

# Curso de Operario de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

AGUASRESIDUALES.INFO



Asociación Española de Operadores  
Públicos de Abastecimiento y Saneamiento



Módulo 10. Procesos de regeneración de agua residual

Rafael Mujeriego

Catedrático de Ingeniería Ambiental, UPC

Presidente de la Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA)

# Objetivos

- Presentar el papel de la regeneración como una etapa complementaria de la depuración
- Resumir los objetivos y condicionantes de la depuración y la regeneración
- Caracterizar los parámetros de calidad aplicables a la regeneración
- Describir ejemplos emblemáticos de regeneración
- Plantear los retos de percepción y aceptación de la reutilización
- Explorar el futuro docente y experimental del operario de una estación de regeneración de agua (ERA)



# Terminología

- **Depuración:** tratamiento para que el agua satisfaga las normas de calidad aplicables ***a su retorno (vertido) al medio receptor***
- **Regeneración:** tratamiento adicional para satisfacer las normas de calidad del ***“aprovechamiento” o “uso”*** del agua considerado (diversidad de calidades en función del uso)
- **Reutilización:** poner el agua regenerada a disposición del usuario considerado: regulación hidrológica, transporte y normas de uso
- **El Retorno** (vertido) al medio receptor (incidental/de facto) no está considerado en ciertos países como reutilización (administrativa): es simplemente ***una mejora de la depuración***



# Depuración

- **Variabilidad temporal** en cantidad y calidad del afluente
  - Condiciona la operación de los procesos unitarios
  - Especialmente en redes unitarias: la aportación de lluvia
  - Mitigada mediante el uso de tanques reguladores (*equalization tanks*)
- **Ajustes permanentes** en los **flujos de aportes** (agitación, oxígeno) y **flujos de extracciones** (arenas, restos de rejillas, fangos)
- **Un reto significativo:** producir un efluente depurado que **satisfaga las normas de calidad** (mínimas, medias, ponderadas)
- **Retorno (*emisarios*)** al medio receptor: permite adecuarse a las variaciones de calidad, sin exigencias particulares sobre el caudal

