

Nueva directiva europea de reúso, retos y alternativas



M^a del Mar Micó, Amador Rancaño, Amaia Carabias

17/10/2022

Jornada sobre regeneración de aguas urbanas depuradas
y utilización en la agricultura en la Comunidad Valenciana

COMPARATIVA DE LA LEGISLACIÓN, CALIDADES

- **RD 1620/2007** establece 7 usos pero únicamente 3 calidades
- **REGLAMENTO (UE) 2020/741** establece 4 calidades, distingue entre métodos de riego y uso del cultivo.

Categoría de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego
2.1.	Consumo humano en crudo. Parte comestible en contacto directo con las AR	Todos
2.2	a) Consumo humano transformado	Todos
	b) Consumo productores leche o carne	
	c) Acuicultura	
2.3	a) Cultivo de leñosos sin contacto directo del AR con los frutos consumidos en alimentación humana	Todos
	b) Cultivo de flores ornamentales, viveros e invernaderos	
	c) Cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas	

Categoría de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego
A	Consumo humano en crudo. Parte comestible en contacto directo con las AR	Todos
B	Consumo humano en crudo. Parte comestible SIN contacto directo con las AR	Todos
	Consumo humano transformado	
	Cultivos no alimentarios Consumo productores leche o carne	
C	Consumo humano en crudo. Parte comestible SIN contacto directo con las AR	Goteo
	Consumo humano transformado	
	Cultivos no alimentarios Consumo productores leche o carne	
D	Cultivos industriales, energéticos y productores de semillas	Todos

COMPARATIVA DE LA LEGISLACIÓN, CALIDADES

- Las calidades de ambas normativas podrían ser compatibles (si bien la correspondencia de supuestos no es exacta).

Categoría de cultivo		Riego	RD 1620/2007	Reglamento Europeo
Consumo humano en crudo	Parte comestible en contacto con las AR.	Cualquiera	Calidad 2.1.a)	A
	Parte comestible SIN contacto con las AR. Parte comestible por encima del nivel del suelo.	Cualquiera	No especificado. Incluido en calidad 2.1.a)	B
	Parte comestible SIN contacto con las AR. Parte comestible por encima del nivel del suelo.	Goteo u otro que evite contacto	Leñoso: calidad 2.3.a) Resto: no especificado. Incluido en calidad 2.1.a)	C
Consumo humano transformado	Parte comestible en contacto con las AR.	Cualquiera	Calidad 2.2.a)	B
	Parte comestible SIN contacto con las AR.	Goteo u otro que evite	No especificado. Incluido en calidad 2.2.a)	C
Consumo productores leche o carne	Parte comestible en contacto con las AR.	Cualquiera	Calidad 2.2.b)	B
	Parte comestible SIN contacto con las AR.	Goteo u otro que evite	No especificado. Incluido en calidad 2.2.b)	C
Acuicultura			Calidad 2.2.c)	No previsto
Cultivo de flores ornamentales, viveros e invernaderos	Contacto directo del agua con las producciones.	Cualquiera	No previsto	B
	SIN Contacto directo del agua con las producciones.	Goteo u otro que evite	Calidad 2.3.b)	C
Cultivos no alimenticios y forrajeros no especificados en otros casos		Cualquiera	Calidad 2.3.c)	C
Cultivos destinados a la industria y producción de energía y semillas		Cualquiera	Calidad 2.3.c)	D

COMPARATIVA DE LA LEGISLACIÓN, REQUISITOS VERIFICACIÓN

Calidad AR	Categoría de cultivo	Riego	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	Turbidez (NTU)	Otros
A	Consumo humano en crudo. Parte comestible en contacto directo con las AR	Todos	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella spp.</i> ≤ 1000 UFC/L ante riesgo de aerosolización en invernaderos. Nematodos intestinales (huevos de helmintos) ≤ 1 huevo/L para el riego de pastos y forraje.
B	Consumo humano en crudo. Parte comestible SIN contacto directo con las AR	Todos	≤ 100	Conforme a Directiva 91/271/CEE (anexo I cuadro 1)	Conforme a Directiva 91/271/CEE (anexo I cuadro 1)		
	Consumo humano transformado						
	Cultivos no alimentarios						
C	Consumo productores leche o carne	Goteo	≤ 1000				
	Consumo humano en crudo. Parte comestible SIN contacto directo con las AR						
	Consumo humano transformado						
D	Cultivos no alimentarios	Todos	≤ 10000				
	Consumo productores leche o carne						
	Cultivos industriales, energéticos y productores de semillas						

