del suelo, recolección, etc., para no dañar los tubos portaspersores.

Los sistemas semifijos de tubería móvil se están usando cada vez menos, porque requieren más mano de obra, son más incómodos de manejo y no son útiles para cultivos de porte alto (por ejemplo el maíz), a pesar de ser los que requieren menor inversión.

Los laterales de avance frontal son muy adecuados para parcelas rectangulares de gran longitud, consiguiendo una alta uniformidad de riego con baja presión, pero requieren mayor inversión que los pivotes y tienen un manejo más complicado. Una variante que parece muy interesante son los laterales de tamaño medio (inferiores a 300 - 350 m) que pueden regar con movimiento frontal o en círculo, teniendo la ventaja de su gran movilidad y adecuación a parcelas con forma más o menos irregular. En este caso, puesto que ambas situaciones funcionan con diferente carta de emisores, se necesitan válvulas hidráulicas en la base de aquellos emisores no comunes a ambas

disposiciones, que entran en funcionamiento únicamente en el momento adecuado comandados por un circuito hidráulico.

Los cañones de riego móviles (enrolladores y cañones viajeros) requieren una elevada presión de trabajo, tienen un gran tamaño de gota, se ven muy afectados por las condiciones de viento, están contraindicados en cultivos delicados y en suelos con baja velocidad de infiltración y débil estructura. Únicamente se recomiendan para riegos de socorro, riego de praderas, etc. Aún así, se van abriendo camino, sobre todo los de tamaño medio, al conseguir trabajar en buenas condiciones de uniformidad a presiones entre 2,5 y 4 bar, con alcances de 20 a 30 m.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Las ventajas derivan de dos aspectos importantes: por un lado, el control del riego sólo está limitado por las condiciones atmosféricas (pérdidas por evaporación y arrastre, y el efecto del viento sobre la uniformidad) y, por otro, la uniformidad de aplicación es independiente de las características hidrofísicas del suelo.

Conviene puntualizar que las ventajas o desventajas no son tales mientras no se demuestre que la relación

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes

beneficio-coste del proyecto de aspersión sea superior o inferior a la obtenida con otras alternativas.

Dicho esto, algunas de las **ventajas** que presenta este sistema de riego se enumeran a continuación:

- ✓ La dosis de riego es función del tiempo de cada postura, por lo que se puede adaptar a cualquier necesidad.
- ✓ Al poder modificarse fácilmente la pluviometría del sistema, se puede adaptar a cualquier suelo, con independencia de su permeabilidad.
- ✓ Permite una buena mecanización de los cultivos, salvo los sistemas fijos temporales.
- ✓ Se adapta a la rotación de cultivos (la instalación se dimensiona para el más exigente) y a los riegos de socorro.
- ✓ No necesita de nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas.
- ✓ Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, lo cual es importante en nascencia para ahorrar agua.
- ✓ Pueden conseguirse altos grados de automatización (más inversión, menos mano de obra).
- ✓ En algunas modalidades permite el reparto de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios, así como la lucha contra heladas.

- ✓ Evita la construcción de acequias y canales, con lo que se aumenta la superficie útil respecto a los riegos por superficie.
- ✓ Es el método más eficaz para el lavado de sales, con el inconveniente de que la energía empleada en la aplicación encarece la operación.
- ✓ Los sistemas móviles o semifijos requieren menos inversión, aunque a costa de una menor uniformidad y eficiencia de riego.

Por último, se pueden citar algunos **inconvenientes** que también presenta este sistema de riego y que hay que tener en cuenta:

- ❖ El posible efecto de la aspersión sobre plagas y enfermedades.
- ❖ Efectos de la salinidad en el cultivo.
- ❖ Interferencia sobre los tratamientos por el lavado de los productos, es necesario establecer una correcta programación de riegos.
- ❖ Mala uniformidad en el reparto de agua por la acción de fuertes vientos.
- ❖ Altas inversiones iniciales y elevados costes de funcionamiento y energía.

1. Los sistemas de riego por aspersión. Criterios para la elección del sistema. Ventajas e inconvenientes

BIBLIOGRAFÍA

Franco, A., Pérez, L. 2008. Riego por aspersión. Open Course Ware. Universidad de Sevilla. <http://ocwus.us.es>

Tarjuelo, J.M. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Pp: 581.

IFAPA, Consejería de Agricultura y Pesca. 2010. Manual de riego para agricultores. Módulo 3. Riego por aspersión. Pp: 116.

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

Benito Salvatierra Bellido
IFAPA

Luis Andreu Cáceres
Universidad de Sevilla

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad productiva que puede suponer un importante consumo de agua. La demanda creciente de agua por parte de otros sectores productivos, junto con la necesidad de aumentar la producción de fibra y alimentos para la creciente población mundial, hacen necesaria una urgente optimización sostenible para usar la limitada cantidad de agua disponible. Esto puede conseguirse mediante una mayor eficiencia en el uso del agua y un aumento de su productividad.

La mejora en el diseño de los sistemas de riego, una adecuada distribución del agua entre los diferentes cultivos y una buena programación del riego pueden contribuir a esta optimización sostenible del riego.

