

El protocolo seguido en las evaluaciones está a disposición de los agricultores en la página web del SAR

Evaluaciones de riego localizado para conseguir un manejo uniforme y eficiente del agua

Hoy en día existen herramientas que permiten una rápida y sencilla estimación de esta uniformidad, como es el caso de la evaluación de riego. El Sistema de Asesoramiento al Regante en Andalucía (SAR) está realizando desde 2008 campañas de evaluaciones de riego para determinar la uni-

formidad de distribución del agua en sistemas de riego por goteo, en colaboración con varias comunidades de regantes en el Valle Medio del Río Guadalquivir. En el presente artículo se repasa la metodología utilizada y se presentan los resultados obtenidos en dos de estas comunidades.

Juan Manuel Bohórquez y Natividad Ruiz.

IFAPA Centro Alameda del Obispo. Córdoba
Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Para contribuir a un uso lo más eficiente posible del agua de riego en la agricultura andaluza, el equipo de trabajo del Sistema de Asesoramiento al Regante en Andalucía (SAR), adscrito al

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), ofrece sus servicios para llevar a cabo una serie de actividades, entre las que se incluyen las campañas de evaluaciones de sistemas de riego.

Conceptualmente, la eficiencia de aplicación del riego (**figura 1**) representa el porcentaje del agua aplicada mediante el riego (aplicada) que queda almacenada (almacenada) en la zona radicular del cultivo y que, por tanto, está a disposición del mismo. Esta eficiencia de aplicación depende de múltiples variables y su cálculo no es sencillo, por lo que se recurre a su estimación. Se trata en cualquier caso de un parámetro de gran importancia y que, entre otras utilidades, sirve para analizar la existencia de diferencias significativas de consumo de agua entre zonas regables con los mismos cultivos y similares características agroclimáticas.

Una de las variables que más influye en la eficiencia en el uso del agua es la uniformidad de distribución del riego en la parcela (**figura 2**), que siendo la adecuada nos ayudará a aprovechar al máximo el agua disponible para un cultivo. La evaluación de riego se muestra como una interesante herramienta



Foto 1. Material utilizado para el trabajo de campo en las evaluaciones de riego localizado realizadas por el SAR.

para detectar deficiencias en las instalaciones de riego que afectan a la uniformidad de distribución del agua y, por consiguiente, a la eficiencia en el uso de la misma. Una evaluación de un sistema de riego es un procedimiento para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación, determinar si todas las plantas de la parcela reciben una cantidad de agua similar (uniformidad de distribución del agua) y, en su caso, calcular las diferencias existentes para poder dar solución a estos problemas.

En el presente artículo se repasa la metodología utilizada por el SAR para realizar las evaluaciones de riego localizado y se presentan resultados obtenidos en dos Comunidades de Regantes (que en este artículo identificaremos como comunidades de regantes 1 y 2), ubicadas en la zona del Valle Medio del Río Guadalquivir.

Procedimiento para evaluar el riego localizado

La caracterización previa de las comunidades de regantes ha sido de gran ayuda para poder elegir los cultivos y las parcelas a evaluar, buscando siempre la mayor representatividad posible. En este apartado ha sido muy útil la información aportada tanto por los responsables de cada comunidad de regantes, como por los agricultores colaboradores en este trabajo. Por último, el uso de las fotografías aéreas ha facilitado la localización geográfica de las parcelas.

En el planteamiento del presente trabajo se ha decidido evaluar instalaciones de riego para los cultivos leñosos con mayor superficie total dentro de las comunidades de regantes en estudio, que son: na-

FIGURA 1

Esquema de las variables a tener en cuenta para el cálculo de la eficiencia de aplicación del riego (aplicada = almacenada + escorrentía + percolación profunda).

