



Universidad
Politécnica
de Cartagena

AGUA Y SOSTENIBILIDAD LA REUTILIZACIÓN DE GUAS EN ESPAÑA Y EUROPA. PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Experiencias de reutilización: uso urbano, regadío, ambiental, industrial

José Manuel Moreno Angosto
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL
Área de Tecnologías del Medio Ambiente
Jm.angosto@upct.es. Teléf. 968-327077

Diciembre 2016

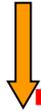


ALCANTARILLADO

ARI

LÍMITE VERTIDO

VERTIDO
REUTILIZACIÓN



EDARs

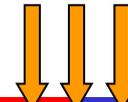
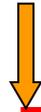
CANON SANEAMIENTO

MEDIO
RECEPTOR

CAUCE PÚBLICO

ARI

LÍMITE VERTIDO



CANON DE CONTROL
DE VERTIDO

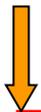
C.H.S.
TRAMOS

MEDIO
RECEPTOR

MAR

ARI

LÍMITE VERTIDO



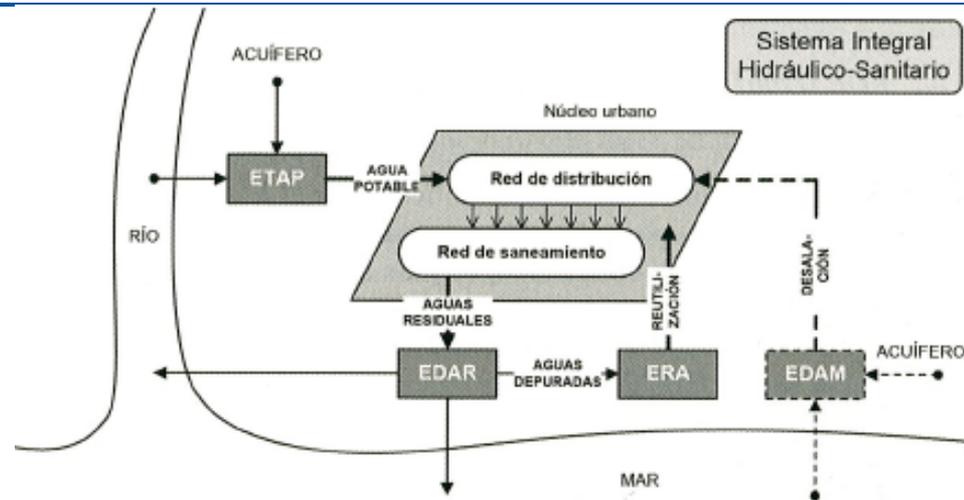
CANON DE VERTIDO

C.A.R.M.

MEDIO
RECEPTOR



SISTEMA INTEGRAL HIDRÁULICO-SANITARIO



Elementos del sistema:

- **ETAP** (Estación de Tratamiento de Agua potable): Potabilización
- **EDAR** (Estación Depuradora Aguas Residuales): Depuración
- **ERA** (Estación Regeneradora de Aguas): Regeneración
- **EDAM** (Estación Desaladora de Agua de Mar): Desalación
- Captaciones
- Conducciones