El Sistema de Asistencia al Regante puede asesorar a los agricultores en esta compleja labor, en la que han de tenerse en cuenta distintos factores, como son: condiciones meteorológicas, tipo de suelo, condiciones de manejo, cultivos, disponibilidad y calidad del agua, etc. Esta complejidad hace que el establecimiento de las recomendaciones de riego basándose únicamente en la investigación de campo pueda resultar difícil y consuma una gran cantidad de tiempo y esfuerzo.

Los modelos que simulan los efectos del estrés hídrico en los cultivos pueden ser una importante herramienta para la optimización del riego. Estos modelos pueden ser usados para optimizar la asignación de agua entre diferentes cultivos y/o a lo largo de la campaña.

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

Uno de estos modelos es Aquacrop, que ha sido desarrollado por el Departamento de Suelo y Agua de la FAO con el objetivo de simular distintos escenarios de estrés hídrico de un cultivo y predecir su cosecha.

METODOLOGÍA

El funcionamiento del modelo Aquacrop se basa en una combinación entre el Balance hídrico del agua en el suelo y la Productividad del agua para el cultivo (Figura 1).

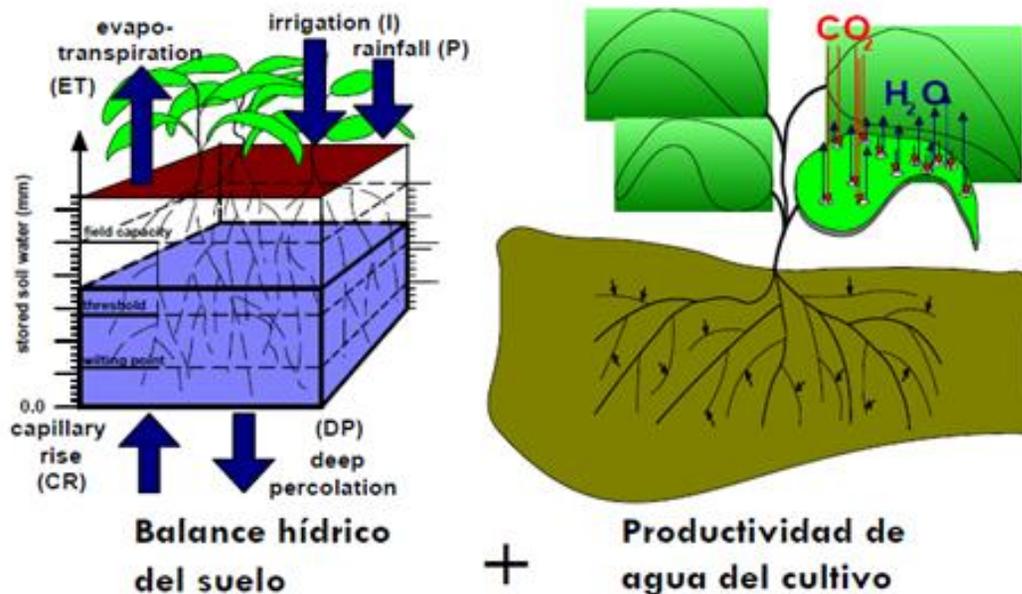


Figura 1. Fundamentos del programa Aquacrop para asociar el manejo del agua del riego con la producción.

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

El modelo Aquacrop permite simular la respuesta de los cultivos herbáceos al déficit hídrico. En este modelo tenemos los siguientes procesos que son afectados por el déficit hídrico del suelo:

- La expansión de la cubierta foliar
- La conductancia estomática
- La senescencia de la cubierta
- Los cambios en el índice de cosecha
- La expansión radicular

Otros modelos desarrollados para la programación de riegos, como el caso de Cropwat, no simulan explícitamente el desarrollo del cultivo, sino que el efecto del estrés hídrico es considerado utilizando factores de respuesta determinados en diferentes experimentos (Doorenbos and Kassam, 1979). Estos factores pueden ser variables debido a las diferencias de demanda evaporativa entre diferentes lugares. Al diferenciar el modelo Aquacrop el efecto del déficit hídrico en diferentes procesos, si estos están bien simulados, resulta un modelo más generalizable. Por ejemplo, cierto grado de estrés puede resultar en ocasiones favorable para la producción al afectar positivamente al índice de cosecha.

Antes de utilizar un determinado modelo para la planificación del riego en una zona concreta, conviene asegurarse de que dicho modelo simula correctamente los principales procesos fisiológicos que afectan a la productividad del agua. En este sentido, para probar el comportamiento del modelo Aquacrop se utilizaron experiencias sobre riego en los cultivos de tomate de industria (Salvatierra, 2007) y alfalfa (Salvatierra *et al.*, 2010) en el Bajo Guadalquivir, en la provincia de Sevilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta el momento, el trabajo con Aquacrop se ha completado en los dos cultivos herbáceos de regadío señalados anteriormente. De ellos existe además información previa en lo que se refiere a su consumo de agua.