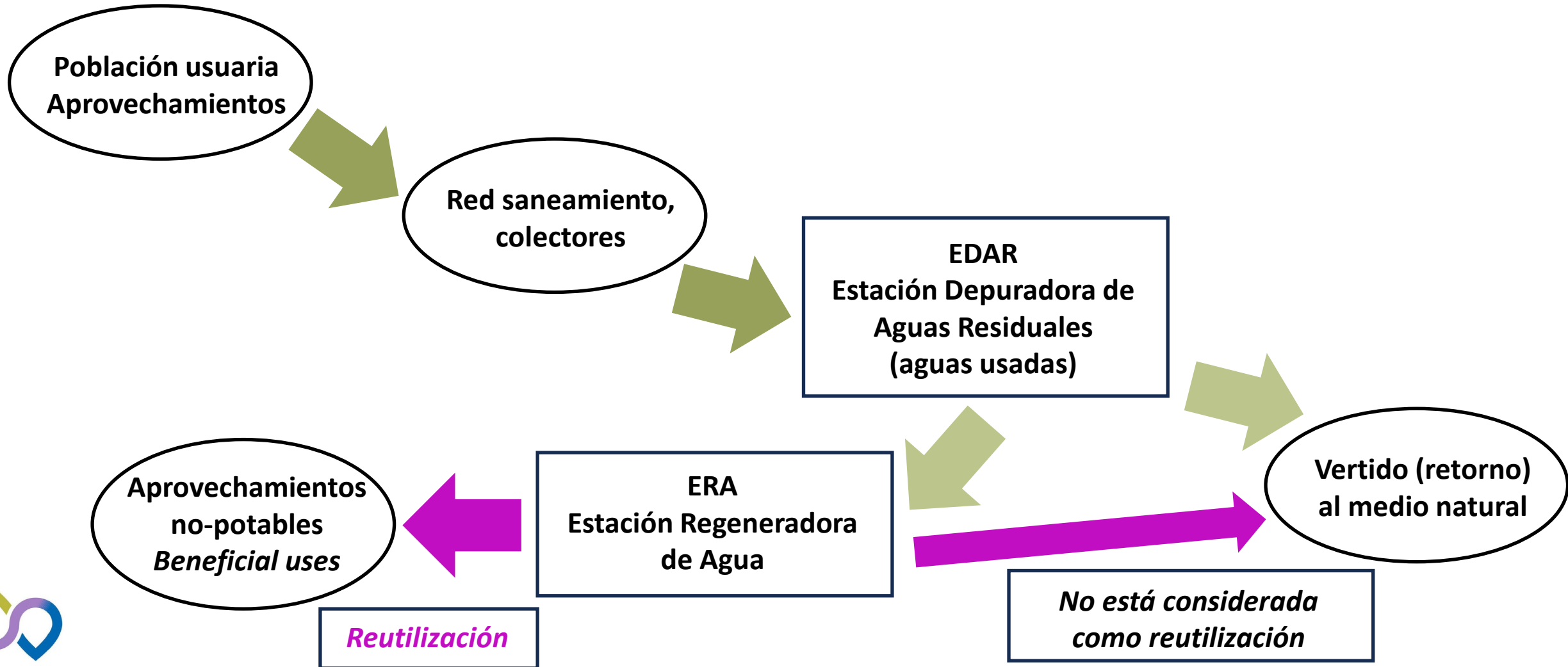


# Regeneración

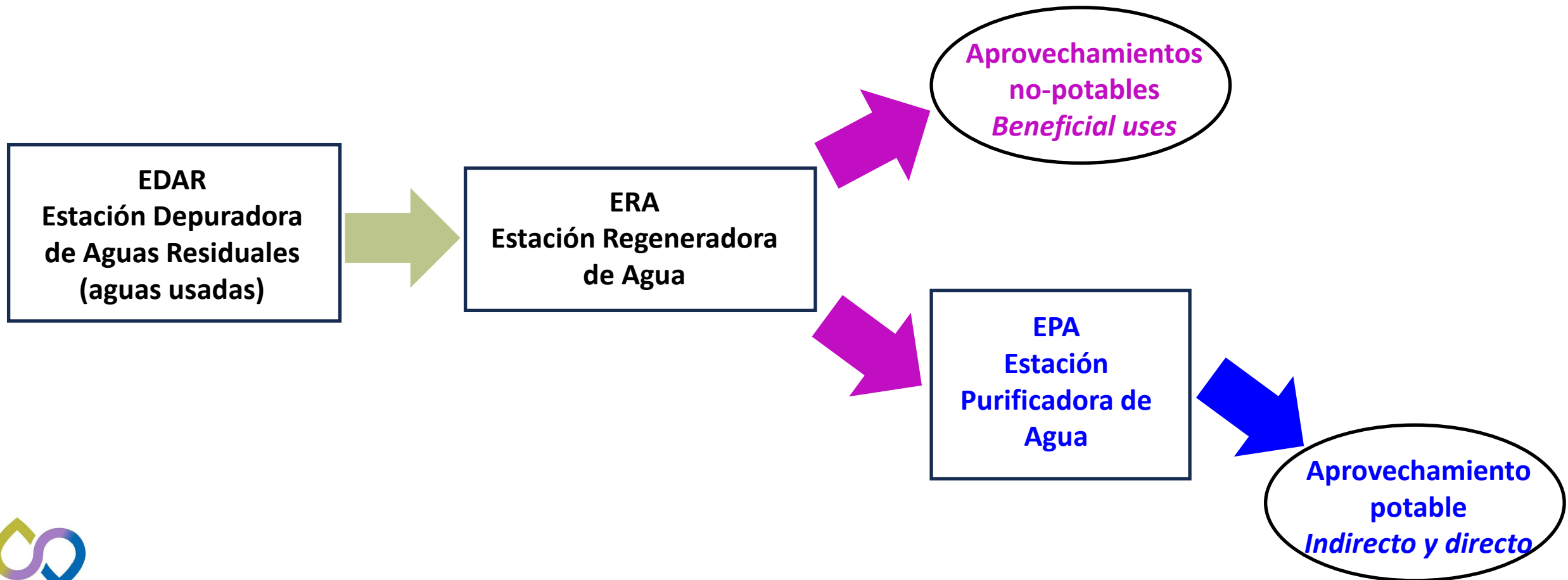
- Procesos físico-químicos y biológicos, cuya eficiencia óptima se alcanza mediante su explotación en **régimen continuo y estable**
  - **Conveniencia de disponer de un sistema regulador (caudal y calidad)** del efluente depurado: la materia prima de la regeneración
- Procesos de regeneración **diversos/específicos** para satisfacer las **normas de calidad del uso/aprovechamiento** considerado
  - **La Estación Regeneradora de Agua (ERA)**
  - **Punto de muestreo para verificación de las normas de calidad**
- Regeneración **no es sinónimo de tratamiento terciario (N, P)**