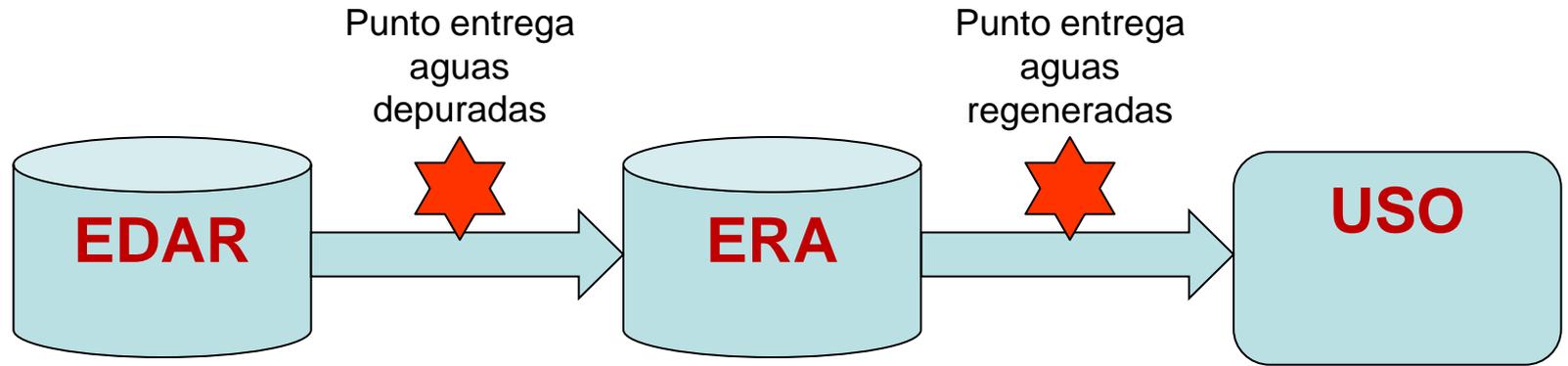
Recursos de agua:

Convencionales:

Superficiales: ríos, lagos
Subterráneos: acuíferos

No convencionales:

Reutilización
Desalación



Estación depuradora de aguas residuales

Objetivo: entregar el agua depurada cumpliendo los valores límites de vertido

Estación regeneradora de aguas

Objetivo: obtener y mantener el agua regenerada en los niveles de calidad exigibles en función del uso

Objetivo: mantener la calidad del agua regenerada en función del uso



Beneficios reutilización para uso agrícola

- Aumento recursos hídricos disponibles no convencionales
- Reduce el consumo de fertilizantes (NPK)
- Mejora el suministro (época estival)

Posible problemas reutilización para uso agrícola

- Posible salinización de la tierra (B, Na)
- Posibles problemas contaminantes emergentes



Experiencia reutilización regadío

Agua riego



Cultivos



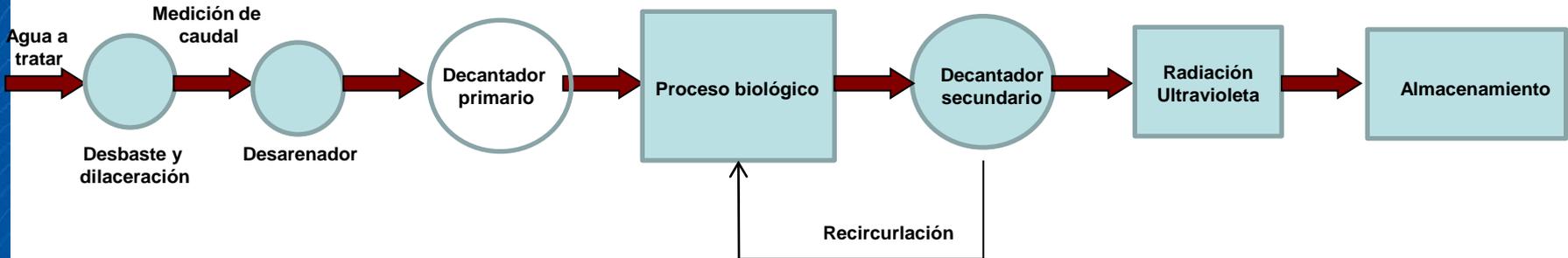
Inundación

**Sistema
riego**

Surcos



Esquema EDARs. Agua empleada para reutilización (ARD)



SS (mg/L)	DQO (mg O ₂ /L)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	CE (dS/m)	pH
8.20	34.60	14.30	3.22	7.52

En general ausencia metales pesados (niveles traza; ppb)