En el cultivo de la alfalfa (Figura 2), una vez calibrado el modelo Aquacrop, se hicieron sistemáticamente 81 simulaciones en función a las siguientes variables (Roldán, 2010):

- ❖ Aporte anual por lluvia (m^3/ha) y posibles regímenes de precipitaciones en función a datos climáticos históricos.

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

- Los valores para cada régimen fueron: seco, normal y húmedo.
- Los periodos utilizados fueron: Otoño (año anterior), Invierno (año simulado), Primavera (año simulado) y Otoño (año simulado).

❖ Dotación de agua de riego

- Sin restricción: 6.000 m³/ha
- Restricción escasa: 4.500 m³/ha
- Restricción moderada: 3.000 m³/ha
- Restricción severa: 1.500 m³/ha

❖ Finalmente, la variable dependiente ha sido la producción anual del alfalfa (considerando un 12% de humedad) en Kg/ha.

Estas simulaciones, en función de cómo se presentaban las precipitaciones de las estaciones anteriores a la campaña de riego (verano), nos permitían estimar la producción anual de alfalfa antes de comenzar los riegos, pudiendo finalmente ajustar el valor de dicha producción según cómo se presentara el otoño del año considerado (Figura 3).

Otra información interesante obtenida con esta simulación en alfalfa fue la referida al momento de aplicación del agua en el ciclo del cultivo. En uno de los casos de



Figura 2. Caracterización del ensayo de riego deficitario en el cultivo de la alfalfa en el Bajo Guadalquivir, utilizado para la calibración del modelo Aquacrop.

simulación, con una dotación reducida de agua (150 mm) se obtuvo un aumento de producción de 2.500 kg/ha (aproximadamente un 25% más de lo que teníamos en un primer momento), con los mismos recursos hídricos pero distribuyéndolos de forma diferente. Concretamente, la estrategia consistió en regar adecuadamente en primavera cuando la eficiencia del uso del agua era mayor. Similares resultados están descritos en ensayos de riego deficitario en alfalfa realizados en California (Orloff *et al.*, 2003).

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

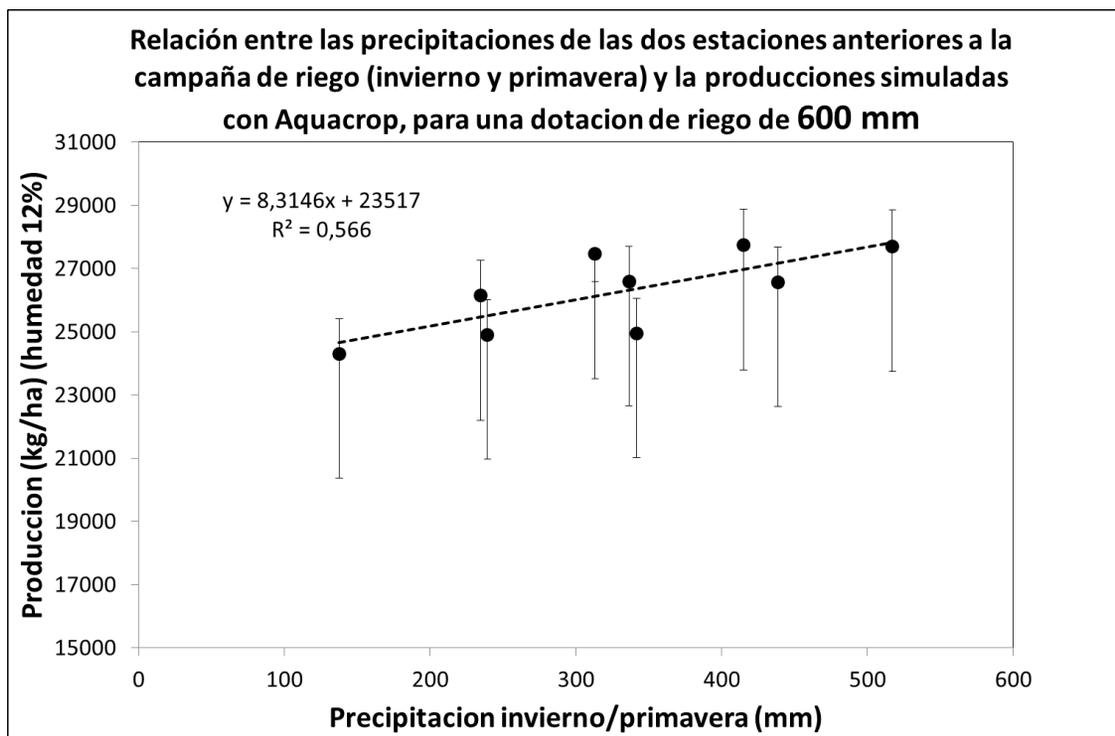


Figura 3. Resultados de simulaciones con el modelo Aquacrop para producción anual de alfalfa en diferentes escenarios de precipitaciones y dotaciones de agua, en el Bajo Guadalquivir.

Según esto, el modelo presentado puede ser útil para la toma de decisiones en el diseño y evaluación de estrategias de riego deficitario.

Para el cultivo de tomate de industria (Figura 4) también se confirmaron los buenos resultados del modelo Aquacrop en la

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

simulación, en concreto sobre aspectos como el desarrollo de la cobertura, el índice de cosecha, la producción de biomasa y cosecha (Andreu *et al.*, 2012).