Calidad AR	Categoría de cultivo	Riego	<i>E. coli</i> (ufc/100 mL)	Nematodos intestinales (huevos/10 L)	SST (mg/L)	Turbidez (NTU)	Observaciones
2.1.	Consumo humano en crudo. Parte comestible en contacto directo con las AR	Todos	≤ 100	≤ 1	≤ 20	≤ 10	Otros contaminantes. <i>Legionella spp.</i> ≤ 1000 UFC/L ante riesgo de aerosolización. Presencia/Ausencia de <i>Salmonella</i> (c=3 para M=1000).
2.2	a) Consumo humano transformado	Todos	≤ 1000	≤ 1	Conforme a Directiva 91/271/CEE (anexo I cuadro 1)		Otros contaminantes. <i>Taeniasaginata</i> y <i>Taeniasolium</i> ≤ 1 huevo/L en pastos para consumo de animales productores de carne. Presencia/Ausencia de <i>Salmonella</i>
	b) Consumo productores leche o carne						
	c) Acuicultura						
2.3	a) Cultivo de leñosos sin contacto directo del AR con los frutos consumidos en alimentación humana	Todos	≤ 10000	≤ 1			Otros contaminantes. <i>Legionella spp.</i> ≤ 100 UFC/L
	b) Cultivo de flores ornamentales, viveros e invernaderos						
	c) Cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas						

REQUISITOS DE VALIDACIÓN DE LAS AR

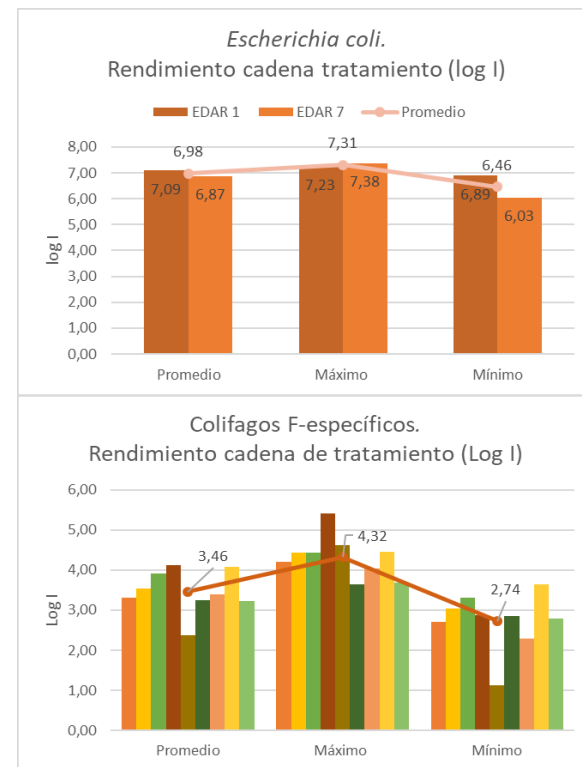
- Deberá realizarse un **control de validación antes de poner en funcionamiento una nueva ERA**.
- **Se fundamenta en la calidad A, la más restrictiva.** Monitorizará el cumplimiento de unos objetivos de rendimiento (**reducción de \log_{10}**) para una serie de microorganismos indicadores o patógenos de referencia.
- Los objetivos de rendimiento se cumplirán en el punto de cumplimiento, (**salida ERA**), teniendo en cuenta las concentraciones del **influyente**.
- Al menos el 90 % de las muestras de validación deberán alcanzar o superar los objetivos de rendimiento.
- ¿Serán necesarias revisiones periódicas ?

Indicadores

- *Bacterias: E. coli $\geq 5,0$*
- *Virus: Colifagos totales/F-específicos/somáticos $\geq 6,0$*
- *Protozoos: Esporas Clostridium perfringens $\geq 5,0$ /Bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato $\geq 4,0$*

APLICACIÓN DEL REGLAMENTO EN INSTALACIONES (EDAR-ERAS) EXISTENTES, VALIDACIÓN

- La reducción de *E. coli* en influentes a EDARs evaluadas alcanza un promedio de 7,0 logs (mínimo 6,0), superior a los 5 requeridos por **Reglamento (UE) 2020/741**
- La reducción de colifagos F-específicos es desigual, aunque inferior a los 6 requeridos por **Reglamento (UE) 2020/741**
 - MBR ultra/microfiltración y terciario convencional + UV, muestran ausencia en el AR. No así la desinfección con hipoclorito sódico.
 - Como las concentraciones iniciales ya son bajas, la ausencia a la salida es imprescindible para la validación.
- Únicamente el **terciario con MBR** cumple requisitos de validación en esporas de *Clostridium perfringens* (reducción $\geq 4,0 \log_{10}$), mostrando incluso ausencia dicho indicador en la salida.