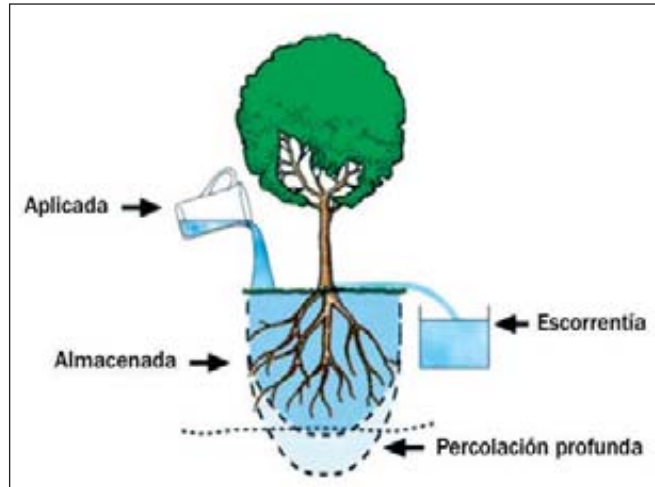
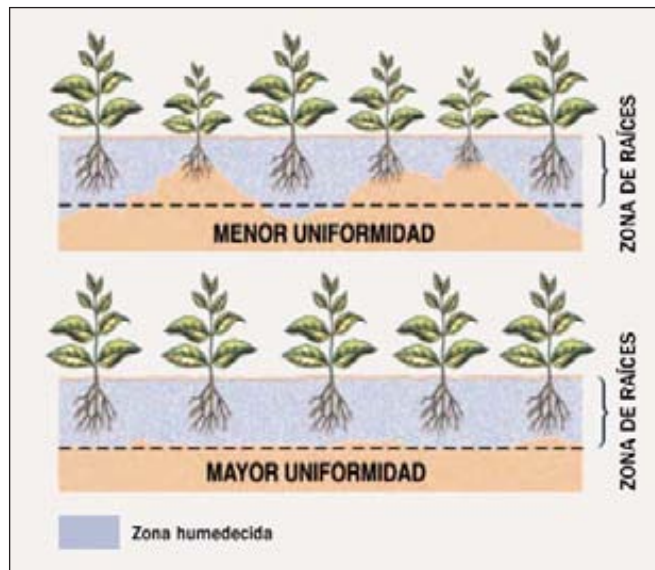


FIGURA 2

La uniformidad de distribución del agua de riego en un cultivo debe ser adecuada, lo que nos va a permitir aprovechar al máximo el agua disponible.



ranjo, olivo y frutales de hueso.

El procedimiento seguido para realizar estas evaluaciones de riego (que incluye la infor-

mación sobre el material necesario, la toma de datos en campo y el análisis de los datos), es el que se describe en el Protocolo para realizar evaluaciones de riego localizado. Este protocolo está a disposición de los interesados de manera gratuita en la página web del SAR (www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/sar), mediante descarga en la Biblioteca Virtual (dentro de la sección de Información Técnica y Divulgación), e incluye un formulario para anotar la información recogida en campo y una aplicación informática (hoja de cálculo Excel) para elaborar los resultados.

Para el trabajo de campo incluido en esta campaña de evaluaciones se ha utilizado el siguiente material (**foto 1**):

- Formulario para la realización de evaluaciones de riego localizado.
- Vasos de plástico para la recogida del agua de los emisores.
- Manómetro de aguja en baño de glicerina.
- Sacabocados y tapones (para medida de presiones).
- Cronómetro.
- Cinta métrica.
- Probeta graduada en unidades de 1 cm³.

Para analizar los resultados obtenidos en estas evaluaciones, son de gran utilidad una serie de índices que nos ayudan a describir el comportamiento del riego, mostrando si se han producido pérdidas de agua o si la cantidad de agua aplicada ha

sido similar en los diferentes puntos de la parcela.

El coeficiente de uniformidad muestra el grado de semejanza de la cantidad de agua que se aplica a cada punto de la parcela de riego. Si la uniformidad es baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas del cultivo y de percolación profunda en otras. El coeficiente de uniformidad utilizado en este trabajo es la uniformidad de distribución (UD)

Una de las variables que más influye en la eficiencia de la aplicación del riego es la uniformidad de distribución del agua de riego

propuesto por Merriam y Keller (1978), que se puede calcular mediante la **expresión 1**.

Expresión 1.

$$UD = 100 * \frac{V_{25\%}}{V_m}$$

Dónde:

V_{25%}: es el volumen medio del 25% de los valores recogidos que menos agua reciben.

V_m: es el valor medio de todos los valores recogidos.

Esta uniformidad de distribución del agua va a depender también de las presiones de los emisores y de si se observan diferencias entre subunidades o unidades de riego.

En el **cuadro I** se muestran las categorías para calificar una instalación de riego, en función del valor del coeficiente de uniformidad obtenido en la evaluación.

dad obtenido en la evaluación.