# Depuración y regeneración “*no potable*”



# Regeneración y “*purificación*” de agua



# Reutilización

- Poner el agua regenerada a disposición de los usuarios
- Un **sistema de regulación/almacenamiento**: adecuar la producción de agua regenerada a la demanda de los usuarios
  - Instalado dentro/fuera de la Estación Regeneradora de Agua (ERA)
  - Puede pertenecer a los usuarios, para regulación parcial o completa
- **Red de transporte y distribución** del agua regenerada:
  - Responsabilidad del usuario/aprovechamiento, generalmente
- **Normas de uso** (formas, horarios, o “*sin limitaciones*”) del agua regenerada





# Categorías de reutilización

- **Usos no potables:** el agua regenerada *no es ingerida por las personas*
- **Usos potables:** el agua regenerada *es ingerida por las personas*, indirecta o directamente, incluso mezclada con fuentes superficiales
- **Platea una diversidad de normativas** para el agua regenerada:
  - Riego agrícola y de jardinería (no potable)
  - Recarga de aguas superficiales, embalses o ríos (RPI)
  - Recarga de acuíferos por infiltración o inyección (RPI)
  - Incluyen tampón ambiental: mezcla con otras fuentes de agua (RPI)
  - ***Exigencia RPI en CA: más de 2 meses de retención ambiental***
  - RPD: acceso a la red (sin tampón ambiental), antes/después de la estación potabilizadora (requiere mezcla uniforme con otras fuentes)



# Retos de la regeneración

- Protección de la salud pública y ambiental:
  - Parámetros de calidad químicos y microbiológicos
  - Aplicación de Plan de gestión de riesgos. **Reglamento UE 2020/741**
  - Utilización de puntos críticos de control (industria alimentaria)
  - Barreras-múltiples, redundancia, resiliencia, robustez
- Costes de producción:
  - Comparables a costes de fuentes naturales actuales, no pasadas
  - Ofrece fiabilidad, frente a la irregularidad mediterránea
- Comunicación y transparencia:
  - Ante el público, las administraciones y el sector profesional



# Procesos de regeneración no potable

- Regeneración no potable o **básica**
- Énfasis especial en la protección de las fuentes de contaminación
- **Procesos similares a los de potabilización** (efluente secundario):
  - Reducción de la materia en suspensión: turbiedad < 2 UNT
  - Reducción o supresión de ciertos contaminantes orgánicos
  - Reducción de la salinidad y nutrientes: efectos sobre los cultivos
  - Desinfección (inactivación) de parásitos, bacterias y virus
- Exigencia de rendimientos optimizados: con caudales y calidades uniformes y estables, mediante depósitos reguladores