La experimentación previa sobre este cultivo realizada por el IFAPA nos ha permitido comprobar que operativamente era mejor reducir la superficie de siembra en lugar de practicar riegos deficitarios. Otros parámetros que pueden ser ponderados a través de las simulaciones pueden ser: efecto del tipo de suelo, manejo del riego, fecha de siembra, densidad de plantación, etc.



Figura 2. Ensayo de riego deficitario en un cultivo de tomate de industria utilizado para la calibración del modelo Aquacrop.

El objetivo final de Aquacrop es conseguir un riego sostenible. Se trata, además, de un modelo fácil de utilizar, que requiere un número relativamente pequeño de parámetros y variables de entrada de fácil determinación. Entre los objetivos específicos para los que puede ser utilizado este programa están los siguientes:

- Evaluar el rendimiento de cultivos en condiciones de déficit hídrico en una localidad determinada.
- Comparar los rendimientos potenciales con los rendimientos reales de un cultivo e identificar los factores limitantes de la producción.
- Evaluar la producción de cultivos de secano a largo plazo.
- Evaluar el impacto de distintos calendarios (lámina fija o intervalos fijos) y métodos de riego en los rendimientos alcanzables.
- Programación de riegos deficitarios y de apoyo.
- Simulación de rotaciones de cultivos.
- Analizar escenarios climáticos futuros.
- Analizar estrategias de adaptación bajo condiciones de Cambio Climático, como pueden ser manejo de variedades y/o épocas de siembra.

2. El Programa Aquacrop: una herramienta para la optimización del uso del agua de riego

- Optimizar el uso de una cantidad limitada de agua disponible con criterios económicos, de equidad y de sostenibilidad.
- Apoyar a la toma de decisiones sobre la asignación de agua.

En cuanto a las limitaciones del modelo Aquacrop, podemos citar las siguientes:

- Su evaluación es puntual, no permitiendo análisis geográficos.
- No incluye muchos tipos de cultivos.
- No incluye módulos de plagas y enfermedades, ni de salinidad de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

Andreu, L., Coria, A., Salvatierra B., Gómez, E. y Mora, R. 2012. Aplicación del modelo Aquacrop en el cultivo del tomate de industria (*Lycopersicum sculentum*), en el Bajo Guadalquivir. Sinopsis XXX Congreso Nacional de Riegos 12-14 Junio. 2012, Albacete. AERYD.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1979, Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy. 193 pp.

Orloff, S., Dan Putnam, Blaine Hanson and Harry Carlson, 2003. Controlled deficit irrigation of alfalfa: Opportunities and Pitfalls. Proceedings, California Alfalfa Symposium, 18-19 December, 2003, Monterey, CA, UC Cooperative Extension.

Roldán, D. 2010. Análisis de estrategias de riego deficitario sostenido en alfalfa mediante el programa Aquacrop. Proyecto fin de carrera. EUITA, Universidad de Sevilla.

Salvatierra, B., Gavilán, P., Cermeño, P. Noviembre de 2007. Riego deficitario en tomate para industria. Agricultura. Num. 901. Págs. 796-800. Editorial Agrícola. Madrid.

Salvatierra, B. Sánchez, I. Abril de 2010. Manejo del agua en la alfalfa en el área regable del Bajo Guadalquivir. Agricultura. Num. 928. Págs. 318-322. Editorial Agrícola. Madrid.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

Rafael Baeza Cano
 Juana Isabel Contreras París
 María Luz Segura Pérez

IFAPA

INTRODUCCIÓN

La horticultura intensiva bajo invernadero se ha consolidado como el principal sector agrícola en las zonas costeras del Sureste de Andalucía (Figura 1). Sólo en la provincia de Almería, la superficie cultivada asciende a 28.576 hectáreas (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2013) y genera unos ingresos brutos de 1.596,4 millones de euros al año (Cajamar Caja Rural, 2013). Todo ello ha convertido a este sistema productivo en motor económico provincial.

Durante la expansión de este sistema de cultivo han ido surgiendo problemas cuya complejidad se ha magnificado por las propias dimensiones del sector y por la inmediatez en su aparición. Uno de esos problemas, con afección al medio ambiente y a la economía de las explotaciones hortícolas, ha sido la gestión de los residuos de los cultivos que, en un sector intensivo como éste, son variables en su tipología y abundantes. En este conjunto de residuos cabe destacar los residuos de los plásticos de cubierta y los restos vegetales del cultivo. En el caso de los residuos plásticos, su valoración para reciclaje (impulsada por los precios de la materia prima) ha permitido solucionar esta situación. Sin embargo, los residuos vegetales, cuyo volumen anual se estima en 25 toneladas por hectárea (Tolón y Lastra, 2010), siguen suponiendo un problema y un coste para el agricultor. Además, las diferentes soluciones que han ido surgiendo en las pasadas décadas (grandes plantas de compostaje, valoración energética eléctrica, etc.) se han mostrado ineficaces para solucionar definitivamente el problema. Actualmente, la gestión de los residuos vegetales supone un coste estimado de 550 euros por hectárea.