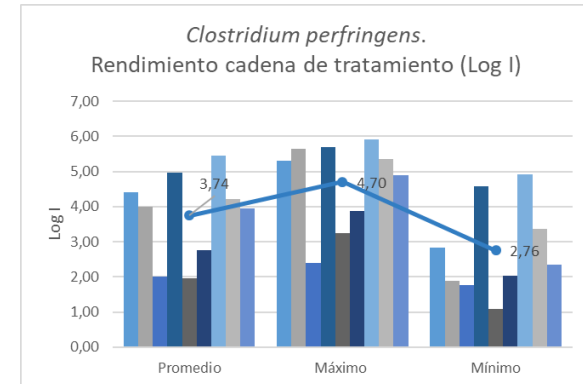


Seguimiento de la concentración *E. coli* y colifagos en 2 EDAR-ERAs.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ESAMUR 2017-2018.

APLICACIÓN DEL REGLAMENTO EN INSTALACIONES (EDAR-ERAS) EXISTENTES, VALIDACIÓN

- La reducción de *E.coli* en influentes a EDARs evaluadas alcanza un promedio de 7,0 logs (mínimo 6,0), superior a los 5 requeridos por **Reglamento (UE) 2020/741**
- La reducción de colifagos F-específicos es desigual, aunque inferior a los 6 requeridos por **Reglamento (UE) 2020/741**
 - MBR ultra/microfiltración y terciario convencional + UV, muestran ausencia en el AR. No así la desinfección con hipoclorito sódico.
 - Como las concentraciones iniciales ya son bajas, la ausencia a la salida es imprescindible para la validación.
- Únicamente el **terciario con MBR** cumple requisitos de validación en esporas de *Clostridium perfringens* (reducción $\geq 4,0 \log_{10}$), mostrando incluso ausencia dicho indicador en la salida.

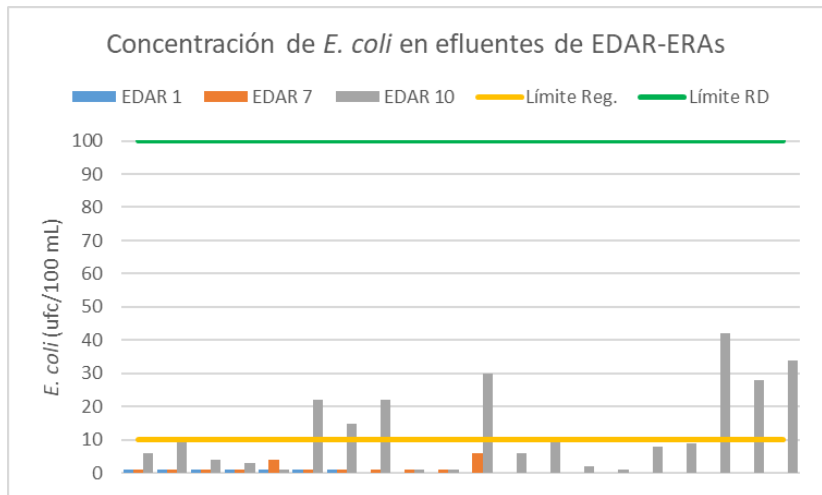


Seguimiento de la concentración esporas de *Clostridium* 2 EDAR-ERAs.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ESAMUR 2017-2018.

APLICACIÓN DEL REGLAMENTO EN INSTALACIONES (EDAR-ERAS) EXISTENTES, VERIFICACIÓN

Evaluando el parámetro de contaminación (verificación) más exigente en ambas normativas, la *E. coli*, para la calidad de las AR más restrictiva (2.1. en RD y A en Reglamento):



Seguimiento de la concentración *E. coli* en efluentes de 3 EDAR-ERAs.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ESAMUR 2017-2022.

- Las tres EDAR-ERAs cumplen **RD 1620/2007**, ≤ 100 ufc/100mL.
- La EDAR 10 no cumple **Reglamento (UE) 2020/741**, ≤ 10 ufc/100mL.
- **Las instalaciones existentes generalmente no están diseñadas** para estos requerimientos, **pero es factible su cumplimiento**, con pequeñas modificaciones en sus etapas de tratamiento.

APLICACIÓN DEL REGLAMENTO EN INSTALACIONES (EDAR-ERAS) EXISTENTES, VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Pequeñas modificaciones son necesarias para verificar que las EDAR existentes cumplan la calidad más estricta del AR, (*E. coli* para calidad A del Reglamento)

Se cumplen requisitos de validación en las plantas analizadas para:

- ✓ ***Escherichia coli***, por rendimientos superiores al objetivo.
- ✓ **Colifagos F-específicos**, por su ausencia en el AR, **salvo en instalaciones con desinfección mediante hipoclorito sódico.**

NO se cumplen requisitos de validación para:

- ✗ **Esporas de *Clostridium perfringens***, salvo excepciones (instalación dotada con MBR).

AMPLIACIÓN DE UN UV EXISTENTE EN BASE A OBJETIVOS DEL REGLAMENTO

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

<i>E. coli</i>	Cumple validación por ausencia en concentraciones de entrada $\leq 4 \log_{10}$ No cumple verificaciones (33% de las muestras ≥ 10 ufc/100mL)	+ 1-2 \log_{10} para alcanzar los 5 \log_{10} en todos los casos
Colifagos F-específicos	Cumple validación por ausencia en concentraciones de entrada $\leq 3 \log_{10}$	+ 3 \log_{10} para alcanzar los 6 \log_{10} en todos los casos
Colifagos totales	Cumple validación por ausencia en concentraciones de entrada $\leq 5 \log_{10}$	+ 1 \log_{10} para alcanzar los 6 \log_{10} en todos los casos
Esporas de <i>Clostridium perfringens</i>	No se cumple validación ni para concentraciones de entrada $\leq 5 \log_{10}$	$\geq 1 \log_{10}$ para alcanzar los 5 \log_{10} en todos los casos

AMPLIACIÓN

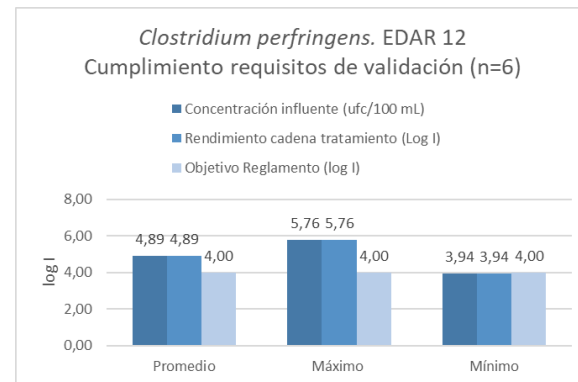
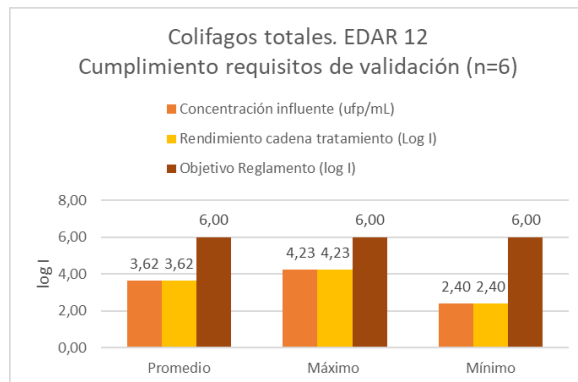
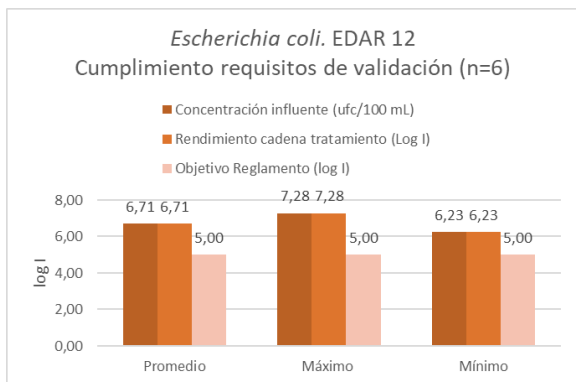
(Q=3000 m³/día)

D. validada 45 J/cm² para inactivar 5 logs de *Cryptosporidium* spp.

- Triplica consumo energético
- Triplica coste de recambios
- OPEX 0,0512 €/m³
- CAPEX 31,7 €/(m³/d)

ULTRAFILTRACIÓN

- Con la eliminación completa de E. coli, colifagos totales y esporas de Clostridium perfringens en la cadena de tratamiento, se cumplen holgadamente los requisitos de validación y verificación del Reglamento para los citados microorganismos indicadores



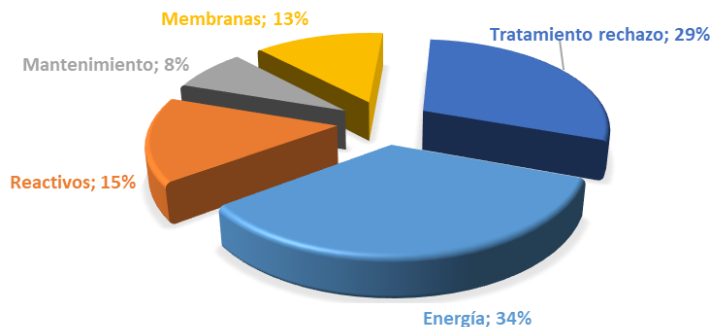
Seguimiento de la concentración de microorganismos indicadores en influente/efluente de una EDAR-ERA dotada de ultrafiltración en terciario.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Acciona 2022.

	Caudal (m ³ /día)	Caudal permeado (m ³ /día)	% Q permeado	Costes						
				Energía (€/año)	Reactivos (€/año)	Mantenimiento (€/año)	Reposición (€/año)	Tratamiento rechazo (€/año)	Total (€/año)	Total (€/m ³)
EDAR 12	1048	251,00	23,92%	7.686,78	3.460,53	1.727,83	2.971,43	6.575,32	22421,89	0,0586
EDAR13	1607	222,00	13,84%	11.346,64	13.878,38			5.834,87	31059,89	0,053

ULTRAFILTRACIÓN

DISTRIBUCIÓN DE COSTES EXPLOTACIÓN
ULTRAFILTRACIÓN EDAR 12



COSTES DE INVERSIÓN (EDAR 12): 96 €/m³/d

	Caudal (m ³ /día)	Caudal permeado (m ³ /día)	% Q permeado	Costes					Total (€/año)	Total (€/m ³)
				Energía (€/año)	Reactivos (€/año)	Mantenimiento (€/año)	Reposición (€/año)	Tratamiento rechazo (€/año)		
EDAR 12	1048	251,00	23,92%	7.686,78	3.460,53	1.727,83	2.971,43	6.575,32	22421,89	0,0586
EDAR 13	1607	222,00	13,84%	11.346,64	13.878,38			5.834,87	31059,89	0,053

ULTRAFILTRACIÓN

- Si bien esta tecnología se consideraba inicialmente como costosa en términos de implantación, **queda manifiesta la viabilidad de su inversión.**
- A falta de optimizar el proceso de tratamiento y determinar con mayor precisión los costes de explotación, esta tecnología se plantea como una de las que aporta **mayor calidad del efluente, con una mayor garantía de cumplimiento,** dependiendo en menor medida respecto a otros tratamientos, de las oscilaciones de la calidad del influente a terciario a consecuencia de cambios en el proceso, vertidos industriales, precipitaciones...
- Tres prediseños se han llevado a cabo para otras EDAR-ERARs:

	Costes						
	Caudal (m ³ /día)	Energía (€/año)	Reactivos (€/año)	Mantenimiento (€/año)	Reposición (€/año)	Total (€/año)	Total (€/m ³)
EDAR 14	4.800	43.201,73	17.694,41	8.971,05	13.680,00	83.547,19	0,048
EDAR 11	2.400	23.428,26	8.847,21	5.565,45	6.840,00	44.680,92	0,051
EDAR 10	3.00	29.570,56	11.004,26	5948,25	8.360,00	54.883,07	0,05

CONCLUSIONES

- El **Reglamento (UE) 2020/741** es más restrictivo que **RD 1620/2007**
- Los terciarios convencionales no son capaces de alcanzar todos los requisitos
- Se pueden ampliar las instalaciones de UV preexistentes pero con un importante impacto en costes de operación e inversión
- La ultrafiltración resulta ser una alternativa viable para cumplir requisitos con un impacto económico asumible

Nueva directiva europea de reúso, retos y alternativas



¡Muchas gracias por vuestra atención!

mariamar.mico.reche@acciona.com