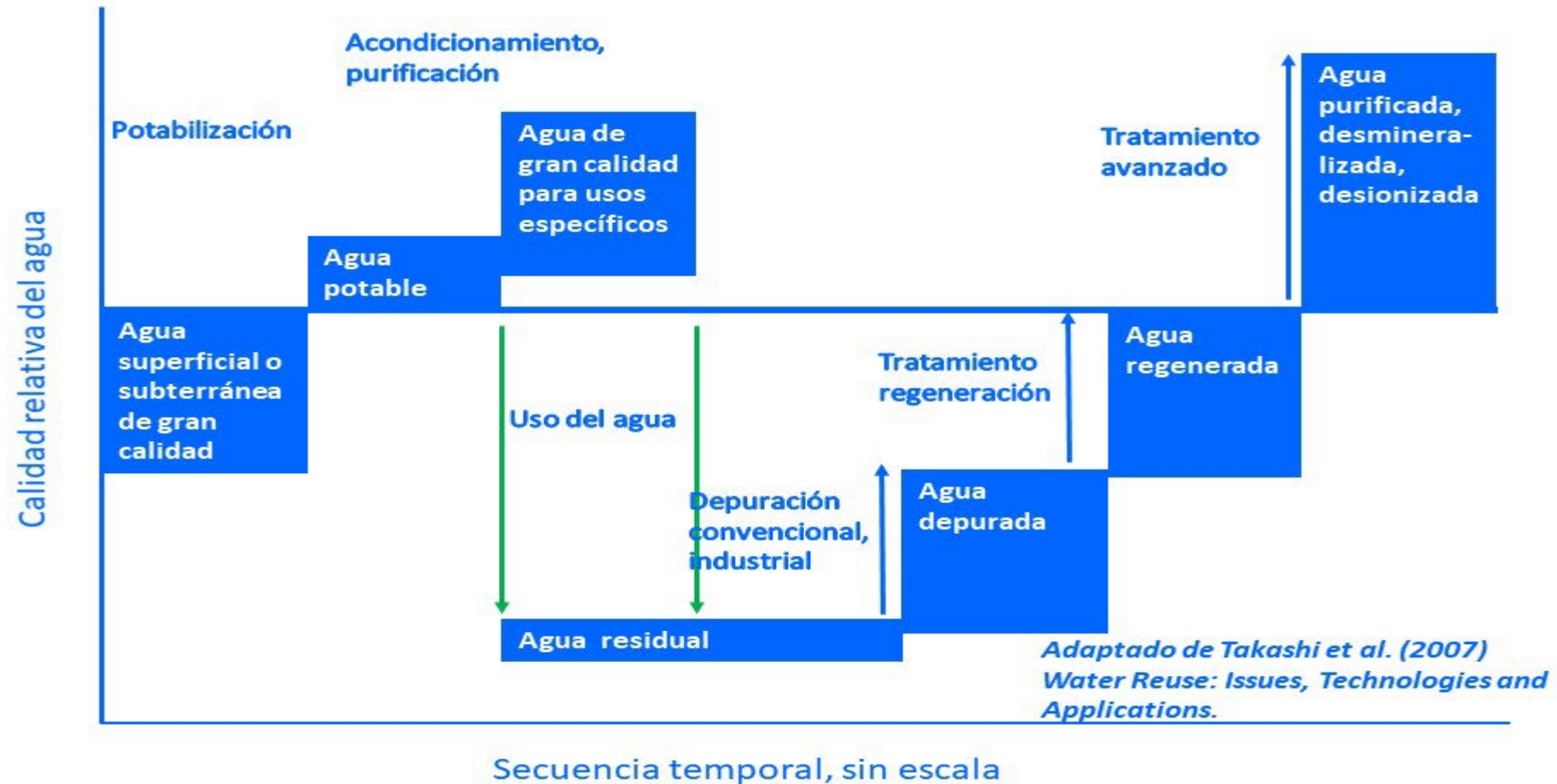


# Regeneración avanzada o *purificación*

- Posterior/consecutiva/adicional a la regeneración básica
- Procesos propios de la ***desmineralización del agua y la supresión de materia orgánica disuelta*** (CPE)
  - Microfiltración, ultrafiltración
  - Ósmosis Inversa en sus diversas formas operativas
  - Adsorción en carbón activado
  - Desinfección y oxidación avanzada: luz UV y agua oxigenada
- Utilizando los beneficios de la estancia y la dilución en medio natural: embalse o acuífero, la RPI
- ***Posible planteamiento normativo***: agua purificada a la salida de la estación purificadora de agua o en la extracción del medio natural



# Una visión conceptual



# Retos operativos

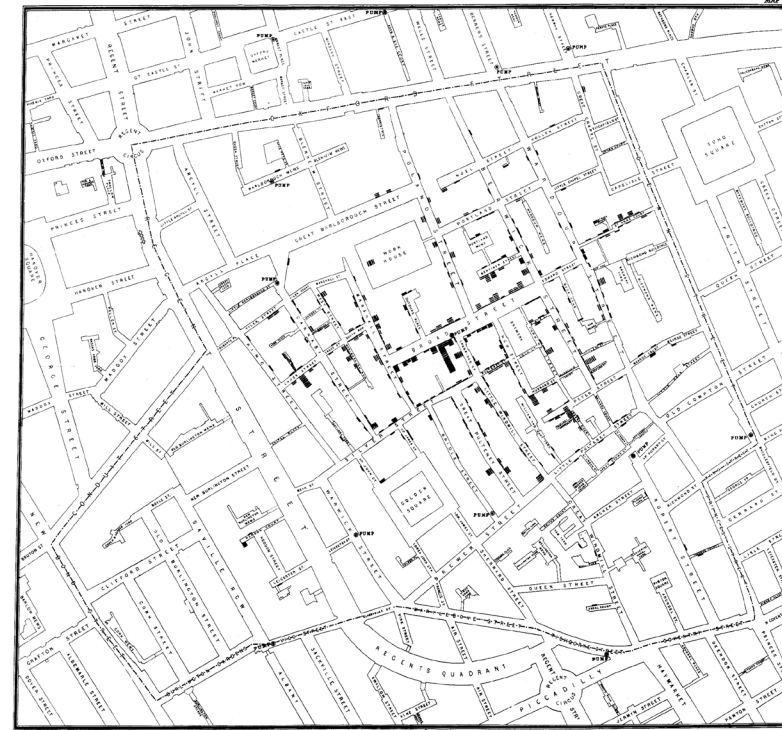
- Implica competencias técnicas ***propias de la potabilización del agua***
- Parámetros adicionales a la depuración: turbiedad, microbiología, contaminantes orgánicos (farmacéuticos e higiene personal)
- Conocimiento de su ecología, significación y métodos de detección
- Límites normativos:  $\mu\text{g/L}$ ,  $\text{pg/L}$ ,  $\text{ng/L}$
- Parámetros muy numerosos y diversos:
  - Directiva UE 2020/2184 – RD 3/2023
- Los ***posibles incumplimientos de calidad*** requieren protocolos de actuación muy específicos y urgentes: *efectos sobre la salud pública*



# Percepción epidemiológica

John Snow, 1813 – 1858

1854 Broad Street cholera outbreak

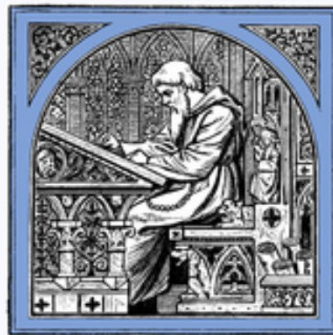


Original map by John Snow showing the clusters of cholera cases (indicated by stacked rectangles) in the London epidemic of 1854. Wikipedia

# Fuentes superficiales propuesta: UK, 1868

## On the Pollution of the Rivers of the Kingdom

Fisheries Preservation Society



1868

Exported from Wikisource on September 12, 2024

En 1858, una Comisión Real sobre el agua residual de ciudades llegó a la siguiente conclusión:

*"That the increasing pollution of the rivers and streams of the country is an evil of national importance which urgently demands the application of remedial measures"*

**Se inicia el requisito normativo de captar aguas de consumo en zonas libres de afección por vertidos de aguas residuales...**





# El gran reto actual: legitimizar la reutilización

- Reutilizar del agua: una iniciativa innovadora que afronta su legitimación
- Contradice el *statu quo* normativo, de percepción y pragmatismo de uso
- El público y el sector profesional cuestiona su beneficio por:
  - estar moralmente estigmatizada
  - entrar en conflicto con la reglamentación
  - ser incomprensible para muchos usuarios y expertos
- Posibles iniciativas fundamentales para superarla:
  - normativas y apoyo de las autoridades sanitarias y de recursos hídricos
  - Implantación, seguimiento y divulgación de proyectos de demostración



# Logros de la reutilización en España

- Disponemos de numerosos proyectos emblemáticos de reutilización no potable
  - Para riego agrícola y de jardinería
  - En zonas costeras mediterráneas, donde la reutilización permite aumentar los recursos disponibles
  - Ofrece recursos hídricos fiables, protegidos de las sequías pluviométricas e hidrológicas
  - Una opción utilizada (por necesidad) para la recarga de ríos, como el río Llobregat en Barcelona en 2023 y 2024
- Y también de proyectos de reutilización avanzada/purificación:
  - El Camp de Tarragona, proyecto Aiguaneix en Roses (Girona)



# Perspectivas: urgencia y necesidad

- La creciente irregularidad pluviométrica del clima mediterráneo está propiciando la ***necesidad inevitable y urgente de la reutilización***
  - No potable, potable indirecta e incluso potable directa
- La reutilización en zonas costeras de California está considerada como inevitable y urgente:
  - Aporta recursos adicionales, fiables, locales y económicos
  - Está avanzando a buen ritmo
  - Está previsto disponer de soluciones suficientes en 2035
- Complementada con ***regulación hidrológica en acuíferos y embalses en derivación***



# Referencias emblemáticas en ASERSAgua.es

- Numerosos proyectos de **regeneración y reutilización no potable**
  - Con gran potencial de documentación, transparencia
  - Aceptados e impulsados por estricta necesidad
  - Con amplios debates sobre su financiación y regulación normativa
- Buen número de proyectos de **reutilización en uso industrial**
  - Usos muy diversos: desde la refrigeración hasta el agua de calderas
  - Usos innovadores: fabricación de cerveza artesanal
- Creciente número de proyectos de **purificación y reutilización potable**
  - Basados en tecnologías de potabilización del agua
  - Gran despliegue comunicador: percepción y aceptación
  - Aceptados e impulsados por acuciantes necesidades de agua





Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua

Inicio

Quiénes somos

Socios ▾

Noticias

Actividades ▾

Publicaciones ▾

FAQ sobre R&R

Contacto

## ASERSA Open Webinar Series 2020, 2021, 2022 y 2023



ASERSA Open Webinar Series



ASERSA Webinario #1



ASERSA Webinario #2



ASERSA Webinario #3

## Webinarios sobre Regeneración, Reutilización y Gestión Integrada del Agua



# AWWA Journal, octubre 2024

● ● WATER 2050

## Prioritize Conservation and Reuse for a Better 2050

David A. Goldwater

**W**hen we try to picture what life will look like in 2050, it feels far away. But in the world of water, 25 years will fly by. Our expansive industry covers so many places and processes, and a single project can take years to complete. Real change, whether in our infrastructure or our outlook, takes significant time.

That's where we find ourselves today. We are facing unprecedented challenges and once-in-a-generation opportunities to change the way water works in our world—for the better. Water is the most precious, valuable resource we have on the planet, and it's essential that we protect it.

Conservation and reuse are key to this discussion. As many of us have witnessed, our society hasn't valued water the way it should, both nationally and globally. We see water as a human right and treat it as though it is a limitless resource. The reality is that although water is the most important and life-sustaining substance in the world, it isn't a given right. It takes significant invest-

San Diego's drinking water supply locally by the end of 2035 while cutting ocean discharges, will help move the needle toward a responsible, sustainable mindset. Just imagine the difference it would make if this type of program were implemented in cities around the globe.

**We've been drinking reclaimed wastewater for years—but consumers have never been a big part of that conversation.**

Educate the Public



# AWWA, Opflow, octubre 2024

## Water Reuse

<https://doi.org/10.1002/opfl.2006>

Keisuke Ikehata is an assistant professor at Texas State University, San Marcos, Texas. Hunter Adams is water source and purification superintendent, City of Wichita Falls, Texas. Mark Southard is utilities operations manager, City of Wichita Falls. Steve Ash is regional manager, Texas A&M Engineering Extension Service, College Station, Texas. Daniel K. Nix is executive director, Texas Section, AWWA. Eva Steinle-Darling is water reuse practice director, Carollo Engineers, Austin, Texas. Christina Montoya-Halter is communications and marketing manager, El Paso Water, El Paso, Texas.

Understanding the increased use and practicality of water reuse will help operators when reuse is implemented in their system.

**BY KEISUKE IKEHATA, HUNTER ADAMS, MARK SOUTHARD, STEVE ASH, DANIEL K. NIX, EVA STEINLE-DARLING, AND CHRISTINA MONTOYA-HALTER**

# OPERATORS NEED TO KNOW WATER REUSE





## Water Reuse

[CONTACT US](#)[Water Reuse Home](#)[Basic Information](#)[Water Reuse Action Plan](#)[WRAP Online Platform](#)[Recent and Upcoming Activities](#)[Latest Quarterly Update](#)[Resource Hub by End-Use](#)[Water Reuse Information Library](#)[REUSExplorer Tool](#)

# Water Reuse/Advanced Water Treatment Training Resources

The list was prepared in coordination with the American Water Works Association and U.S. EPA and represents a compilation of available water reuse training opportunities in fulfillment of [Action 9.2](#) in the Water Reuse Action Plan (Support and Promote Opportunities for Creating a Skilled Workforce). This compilation may not be fully comprehensive. Please contact Erin Messner ([emessner@awwa.org](mailto:emessner@awwa.org)) to contribute additional information to this list.

*Note: General information about water/wastewater operator licensure, including local licensing and training contacts, calendars, and links, may be accessed at [Work for Water](#) [↗](#), a website maintained collaboratively by the American Water Works Association and Water Environment Federation. Many sites maintain local/regional training calendars that are continuously updated with available training opportunities, including advanced water treatment and water reuse training, where it is offered.*





## Water Reclamation

### Water Challenges and Opportunities in the 21st Century

Aging infrastructure. Increasing costs. Changing technologies. Protecting public health. Improving the water environment. These are among the many issues and opportunities challenging water reclamation – a vital \$100 billion/year industry that includes wastewater treatment facilities, collection systems, and water resource recovery programs.

Imagine tackling such issues while helping your organization take advantage of the latest developments and opportunities. The UW-Madison Certificate in Water Reclamation is designed to help you and your organization succeed.

#### Benefits

- Learn to evaluate and apply the latest technologies and processes in water reclamation, and how to improve your own individual facilities, projects, and programs.
- Improve your ability to communicate across multiple disciplines,

[Sign-up and Begin Receiving Updates!](#)



The Certificate in Water Reclamation is built on UW-Madison's nationally

recognized continuing education courses in water reclamation, engineering, and management. The instructors are recognized experts from academia, consulting, industry, and public sector agencies. Each course is designed to combine key principles, case studies, problem solving, and interactive discussions. Courses are regularly updated to include the most relevant practices and insights. Each course provides continuing

# Conclusiones

- La regeneración ofrece nuevos recursos hídricos en zonas costeras, fiables, locales y autosuficientes: una aportación esencial para la gestión de los recursos en zonas de clima mediterráneo
- Es un nuevo sector profesional enfocado en el efluente depurado y guiado/inspirado por la potabilización del agua
- Una profesión basada en conceptos y experiencias científicas y técnicas novedosas y convencionales, con gran capacidad de comunicación y transparencia sobre su percepción y sus costes
- Disponemos de proyectos emblemáticos, locales e internacionales, en los que evidenciar su potencial para adaptarnos a los nuevos retos de irregularidad y fiabilidad pluviométrica e hidrológica



# Gran oportunidad formativa

- Conviene impulsar una titulación profesional
  - Basada en la depuración y guiada por la potabilización
  - Incluyendo aspectos científicos y técnicos innovadores
  - Con nuevas competencias en gestión de riesgos
  - Con una mayor capacidad de comunicación y transparencia
- Complementada con estancias formativas en ERA
  - Disponemos de numerosos proyectos emblemáticos
  - Para los más diversos usos: no potables y potables
- Enfatizando la perspectiva de regenerar agua, como complementaria a la de depurarla y retornarla al medio (vertido)





# MUCHAS GRACIAS



**+ INFORMACIÓN**  
info@aeopas.org  
955 40 85 06