Figura 1. Imagen aérea de una zona dedicada a horticultura intensiva bajo invernadero en la provincia de Almería.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

En general, la mayor parte de los costes de explotación en esta horticultura intensiva de Almería se han incrementado en los últimos años. Tal es el caso de los fertilizantes químicos de síntesis empleados en la fertirrigación, que han pasado a ser, casi en exclusividad, la única vía de fertilización del cultivo (Figura 2).



Figura 2. Imagen de un equipo para controlar el fertirriego con abonos químicos de síntesis en horticultura bajo invernadero.

Ante esta situación se plantea el aprovechamiento de los restos vegetales como parte del programa de fertilización de los cultivos. Existen varias opciones para la utilización fertilizante de estos residuos: compostaje, vermicompostaje y picado e incorporación directa al suelo

en fresco. Esta última, por su facilidad de ejecución y no requerir de espacios adicionales en la explotación, está siendo la opción elegida por numerosos horticultores. El tipo de restos que quedan del cultivo y que son susceptibles de ser picados e incorporados son: tallos, hojas, raíces y frutos inmaduros no aprovechados al finalizar la cosecha.

El objetivo del presente artículo es cuantificar los aportes de nutrientes realizados con la aplicación en fresco de los residuos del cultivo picados e incorporados al suelo.

CÁLCULO DEL APOORTE DE NUTRIENTES CON LA INCORPORACIÓN AL SUELO DE LOS RESTOS DE CULTIVO

Para un cultivo concreto, el peso fresco de residuos por unidad de superficie puede llegar a ser muy variable ya que depende del desarrollo del cultivo, así como del marco de plantación. Sin embargo, el porcentaje de materia seca en los tejidos, aunque puede estar afectado por factores como la salinidad o el nivel de fertilización, sufre menor variación.

El porcentaje de materia seca y de concentración de nutrientes media presente en los residuos vegetales para los diferentes cultivos hortícolas de invernadero se presentan en la Tabla 1. La especie cultivada tiene

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

influencia en el porcentaje de materia seca presente en el tejido. Así, el cultivo de pimiento es el que mayor porcentaje de materia seca presenta (16,1%), seguido de la judía (14,5%), tomate (12,8%), pepino (12,2%) y melón (10,4%). Es importante destacar que este contenido en materia seca corresponde al material recogido tras la última recolección, cuando no se ha interrumpido el riego del cultivo (Contreras *et al.*, 2014). En el caso de retirar el riego al cultivo durante días, la materia seca puede alcanzar el 40% (Tolón y Lastra, 2010). Sin embargo, con el objeto de mejorar la eficiencia fertilizante de los restos incorporados, es preferible no retirar el riego hasta el momento del picado.

La concentración de nutrientes (Tabla 1), expresada en porcentaje sobre materia seca (% sms) también difiere de un cultivo a otro, siendo los restos del cultivo de pimiento los que mayor concentración de N y K presentan, cifrándose en 2,87% y 3,62%, respectivamente.

Tabla 1. Concentraciones medias de nutrientes (% sobre materia seca) y porcentaje de materia seca en los restos de cultivo de los diferentes hortícolas (Contreras *et al.*, 2014).

Cultivo	Materia Seca (%)	N	P	K	Ca	Mg
		% sobre materia seca				
Pimiento	16,1	2,87	0,14	3,62	1,53	0,78
Tomate	12,8	1,78	0,39	2,03	2,73	1,20
Melón	10,4	1,33	0,23	2,83	2,10	0,57
Pepino	12,2	1,35	0,19	1,32	2,25	0,45
Judía	14,5	1,71	0,16	1,72	2,95	0,66

Con estos datos, conociendo previamente el valor del peso fresco del cultivo, podemos calcular el aporte de nutrientes que se realiza cuando incorporamos al suelo los restos vegetales de dicho cultivo. Para determinar el peso fresco se ha de conocer el peso por planta y la densidad de plantación.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

Los pasos a seguir para el cálculo del aporte de nutrientes derivado de la incorporación de los restos de un cultivo son los que se comentan a continuación.

- 1) Al finalizar el ciclo de cultivo, pesar un número determinado de plantas completas (con hojas, tallos y frutos en formación). Las plantas elegidas deben ser representativas del invernadero.
- 2) Convertir el peso fresco de estas plantas a peso fresco del material por unidad de superficie, teniendo en cuenta la densidad de plantación.
- 3) Obtener el peso seco del material por unidad de superficie, considerando el porcentaje de la materia seca del material.
- 4) Determinar la cantidad de nutrientes aportada por unidad de superficie, teniendo en cuenta la concentración de nutrientes presente en la materia seca del material.

EJEMPLO DE CÁLCULO

Para aclarar posibles dudas, a continuación se propone un ejemplo práctico para calcular el aporte de nutrientes derivado de la incorporación de los restos de un cultivo.

Tenemos un invernadero de tomate que ha finalizado su ciclo productivo. La densidad de plantación es de 1,6 plantas/m² y queremos saber la cantidad de nutrientes que vamos a incorporar al suelo si picamos el material vegetal residual.

