



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MasterClass 15



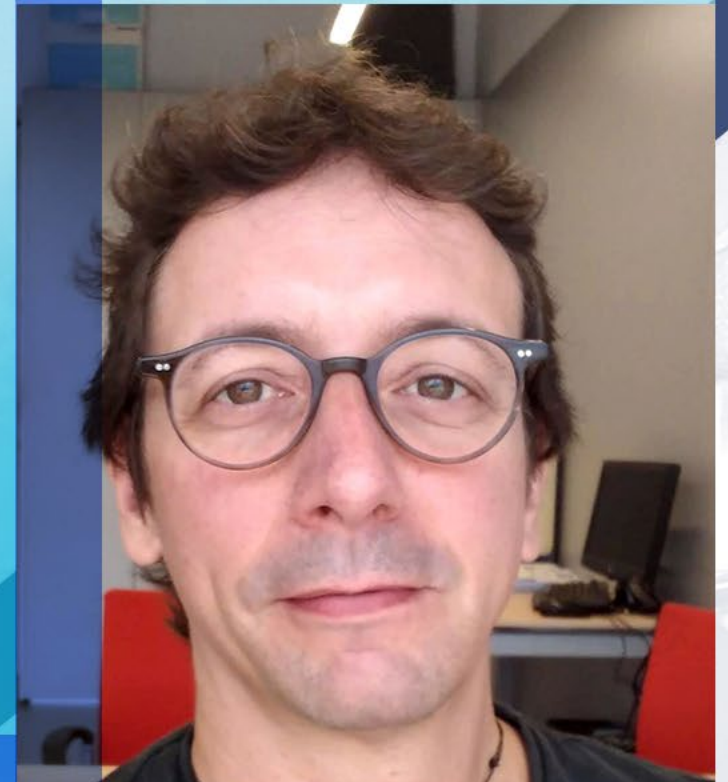
“Adaptación de las EDAR al nuevo
Reglamento 2020/741 sobre
reutilización de agua para riego”

Patrocinada por:



Luis Borrás

Profesor Titular del Departamento de Ingeniería
Química de la UV
Investigador del Grupo CALAGUA
de la UV-UPV



II Ciclo de 20
MasterClass

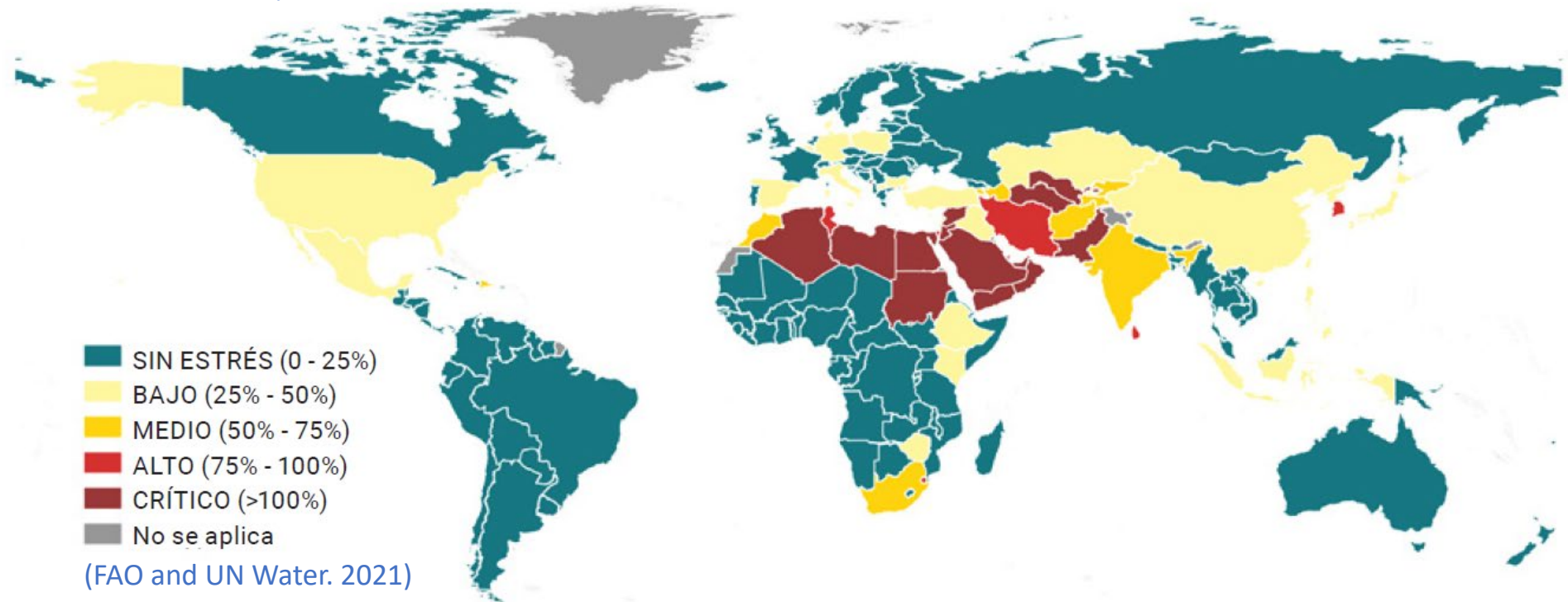
AGUASRESIDUALES.INFO

- Necesidad de la reutilización
- Tratamiento terciario. Comparación de las tecnologías
- Tratamiento cuaternario. Eliminación contaminantes emergentes
- Tecnologías que aprovechan los nutrientes
- Marco Normativo
- Borrador nueva directiva aguas residuales
- Aspectos socioeconómicos
- Conclusiones

Necesidad de la reutilización

- Disponibilidad de agua dulce
- Necesidades de agua para riego en España
- ¿Cuánto se regenera?

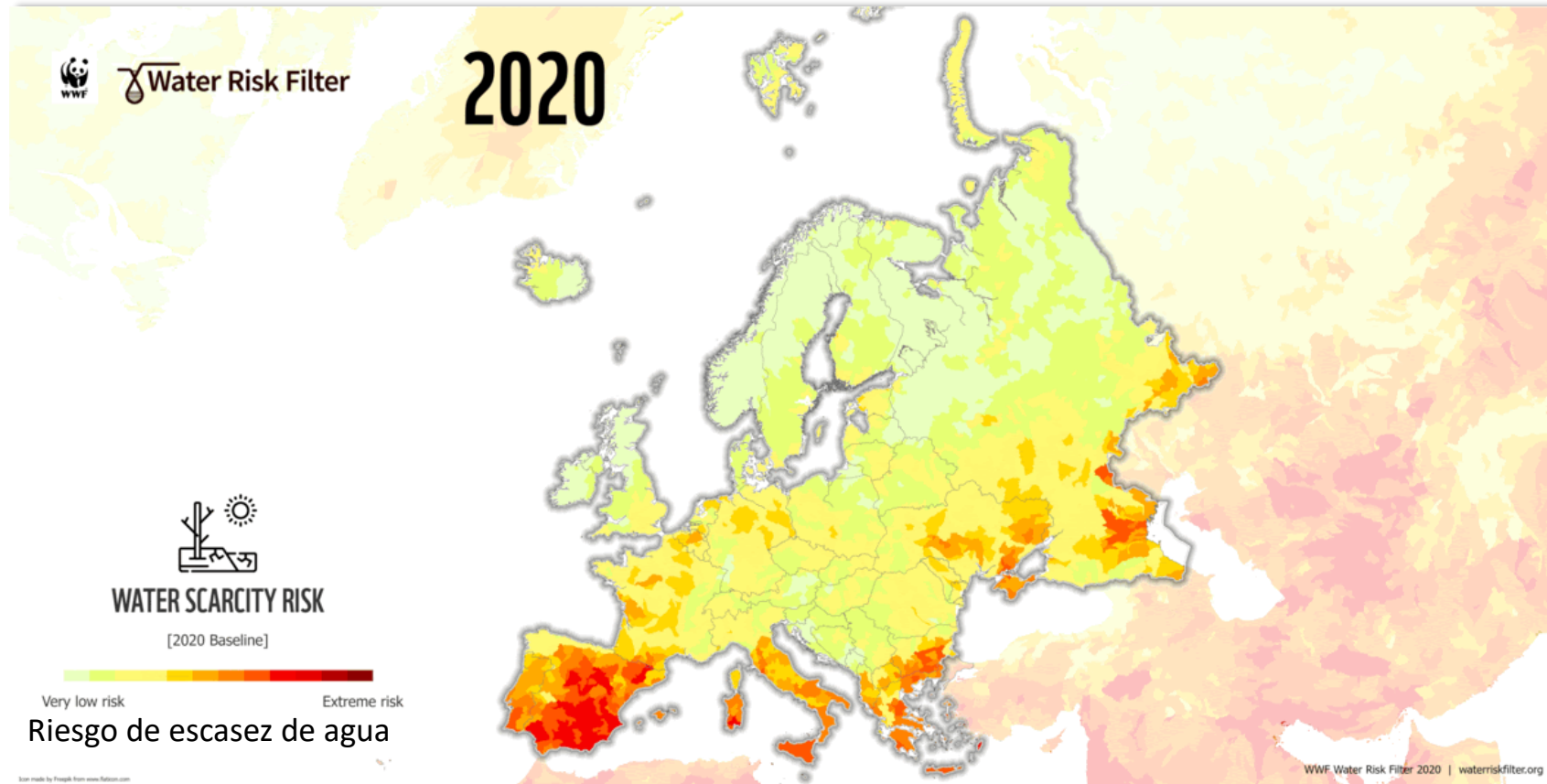
- Disponibilidad de agua dulce
 - El **10%** de la población **mundial** vive en países con un **estrés hídrico** elevado o crítico
(FAO and UN Water. 2021, datos 2018)



- Agravado por el cambio climático - patrones meteorológicos imprevisibles y sequías
(Marta Mañá, 2022)