COLIFORMES FECALES (UFC/100 ML)	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ML)	<i>E. COLI</i> (UFC/100 ML)
6.3 x 10 ²	2.5 x 10 ⁵	2.2 x 10 ³



Agua trasvase Tajo-Segura

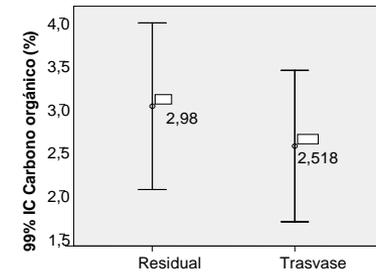
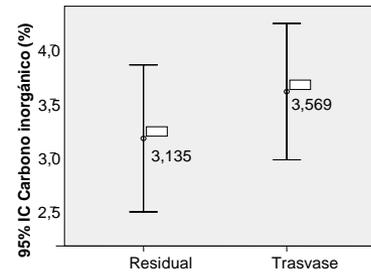
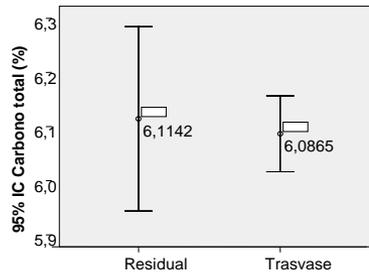
pH	CE (dS/m)
7.80	1.12

- **Ausencia de metales pesados**
- **Ausencia de microorganismos patógenos**

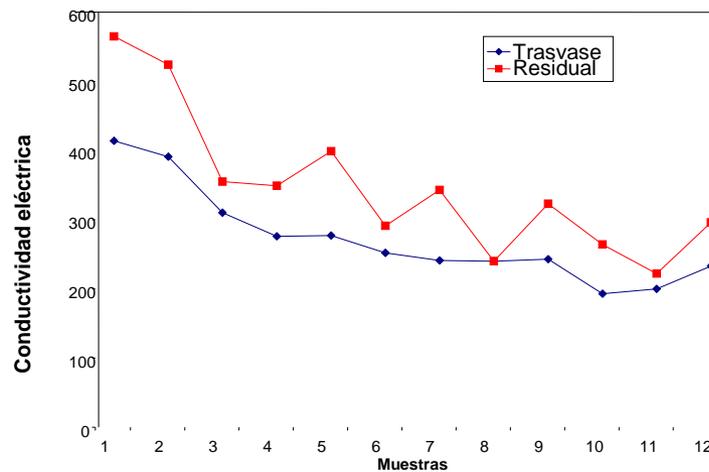


Resultados

Carbono



CE extracto saturación suelo





Resultados

Metales pesados (ppb)

METAL	Zn		Cd		Fe		Pb	
Tipo agua	R	T	R	T	R	T	R	T
N=15	671.2	684.2	1.99	1.98	4819.8	4660.5	638.61	665.7
Metal	Cr		Co		Ni		Cu	
Tipo agua	R	T	R	T	R	T	R	T
N=15	211.5	312.2	43.7	44.5	346.8	348.8	245.1	254.5

Microbiología

Parámetro	Alcachofa		Brócoli	
	agua residual	agua trasvase	agua residual	agua trasvase
E. Coli	$<1,1 \times 10^1$ ufc/g	$<1,0 \times 10^1$ ufc/g	$<1,0 \times 10^1$ ufc/g	$<1,0 \times 10^1$ ufc/g
Coliformes totales	$1,1 \times 10^5$ ufc/g	$5,7 \times 10^5$ ufc/g	$2,5 \times 10^3$ ufc/g	$2,9 \times 10^3$ ufc/g
Salmonella sp.	Ausencia /25g	Ausencia /25g	Ausencia /25g	Ausencia /25g



Conclusiones

- ❑ Se observó un aumento en el porcentaje de carbono total y carbono orgánico en las parcelas regadas con ARD.
- ❑ No se encontraron diferencias con significación estadística para los niveles de metales pesados acumulados en suelo.
- ❑ Los rendimientos de los cultivos fueron similares en ambas parcelas.
- ❑ Los niveles de microorganismos patógenos encontrados en los cultivos eran similares (proximidad parcelas, maquinaria, prácticas cultivo, etc.).
- ❑ Una correcta depuración y desinfección de las aguas residuales depuradas puede suponer un incremento de los recursos hídricos disponibles en zonas semiáridas.



Recomendaciones

- Vigilar que las empresas cumplan de manera estricta con los límites de vertido establecidos en la correspondiente autorización de vertido.
- Incidir especialmente en los procesos de desinfección, y posterior mantenimiento de las condiciones del AR en función del uso del agua.
- Intensificar la eliminación de sales para obtener un agua que sea apta para el riego de cultivos más sensibles.



Experiencia reutilización industria

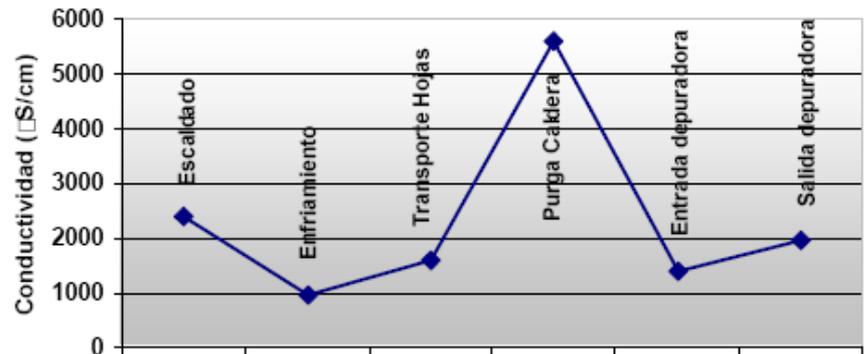
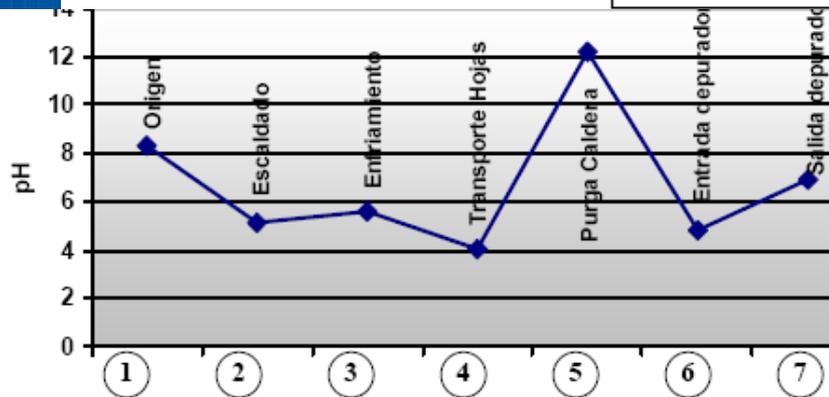
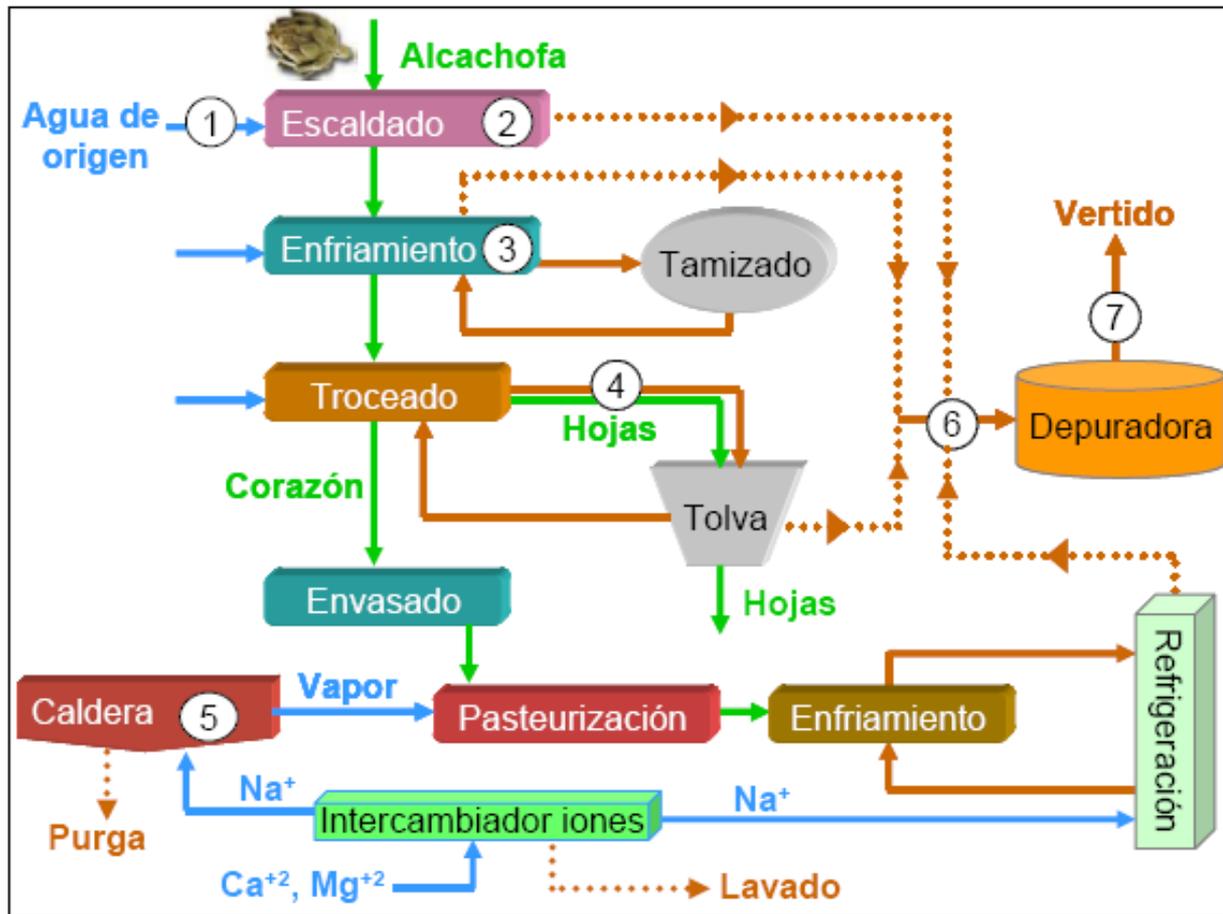
REUTILIZACIÓN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- Revalorización de un residuo
- Aumentar la disponibilidad de recursos hídricos
- Aprovechar constituyentes del agua residual (materia orgánica y nutrientes).
- Efecto depurador del suelo (tratamiento terciario)
- No incorporan productos ni reactivos de naturaleza tóxica



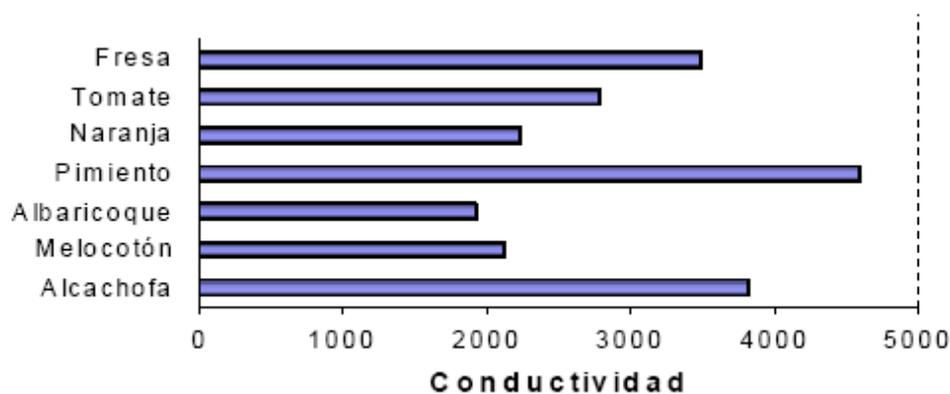
Características ARI:

- ✓ Agua utilizada en los procesos de fabricación.
- ✓ Variabilidad estacional.
- ✓ Composición heterogénea.
- ✓ Variabilidad en equipos de fabricación
- ✓ Presencia de sólidos en suspensión (calibrado, pelado, etc.)
- ✓ Elevada carga orgánica (sustancias extrañas eliminadas o mermas)
- ✓ En algunos casos: $CE \uparrow$ y pH extremos.
- ✓ Presencia o no de tanque de homogeneización, etc.





Resultados

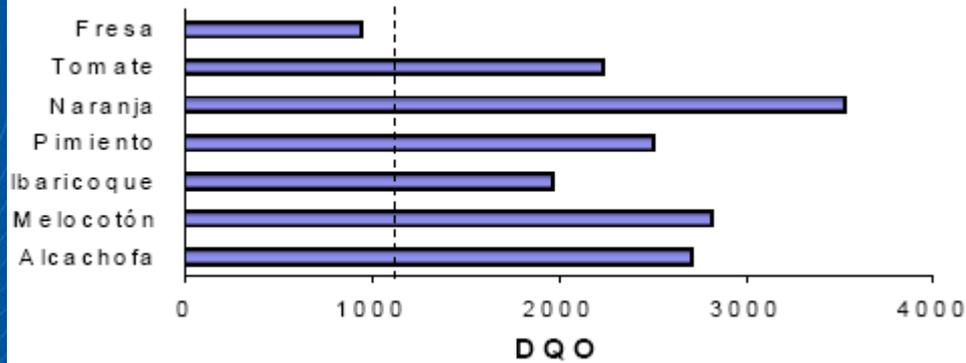


Principal factor limitante
Influye mucho el origen
Incorporación de sales
Tipo de proceso elaboración

- **Procesos con pelado químico incorporan muchas sales.**
- **Mejor pelado con sales que no contengan Na (potasa).**
- **Para las aguas de servicios, mejor ósmosis inversa que descalcificación por intercambio de Na.**
- **Sustituir los transportes con agua por sistemas mecánicos si lo permite el material a transportar.**



Resultados



Biodegradable
Ausencia compuestos tóxicos
Efecto beneficioso
Condiciones anaerobias y olores

- Si generación y demanda no coinciden, contemplar la gestión y almacenamiento del agua depurada.
- El almacenamiento va a mejorar la reducción de materia orgánica y de patógenos.
- Aguas con conductividades superiores a 5000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, no se deberían utilizar para riego agrícola.
- Los niveles de coliformes fecales son elevados, por lo que hay que controlar este parámetro (separación de aguas, cloración, etc.).



Algunas conclusiones

- La carga orgánica de las aguas residuales de la IC es de origen vegetal, no tóxica (biodegradable)
- La conductividad de las aguas residuales es relativamente alta. El 50% de las aguas generadas en el sector conservero tienen una conductividad por debajo de 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, lo que las hace muy interesantes desde el punto de vista agrícola.
- La eliminación de nutrientes N y P exigida por la Directiva, no tiene sentido en este caso.
- No contienen metales pesados ni otros iones tóxicos en general.
- El correcto almacenamiento de las aguas depuradas, durante prolongados espacios de tiempo disminuye la posible presencia de microorganismos patógenos.
- Las características de las AR no son permanentes, por lo que su uso agrícola debe ir acompañado de un programa de control y seguimiento que asegure la calidad de las mismas para este fin.