- 1) Cogemos 10 plantas completas (hojas, tallos y frutos) que sean representativas del invernadero y las pesamos. Peso fresco obtenido: 51,2 kg. Este peso obtenido dependerá fundamentalmente del porte que haya alcanzado el cultivo.
- 2) Convertimos el peso fresco de las plantas a peso fresco del material por unidad de superficie, teniendo en cuenta la densidad de plantación. Considerando la densidad de plantación, en este ejemplo 1,6 plantas/m², transformamos el peso fresco obtenido a peso por unidad de superficie.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

Peso fresco superficie (kg/m²) = Peso fresco planta (kg/planta) * Densidad plantación (plantas/m²)

Peso fresco por planta = (Peso fresco obtenido) / (Número de plantas pesadas)

Peso fresco por planta = (51,2 kg) / 10 = 5,12 kg

Peso fresco por superficie = 5,12 (kg/planta) * 1,6 (plantas/m²) = 8,19 kg/m²

- 3) Obtenemos el peso seco del material por unidad de superficie, teniendo en cuenta su porcentaje de materia seca. Considerando el porcentaje de materia seca que, según se indica en la Tabla 1, presentan los restos de cultivo de tomate (12,8%), calculamos el peso seco del material por unidad de superficie.

Peso seco por superficie (kg/m²) = Peso fresco superficie (kg material/m²) * Contenido materia seca del material (%) / 100

Peso seco por superficie = 8,19 (kg material/m²) * 12,8 (%) / 100 = 1,05 kg/m²

- 4) Determinamos la cantidad de nutrientes aportada por unidad de superficie, teniendo en cuenta la concentración de nutrientes presente en la materia seca del material.

Considerando la concentración de nutrientes que, según se indica en la Tabla 1, tenemos presente en el material seco (1,78% de N, 0,39% de P, 2,03% de K, 2,73% de Ca y 1,20% de Mg), calculamos a continuación la cantidad de cada nutriente aportada por unidad de superficie.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

Nitrógeno (N)

$$N \text{ ((kg de N)/m}^2 \text{)} = \text{Peso seco por superficie ((kg material)/m}^2 \text{)} * \text{Contenido de N del material (\%)/100}$$

$$N \text{ ((kg de N)/m}^2 \text{)} = 1,05 \text{ ((kg material)/m}^2 \text{)} * 1,78 \text{ (\%)/100} = 0,0187 \text{ kg/m}^2$$

Lo pasamos a kg/ha y resultan 187 kg/ha de N.

Fosforo (P)

$$P \text{ ((kg de P)/m}^2 \text{)} = \text{Peso seco por superficie ((kg material)/m}^2 \text{)} * \text{Contenido de P del material (\%)/100}$$

$$P \text{ ((kg de P)/m}^2 \text{)} = 1,05 \text{ ((kg material)/m}^2 \text{)} * 0,39 \text{ (\%)/100} = 0,0041 \text{ kg/m}^2$$

Lo pasamos a kg/ha y resultan 41 kg/ha de P.

Potasio (K)

$$K \text{ ((kg de K)/m}^2 \text{)} = \text{Peso seco por superficie ((kg material)/m}^2 \text{)} * \text{Contenido de K del material (\%)/100}$$

$$K \text{ ((kg de K)/m}^2 \text{)} = 1,05 \text{ ((kg material)/m}^2 \text{)} * 2,03 \text{ (\%)/100} = 0,0213 \text{ kg/m}^2$$

Lo pasamos a kg/ha y resultan 213 kg/ha de K.

Calcio (Ca)

$$Ca \text{ ((kg de Ca)/m}^2 \text{)} = \text{Peso seco por superficie ((kg material)/m}^2 \text{)} * \text{Contenido de Ca del material (\%)/100}$$

$$Ca \text{ ((kg de Ca)/m}^2 \text{)} = 1,05 \text{ ((kg material)/m}^2 \text{)} * 2,73 \text{ (\%)/100} = 0,0287 \text{ kg/m}^2$$

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

Lo pasamos a kg/ha y resultan 287 kg/ha de Ca.

Magnesio (Mg)

$Mg \text{ ((kg de Mg)/m}^2) = \text{Peso seco por superficie ((kg material)/m}^2) * \text{Contenido de Mg del material (\%)/100}$

$$Mg \text{ ((kg de Mg)/m}^2) = 1,05 \text{ ((kg material)/m}^2) * 1,20 \text{ (\%)/100} = 0,0126 \text{ kg/m}^2$$

Lo pasamos a kg/ha y resultan 126 kg/ha de Mg.

METODOLOGÍA PARA EL PICADO E INCORPORACIÓN AL SUELO DE LOS RESTOS DE CULTIVO

Los pasos a seguir para el picado e incorporación de los restos vegetales al suelo son los que se describen a continuación.