Necesidad de la reutilización

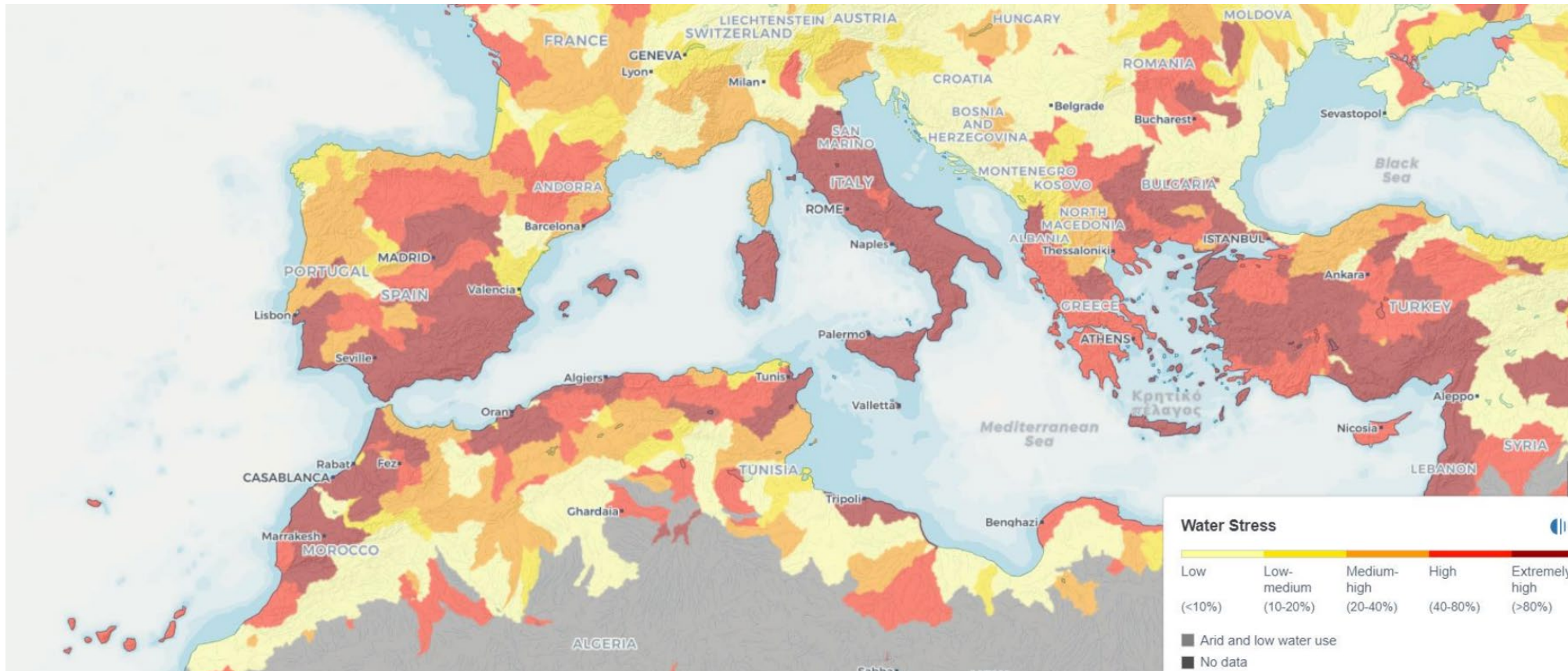
- Disponibilidad de agua dulce
 - En Europa



(WWF, 2023)

Necesidad de la reutilización

- Disponibilidad de agua dulce
 - En Europa



(WRI Aqueduct Water Risk Atlas 2019)

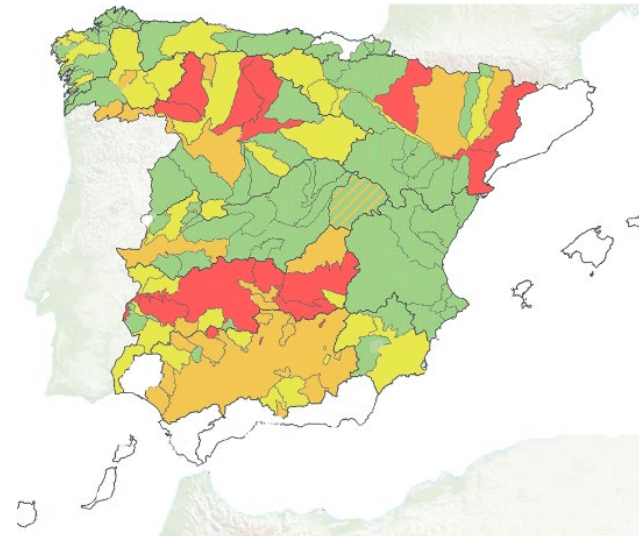
- Disponibilidad de agua dulce

En España, a pesar de que un **75%** del territorio nacional está en peligro de sufrir **desertificación**, se ha implantado un modelo de gestión del agua que prioriza el uso de este recurso para los cultivos de **regadío intensivo** e industrializados que consumen el **80%** del agua.

Escenario de escasez en las demarcaciones hidrográficas. Agosto 2022

El 15,7% de la superficie se encuentra en situación de emergencia, cuando el año anterior era el 5,5%

■ Normalidad ■ Prealerta ■ Alerta ■ Emergencia □ Sin datos □ Demarcaciones Hidrográficas



Fuente: Subdirección General de Planificación Hidrológica. Dirección General del Agua (MITECO).

Disponibilidad de agua: si no es un problema actualmente, lo será en breve

- ¿Cuáles son las **necesidades** de agua para riego en España?

Volúmenes de agua usados por técnica de riego. Año 2018

Unidad: miles de m³

	Año 2018	% sobre el total	% variación bienal
Goteo	6.266.631	40,4	↑ 6,4
Gravedad	5.107.395	33,0	↑ 2,8
Aspersión	4.120.616	26,6	↑ 0,7
Total nacional	15.494.642	100	↑ 3,7

(Fuente: INE 2018)

• ¿Cuánto se **regenera** en España?

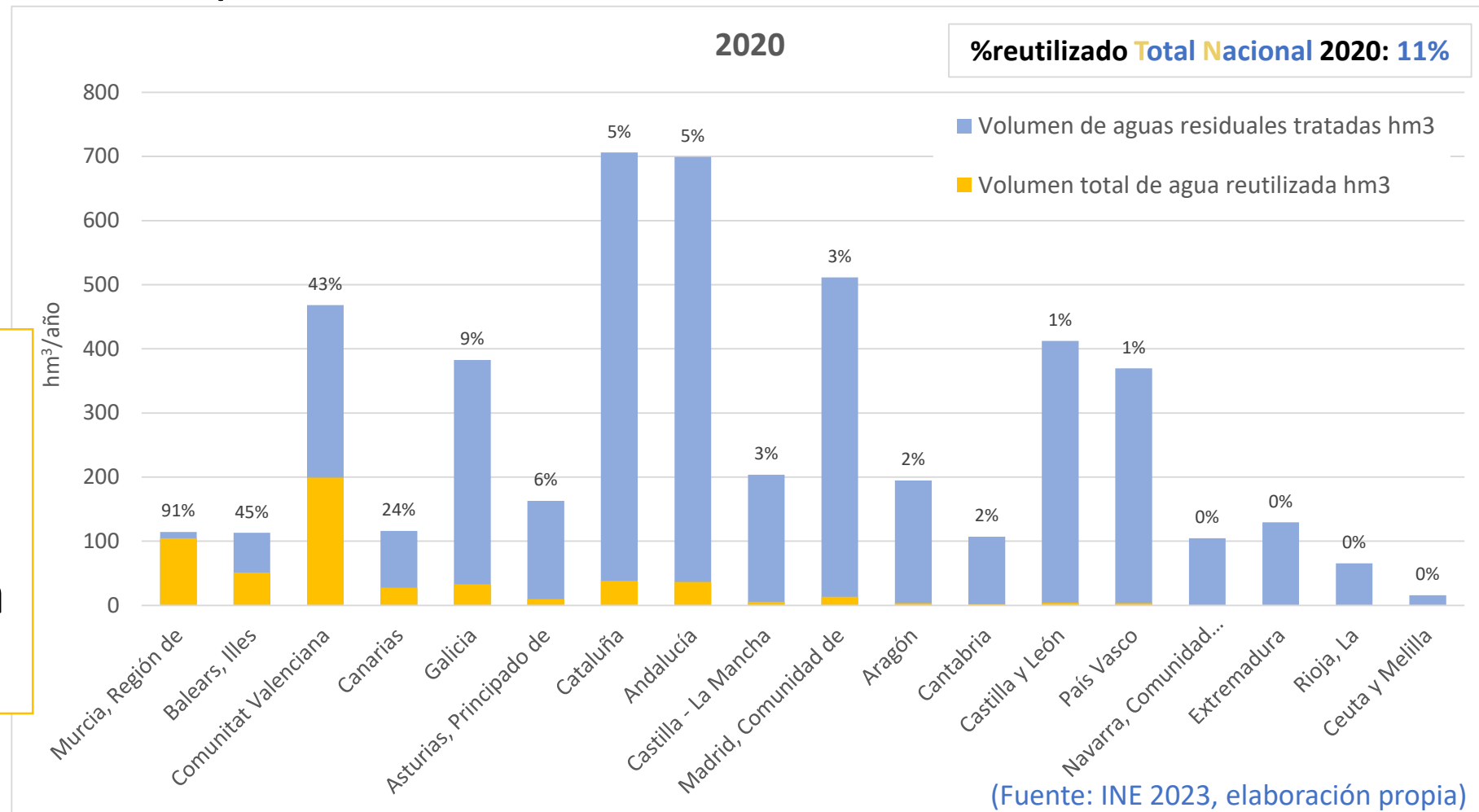
A. depurada:

4897 hm³/año

A. reutilizada:

532 hm³/año

El **31%** de las necesidades de agua podrían ser cubiertas con agua regenerada



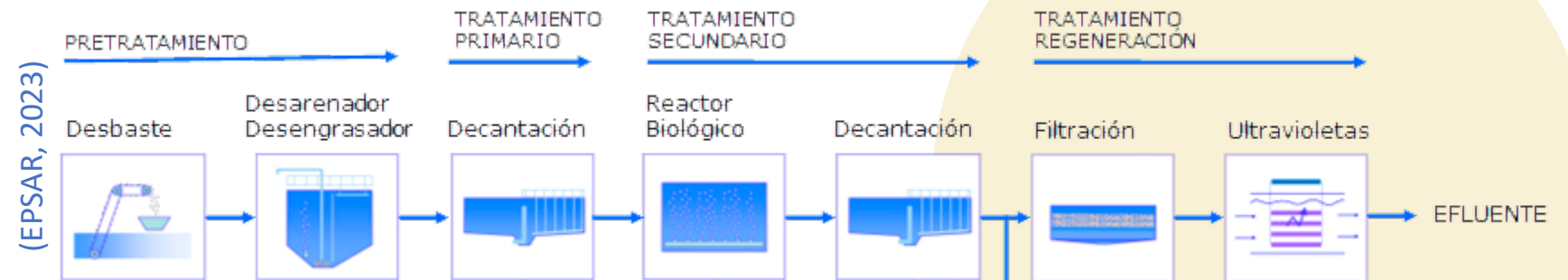
- Otros **factores** a tener en cuenta
 - Coincidencia **espacial** EDAR y regadíos
 - Buena **gestión** de las instalaciones de depuración
 - Escasez de recursos **convencionales**
- No solo es **bueno** para agricultura
 - Evitar vertido:
 - En masas de agua que no alcanzan los Objetivos Medioambientales
 - No alterar el régimen natural de los ríos temporales
 - Valorar el efecto de minoración en caudales circulantes (reutilizaciones indirectas)
 - Uso ambiental: humedales, acuíferos, caudales ecológicos

Todo depende de la calidad del agua depurada/regenerada

Tratamiento terciario

- Finalidad del tratamiento terciario
- ¿Cuántas EDAR tienen terciario?
- Tipos de tratamiento terciario
- Comparación

- **Finalidad** del tratamiento terciario
 - Eliminar algunos contaminantes (N, P, SS y coloidales)
 - Eliminar **patógenos** – **Requisito** para la reutilización



- ¿Cuántas EDAR disponen de **terciario**?

El **27%** de las más de 2.000 EDAR urbanas de España están preparadas tecnológicamente para ofrecer los tratamientos terciarios (AEDyR, 2019)

• Tipos de tratamiento terciario

- Físico-Químicos: Coagulación, floculación y decantación

- Filtración profunda (arena, infiltración-percolación modificada)

- Filtración superficial (tela 10 μm , anillas 20 μm)

- Flotación con aire disuelto

- Oxidaciones Avanzadas (Photo-Fenton)

- Membranas de filtración

- Micro-Filtración (0.1-10 μm)
- Ultra-Filtración (0.03-0.1 μm)
- Nano-Filtración (0.1-1 nm)
- Ósmosis Inversa

- Electrodiálisis

- Microalgas

- Humedales artificiales

- Desinfección

- Radiación Ultravioleta
- Cloro: principalmente hipoclorito sódico
- Ozono
- Electroporación

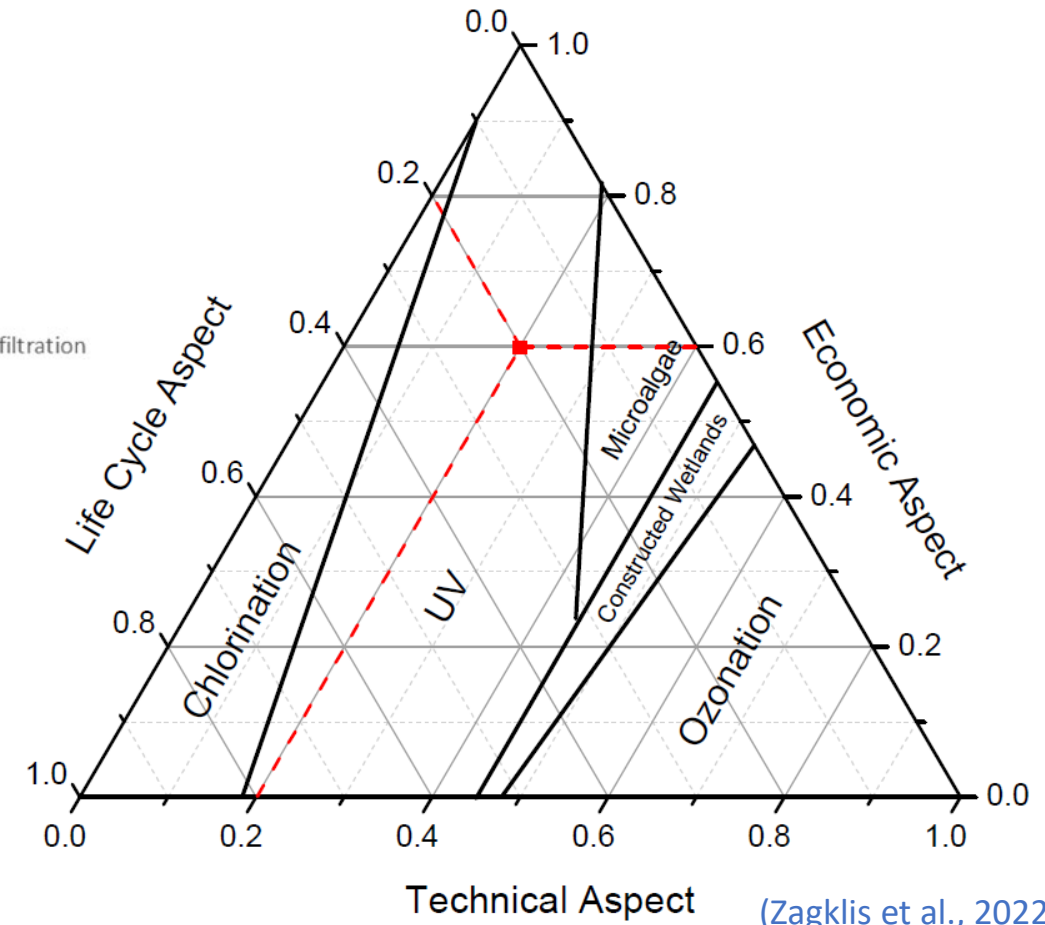
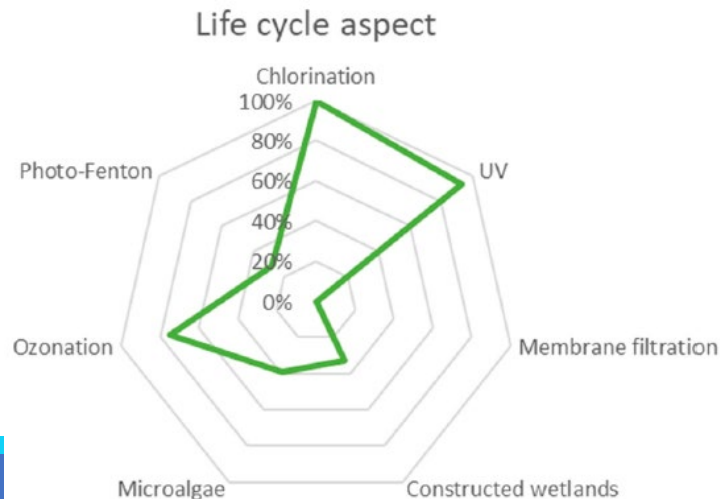
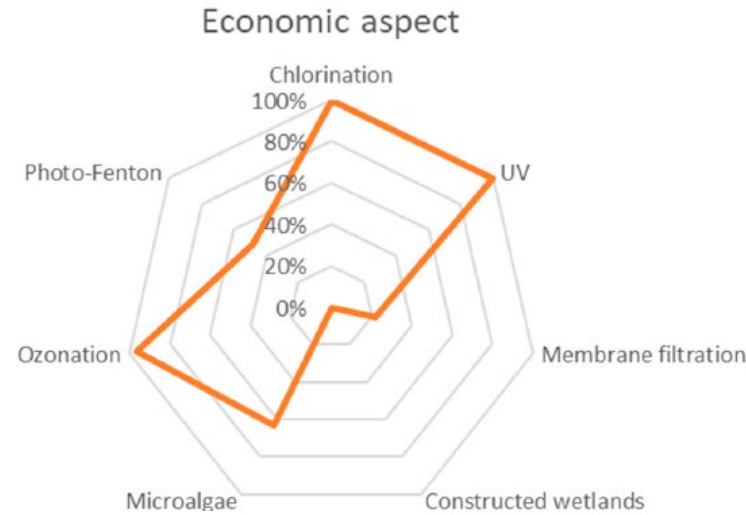
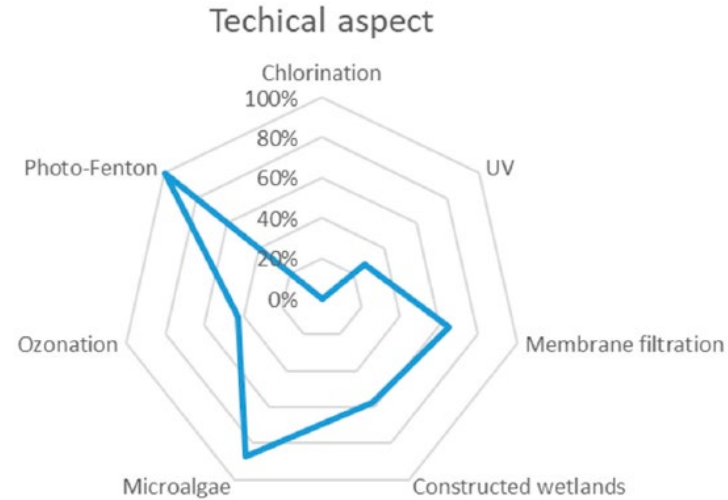
Lo más habitual

Físico-Químico

Filtración con
arena

Ultra Violeta

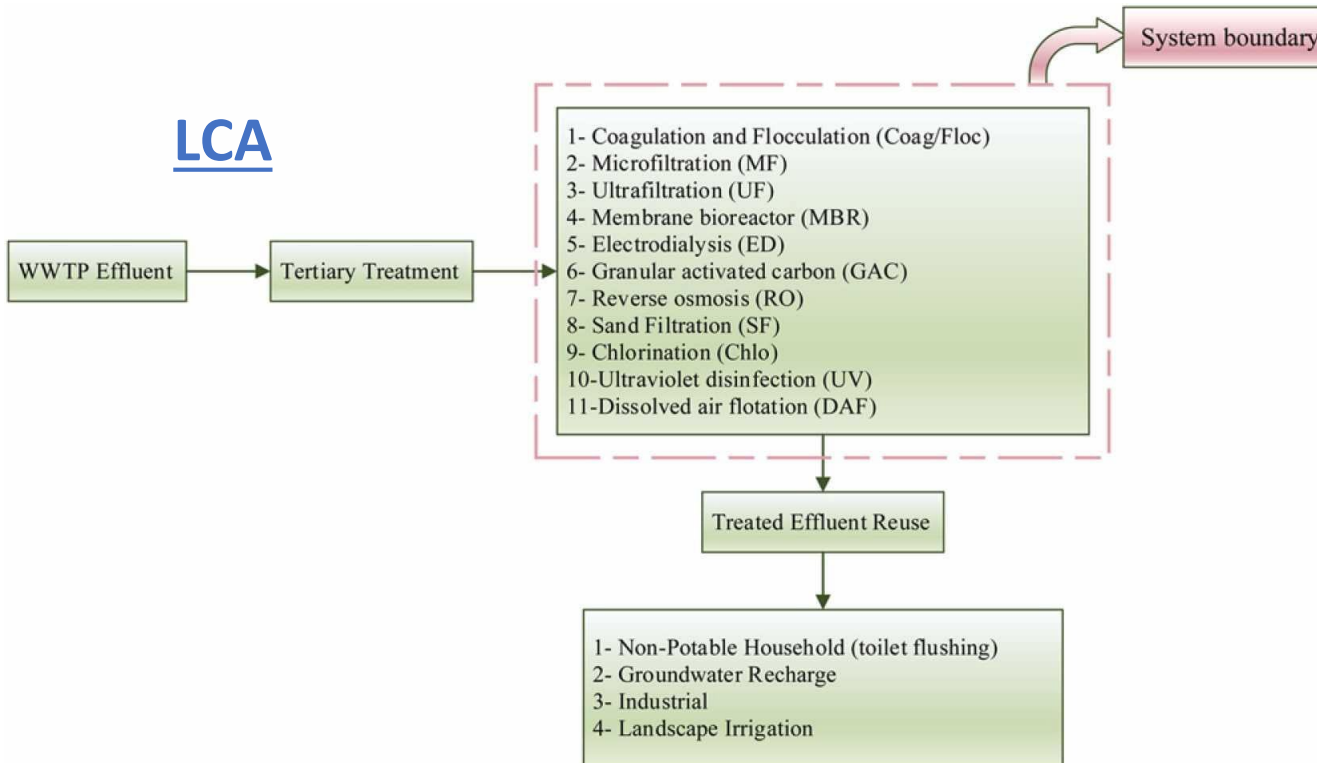
• Comparación



(Zagklis et al., 2022)

• Comparación

LCA



(Sheikholeslami et al., 2022)

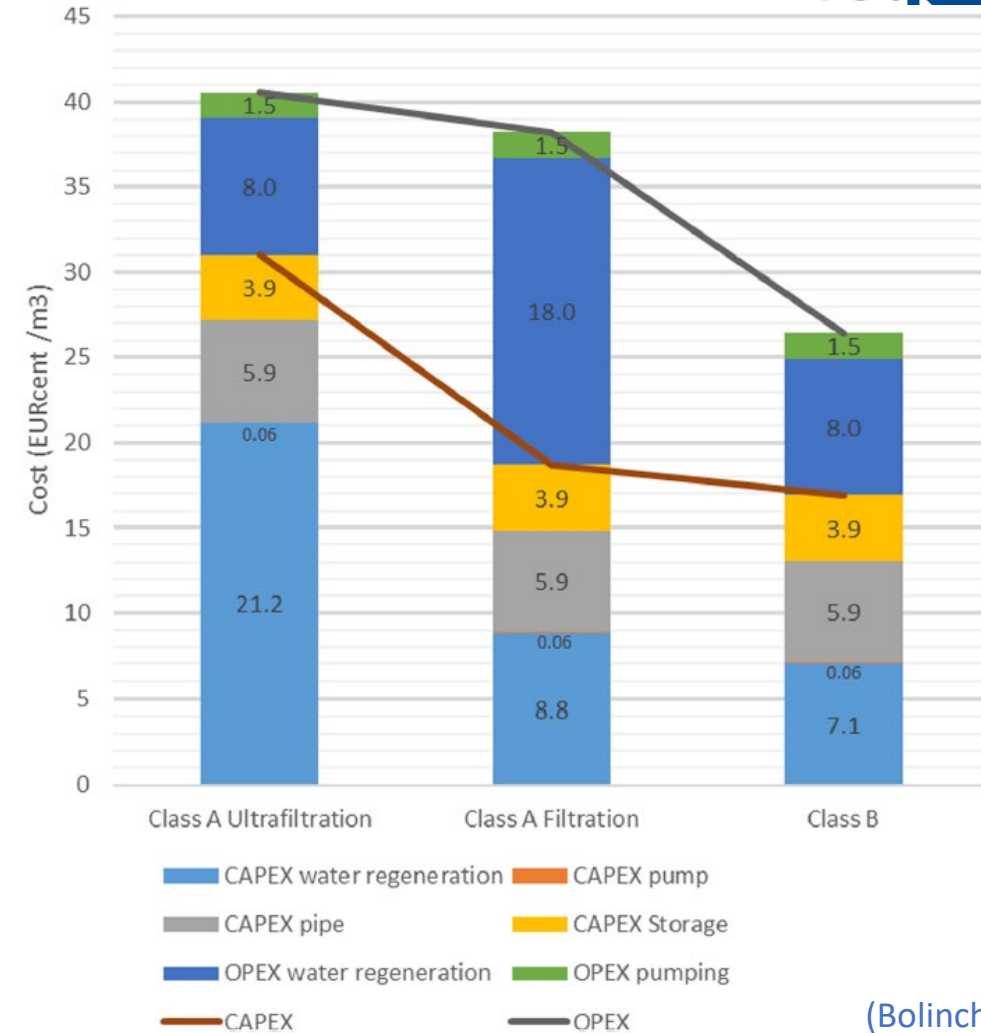
Reuse applications	systems
Landscape irrigation (Riego de jardines)	Coag/Floc + SF+Chlo
	Coag/Floc + SF+UV
	MF + UV
	MF + Chlo
	UF + UV
	UF + Chlo
	MBR + UF + UV
Industrial	MBR + UF + Chlo
	UF + RO + Chlo
	UF + RO + UV
	UF + RO + DAF + Coag/Floc + Chlo
	UF + RO + DAF + Coag/Floc + UV
Recarga de acuíferos	Coag/Floc + SF + RO + UV
	MF + RO + Chlo
	MF + RO + UV
	SF + GAC + RO + Chlo
	SF + GAC + RO + UV
	UF + ED + Chlo
	UF + ED + UV
MBR + Chlo	
MBR + UV	
Non-Potable Household (Inodoros)	MF + UV
	MF + Chlo
	UF + UV
	UF + Chlo
	MBR + Chlo
	Coag/Floc + UF + Chlo

• Comparación

Cost of different reuse treatments (Simón, 2018).

Quality class and technology	CAPEX EUR/ (m3/day)		OPEX EUR/m3	
	min	max	min	max
Class A (Filtration)	200	–	0.16	0.20
Class A (Ultrafiltration)	480	480	0.07	0.09
Class B	150	170	0.08	0.08

El tipo de cultivo (beneficio por precio de venta) y el coste del agua serán factores muy importantes para escoger la tecnología



(Bolinches et al., 2022)

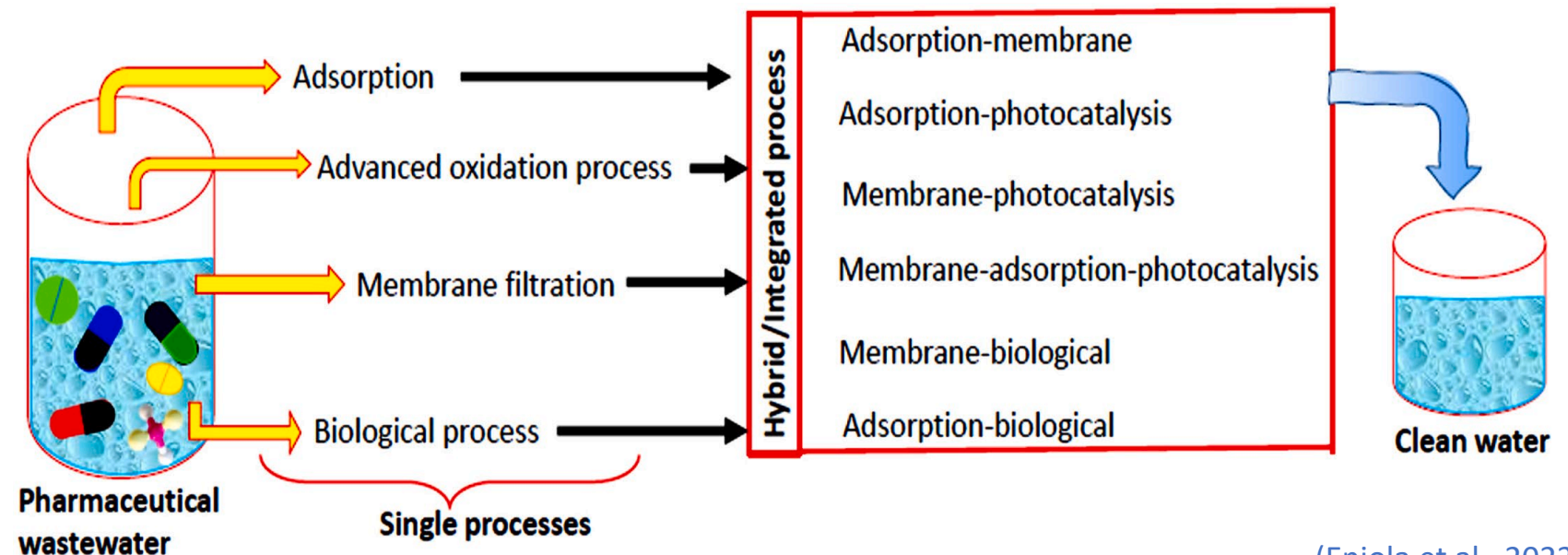
Fig. 10. Cost structure of Alcazar project according to quality class output and regeneration technology.

• Comparación

- Oxidantes poco útiles para la eliminación de protozoos, esporas y algunos virus
- UV es efectiva para cualquier microorganismo siempre que exista un pretratamiento (F-Q y/o filtración) efectivo
- Las membranas son muy efectivas para bacterias y protozoos, aunque menos para virus. Efectividad = $f(\text{tamaño de poro, estado de la membrana})$

• Eliminación de **contaminantes emergentes** (microcontaminantes)

- Aditivos industriales (p.ej. para plásticos)
- Esteroides
- Hormonas
- Fitosanitarios
- Antibióticos y otros medicamentos
- Microplásticos
- GRA y BRA



(Eniola et al., 2022)

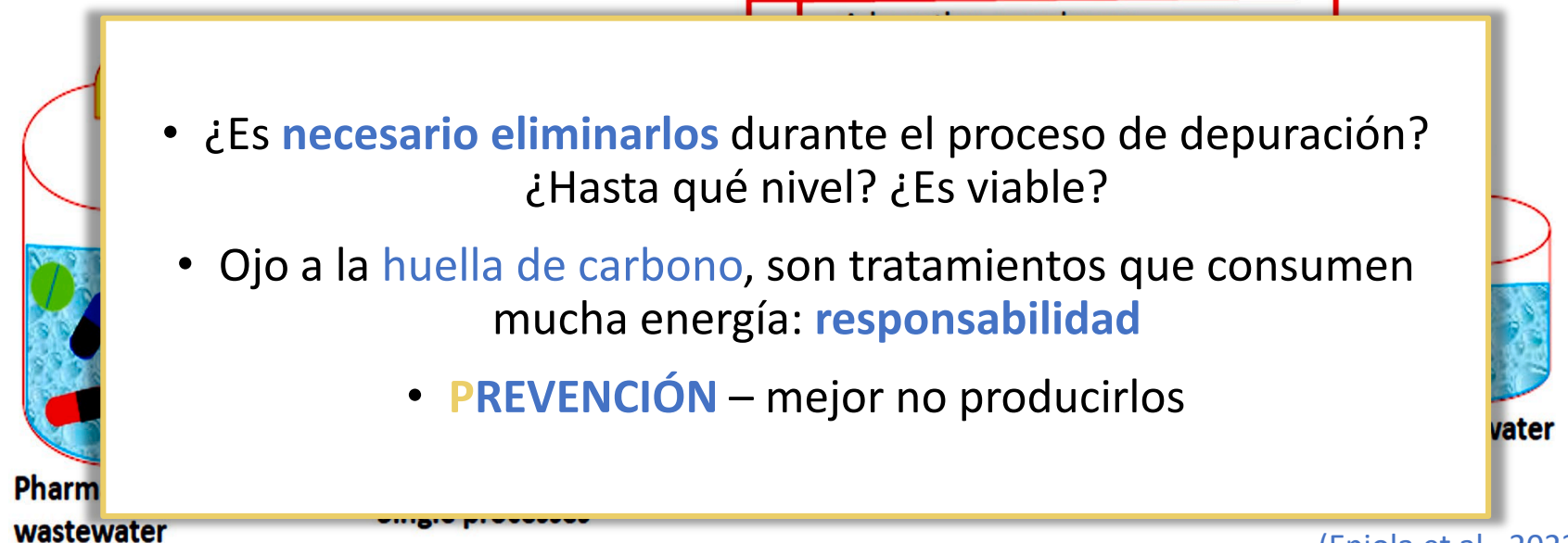
• Eliminación de contaminantes emergentes (Contaminantes farmacéuticos)

Treatment method	Removal mechanism	Types	Main operational cost	Advantages	Disadvantages	Remarks
Adsorption	Physical or chemical interaction such as Ion exchange, van der Waals	Clay, CNT, Metal-organic framework Biochar, Activated carbon		Ads. offers simple design and operation and ↓ production of by-products.	Its efficiency depends on several factors and each specific adsorption system.	Can be better improved by developing better adsorbent materials
Membrane separation process	Size exclusion, electrostatic repulsion, and adsorption	Microfiltration Ultrafiltration Nanofiltration Reverse osmosis Membrane bioreactor	0.98 (US\$/m ³) UF 0,15-0,57 €/m ³	Energy requirement is low compared to other techniques and requires no harsh chemicals It applies to a wide range of pharmaceuticals	Removal efficiency = f(membrane type). Membranes are susceptible to fouling and can be damaged by the fluctuation in pressure	Future research should focus on reducing E. demand and membrane fouling during operation.
Biological treatment methods	Oxidation of organic matter to produce CO ₂ and water Biosynthesis	Bacteria Conventional Activated sludge Aerobic and anaerobic	0.17–0.53€/m ³	Improved removal efficiency for PP when combined with other treatment techniques	PP are resistant to the biological treatments process. ↓ PP removal in comparison to other treatment technologies	Combine with other technology such as membrane technology for better and improved treated water quality.
Advanced oxidation processes (oxygen or free radicals)	Oxidation Reduction	Fenton, Photo-Fenton, Photocatalysis	0.85 (€/m ³) 10.36 (€/m ³)	Effective, Universal	The wide bandgap of semiconductors	The use of Solar based AOP will reduce the cost of the treatment process.
Hybrid technology (combinations)	Oxidation, Physical and chemical interactions, Biodegradation, etc.	Adsorptive/photocatalytic MBR Biodegradation/adsorption Membrane-based combinations etc.	0.17–0.75 (\$/m ³)	Hybrid technology has proven to be more effective compared with the single methods	Pretreatment may be required for some specific wastewater samples. Integrated processes require more treatment units, thus it consumes more energy	Hybrid technologies should be designed to allow the simultaneous treatment process of the combined treatment technologies

(Adaptado de: Eniola et al., 2022)

• Eliminación de **contaminantes emergentes** (microcontaminantes)

- Aditivos industriales (p.ej. para plásticos)
- Esteroides
- Hormonas
- Fitosanitarios
- Antibióticos y otros medicamentos
- Microplásticos
- GRA y BRA



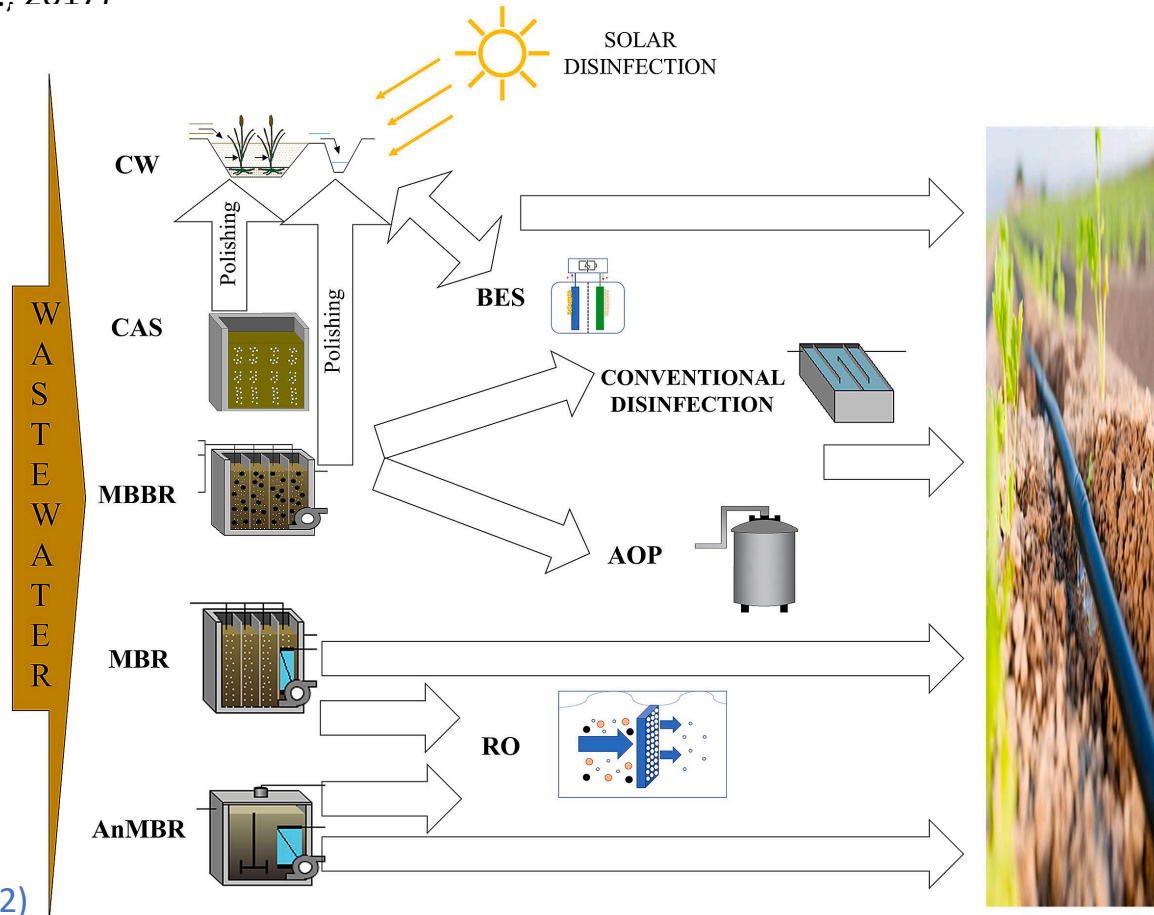
• ¿Es **necesario eliminarlos** durante el proceso de depuración?
¿Hasta qué nivel? ¿Es viable?

• Ojo a la **huella de carbono**, son tratamientos que consumen mucha energía: **responsabilidad**

- **PREVENCIÓN** – mejor no producirlos

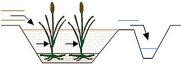

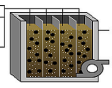


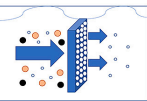
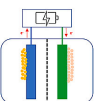

(Eniola et al., 2022)

- Explotar la **flexibilidad** de las EDAR mediante la modificación de la secuencia de tratamiento podría producir efluentes ricos en nutrientes adecuados para la fertirrigación con $\sim 13,9 \text{ mg N/L}$ y una relación N:P de 10,5:1. (Ramey et al., 2017)



- **Ahorro energético** por la fabricación de fertilizantes
- **Ahorro energético** por procesos menos intensivos en EDAR (eliminación de N)
- Disminución de los **GEl** (N_2O)
- Aumentar la **independencia** del suministro de P

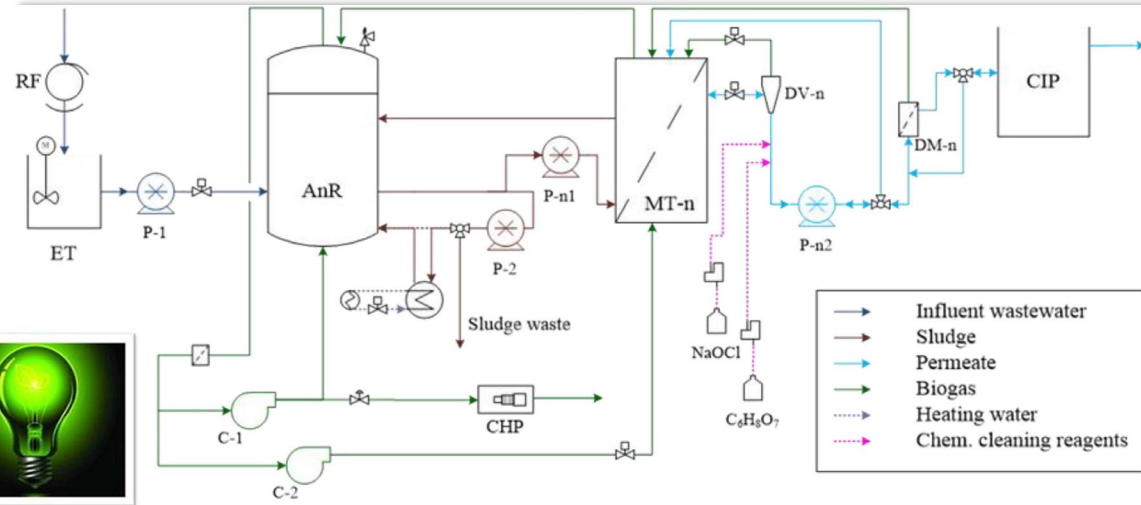
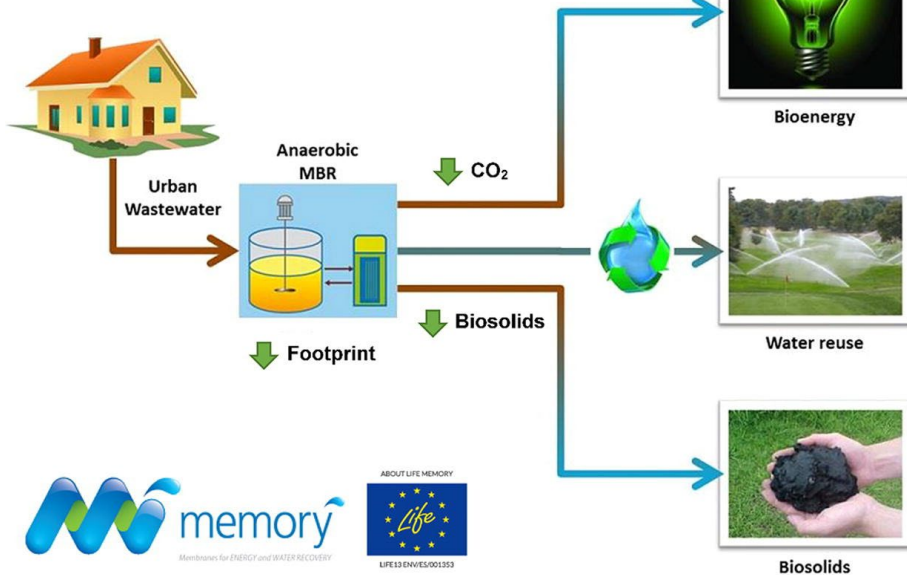
(Mainardis et al., 2022)

Technology	Advantages	Drawbacks	Suggested application
CW 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Low energy input ✓ Reliable if properly engineered ✓ Solar radiation provides pathogen removal ✓ Cost effective (if land is not an issue) 	<ul style="list-style-type: none"> × Performance depending on season × Large area footprint 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Decentralized installations in less developed areas; highly suitable to developing countries
CAS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simple and established ✓ Fairly reliable and flexible ✓ Good organics and nutrient removal ✓ Limited investment costs 	<ul style="list-style-type: none"> × Energy-intensive × Limited CEC removal 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Decentralized low-tech installations in developed and developing countries (small and medium facilities)
MBBR 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Higher effluent quality than CAS ✓ Reduced footprint 	<ul style="list-style-type: none"> × Energy-intensive × Higher investment costs than CAS 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Same as CAS when reduced footprint is needed
MBR 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ High effluent quality ✓ High level of bacteria and virus removal ✓ Higher level of CEC removal than CAS 	<ul style="list-style-type: none"> × Highly energy-intensive × High investment costs × Continuous maintenance requirements 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Anywhere high effluent quality is needed, and cost issues are secondary
AnMBR 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ High effluent quality ✓ High level of bacteria and virus removal ✓ Energy recovery in the form of biogas ✓ Lower nutrient removal than in aerobic processes 	<ul style="list-style-type: none"> × High investment costs × Continuous, skilled maintenance requirements 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Decentralized installations, where high quality is needed
RO 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Very high degree of treatment 	<ul style="list-style-type: none"> × High investment costs × Highly energy-intensive × RO effluent may be too pure 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tertiary treatment (usually after MBR) when high purity RW is needed
BES 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Can remove contaminants efficiently with minimal energy input ✓ May improve efficiency of other processes (e.g., CWs) 	<ul style="list-style-type: none"> × Applications still experimental × Complex technology to apply 	<ul style="list-style-type: none"> ○ In combination with CWs to improve efficiency
AOP 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ High level of CEC removal and disinfection ✓ Can target specific pollutants not degraded by other processes 	<ul style="list-style-type: none"> × Requires chemical dosage × Highly energy-intensive × Requires skilled operators × High investment costs 	<ul style="list-style-type: none"> ○ As tertiary (post) treatment with any of the above to improve effluent quality

- Los requisitos de nutrientes dependen del cultivo y de la estación
- Se debe adoptar soluciones flexibles.

(Mainardis et al., 2022)

• AnMBR



Alcazar de San Juan, Ciudad Real

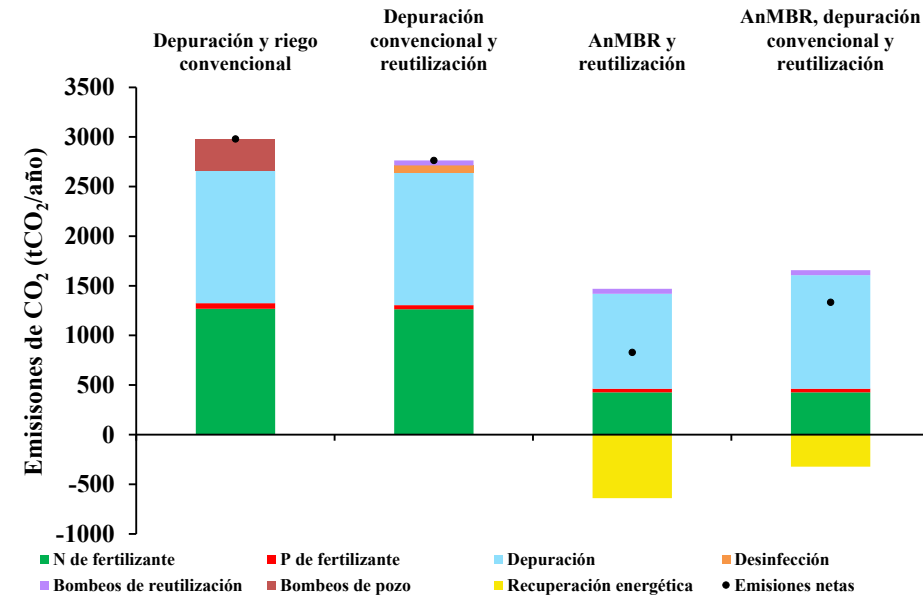
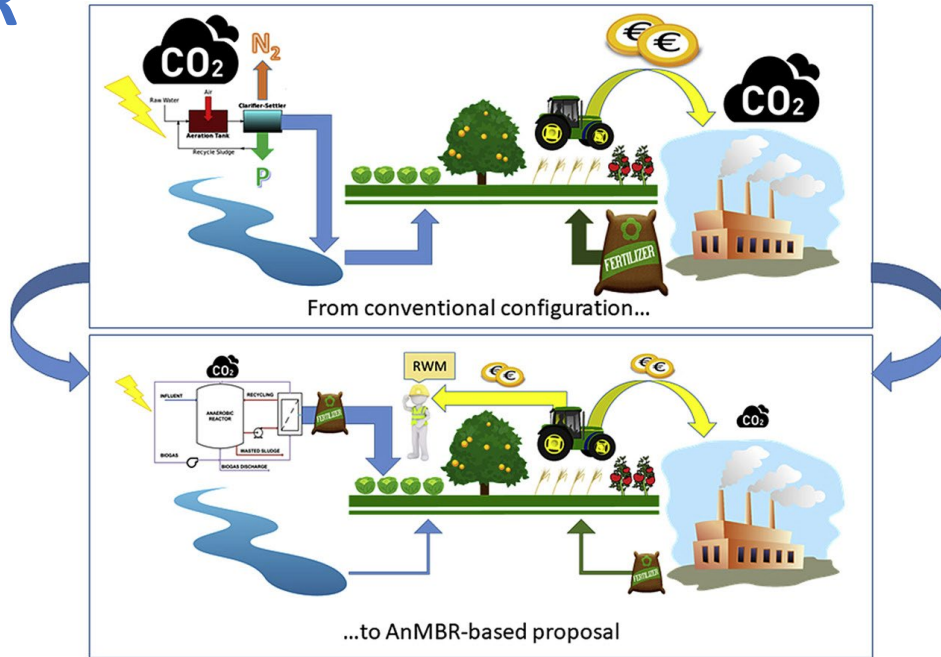


(Robles et al., 2020)



• AnMBR

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Cal Agua
Unidad Mixta UV-UPV
UNIVERSITAT ID VALÈNCIA

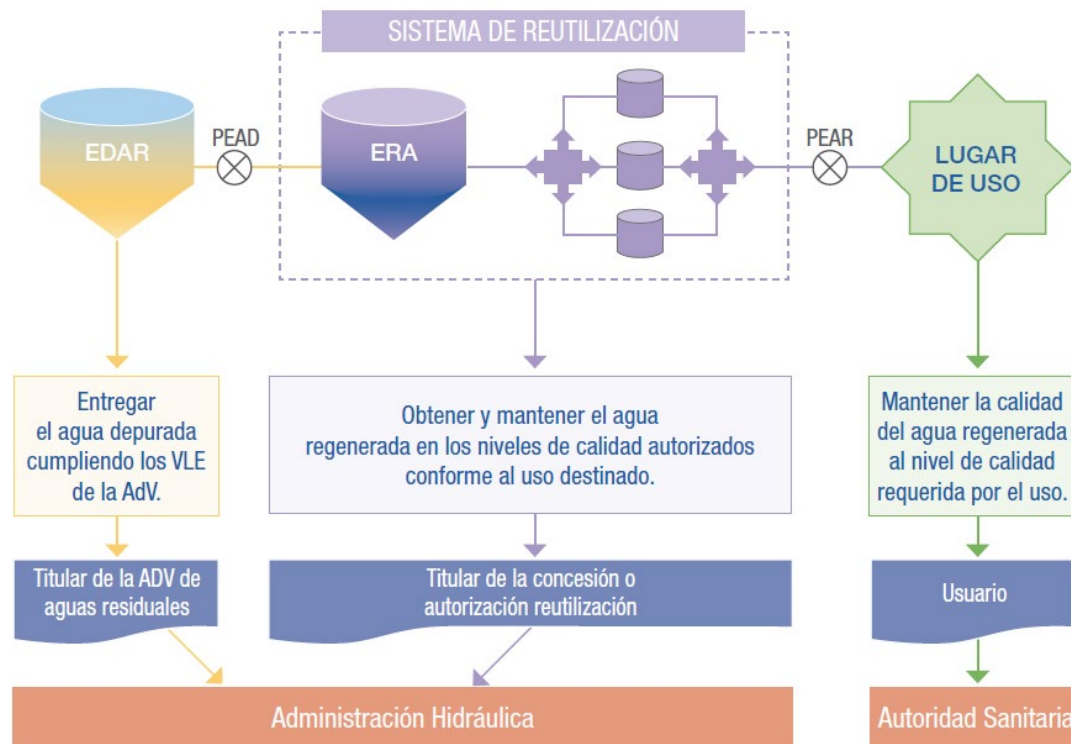


AnMBR + fertirrigación ⇒ ↓ CO2 del sistema EDAR-Cultivos
 El aprovechamiento de nutrientes ⇒ ↓ costes agrícolas (+ importante con AnMBR)
 El uso de AnMBR ⇒ ↓ coste depuración (valorización energética)
 La reutilización ⇒ ↓ reducir costes asociados al vertido a DPH
 La reutilización ⇒ coste de bombeo menor < bombeo asociado al riego desde pozo

- Real Decreto **1620/2007**
- Reglamento **741/2020**
 - **Cambios** respecto al 1620/2007
 - **Barreras**
 - **Validación**
 - **PGRAR**

• RD 1620/2007

• Distribución de responsabilidades



EDAR: Estación depuradora de aguas residuales. PEAD: Punto de entrega de aguas depuradas;
ERA: Estación regeneradora de aguas; PEAR: Punto de entrega de las aguas regeneradas;
ADV: Autorización de vertido; VLE: Valores límite de emisión

• Pero existen múltiples esquemas distintos del teórico para la reutilización agrícola:

- ERA en la misma EDAR. **No es un tratamiento complementario!!**
- Infraestructuras de almacenamiento previas a la reutilización y mezclas con aguas naturales **Alteraciones de la calidad!!**

• Responsabilidad del usuario:

- calidad del agua regenerada, desde la ERA hasta el punto de uso
- costes de regeneración