Los coeficientes que se consideran para calcular esta uniformidad de distribución son los siguientes: coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) y coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP). El CUP no es necesario para el cálculo de la uniformidad de la instalación como tal, aunque es conveniente conocerlo para detectar posibles diferencias de presión a lo largo de la red.

Para calcular el CUC se han elegido dieciséis emisores distribuidos uniformemente en la subunidad de riego representativa dentro del conjunto de la instalación. Como se muestra en la **figura 3**, se han elegido los laterales de riego más cercano y más lejano de la toma de la tubería terciaria y los dos intermedios. En cada lateral, se han seleccionado cuatro emisores siguiendo el mismo criterio, es decir, el más cercano y el más lejano de la toma del lateral y los dos intermedios.

Con ayuda de una probeta se ha medido el volumen de agua recogido en un vaso de plástico a partir de los emisores seleccionados (**foto 2a**). Para ello se ha considerado un tiempo exacto e igual para todos ellos de 2 minutos, tiempo que se ha controlado con ayuda de un cronómetro. Con un manómetro, se ha medido la presión en el entorno de los dieciséis puntos de muestreo dentro de la red (**foto 2b**).

Resultados

Comunidad de regantes 1

En el **cuadro II** se presentan los resultados para las doce evaluaciones de riego localizado por goteo realizadas en la comunidad de regantes 1.

Los laterales y emisores de riego, en once de las doce instalaciones consideradas, presentaban las características de diseño que se indican a continuación: caudal nominal por emisor entre 2 y 2,2 l/h (**cuadro II**), diámetro de 16 mm (58% de los casos) ó 20 mm (42%), y separación de 0,75-1 m entre emisores.

El valor promedio de los caudales medidos en los emisores ha sido de 2,17 l/h. Como se puede observar en el **cuadro II**, en un tercio de las instalaciones evaluadas, el caudal medio ha diferido en menos de 0,25 l/h respecto al caudal nominal; en otro tercio, el caudal medio ha diferido entre 0,25 y 0,5 l/h; y para el tercio restante la diferencia ha sido superior a 0,5 l/h. La mayor desviación respecto al caudal nominal se ha observado en la evaluación 1, con un caudal medio de 1,85 l/h respecto a un caudal nominal de 3,5 l/h (**cuadro II**). Hay que indicar que los laterales de riego existentes en esta parcela (con separación de 0,5 m entre emisores) fueron adquiridos y utilizados inicialmente durante varios años para cultivos herbáceos como algodón y maíz. Una vez establecida la plantación actual de naranjos, el agricultor ha seguido utilizando estos mismos laterales de riego porque presentaban buen estado de conservación, aunque, no tienen las características de diseño adecuadas para el cultivo actual. Todos estos datos son importantes para la programación de los riegos, ya que en esta comunidad el control del riego se realiza normalmente por tiempo y no por volumen.

CUADRO I.

Calificación de la uniformidad de una instalación de riego localizado, según el valor del coeficiente de uniformidad obtenido en su evaluación.

VALOR DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	CALIFICACIÓN
Mayor de 94%	Excelente
86-94%	Buena
80-86%	Aceptable
70-80%	Pobre
Menor de 70%	Inaceptable

CUADRO II.

Resultados obtenidos en las evaluaciones de riego localizado realizadas en parcelas con cultivos leñosos (naranjos, olivos y frutales de hueso), dentro de la comunidad de regantes 1 en el Valle Medio del Guadalquivir.

	EMISOR (TIPO Y COLOCACIÓN)	CAUDAL NOMINAL (l/h)	CAUDAL MEDIO (l/h)	CUC* (%)	CUP** (%)	CALIFICACIÓN UNIFORMIDAD INSTALACIÓN
Evaluación 1	Autocompensante integrado	3,50	1,85	94	98	Buena
Evaluación 2	Laberinto integrado	2,20	1,16	90	99	Buena
Evaluación 3	Autocompensante integrado	2,20	1,68	71	99	Pobre
Evaluación 4	Autocompensante integrado	2,20	2,30	90	95	Buena
Evaluación 5	Autocompensante integrado	2,20	1,95	92	95	Buena
Evaluación 6	Autocompensante integrado	2,20	2,50	89	99	Buena
Evaluación 7	Autocompensante integrado	2,20	2,96	92	97	Buena
Evaluación 8	Autocompensante integrado	2,20	2,33	85	97	Aceptable
Evaluación 9	Autocompensante integrado	2,20	2,50	92	96	Buena
Evaluación 10	Autocompensante integrado	2,00	1,85	78	81	Pobre
Evaluación 11	Laberinto integrado	2,20	2,52	91	96	Buena
Evaluación 12	Laberinto integrado	2,20	2,47	94	96	Buena

*CUC: coeficiente de uniformidad de caudales.
 **CUP: coeficiente de uniformidad debido a presiones.



Foto 2. Determinación del caudal suministrado por un emisor y medida de la presión en una evaluación de riego localizado realizada por el SAR.

Para el coeficiente de uniformidad de distribución, teniendo en cuenta la clasificación del método propuesto por Merriam y Keller (1978), se han obtenido los siguientes resultados (**cuadro II**): un 75% de las insta-

laciones de riego presentaron un valor calificado como bueno; un 8% un valor calificado como aceptable y un 17% un valor calificado como pobre.

Por lo que respecta al CUP (**cuadro II**), se

han obtenido valores por encima del 90% a nivel de subunidad de riego en once de las doce evaluaciones realizadas.

El caso particular de la evaluación 10, donde han resultado valores bajos para los ín-

¿Necesita variedades precoces de alta producción para su finca?

Más 84.E

La nueva generación de híbridos de girasol de Maïsadour Semences

+ Más Producción

+ Más Rentabilidad

+ Más Grasa

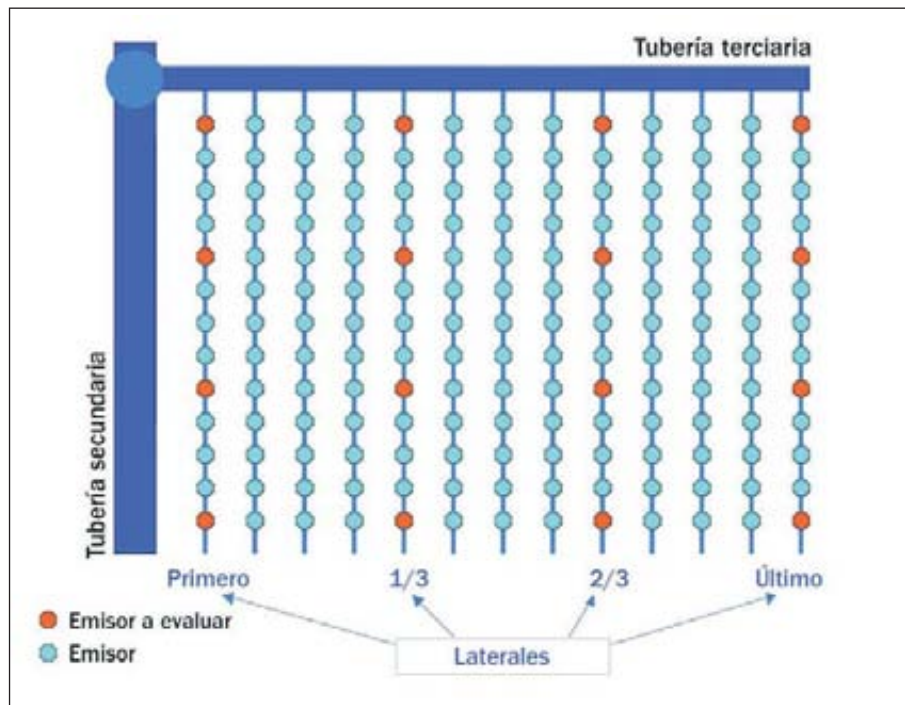
+ Más Precocidad

+ Más Rusticidad

+ Más Adaptación

FIGURA 3

Laterales y emisores elegidos dentro de una subunidad de riego para la toma de datos en una evaluación de riego localizado.



dices CUC y CUP y una calificación pobre para su uniformidad de distribución (**cuadro II**), puede servirnos como ejemplo para comentar las deficiencias observadas y las mejoras a realizar para solucionarlas. Se trataba de una instalación de riego con dos años de antigüe-

dad. En la fecha de la evaluación, la presión de salida para las dos subunidades de riego existentes ha mostrado valores bajos y muy variables en el tiempo (valores en descenso a medida que avanzaba el tiempo de riego). Esto se ha debido a que la capacidad de filtrado

disponible era muy limitada para el total de la superficie a regar simultáneamente (unidad de riego). Se trataba además de un sistema de filtrado con limpieza manual. A medida que ha transcurrido el tiempo de cada riego y los filtros se han ido ensuciando, la presión de salida en los filtros ha ido disminuyendo. El diseño de esta instalación de riego se puede mejorar aumentando la capacidad de filtrado e incorporando la limpieza automática de los filtros. También se puede optar por disminuir el tamaño de la unidad de riego, para que disminuya también el caudal instantáneo necesario, con idea de poder seguir utilizando el equipo de filtrado ya instalado.

Comunidad de regantes 2

En el **cuadro III** se presentan los resultados para las once evaluaciones de riego localizado por goteo realizadas en la comunidad de regantes 2.

Los laterales y emisores de riego tenían las siguientes características de diseño: caudal nominal por emisor entre 2 y 2,8 l/h (**cuadro III**), diámetro de 16 mm (82% de los casos) ó 17 mm (18%), y separación de 0,75-1 m entre emisores.

El valor promedio de los caudales medidos en los emisores ha sido de 2,81 l/h. En todas las evaluaciones, el caudal medio de los goteros medido en campo ha variado respecto al caudal nominal correspondiente (**cuadro III**): en un 37% de las instalaciones evaluadas el caudal medio ha diferido en menos de 0,25 l/h; para otro 19% ha diferido entre 0,25 y 0,50 l/h; y para el 44% restante ha diferido en más de 0,5 l/h. La mayor desviación respecto al caudal nominal se ha observado en la evaluación 10, con un caudal medio de 4,23 l/h respecto a un caudal nominal de 2 l/h (**cuadro III**) y con una presión de 4,2 kg/cm² medida a la entrada de la subunidad de riego evaluada. En las otras subunidades de esta parcela, los valores de presión resultaron similares y todos ellos, en principio, pueden considerarse elevados. La falta de regulación de presión en la subunidad de riego evaluada, junto con el posible deterioro de la capacidad autocompensante de los emisores por su antigüedad (diez años en el momento de esta evaluación), pueden justificar esta desviación tan importante. Todos estos datos son importantes para la programación de los riegos, ya que, al igual que se ha comentado pa-

CUADRO III.

Resultados obtenidos en las evaluaciones de riego localizado realizadas en parcelas con cultivos leñosos (naranjos y olivos), dentro de la comunidad de regantes 2 en el Valle Medio del Guadalquivir.

	EMISOR (TIPO Y COLOCACIÓN)	CAUDAL NOMINAL (l/h)	CAUDAL MEDIO (l/h)	CUC* (%)	CUP** (%)	CALIFICACIÓN UNIFORMIDAD INSTALACIÓN
Evaluación 1	Autocompensante integrado	2,30	2,81	83	93	Aceptable
Evaluación 2	Autocompensante integrado	2,20	2,40	88	86	Buena
Evaluación 3	Autocompensante integrado	2,20	2,06	87	91	Buena
Evaluación 4	Autocompensante integrado	2,30	3,50	75	84	Pobre
Evaluación 5	Autocompensante integrado	2,30	2,71	93	97	Buena
Evaluación 6	Autocompensante integrado	2,50	3,19	77	99	Pobre
Evaluación 7	Autocompensante integrado	2,50	2,38	67	83	Inaceptable
Evaluación 8	Autocompensante integrado	2,20	2,40	86	96	Buena
Evaluación 9	Autocompensante integrado	2,20	2,51	93	99	Buena
Evaluación 10	Autocompensante integrado	2,00	4,23	81	90	Aceptable
Evaluación 11	Laberinto integrado	2,80	2,72	87	99	Buena

*CUC: coeficiente de uniformidad de caudales.
 **CUP: coeficiente de uniformidad debido a presiones.

Las deficiencias detectadas con mayor frecuencia han sido: mala regulación de presiones

en las subunidades de riego, obturación de emisores en los finales de los laterales de riego y emisores parcialmente obturados por precipitados químicos

ra la comunidad de regantes 1, también aquí el control del riego se realiza normalmente por tiempo y no por volumen.

Para el coeficiente de uniformidad de distribución, utilizando la clasificación ya mencionada, se han obtenido los siguientes resultados (**cuadro III**): un 46% de las instalaciones de riego presentaron un valor calificado como bueno; un 27% un valor calificado como aceptable, un 18% un valor calificado como pobre y, finalmente, un 9% un valor calificado como inaceptable.

Por lo que respecta al CUP (**cuadro III**), se obtienen valores por encima del 90% a nivel de subunidad de riego para el 73% de las evaluaciones.

A continuación se comentan los aspectos comunes para los resultados obtenidos en las dos comunidades de regantes:

- Las deficiencias detectadas con mayor frecuencia en las evaluaciones realizadas y que afectan directamente a la uniformidad del riego han sido las siguientes:

- Mala regulación de presiones en las subunidades de riego, debida a defectos de diseño en la instalación de riego a nivel de parcela.
- Obturación de emisores en los finales de los laterales de riego debido a sedimentos, en instalaciones en las que no se realizan los recomendables lavados de ramales.
- Emisores parcialmente obturados por precipitados químicos en instalaciones

con un inadecuado manejo del pH del agua de riego.

- Además, en algunos casos se ha observado un manejo y mantenimiento inadecuados, detectándose defectos frecuentes como: elementos de control y regulación (llaves, reguladores de presión, etc.) en mal estado, manómetros estropeados o inexistentes en puntos necesarios y fugas de agua en la red.

- Buena parte de las soluciones para corregir estas deficiencias no requieren realizar importantes inversiones. Con frecuencia se ha observado que para los casos con uniformidades más bajas, el agricultor desconocía el estado de su instalación de riego y las prácticas adecuadas para su corrección.

Conclusiones

Hoy día existen procedimientos que permiten una rápida y sencilla estimación de la uniformidad de distribución del agua de riego en parcela, lo que supone una importante ventaja para los regantes. La evaluación de riego detecta las deficiencias en las instalaciones de riego que afectan a la uniformidad de distribución del agua y, consecuentemente, a la eficiencia en su uso.

El SAR en Andalucía utiliza como método de referencia para la realización de evaluaciones de riego el propuesto por Merrian y Keller (1978), por tratarse de un método sencillo, rápido y eficaz.

En el presente trabajo se han realizado

evaluaciones de riego localizado en el Valle Medio del río Guadalquivir, en parcelas pertenecientes a dos comunidades de regantes distintas, aunque con características agroclimáticas similares. Para la primera comunidad de regantes, el 75% de las instalaciones de riego por goteo evaluadas ha mostrado uniformidades de distribución superiores al 85%, calificando dicha uniformidad como buena. Por su parte, en la segunda sólo el 46% de las instalaciones evaluadas ha alcanzado este nivel. Las deficiencias detectadas con mayor frecuencia y que afectan negativamente a esta uniformidad han sido la mala regulación de las presiones en las subunidades de riego y la obturación de emisores, sobre todo en los finales de los laterales de riego debido a sedimentos.

No se debe olvidar que el correcto mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y el manejo de la instalación de riego son también factores claves para conseguir la mayor uniformidad posible en la distribución del agua de riego. ●

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración prestada por los agricultores y responsables de las dos Comunidades de Regantes que han sido objeto de este estudio. Este trabajo ha sido cofinanciado por el Programa Operativo Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) Andalucía 2007-2013.

Bibliografía ▼

- Fernández, R., Yruela, M. C., Milla, M., García, J., Ávila, R., Gavilán, P. y Oyonarte, N., 2010. Manual de Riego para Agricultores. Módulo 4: Riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Merrian, J. L. y Keller, J. 1978. Farm irrigation system evaluation: a guide for management, UTAH State University, Logan, Utah, USA.
- Moya Talens, J. A. 2002. Chequeo a una instalación. En: Riego localizado y fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Pastor, M. 2005. Evaluación de una instalación de riego localizado. En: Cultivo del olivo con riego localizado. Ed. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía.
- Protocolo para realizar evaluaciones de riego localizado. Sección de Información Técnica y Divulgación (Biblioteca Virtual: Documentos Técnicos de Interés). Página Web del Sistema de Asistencia al Regante en Andalucía, IFAPA, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía (www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/sar).

Con frecuencia, se ha observado que en los casos con uniformidades más bajas,

el agricultor desconocía el estado en que se encontraba su instalación de riego y las prácticas adecuadas para su corrección