- 1) Retirar los hilos de rafia (Figura 3), ganchos metálicos y demás elementos del entutorado que pueden afectar negativamente a la máquina picadora.
- 2) Picar los restos vegetales sobre la superficie del terreno (Figura 4). Es importante que los restos se piquen antes de que se produzca su deshidratación. Esto facilitará el propio picado y ayudará a la posterior descomposición del material vegetal. En la Figura 5 se muestra una imagen de granulometría resultante para los restos picados.
- 3) Tras picar los restos vegetales es conveniente incorporarlos pronto al suelo mediante una labor ligera. Para ello se puede usar una fresadora o un cultivador.
- 4) Extender los ramales de riego.
- 5) Cubrir el suelo con plástico transparente de solarización para facilitar la descomposición de los restos vegetales (Figura 6). Con este sistema se alcanzarán en el suelo temperaturas en torno a los 50°C.
- 6) Finalmente se ha de regar hasta alcanzar el nivel de capacidad de campo en la humedad del suelo.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero



Figura 3. Máquina bobinadora retirando hilo de rafia de un cultivo de pimiento en invernadero.



Figura 5. Restos de cultivo de pimiento picados y preparados para su incorporación al suelo mediante una labor.



Figura 4. Picado de restos vegetales de un cultivo de pimiento en invernadero. En este caso se ha utilizado una picadora de martillos.



Figura 6. Invernadero solarizado con plástico transparente tras la incorporación al suelo de los restos vegetales.

3. Aprovechamiento fertilizante de los restos vegetales de cultivos hortícolas de invernadero

BIBLIOGRAFÍA

Cajamar Caja Rural. 2013. Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2012/2013.

Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 2013. Boletín Final. Avance Valoración de Campaña 2012/13 Hortalizas protegidas. Almería.

Contreras, J.I., Baeza, R. y Segura, M.L. 2014. Cuantificación de los aportes de nutrientes aportados por la incorporación al suelo de los restos de cultivos hortícolas de invernadero. XI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). En prensa.

Tolón, A. y Lastra, X. 2010. La agricultura intensiva del poniente almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente 2010, 8:18-40.

4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera

Juan Manuel Bohórquez Caro
IFAPA

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha modernizado el cultivo de la vid, con una tendencia hacia el aumento de las superficies en regadío de viñedo de transformación, a través del uso generalizado de sistemas muy eficientes de aplicación de agua.

La Encuesta de Superficies y Rendimientos de cultivos en España (ESYRCE, 2012) recoge una importante superficie de viñedo para vinificación (954.020 ha), que representa el 5,6% de la superficie de cultivo total. En la distribución de la superficie por Comunidades Autónomas destaca Castilla la Mancha con el 48,8% de la superficie de viñedo nacional. Le siguen en importancia Extremadura (8,6%), C. Valenciana (7,2%), Castilla y León (6,7%), Cataluña (5,7%) y la Rioja (5,1%). En el resto de Comunidades Autónomas no se llega al 5% de representatividad.

El sistema de riego utilizado en el viñedo de transformación es en su inmensa mayoría (94,9%) de tipo localizado. Cabe destacar que frecuentemente y a diferencia de otros cultivos, el viñedo recibe únicamente riegos de apoyo

En la vid para vinificación el sistema de cultivo en espaldera (Figura 1) abarca en la actualidad una importante superficie. Según datos de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de cultivos en España (ESYRCE, 2012), el sistema de conducción de espaldera abarca el 29,9% (285.359 ha) de la superficie total de viñedo en España y el 27,5% (6.908 ha) de la superficie total en Andalucía. En este formato de cultivo el sistema de riego por goteo ha desarrollado diferentes aplicaciones específicas y se ha generado su propio y especial sistema de “riego por goteo aéreo”.



Figura 1. Sistema de cultivo de viña con espaldera constituida por postes de hierro galvanizado y alambres.

4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera

LA VID EN ESPALDERA Y SU SISTEMA DE RIEGO

El riego en la viña ha evolucionado en tres fases. La primera ha sido la de introducir el riego por goteo en el cultivo. La segunda ha consistido en adaptarlo a las operaciones realizadas en la vid, colgando la tubería portagoteros de la propia estructura de la espaldera. Este cambio de separar la tubería del suelo se ha hecho con el fin de facilitar, entre otras, las operaciones de recolección mecanizada, de laboreo, etc., así como para evitar deterioros del sistema de riego. Esta propuesta requiere una mayor inversión inicial, ya que es necesario, además de extender la tubería, fijarla a la espaldera. La evolución de la tecnología en el riego ha derivado en una tercera etapa, una solución específica para el riego de la vid: utilizar la tubería con el gotero y el alambre incluido (Figura 2).

Pero una buena idea de un producto puede convertirse en un fracaso cuando no se contemplan dos puntos claves:

- Que el sistema sea adecuado, tanto desde el punto de vista agronómico como hidráulico.
- Que el sistema sea económicamente rentable, de fácil instalación, mínimo mantenimiento, etc. Se trata no solo de considerar la inversión inicial sino también los gastos futuros.



Figura 2. Sistema de tubería, gotero y alambre integrados en un solo producto para riego localizado. Fuente: Azud.

VIABILIDAD AGRONÓMICA E HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO

En una instalación de riego en parcela son necesarios productos que, junto con un adecuado diseño final de la red, nos permitan conseguir la máxima uniformidad posible del riego durante un largo periodo de tiempo.