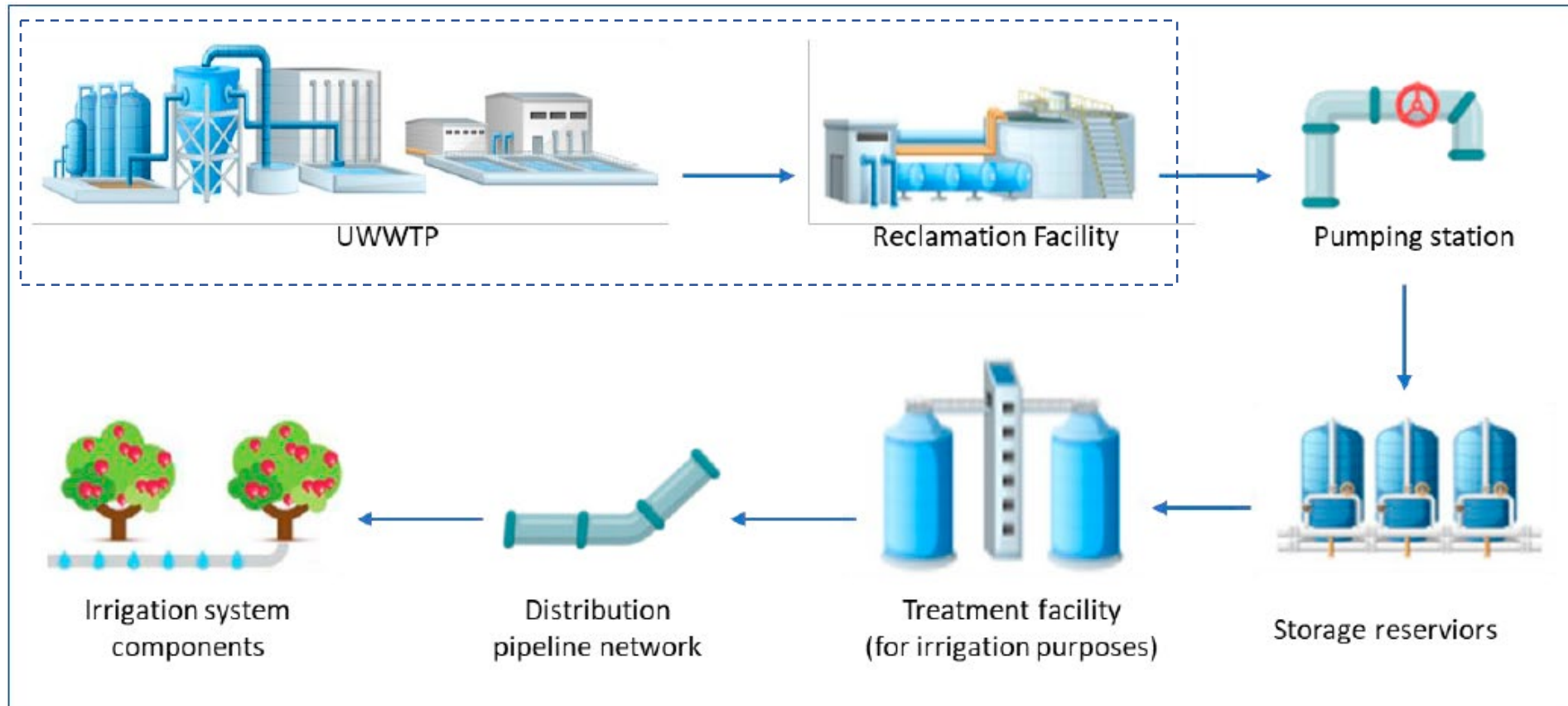
(Marta Mañá., 2022)

- Cuestiones **clave** 1620/2007
 - Usuario final responsable de calidad del efluente....**sin ser el explotador**
 - Usuario final responsable de costes de regeneración....pero a veces no es un **tratamiento complementario**
 - ¿Quién se beneficia de la reutilización?
 - ¿usuarios del agua regenerada, medioambiente, sociedad?

Condiciones poco atractivas para los regantes

- Reglamento **741/2020**:
 - Establece **requisitos mínimos de calidad y control del agua**
 - Aparece el Plan de Gestión del riesgo **PGRAR**
 - Nueva figura: operador de planta + operador de almacenamiento + operador de distribución
 - Necesario permiso para la producción , suministro y uso de agua regenerada. Autoridad competente = **Administración hidráulica**, que otorga el permiso al operador y al reutilizador.

- Reglamento 741/2020



Marco normativo

CUADRO COMPARATIVO	RD 1620/2007	REGLAMENTO 2020/741
ÁMBITO	ESPAÑA	UNIÓN EUROPEA
AUTORIDAD COMPETENTE	OCC	OCC
USOS REGULADOS	URBANOS AGRÍCOLAS (3 CLASES) INDUSTRIALES RECREATIVOS AMBIENTALES	RIEGO AGRÍCOLA (4 CLASES)
PARTES RESPONSABLES	REUTILIZADOR: desde la EDAR hasta el punto de uso	OPERADOR DE LA EDAR OPERADOR DE LA ERAR AUTORIDADES SANITARIAS, AMBIENTALES Y AGRONÓMICAS OPERADOR DE DISTRIBUCIÓN O ALMACENAMIENTO
PERMISOS/AUTORIZACIONES	REUTILIZADOR: CONCESIÓN O AUTORIZACIÓN COMPLEMENTARIA	OPERADOR DE LA ERAR: PERMISO PARA PRODUCIR AGUA REGENERADA OPERADOR DE DISTRIBUCIÓN O ALMACENAMIENTO: PERMISO PARA CONDUCIR/ALMACENAR AGUA REUTILIZADOR: MISMO PERMISO QUE RD 1620/2007
PLAZO DEL TRÁMITE	18 MESES	12 MESES
CONTROL DEL CUMPLIMIENTO	VERIFICACIÓN	VERIFICACIÓN - VALIDACIÓN (CLASE A)
CONTROL DEL RIESGO	NO SE DEFINE	PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

(Marta Mañá., 2022)

- **Cambios** respecto al 1620/2007: En el Reglamento europeo se prevén **4** categorías de **calidades**, en vez de las **3** existentes en la normativa española.
 - **A** 741/2020 ≈ calidad **2.1** 1620/2007

1620/2007

Calidad y uso del agua previsto
<p>CALIDAD 2.1. a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.</p>
<p>CALIDAD 2.2 a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.</p>
<p>CALIDAD 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.</p>

Clase de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego	Tratamiento indicativo
A	Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario, filtración y desinfección
B	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección
C	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Riego por goteo u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo	Tratamiento secundario y desinfección
D	Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección

741/2020

(Sala-Garrido 2020)

- Para el consumo en crudo y con contacto directo con el agua regenerada, la legislación europea es más exigente, reduciendo los niveles de tolerancia en SS, turbidez y E. Coli, además de añadir un nivel exigible de DBO₅.

1620/2007

Calidad y uso del agua previsto	valor máximo admisible (VM)			
	Nematodos intestinales	E.Coli (ufc: unidades formadoras de colonias)	Sólidos en suspensión	Turbidez
CALIDAD 2.1. a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n =10 m=100 UFC/100 mL M=1.000 UFC/100 mL c=3	20 mg/L	10 UNT
CALIDAD 2.2 a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n =10 m=1.000 UFC/100 mL M=10.000 UFC/100 mL c=3	35 mg/L	No se fija límite
CALIDAD 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite

741/2020

Clase de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego	Tratamiento indicativo	Requisitos de calidad			
				E. Coli (número/100 ml)	DBO ₅ (mg/l)	STS (mg/l)	Turbidez (UNT)
A	Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	≤10	≤10	≤10	≤5
B	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección	≤100	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE	-
C	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Riego por goteo u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo	Tratamiento secundario y desinfección	≤1 000			-
D	Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección	≤10 000			-

(Sala-Garrido 2020)

- **Barreras**

- Estrategias para **minimizar los riesgos a niveles equivalentes** a los de la clase de calidad del agua requerida para los cultivos seleccionados. ISO 16075:2020
 - **Evitar que llegue al receptor**: Medio físico o de etapas de proceso o condiciones de uso, por el que se reduzca o evite un riesgo de infección humana impidiendo el contacto de aguas regeneradas con
 - el producto ingerido
 - las personas directamente expuestas
 - **Reducir microorganismos**: Medio que reduzca la concentración de microorganismos en las aguas regeneradas o impida que sobrevivan en el producto ingerido

**EL TRATAMIENTO EN LA EDAR-ERA ES SOLO UNA DE LAS
POSIBLES BARRERAS PARA CONSEGUIR LA CALIDAD DESEADA**

(Marta Mañá, 2022)

• ¿Clase A o clase B + barreras?

Número sugerido de barreras necesarias para el riego con aguas regeneradas, en función de su calidad (adaptado del cuadro 3 de la norma ISO 16075:2020)

Nota: Los cambios en el cuadro de la norma ISO se realizaron únicamente para excluir las clases de calidad del agua y los tipos de cultivos que no se abordan en el Reglamento sobre reutilización del agua. Véase el texto inferior al cuadro para obtener más información sobre cómo interpretarlo en relación con el Reglamento sobre reutilización del agua.

Categoría ⁽¹⁾	Riego de hortalizas consumidas crudas ⁽²⁾	Riego de hortalizas tras la transformación y pastizales ⁽³⁾	Riego de cultivos de alimentos distintos de las hortalizas (huertos frutales, viñedos) y horticultura ⁽⁴⁾	Riego de forrajes y cultivos para semillas ⁽⁵⁾	Riego de cultivos industriales y energéticos ⁽⁶⁾
A	0	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0
C	3	1	1	0	0
D	Prohibido	Prohibido	3	1 ^(*)	0

(Directrices 741/2020)

• ¿Es necesaria la validación?

- El control de validación se realizará **antes de poner en funcionamiento** una nueva estación regeneradora de aguas.
- Quedarán **exentas** de la validación, las ERA que **ya estén funcionando y que cumplan** con los requisitos de calidad de las aguas regeneradas que figuran en la letra a), cuadro 2, el **25 de junio de 2020**.
- El control de validación se realizará siempre que se produzcan **cambios relevantes** (modernice el equipo, cuando se incorporen nuevos equipos o procesos, cambios en el agua de entrada...)
- El control de validación se realizará para la clase de calidad de las aguas regeneradas con los requisitos más estrictos —la **clase A**

• ¿En qué consiste la validación?

Clase de calidad de las aguas regeneradas	Microorganismos indicadores (*)	Objetivos de rendimiento de la cadena de tratamiento (reducción de log ₁₀)
A	<i>E. coli</i> Bacterias	≥ 5,0
	Colifagos totales/colifagos F-específicos/colifagos somáticos/colifagos (**)	≥ 6,0
	Esporas de <i>Clostridium perfringens</i> /bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato (***) Protozoos	≥ 4,0 (en caso de esporas de <i>Clostridium perfringens</i>) ≥ 5,0 (en caso de bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato)

(*) Los patógenos de referencia *Campylobacter*, rotavirus y *Cryptosporidium* también podrán emplearse para el control de validación, en lugar de los microorganismos indicadores propuestos. En ese caso, se aplicarán los siguientes objetivos de rendimiento (reducción de log₁₀): *Campylobacter* (≥ 5,0), rotavirus (≥ 6,0) y *Cryptosporidium* (≥ 5,0).

(**) Se ha seleccionado colifagos totales como el indicador viral más adecuado. No obstante, si no es posible el análisis de los colifagos totales, se analizará al menos uno de ellos (colifagos F-específicos o somáticos).

(***) Se han seleccionado las esporas de *Clostridium perfringens* como el indicador de protozoos más adecuado. No obstante, las bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato son una alternativa si la concentración de esporas de *Clostridium perfringens* no permite validar la reducción de log₁₀ solicitada.

• Plan de Gestión del Riesgo (PGRAR)

KRM1: Descripción del sistema

KRM2: Actores y funciones

KRM3: Identificación de agentes peligrosos

KRM4: Identificación de los entornos y los grupos de exposición

KRM5: Evaluación de los riesgos para el medioambiente y para la salud

KRM6 : Requisitos adicionales

KRM7: Medidas preventivas (barreras)

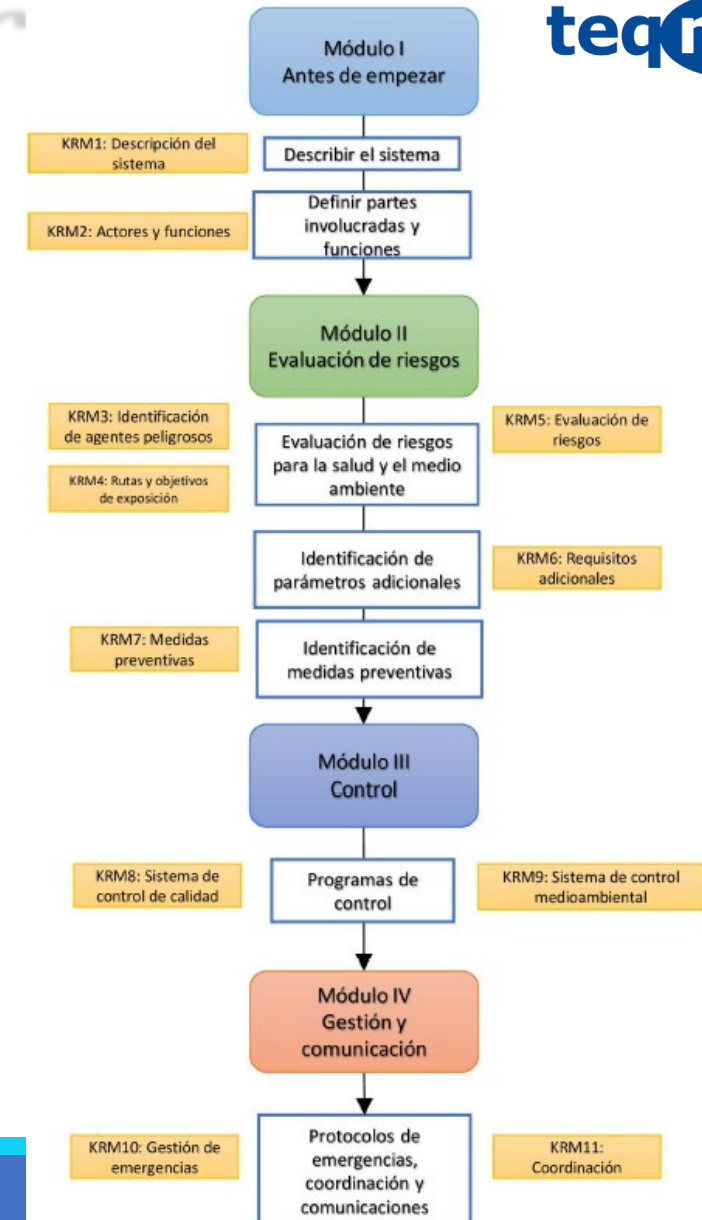
KRM8: Sistemas de control de calidad

KRM9 : Sistema de control medioambiental

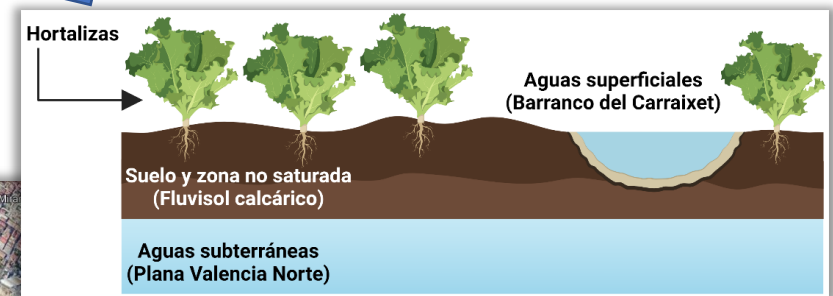
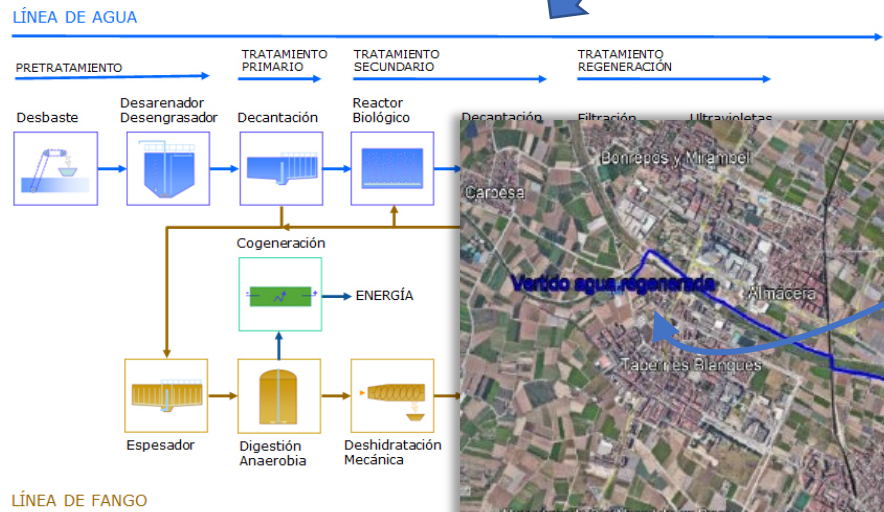
KRM10: Gestión de emergencias

KRM11: Coordinación

elementos clave



- PGRAR: Descripción del sistema (KRM1)



• **PGRAR:**
Ejemplos
sucesos
peligrosos
(KRM3)

Ejemplos de sucesos peligrosos, receptores potencialmente expuestos y vía de exposición en un sistema de reutilización del agua [Fuente: Australian Guidelines (2006), ISO 20426, (2018)]

Suceso peligroso	Receptor expuesto	Vía de exposición
<ul style="list-style-type: none"> — Fallos en el tratamiento — Vertidos accidentales o ilegales 	<ul style="list-style-type: none"> — Trabajadores (operadores de la estación regeneradora de aguas) — Usuarios finales (agricultores) — Transeúntes — Medio ambiente (aguas dulces, agua marina, suelo y biota relacionada) — Cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> — Contacto directo con las aguas regeneradas — Ingestión accidental — Absorción a los cultivos
<ul style="list-style-type: none"> — Incumplimiento de las aguas regeneradas por falta de tratamiento — Contaminación del sistema de almacenamiento y distribución 	<ul style="list-style-type: none"> — Trabajadores (operadores de la estación regeneradora de aguas) — Usuarios finales (agricultores) — Medio ambiente (aguas dulces, agua marina, suelo y biota relacionada) 	<ul style="list-style-type: none"> — Contacto directo con las aguas regeneradas — Ingestión accidental — Infiltración en las aguas subterráneas — Escorrentía a las aguas superficiales
<ul style="list-style-type: none"> — Exposición accidental a las aguas regeneradas debido a accidentes de diseño y operativos: rotura o fugas de tuberías, tiempo de riego inadecuado 	<ul style="list-style-type: none"> — Trabajadores (operadores de la estación regeneradora de aguas) — Usuarios finales (agricultores) — Transeúntes- Medio ambiente (aguas dulces, agua marina, suelo y biota relacionada) 	<ul style="list-style-type: none"> — Contacto directo con las aguas regeneradas — Ingestión accidental
<ul style="list-style-type: none"> — Fugas de tuberías o sistemas de distribución de aguas regeneradas 	<ul style="list-style-type: none"> — Medio ambiente (aguas dulces, agua marina, suelo y biota relacionada) 	<ul style="list-style-type: none"> — Infiltración en las aguas subterráneas — Escorrentía a las aguas superficiales
<ul style="list-style-type: none"> — Exposición accidental a las aguas regeneradas debido a fallos de 	<ul style="list-style-type: none"> — Usuarios finales (agricultores) 	<ul style="list-style-type: none"> — Contacto directo con las aguas rege-

(Directrices 741/2020)

- PGRAR. Evaluación de riesgos (KRM5): estimación semicuantitativa

Riesgo = P x G			Gravedad (G)				
			Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico
			1	2	4	8	16
Probabilidad (P)	Muy improbable	1	1	2	4	8	16
	Improbable	2	2	4	8	16	32
	Posible	3	3	6	12	24	48
	Probable	4	4	8	16	32	64
	Casi seguro	5	5	10	20	40	80
Puntuación riesgo R = P x G			<6	6-12		13-32	>32
Nivel de Riesgo			Riesgo bajo	Riesgo medio		Riesgo alto	Riesgo muy alto

- Borrador de la **nueva directiva de aguas**
 - **Artículo 15. Reutilización del agua y vertidos de aguas residuales urbanas (antiguo artículo 12)**

Los Estados miembros tendrán que **promover** sistemáticamente la **reutilización**
 - **Artículo 8. Tratamiento cuaternario (nuevo)**

Tratamiento **cuaternario**: eliminar el espectro más amplio posible de **microcontaminantes**.
 - **Artículo 9. Responsabilidad ampliada del productor (nuevo)**

Los **productores** (incluidos los importadores) **contribuyan** a los **costes** del tratamiento cuaternario

- Agricultores
 - Preocupación por la **calidad**
 - Preocupación por el **coste**
 - Preocupación por la **salinización**
- Consumidores
 - **Seguridad** para la salud

Positive and negative factors affecting social acceptance of wastewater reuse practices.

Positive influence	Negative influence	Location	Reference
Environmental characteristics of the effluent; higher education level; enhanced information availability; specific crop choices	–	Italy	Michetti et al. (2019b)
Perceived helpfulness of the social network; farmers' age and education; farm size	Farmers' planting experience; off-farm work; skillfulness of the contact person; conformity to others	Southern China	Yang et al. (2020)
Higher public participation; building confidence and ensuring transparency; development of tailored financial policies; set new guidelines and regulations	Distrust in government authorities (political aspect); poor wastewater quality (technical aspect); operation and maintenance costs (economical aspect)	Lebanon	Massoud et al. (2019)
Enhanced water quality information; higher trust on public acceptance; improved education to stakeholders	–	Mid-Atlantic, South-Western USA	Gerdes et al. (2020a)

Características ambientales del efluente
Nivel de educación superior
Mayor disponibilidad de información
Opciones de cultivos específicos

Desconfianza en las autoridades gubernamentales (aspecto político)
Mala calidad de las aguas residuales (aspecto técnico)
Costes de operación y mantenimiento (aspecto económico)

(Mainardis et al., 2022)

Conclusiones

- Se debe intentar Optimizar los recursos disponibles
 - **Transmitancia** e hidráulica
- No existe una solución única (estudio de cada EDAR)
 - **Adaptarse** a la demanda
- Se debe llevar a cabo
 - **Control** de la calidad (sobre todo para A)
 - **Mantenimiento** estricto
 - Incrementar los **sistemas de control**
 - Sensores **on-line**
 - PGRAR
 - Controlar la salinización del suelo
 - Aumentar la confianza = **aceptación social**

(adaptado de Simón, 2022, Aguasresiduales.info)

**Gracias por vuestra
atención.**



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO