

## **E56 - El riego por reciclaje de aguas residuales**

4 de diciembre de 2013



## **Índice**

- 1) ¿De qué se trata ?
- 2) ¿Quién utiliza sobre todo este medio y desde cuándo ?
- 3) ¿Por qué ?
- 4) ¿Quiénes son los principales interesados ? Lugares o contextos en los que este medio parece el más adecuado
- 5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en marcha ?
  - Tabla 1 : Factores que afectan a la elección de los métodos de riego y medidas especiales para la utilización de aguas residuales (adaptación de una fuente de la FAO)



Cartel que alerta a la utilización de agua reciclada para el riego Fuente [www.cityofrockledge.org/168/Wastewater](http://www.cityofrockledge.org/168/Wastewater)

- 6) Dificultades particulares y soluciones o eventuales precauciones a adoptar
- 7) Principales ventajas e inconvenientes
  - a) Ventajas
  - b) Inconvenientes
- 8) Coste
- 9) Estudios de casos
- 10) ¿Dónde encontrar más información ?
  - a) Internet
  - b) Bibliografía

## 1) ¿De qué se trata ?

Se trata de la utilización de aguas residuales, tratadas o no, para satisfacer las necesidades de riego en las actividades agrícolas. Esto permite economizar recursos hídricos en un primer momento y una reducción de la contaminación finalmente.

## 2) ¿Quién utiliza sobre todo este medio y desde cuándo ?

El reciclaje de aguas residuales (RAR) es una práctica muy extendida en las regiones que sufren escasez de recursos hídricos, cuyos principales ejemplos son Japón, la cuenca mediterránea (Israel, Túnez, Chipre, España), Estados Unidos (sobre todo California), pero asimismo Asia y el Golfo Pérsico.

## 3) ¿Por qué ?

El riego puede aumentar la productividad de las actividades agrícolas de un 100% a un 400% y permitir la práctica de algunos cultivos en regiones donde las condiciones ambientales no son favorables. Ahora bien, la agricultura es la responsable del 70% de las extracciones de agua, cifra que llega a un 95% en algunos países en desarrollo. El reciclaje de aguas residuales es una solución para hacer frente a la creciente demanda de recursos hídricos para el riego. Al mismo tiempo, es una forma natural de reducir el impacto sobre el medio ambiente y aportar los nutrientes (sobre todo nitrógeno y fósforo) que fertilizarán el suelo.

## 4) ¿Quiénes son los principales interesados ? Lugares o

## **contextos en los que este medio parece el más adecuado**

El reciclaje de aguas residuales es adecuado sobre todo en las regiones que tienen recursos hídricos limitados con relación a la demanda existente. Y sin embargo, algunos cultivos son más adecuados que otros para esta técnica en función de los riesgos inherentes al consumo de productos regados con agua reciclada.

Algunos de los cultivos en los que se utiliza el riego con aguas residuales son la cebada, el maíz, la avena, el algodón, el aguacate, la coles, la lechuga, la remolacha azucarera, la caña de azúcar, el albaricoque, la naranja, la ciruela, la viña, las flores y los bosques.

**La FAO** (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) propone una clasificación de los cultivos en función del nivel de riesgo para los consumidores y los agricultores.

### **Riesgo débil**

- Cultivos industriales no destinados al consumo humano (por ejemplo, el algodón y el sisal) ;
- Cultivos tratados con calor o secados antes de su destino al consumo humano (por ejemplo, los cereales, los oleaginosos, la remolacha azucarera) ;
- Las frutas y verduras cultivadas exclusivamente para conserva u otro tratamiento que destruya eficazmente los gérmenes patógenos ;
- Los cultivos forrajeros y otros cultivos de alimentos para animales que se cosechan y secan al sol antes de su consumo.

### **Riesgo medio**

- Pastos y cultivos forrajeros herbáceos ;
- Cultivos para el consumo humano que no están en contacto directo con aguas residuales, con la condición de que no recoja nada del suelo y que no se emplee el riego por aspersión (por ejemplo, la arboricultura, los viñedos) ;
- Cultivos para el consumo humano tras la cocción (por ejemplo, las patatas, la berenjena, la remolacha) ;
- Cultivos para el consumo humano cuya piel no se come (por ejemplo, los cítricos y los plátanos) ;
- Todos los cultivos no identificados como de "Riesgo elevado" si se utiliza el riego por aspersión.

### **Riesgo elevado**

- Todos los alimentos que se consumen crudos o cultivados en contacto estrecho con los efluentes de aguas residuales (por ejemplo, la lechuga y las zanahorias) ;
- El riego por aspersión, independientemente del tipo de cultivo, a menos de 100 m de zonas residenciales o lugares de acceso público.

## **5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en marcha ?**

El reciclaje de aguas residuales consiste en utilizar el agua, tratada previamente o no, para nuevos usos (riego, pastos, campos de golf, jardinería, refrigeración de centrales eléctricas...) en lugar de expulsarla al medio ambiente.

Las aguas residuales contienen materiales sólidos, sustancias disueltas y microorganismos. Estos últimos son la causa principal de las restricciones impuestas a la reutilización de aguas residuales ya que suelen contener elementos muy perjudiciales para la salud, puesto que los microcontaminantes orgánicos contienen agentes patógenos como virus, bacterias, protozoos y helmintos. La carga en agentes patógenos en las aguas residuales sin tratar está en función esencialmente del estado sanitario de la población que produzca estas aguas residuales. El riesgo de infección de origen hídrico por estos agentes patógenos depende de un conjunto de factores que incluyen :

- por una parte sus concentraciones, la dispersión en el agua, la capacidad de esos agentes intestinales para sobrevivir en el medio y la calidad del tratamiento de depuración del agua,
- y, por otra parte, la dosis infecciosa, la exposición y la susceptibilidad de la población expuesta.

En general, resulta necesario realizar tratamientos (primarios o secundarios) para que el agua alcance el

nivel de calidad requerido para una nueva utilización. Por consiguiente, además de todos los aspectos incluidos en el diseño de un sistema de riego tradicional, es necesario definir bien los aspectos asociados a la captación y el tratamiento del agua, para poner en marcha un sistema de riego que utilice agua reciclada.

**Las siguientes etapas ofrecen una visión del procedimiento que debe seguirse para la puesta en marcha :**

**La identificación y caracterización de los objetivos y necesidades del sistema de riego :** los cultivos regados, las concentraciones aceptables de sustancias químicas y microorganismos, el caudal de agua necesario para el riego (y su variación según la hora del día y la época del año). Las concentraciones aceptables así como los caudales se determinan en función de los tipos de cultivos en cuestión, las características del suelo y el clima en la región. La identificación y caracterización de las fuentes de agua reciclada en potencial : las concentraciones sustancias **químicas** y microorganismos presentes y los caudales de agua disponibles.

**Las características de un eventual tratamiento adicional necesario :** este nivel debe definirse en función del estado de las aguas residuales a reciclar y de las necesidades del sistema de riego.

**La necesidad de instalaciones de almacenamiento y distribución del agua reciclada.** Pueden resultar necesarias instalaciones de almacenamiento para garantizar la disponibilidad del agua frente a las oscilaciones de la oferta y la demanda. La distancia entre la fuente y el lugar a regar es uno de los factores que influirá sobre la viabilidad económica del proyecto.

**El impacto medioambiental del sistema de riego,** sobre todo en lo relativo a la utilización del suelo, las condiciones hidrológicas de la región y el impacto en las capas freáticas.

Las aguas residuales (tratadas o no) contienen sustancias nutritivas para las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos, zinc, boro y azufre en proporciones muy variables. En algunas circunstancias, estos elementos pueden encontrarse en exceso con relación a las necesidades de las plantas y provocar efectos negativos tanto en los cultivos como en los suelos. Es necesario controlar periódicamente la cantidad de nutrientes presentes en el efluente para tener en cuenta las necesidades en fertilizantes de los cultivos regados. (fuentes Afssa y Fndae)

La presencia de algunas sustancias en el agua debe controlarse adecuadamente para garantizar una buena calidad del sistema de riego.

**Es necesario conocer sobre todo los siguientes elementos :**

**Salinidad :** niveles elevados de sales en el suelo pueden provocar una reducción de la productividad de la plantación, e incluso su total fracaso. La cantidad de sales presente en el agua utilizada para el riego afecta directamente a la salinidad del suelo. Esta cantidad puede medirse a partir de la conductividad eléctrica del agua o de la cantidad de sólidos totales disueltos.

**Sodio :** una proporción elevada de la concentración de sodio respecto a las concentraciones de magnesio y calcio (por encima de 3 : 1) puede reducir la permeabilidad del suelo. El crecimiento de las plantas resulta afectado, por consiguiente, por la indisponibilidad de agua en el mismo. Las aguas residuales presentan en general esta proporción particularmente elevada.

**Cloro :** las concentraciones de cloro pueden dañar a la mayoría de las plantas a partir de 5 mg/l, y a las más sensibles a partir de 0,05 mg/l. Las aguas residuales pueden presentar niveles elevados de cloro en función de los tratamientos efectuados en la fase inicial.

**Elementos o trazas de metales pesados :** las concentraciones elevadas de níquel, cadmio, molibdeno, zinc, cobre, plomo y mercurio pueden ser tóxicas para plantas y animales, estos últimos afectados por la propagación de algunos de estos elementos a lo largo de la cadena alimentaria.

Las características del agua utilizada para el riego influirán también en la definición de los mecanismos de distribución del agua. Los mecanismos de dispersión por inundación o escorrentía de superficie pueden dar lugar a la descarga de agua de riego en zonas inapropiadas. Además, las técnicas de aspersión

provocan la dispersión de las gotas de agua residual, lo que puede plantear problemas para los agricultores y zonas residenciales o de acceso público en las proximidades. Este tipo de técnica está incluso prohibida en algunas regiones para alimentos que se consumen crudos ya que el agua residual entra en contacto directo con el producto. Los aspectos vinculados a la elección de los métodos de riego se resumen en la siguiente tabla :

<b>Método de riego</b>	<b>Factores que influyen en la elección</b>	<b>Medidas especiales para la utilización de aguas residuales</b>
Inundación	Coste más reducido No es necesario desnivel Escaso rendimiento Poca protección de la salud	Protección completa de los agricultores y todas aquellas personas que entren en contacto directo con el producto, incluidos los consumidores
Escorrentía superficial	Coste reducido Desnivel necesario Escaso rendimiento Protección media de la salud	Protección de los agricultores y todas aquellas personas que entren en contacto directo con el producto, incluidos los consumidores
Aspersión	Coste de medio a elevado Rendimiento medio No es necesario desnivel Poca protección de la salud	Distancia mínima de las casas y zonas de acceso público Restricciones de la calidad del agua Filtración para evitar la obstrucción de los mecanismos
Microrriego	Coste elevado Alto rendimiento Rendimiento agrícola elevado Mejor protección de la salud	Filtración para evitar la obstrucción de los mecanismos No es necesario adoptar medidas de protección

**Tabla 1 : Factores que afectan a la elección de los métodos de riego y medidas especiales para la utilización de aguas residuales (adaptación de una fuente de la FAO)**

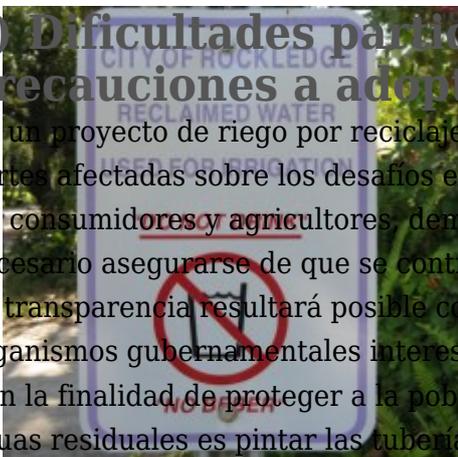
**Cartel que alerta a la utilización de agua reciclada para el riego Fuente [www.cityofrockledge.org/168/Wastewater](http://www.cityofrockledge.org/168/Wastewater)**

## **6) Dificultades particulares y soluciones o eventuales precauciones a adoptar**

En un proyecto de riego por reciclaje de aguas residuales, tal vez resulte necesario concienciar a todas las partes afectadas sobre los desafíos existentes. En primer lugar, es necesario garantizar la seguridad de los consumidores y agricultores, demostrando que su salud no corre peligro. En segundo lugar, es necesario asegurarse de que se controlará adecuadamente el impacto ambiental. Solo con una estrategia de transparencia resultará posible conseguir la aceptación de la población, los agricultores y los organismos gubernamentales interesados.

Con la finalidad de proteger a la población, una norma convencional adoptada en caso de reciclaje de aguas residuales es pintar las tuberías y equipos de otro color, en general de violeta. La utilización de agua reciclada debe indicarse también a través de carteles y paneles.

## **7) Principales ventajas e inconvenientes**



## a) Ventajas

La utilización de aguas residuales constituye una alternativa para la escasez de agua que asola a algunas regiones del planeta. Para los agricultores, representa una fuente fiable de agua. Además, el agua reciclada contiene en general nutrientes que permiten reducir los costes de fertilización.

El reciclaje de aguas residuales permite reducir el impacto medioambiental causado por el vertido de efluentes en el medio natural.

## b) Inconvenientes

Puede resultar necesario realizar considerables modificaciones de las plantas de depuración para garantizar la calidad del agua requerida para el riego.

Uno de los principales inconvenientes del riego por reciclaje de aguas residuales son las restricciones vinculadas a los retos de salud pública. Esto puede plantear problemas burocráticos, políticos y de aceptación por parte de la opinión pública. Un proyecto de riego que utilice el agua residual como fuente no siempre resulta económicamente rentable.

## 8) Coste

Los costes directos de un sistema de riego por reciclaje de aguas residuales están asociados principalmente a la infraestructura necesaria para la puesta en marcha del proyecto. En este marco, se incluyen los costes de una eventual modificación, ampliación o creación de plantas de tratamiento de efluentes, canalizaciones y depósitos necesarios y adaptación de los mecanismos de distribución de agua (sobre todo en lo relativo a las técnicas de aspersión y microrriego). Debe pensarse igualmente en los costes operativos y de mantenimiento del sistema de tratamiento y distribución. Entre los costes más o menos indirectos, pueden citarse los costes de restricciones de la producción agrícola, los costes de protección de los agricultores y otros obreros implicados, costes vinculados a la salud pública, a los efectos a largo plazo en el suelo y los costes medioambientales (muy específicos, vinculados en general a una discontinuidad del ciclo del agua).

Por otro lado, los beneficios generados por este tipo de sistema de riego pueden ser la reducción de los costes de captación de agua (principalmente los costes de bombeo), ahorro en fertilizantes y tratamiento del efluente (si no se retiran los nutrientes), la reducción de pérdidas consecuencia de una mayor fiabilidad del sistema y, finalmente, los beneficios medioambientales (que en general son más importantes que los costes) : la reducción de la captación de agua de los ríos y capas freáticas y de la contaminación causada por el vertido de efluentes en el medio natural.

## 9) Estudios de casos

Varios documentos relatan experiencias interesantes de riego por utilización de aguas residuales en países africanos. Pueden consultarse en línea en :

- En **Burkina Faso** : Resumen de un estudio de la Escuela Politécnica de Lausana (Suiza)

<http://infoscience.epfl.ch/record/1>

- En **Marruecos** : documento sobre una experiencia piloto en Marruecos :

<https://www.agrimaroc.net/2018/06/17/reutilisation-des-eaux-usees-en-agriculture-au-niveau-des-petites-et-moyennes-communes/>

- En **Argelia** :

<http://www.wademed.net/Articles/203>

**España** es asimismo un país que se sirve a menudo del reciclaje de las aguas residuales para hacer frente a la escasez de recursos hídricos que afecta a algunas regiones del país. La planta de depuración de efluentes de Castell-Platja d'Aro, inaugurada en 1983 en los alrededores de Barcelona, suministra agua a los agricultores de la región desde 2003. La planta produce 5,50 Mm<sup>3</sup> de efluente al año, 0,98 Mm<sup>3</sup> de los

cuales se trata a nivel terciario. Este último se utiliza para el riego agrícola (0,216 Mm<sup>3</sup>/año), el riego de terrenos de golf (0,510 Mm<sup>3</sup>/año) y el llenado de capas freáticas (0,213 Mm<sup>3</sup>/año). El resto del efluente se vierte en el mar.

Las granjas de la región producen principalmente leche, sus propios forrajes, cereales (invierno) y maíz (verano). En el municipio de Llagostera, los granjeros deben bombear el agua a profundidades que van de 80 a 120 m. Además, debe compartirse el agua disponible con los demás usuarios residenciales y los demás granjeros de las proximidades. La utilización de agua reciclada garantiza la disponibilidad de una fuente de agua para los granjeros.

Por un lado, los terrenos de golf necesitan agua tratada a nivel terciario ya que se trata de un lugar de acceso público donde existe un contacto directo con el césped. Por otro, los tratamientos terciarios eliminan los nutrientes que serían beneficiosos para la agricultura. La Agencia del Agua de Cataluña tiene, por lo tanto, dos opciones : producir dos efluentes con dos niveles distintos de tratamiento o un solo efluente tratado a nivel terciario. La primera opción no resulta ventajosa, por el elevado coste que suponen dos líneas distintas de tratamiento, que no se justificaría por el ahorro de fertilizantes artificiales que supondría para los granjeros.

La opción de aumentar la producción de efluente tratado a un nivel terciario, construir nuevas estaciones de bombeo, instalar nuevas canalizaciones y depósitos, requeriría una inversión de 7,7 millones de euros, de los que un 16% se destinaría a las instalaciones de tratamiento, un 48% a las canalizaciones y un 3% a las instalaciones de almacenamiento. Esta inversión sería compartida proporcionalmente por los usuarios (agricultores, terrenos de golf, municipios y la Agencia del Agua). La disponibilidad y la fiabilidad del agua reciclada y la reducción de los costes de bombeo hacen que la inversión resulte atractiva para los agricultores y los terrenos de golf. Además, la iniciativa permite reducir la presión en las capas freáticas en la región y la cantidad de efluentes vertidos en el mar (debe tenerse en cuenta que se trata de una región turística).

## 10) ¿Dónde encontrar más información ?

### a) Internet

- **FAO** (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). The wealth of waste : The economics of wastewater use in agriculture. [en línea] FAO : Roma, 2010. Disponible en :

<http://www.fao.org/docrep/012/i1629...>

**Otro documento** disponible en : <http://www.fao.org/docrep/w0312f/w0...>

- **FNDAE** : documento interesante, más antiguo y más detallado sobre el tema :

<http://www.fao.org/docrep/w0312f/w0...>

- **AFSSA** : “**Reutilización de aguas residuales tratadas para el riego**” :

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-EauxUsees.pdf>

- **SENAT** : Informe parlamentario - **La réutilisation des eaux usées urbaines** (la reutilización de aguas residuales urbanas). En : Rapport sur la qualité de l’eau et de l’assainissement en France de la Oficina Parlamentaria de Evaluación de las Opciones Científicas y Tecnológicas : 2003.) Disponible en línea en :

<http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l...>

### b) Bibliografía

- Manuel sur le traitement de l’eau contenant les aspects techniques très détaillés : MWH. Water Treatment - **Principles and Design**. 2 ed. John Wiley and Sons : New Jersey, 2005.

- Web oficial de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura : informes disponibles en inglés y francés. <http://www.fao.org/knowledge/goodpr...>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Distribuir >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e56-el-riego-por-reciclaje-de>