Dentro de la misma categoría de producto y comparando similar calidad, los fabricantes ofrecen la misma tubería portagoteros para colocarla sobre el suelo y para engancharla al alambre de la espaldera. La única diferencia reside en la segunda operación, que es colgar la tubería de dicho alambre. Por su parte, la tubería con gotero y alambre incorporado mantiene la misma calidad y garantía de producto que las que se pueden utilizar en los otros sistemas, con la particularidad de que ya lleva incluido el

4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera

alambre en su fabricación. Según esto, no cabe esperar diferencias para el diseño hidráulico en la elección de cualquiera de los tres sistemas de riego comentados.

Sin embargo, desde el punto de vista agronómico, el posible movimiento de la tubería sobre el suelo puede provocar no solo su deterioro con el paso de maquinaria pesada, sino el desplazamiento de los bulbos húmedos.

Por su parte, el sistema de riego colgado protege a la tubería de la maquinaria alejándola del suelo. Los bulbos permanecerán correctamente ubicados mientras que los clips fijan la tubería al alambre. Sin embargo, a lo largo de la campaña de riego, la rotura o desgaste de los clips puede determinar que se formen combas (inflexiones) en la tubería (Figura 3), con el consiguiente desplazamiento de bulbos húmedos.

Esta situación se puede mejorar cuando la tubería se fabrica integrando el alambre en ella, pues siempre permanece recta, sin curvaturas y sin necesidad de usar clips. De esta forma, los bulbos húmedos se formarán donde han sido proyectados desde el primer día.



Figura 3. Sistema de riego por goteo colgado para cultivo de viña en espaldera. Se pueden observar combas en la tubería portagoteros. Fuente: Azud.

VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RIEGO

Desde el punto de vista económico, entre instalar la tubería con gotero sobre la superficie del suelo o bien ponerla colgada de la espaldera encontramos un coste añadido. Para valorarlo adecuadamente hay que tener en cuenta las numerosas operaciones que se realizan en este cultivo y que pueden dañar el sistema de riego si no lo protegemos colgándolo.

A la hora de decidirse por un sistema u otro es recomendable hacerlo con visión de futuro y considerar las

4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera

horas que puedan ser necesarias para reponer goteros y/o tuberías en los siguientes años.

Pasar del sistema de riego sobre el suelo al sistema colgado repercute en la inversión inicial. Resulta verdaderamente importante reducir los costes de mantenimiento posteriores, para lo cual es muy interesante optimizar al máximo el sistema. El gasto de la mano de obra y el coste de los clips suponen la diferencia sustancial con el riego instalado sobre el suelo.

1. Reducir el coste inicial en el sistema de riego colgante

Una forma de reducir el coste inicial de mano de obra consiste en realizar la instalación en menos tiempo y con menos operaciones. Se entiende que resulta interesante instalar el sistema de una sola vez, en un solo tendido. Con el sistema con alambre integrado, el coste inicial de inversión se puede reducir de realizar 3 operaciones a solo una (Figura 4).

2. Reducir el gasto de reposición del sistema de riego colgante

Con el sistema con alambre incorporado se puede rentabilizar la inversión al disminuir el mantenimiento. Los clips utilizados en el sistema tradicional pueden romperse

por las propias operaciones de cultivo (recolección, poda, etc.), o bien por el deterioro del propio material con el paso del tiempo. En el sistema con alambre incorporado, si los clips no son necesarios desde el principio, tampoco habrá que reponerlos.



Figura 4. Fijación de la tubería portagoteros con alambre incorporado al poste de la espaldera. Fuente: Azud.

CONCLUSIONES

A modo de resumen, una vez hayamos decidido descartar el sistema de riego superficial para elegir un sistema aéreo, con el que se protege el material de riego, y valorando los costes de la mano de obra, puede resultar más rentable la utilización del sistema integral (tubería + gotero + alambre) que el tradicional.

4. Consideraciones sobre sistemas de riego para viña en espaldera

Además, el mayor o menor índice de reposición de clips en el sistema tradicional, el valor de la mano de obra empleado para ello, las pérdidas en uniformidad y productividad de la plantación, así como la garantía de los materiales ofertados, son otros factores que deben considerarse a la hora de hacer una valoración a años vista, y que pueden hacernos optar por el sistema de riego con alambre incorporado (Figura 5).

BIBLIOGRAFÍA

Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE). Análisis de las Plantaciones de Viñedo en España. 2012. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

Tendencias en el uso de sistemas de riego en cultivos de viña en espaldera. 2010. Página Web de Sistema Azud, S.A.



Figura 5. Cultivo de viña en espaldera con sistema de riego por goteo colgado y con alambre integrado. Fuente: Azud.

BOLETÍN TRIMESTRAL DE INFORMACIÓN AL REGANTE

Nº 27, Julio-Septiembre 2014

Sistema de Asistencia al Regante (SAR)

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Edificio Administrativo Bermejales
Avda. de Grecia, s/n
41012 Sevilla (Sevilla) España
Teléfonos: 954 994 593 / 954 994 666 Fax: 954 994 664
e-mail: webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es
www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa



www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional