

## ¿QUÉ SON LOS RETORNOS DE RIEGO?

RAMÓN ARAGÜÉS ([raragues@aragon.es](mailto:raragues@aragon.es)).

Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC)

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA)

Avda. de Montañana 930, 50059 Zaragoza (España).

### INTRODUCCIÓN

Los retornos de riego son todos los flujos de agua que provienen del regadío y son exportados del mismo de forma superficial o subterránea. Estos flujos retornan generalmente a los ríos y a las aguas subterráneas, pero también pueden hacerlo directamente al mar o a otros cuerpos de agua (lagunas, etc.).

Los flujos de retorno de riego (FRR) se consideran los mayores contribuyentes difusos (no puntuales) de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Esta contaminación externa es inevitable, ya que la agricultura de regadío no puede sobrevivir si las sales y otros constituyentes se acumulan de forma excesiva en la zona de raíces de los cultivos (contaminación interna), por lo que una parte de los mismos tienen que ser exportados por las aguas de drenaje. La obtención de un balance de masas apropiado que permita minimizar tanto la contaminación interna como externa es fundamental para lograr una agricultura de regadío económicamente rentable y ambientalmente sostenible.

En este capítulo se describen los componentes de los flujos de retorno de riego, los problemas principales de contaminación difusa producidos por los mismos, y las prácticas más importantes para el control de dicha contaminación.

### VARIABLES QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LOS FLUJOS DE RETORNO DE RIEGO (FRR)

Los componentes principales de los FRR son tres: (1) las pérdidas operacionales de agua que se producen en los sistemas de distribución (canales, acequias), (2) la escorrentía superficial de las parcelas y (3) el drenaje subsuperficial. La Figura 1 es un esquema simplificado que muestra estos tres componentes:

- (1) La detracción de agua de un río a través de un canal principal y de un lateral del mismo en el que se producen unas pérdidas operacionales de agua que vierten directamente a la red de drenaje.
- (2) La aplicación del riego a una parcela y las pérdidas o escorrentías superficiales de agua que vierten directamente a la red de drenaje.
- (3) El drenaje subsuperficial de agua al final de la zona de raíces que recarga el freático y vierte directamente a la red de drenaje a través de un dren enterrado. En este diagrama idealizado no se representan las aguas subterráneas más profundas que pueden ser otro sistema receptor del drenaje subsuperficial.

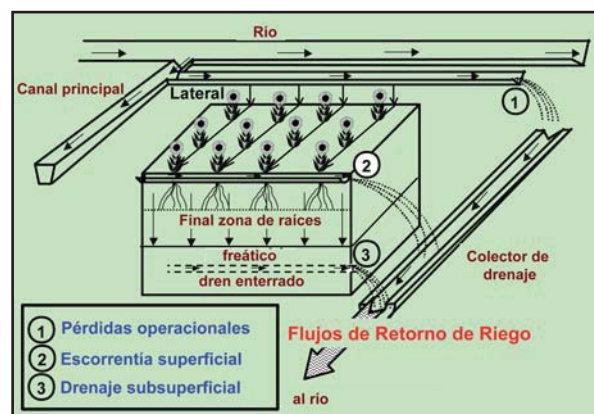


Figura 1. Esquema idealizado de los tres componentes principales de los flujos de retorno de riego (FRR) que muestra la detracción de agua de un río a través de un canal principal, su distribución a través de un lateral con pérdidas operacionales (1), la aplicación del riego desde el lateral a una parcela con escorrentía superficial (2), y el drenaje subsuperficial (3) de la parcela al colector de drenaje a través de un dren enterrado. Adaptado de Aragüés R., Tanji K.K., 2003. Water Quality of Irrigation Return Flows. Encyclopedia of Water Science, Stewart B.A. and Howell T.A. (Eds.), Marcel Dekker, Inc. (New York): 502-506.

Cada uno de estos componentes tiene unas características de calidad diferentes y dado que los FRR son una mezcla de los mismos, la proporción de sus volúmenes determina la calidad final de los FRR. La Tabla 1 resume los principales parámetros de calidad de los tres componentes de los FRR y los cambios de calidad esperables en cada uno de ellos en relación a la calidad del agua de riego. En esta Tabla de carácter conceptual, 0 significa que la degradación de calidad respecto a la del agua de riego es despreciable, + significa degradación de calidad y - significa mejora de calidad.

En general, las pérdidas operacionales descargan el agua directamente de los canales a la red de drenaje, por lo que su calidad es muy similar a la del agua de riego (degradación de calidad despreciable).

La escorrentía superficial fluye sobre la superficie del suelo y descarga al final de la parcela directamente a la red de drenaje, por lo que su contacto con el suelo y agroquímicos es limitado y su degradación de calidad es generalmente pequeña. Sin embargo, estas aguas pueden incrementar ligeramente en salinidad y pueden cargarse de sedimentos y nutrientes asociados (fósforo en particular), así como de agroquímicos añadidos en el agua de riego tales como algunos pesticidas y fertilizantes nitrogenados.

Finalmente, las aguas de drenaje subsuperficial que se desplazan a través del suelo son generalmente las que más se degradan en calidad, ya que transportan los agroquímicos disueltos en la solución del suelo así como sales u otros elementos solubles presentes en el suelo, materiales geológicos y aguas subterráneas interceptadas.

Aunque algunos parámetros pueden mejorar puntualmente en calidad, el resultado global es que los FRR tienen de forma generalizada una calidad

inferior a la de las aguas de riego, sobre todo debido a los incrementos en las concentraciones de sales disueltas, nitrógeno y fósforo.

En términos generales, los parámetros de calidad más importantes a medir en los FRR son:

- (1) Sales disueltas e iones principales: Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, cationes (Na, Ca, Mg, K,  $\text{NH}_4$ ) y aniones ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{NO}_3$ ). El N y el P en sus distintas formas orgánicas e inorgánicas debe asimismo medirse, en particular el N en las aguas de drenaje y el P en las aguas de escorrentía superficial.
- (2) Metales pesados o elementos traza tóxicos: As, B, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se, Sr, Ur, Va, Zn. Debido al pequeño intervalo de concentraciones entre deficiente y tóxico para alguno de estos elementos, el conocimiento de las mismas en suelos y aguas es esencial. La presencia de estos elementos puede ser natural (origen geológico) o antrópica (fertilizantes, enmiendas, eyecciones animales, aguas y lodos residuales).
- (3) Pesticidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas y nematicidas): muy variables y dependientes en gran medida del cultivo al que se aplica. Los pesticidas solubles en agua se lavan fácilmente, los de elevada presión de vapor se pierden en la atmósfera y los de elevada adsorción se unen a los sedimentos. Los pesticidas organofosfatados son los más frecuentes en las aguas subterráneas. En general, las concentraciones de pesticidas son mucho mayores en las aguas de drenaje superficial que en las de drenaje subsuperficial debido a la acción filtrante del suelo.

PARÁMETROS DE CALIDAD	COMPONENTES DE LOS FLUJOS DE RETORNO DEL RIEGO		
	Pérdidas operac.	Escorr. Superf.	Drenaje subsup.
Degradación general de calidad	0	+	++
Salinidad	0	0, +	++
Nitrógeno	0	0, +, ++	+, ++
Fósforo	0, +	++	0, -, +
Demanda biológica de oxígeno	0	+, 0	0, -, -
Sedimentos	0, +, -	++	-
Residuos de pesticidas	0	++	0, -, +
Elementos traza	0	0, +	0, -, +
Organismos patógenos	0	0, +	-, -

0: Degradación de calidad despreciable

+, ++: Degradación moderada, elevada de calidad (evapoconcentración, aplicación de agroquímicos, erosión del suelo, disolución de minerales...)

-, -: Mejora moderada, elevada de calidad (filtración, fijación, degradación microbiana, precipitación de minerales, etc.)

Tabla 1. Parámetros de calidad de los tres componentes principales de los flujos de retorno de riego y cambios de calidad esperables en relación con la calidad del agua de riego (adaptado de Aragüés, Tanji, 2003).



Tabla 2. Estrategias de control de la contaminación difusa inducida por la agricultura de regadío.

### PRÁCTICAS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA DEL REGADÍO

La idea básica para el control o minimización de la contaminación difusa inducida por la agricultura de regadío es el control o minimización de la masa de los contaminantes exportados en los FRR, ya que ésta es la que determina la concentración de los contaminantes en las aguas receptoras de dichos retornos.

Dado que la masa de un contaminante es el producto del volumen de agua y de la concentración del contaminante, el control de la contaminación difusa implica una reducción en la concentración del contaminante y/o en el volumen de los FRR. La Tabla 2 presenta una síntesis conceptual de las principales estrategias de control de la contaminación difusa inducida por la agricultura de regadío basada en la reducción de la masa exportada del contaminante a través de (1) la reducción de la concentración del contaminante y (2) la reducción del volumen de los FRR. La reducción del volumen de los retornos de riego es generalmente la práctica más eficiente que

puede alcanzarse con relativa facilidad mediante la optimización del riego y la reutilización interna o externa de las aguas de drenaje. Esta síntesis conceptual es muy generalista, y la aplicación concreta de las distintas opciones debe efectuarse caso por caso en función de las características de los sistemas en estudio.

Finalmente, la Tabla 3 presenta un resumen de algunas prácticas de control de la contaminación clasificadas en los tres subsistemas principales de una zona regable: (1) distribución del agua (diseñado para satisfacer las necesidades de agua a nivel finca y reducir las pérdidas operacionales indeseadas), (2) finca (diseñado para mantener o aumentar la productividad y mejorar el control de los insumos de producción a nivel fuente), y (3) evacuación del agua (diseñado para mejorar el control a nivel sumidero y minimizar los flujos de retorno de riego). En cada uno de estos subsistemas las prácticas propuestas son específicas de cada caso de estudio, por lo que el conocimiento local es imprescindible para efectuar un análisis eficiente de dichas prácticas de control.

#### 1- SUBSISTEMA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

- Revestimiento de embalses, canales y acequias (evita las filtraciones, las pérdidas por la ET de las frea-tofitas, el encharcamiento del suelo y la recarga de los acuíferos; mejora la calidad del agua de riego, por ejemplo los sólidos en suspensión).
- Instalación de medidores de caudal (control del agua; tarificación y multas; reduce pérdidas operacionales; se alcanzan eficiencias más elevadas en la distribución del agua).
- Construcción de embalses de regulación interna (mayor flexibilidad en la entrega del agua).
- Establecimiento de estructuras institucionales eficientes y de programas de mantenimiento.

## 2- SUBSISTEMA FINCA

- Mejorar las prácticas culturales (dosis y fraccionamiento de los fertilizantes; fertilizantes de liberación lenta; ferti-riego; control de plagas; prácticas de siembra y laboreo).
- Adoptar prácticas con menor impacto ambiental (manejo integrado; control biológico; cultivos mixtos; agricultura orgánica).
- Incrementar la eficiencia y uniformidad del riego (diseño y elección apropiada de los sistemas de riego; optimizar los calendarios de riego; reducir la evaporación mediante el acolchado y laboreo de conservación; riego deficitario controlado).
- Minimizar la fracción de lavado de acuerdo con las necesidades de lavado de los cultivos (reducir el volumen de drenaje; minimizar la disolución de minerales y maximizar la precipitación de minerales).
- Proporcionar servicios técnicos y adiestramiento a los agricultores; eliminar las restricciones institucionales.

## 3- SUBSISTEMA EVACUACIÓN DEL AGUA

- Restringir la evacuación de los FRR para cumplir con los objetivos de calidad en las aguas receptoras de los mismos.
- Reutilizar para el riego las aguas de drenaje y las aguas residuales; manejo integrado del drenaje a nivel finca (reciclado del drenaje a través de materiales biológicos y/o sistemas agroforestales: concepto de concentración biológica en serie).
- Evacuación de las aguas de drenaje al océano o tierra adentro (embalses de evaporación; evaporadores solares; pozos de inyección profunda).
- Diseño y manejo del drenaje (incluir la calidad del agua como parámetro de diseño; profundidad y distancia de los drenes; manejo integrado del riego y del drenaje; uso de los freáticos superficiales por los cultivos (riego subterráneo); drenaje controlado mediante el manejo del nivel de agua en la salida de drenaje; reducir la exportación de nitratos incrementando la desnitrificación por elevación del freático).
- Bombeo y evacuación de las aguas subterráneas para reducir su interceptación por el sistema de drenaje.
- Flujo de las aguas de drenaje superficial a través de filtros verdes (eliminación de sedimentos y sus contaminantes asociados; eliminación de nitratos por absorción de las plantas y desnitrificación; sumidero para sedimentos, nutrientes, elementos traza y pesticidas).
- Evacuación de las aguas de drenaje al océano o tierra adentro (embalses de evaporación; evaporadores solares; pozos de inyección profunda).
- Tratamientos físicos, químicos y biológicos de las aguas de drenaje: eliminación de partículas; adsorción; desalación (procesos de membrana y destilación); coagulación y floculación; precipitación química; intercambio iónico; oxidación; bio-filtración (riego de cultivos que adsorben Se, Mo, B, NO<sub>3</sub>, etc.); plantas de tratamiento con algas-bacterias (eliminación de NO<sub>3</sub> y Se).

Tabla 3. Resumen de las prácticas de manejo para el control de la contaminación difusa inducida por la agricultura de regadío clasificadas para cada subsistema de una zona regable (distribución de agua, finca y evacuación del agua) (adaptado de Aragüés, Tanji, 2003).