



**Generalitat
de Catalunya**



**Agència Catalana
de l'Aigua**



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Calidad microbiológica del agua regenerada: marco legal y estado del arte

Lluís Sala· Consorci Costa Brava (Girona, Spain) · lsala@ccbgi.org

Kick-off meeting WATER FATE
Girona, 18 diciembre 2012





Generalitat
de Catalunya



Agència Catalana
de l'Aigua



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Legislación vigente en España

- Desde 7 de diciembre de 2007, Real Decreto 1620/2007 que regula la reutilización de las aguas regeneradas
- Definiciones
 - Reutilización del agua: segundo uso que se da a las aguas residuales adecuadamente tratadas (tratamiento biológico + regeneración) antes de su vertido al medio
 - Agua regenerada: agua residual tratada que ha tenido un tratamiento adicional para conseguir un nivel de calidad que permita su utilización posterior con seguridad desde el punto de vista sanitario
- Calidad
 - Niveles más estrictos de calidad a medida que aumenta la posibilidad de contacto humano
 - Cumplimiento percentil 90 en períodos de 3 meses para los parámetros clave (MES, turbidez, concentración de *E. coli* y nematodos intestinales) – regularidad y fiabilidad
- Gestión
 - Se diferencia entre *Punto de entrega* (responsabilidad del productor) y *Punto de uso* (responsabilidad del usuario)





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



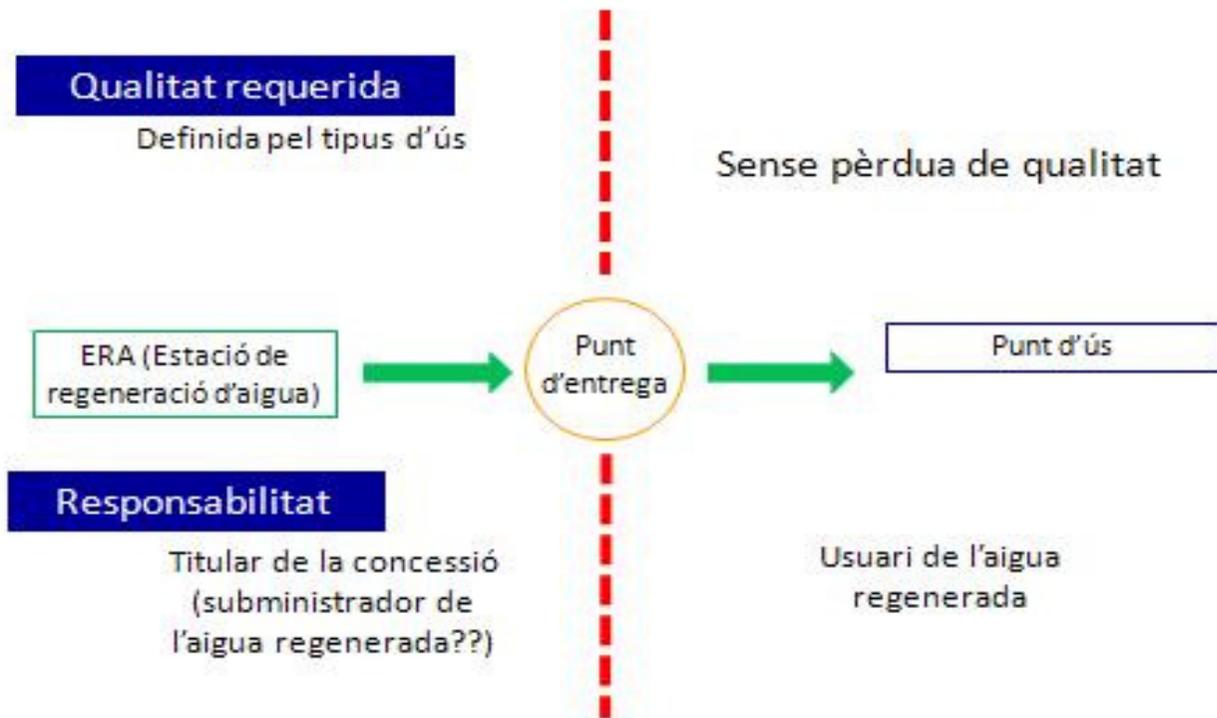
Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Institució CERCA
Centres de Recerca de Catalunya

Legislación vigente en España

Punt d'entrega vs Punt d'ús



Institut Català de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán de Investigación del Agua
Catalan Institute for Water Research



Legislación vigente en España

ANEXO I.A: CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN SUS USOS

CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL ² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1 huevo/10 L	0 (UFC ⁴ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). ⁹ b) Baldeo de calles. ⁹ c) Sistemas contra incendios. ⁹ d) Lavado industrial de vehículos. ⁹	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

¹ Considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros: *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*.

² Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.

³ Su autorización estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso

⁴ Unidades Formadoras de Colonias.

⁵ Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

⁶ ver el Anexo II del RD 849/1986, de 11 de abril.

⁷ ver Anexo IV del RD 907/2007, de 6 de julio.

⁸ Norma de calidad ambiental ver el artículo 245.5.a del RD 849/1986, de 11 de abril, modificado por el RD 606/2003 de 23 de mayo.

⁹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

50644

Sábado 8 diciembre 2007

BOE núm. 294





Legislación vigente en España

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
2.- USOS AGRÍCOLAS¹					
CALIDAD 2.1 ² 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 ³ con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

¹ Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganeso: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Níquel: 0,2 mg/L; Selenio : 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L... Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula:

$$RAS (meq / L) = \frac{[Na]}{\sqrt{[Ca] + [Mg]}}$$

² Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

³ Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.





Legislación vigente en España

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
3.- USOS INDUSTRIALES					
CALIDAD 3.1¹					
a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L
c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ² 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	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
CALIDAD 3.2					
a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.	1 huevo/10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT	<i>Legionella spp.</i> : Ausencia UFC/L Para su autorización se requerirá. - La aprobación, por la autoridad sanitaria, del Programa específico de control de las Instalaciones contemplado en el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. - Uso exclusivamente industrial y en localizaciones que no estén ubicadas en zonas urbanas ni cerca de lugares con actividad pública o comercial.

¹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

² Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.



Legislación vigente en España

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
4.- USOS RECREATIVOS					
<p>CALIDAD 4.1¹</p> <p>a) Riego de campos de golf.</p>	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p>Si el riego se aplica directamente a la zona del suelo (goteo, microaspersión) se fijan los criterios del grupo de Calidad 2.3 <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)</p>
<p>CALIDAD 4.2</p> <p>a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.</p>	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p>P_T : 2 mg P/L (en agua estancada)</p>

¹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados



Legislación vigente en España

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
5.- USOS AMBIENTALES					
CALIDAD 5.1 a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N ₂ ¹ : 10 mg N/L NO ₃ : 25 mg NO ₃ /L
CALIDAD 5.2 a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	Art. 257 a 259 del RD 849/1986
CALIDAD 5.3 a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.
CALIDAD 5.4 a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso				

¹ Nitrógeno total, suma del nitrógeno inorgánico y orgánico presente en la muestra



**Generalitat
de Catalunya**



**Agència Catalana
de l'Aigua**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



La desinfección como elemento clave de la regeneración del agua

- Desinfección: proceso esencial – riesgo microbiológico real y a corto plazo:
 - Desinfección: “Conjunto de acciones dirigidas a eliminar los gérmenes nocivos o microorganismos patógenos que un objeto o un ser pueden contener o que lo pueden acompañar” (traducción de la definición del Gran Diccionari de la Llengua Catalana)
- Primeras reflexiones:
 - No tiene porqué limitarse a un único agente desinfectante, puede lograrse mediante combinaciones de ellos
 - Tiene como finalidad la protección de la salud pública
- Situación de partida desfavorable: agua residual depurada contiene aún una elevada carga microbiana de origen fecal.
- Es necesario preservar la protección de la salud pública conseguida mediante el saneamiento (aislamiento de las aguas residuales) y evitar contacto microorganismos patógenos con población.



**Institut Català
de Recerca de l'Aigua**
Instituto Catalán
de Investigación del Agua
Catalan Institute
for Water Research



**Generalitat
de Catalunya**



**Agència Catalana
de l'Aigua**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Requisitos de la desinfección

- **Eficacia**
 - Debe conseguir la inactivación suficiente de los microorganismos a eliminar
- **Regularidad**
 - Debe hacerlo de forma consistente a lo largo del tiempo y ante situaciones cambiantes (caudales, calidades)
- **Amplio espectro**
 - Debe ser capaz de atacar a distintos grupos de microorganismos



Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO DE ECONOMIA Y COMPETITIVIDAD



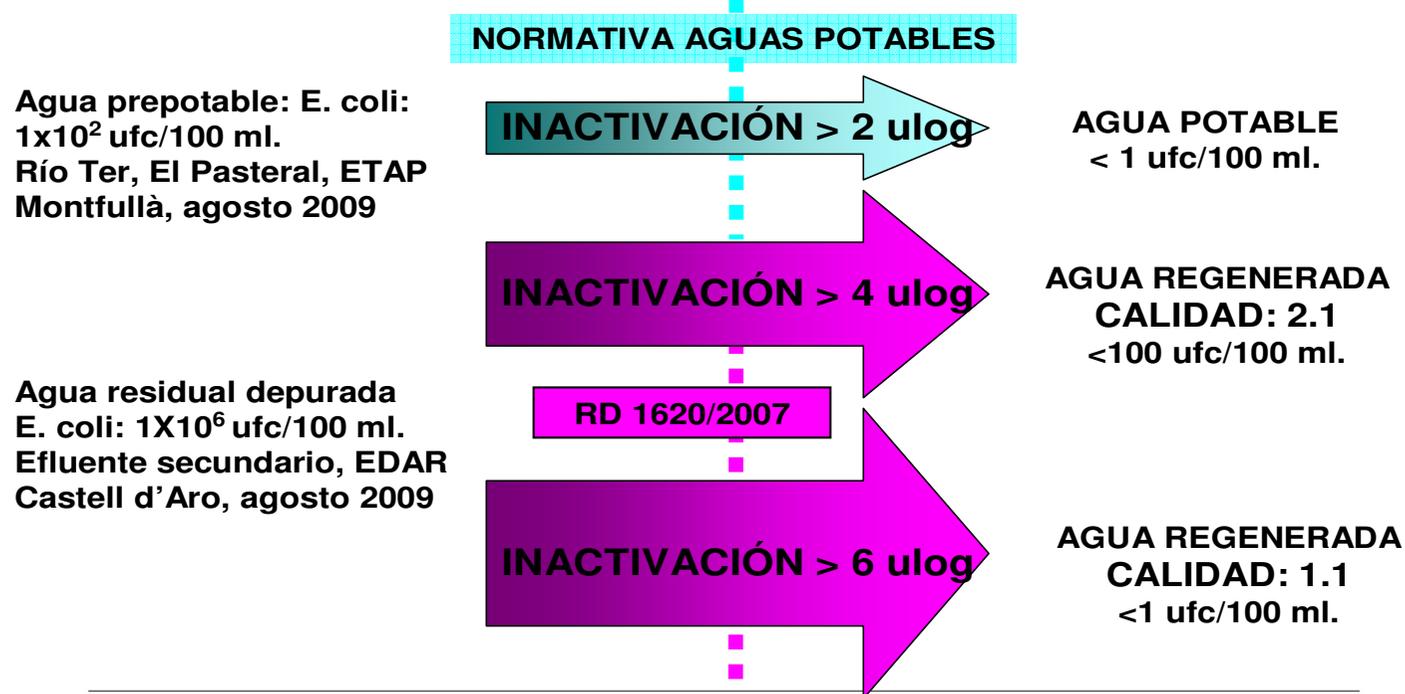
Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Desinfección en regeneración vs potabilización



La garantía sanitaria en la regeneración



Jordi Muñoz (EMACBSA) - "Estrategias de desinfección y fiabilidad en la regeneración del agua", Barcelona, 19 noviembre 2009



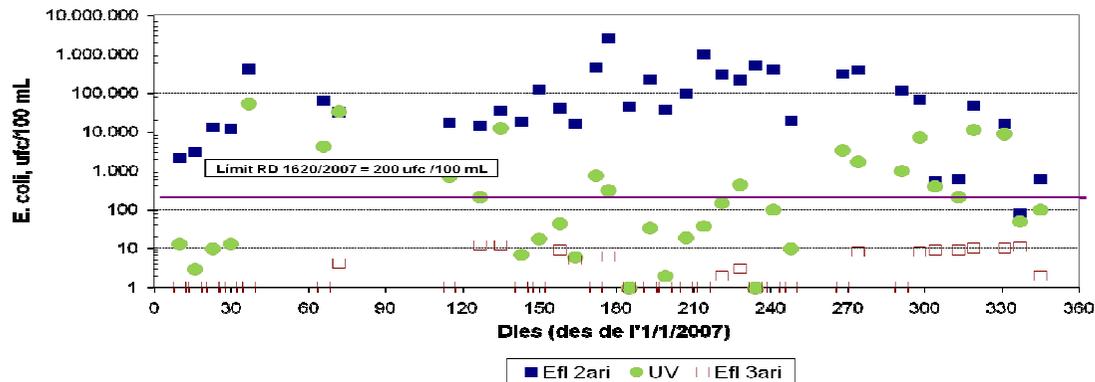
Institut Català de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán de Investigación del Agua
Catalan Institute for Water Research



Desinfección combinada luz UV + cloro

- Desinfección eficaz y regular
- Luz UV para desinfección principal y cloro para afino
- Tiempo de contacto relativamente reducido
- Amplio espectro de desinfección
 - Luz UV más eficaz que el cloro frente a esporas de *Clostridium sp.*, ooquistes de *Cryptosporidium ssp.* y enterovirus
 - Dosis final de cloro aporta regularidad a la calidad – importante para cumplir con requerimientos *E. coli* - RD 1620/2007

EVOLUCIÓ DE LES CONCENTRACIONS D'ESCHERICHIA COLI EN LES AIGÜES DE L'EDAR DE CASTELL-PLATJA D'ARO DURANT L'ANY 2007





Generalitat
de Catalunya

Universitat de Girona



Agència Catalana
de l'Aigua



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Tratamiento de regeneración de Tossa de Mar

- Tratamiento: 1 línea de 35 m³/h
 - Físico-químico: Coagulación-floculación, decantación lamelar, filtro de arena HUBER
 - Desinfección: Hipoclorito (pre y post-cloración) + luz UV (dosis màxima 48 mJ/cm²)
 - Depósito agua regenerada de 700 m³ (1 día TRH a máxima demanda)

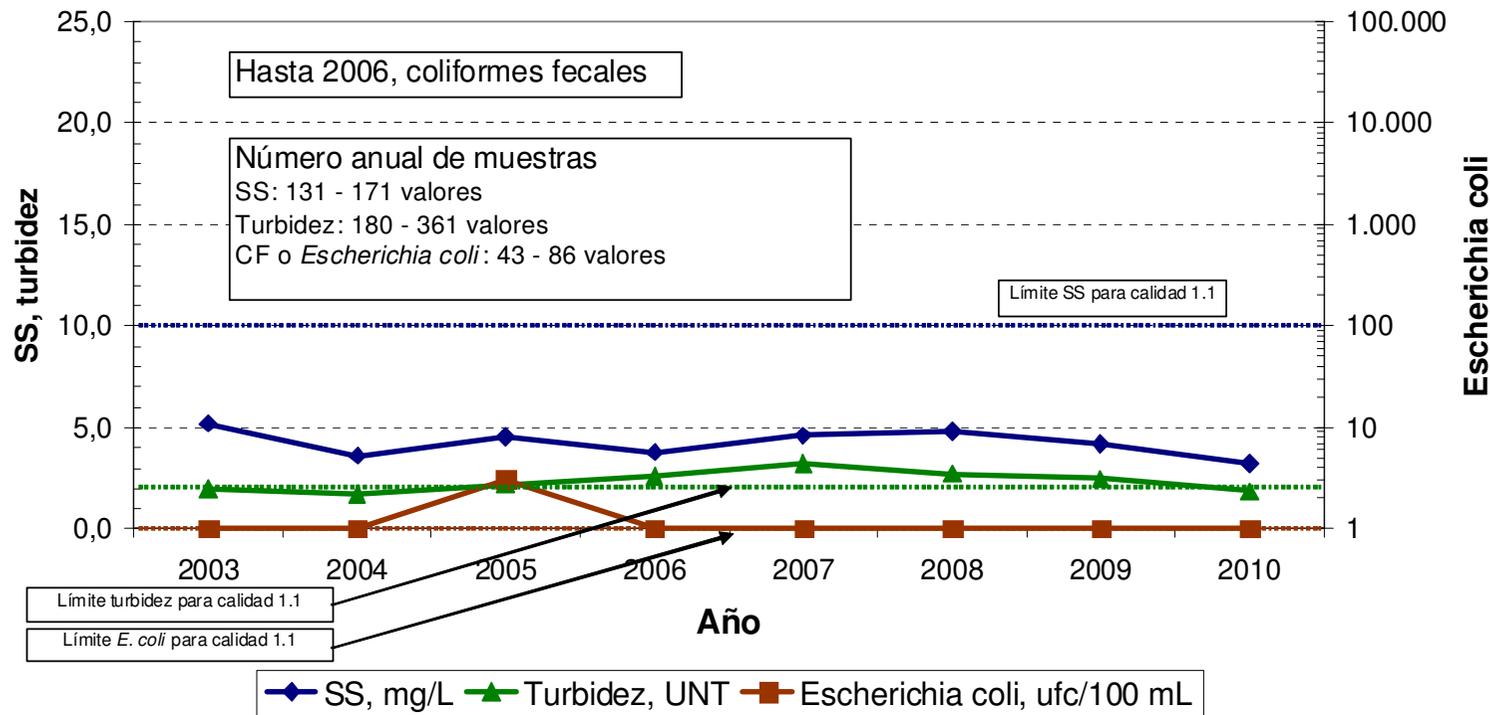


Institut Català
de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán
de Investigación del Agua
Catalan Institute
for Water Research



Evolución resultados Tossa de Mar

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA REGENERADA EN TOSSA DE MAR. PERCENTIL 90 DEL CONJUNTO ANUAL DE DATOS.



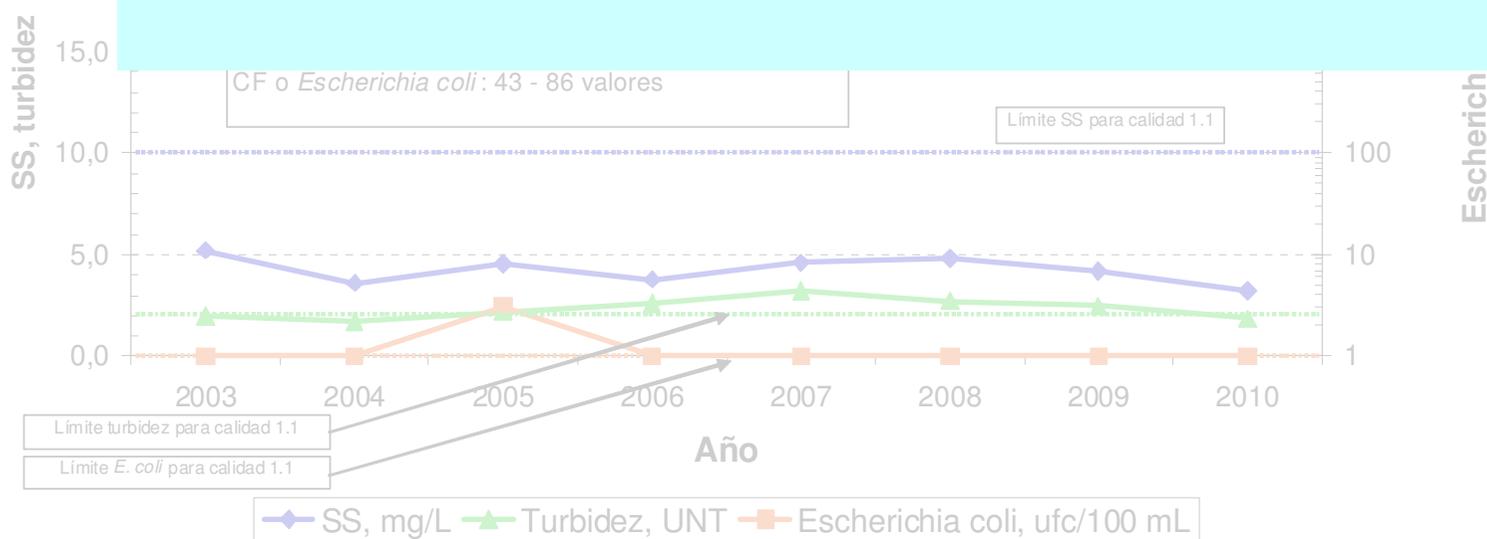
Escherichia coli





Evolución resultados Tossa de Mar

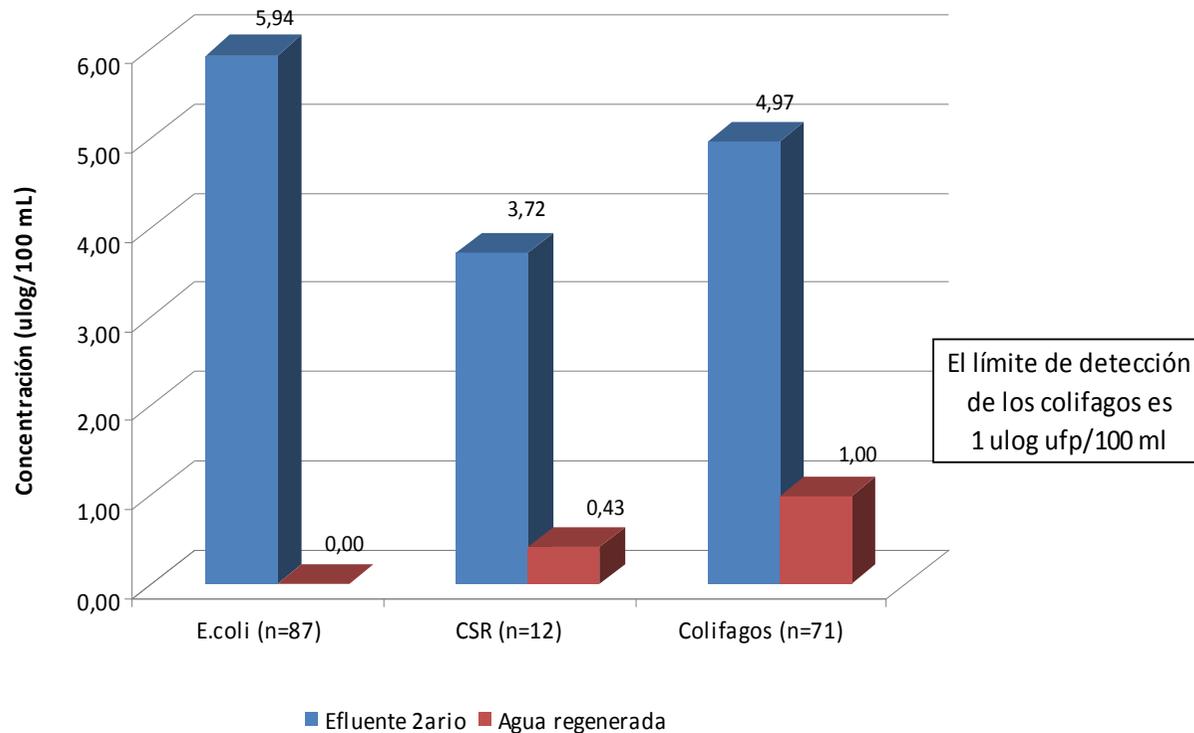
- Parámetros de relevancia sanitaria:
 - Cumple con creces las exigencias de calidad de los usos 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 4.1, 4.2, 5.1 y 5.3 del RD 1620/2007
 - La turbidez es, por poco, el único factor limitante para el cumplimiento de las exigencias de los usos 1.1 y 5.2 (2 UNT) y 3.2 (1 UNT)





Tossa de Mar (2009) - Concentraciones

PERCENTIL 90 DE LAS CONCENTRACIONES MICROBIANAS EN ULOG, EN EL EFLUENTE SECUNDARIO Y EN EL AGUA REGENERADA DE LA EDAR DE TOSSA DE MAR. 2.009





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA



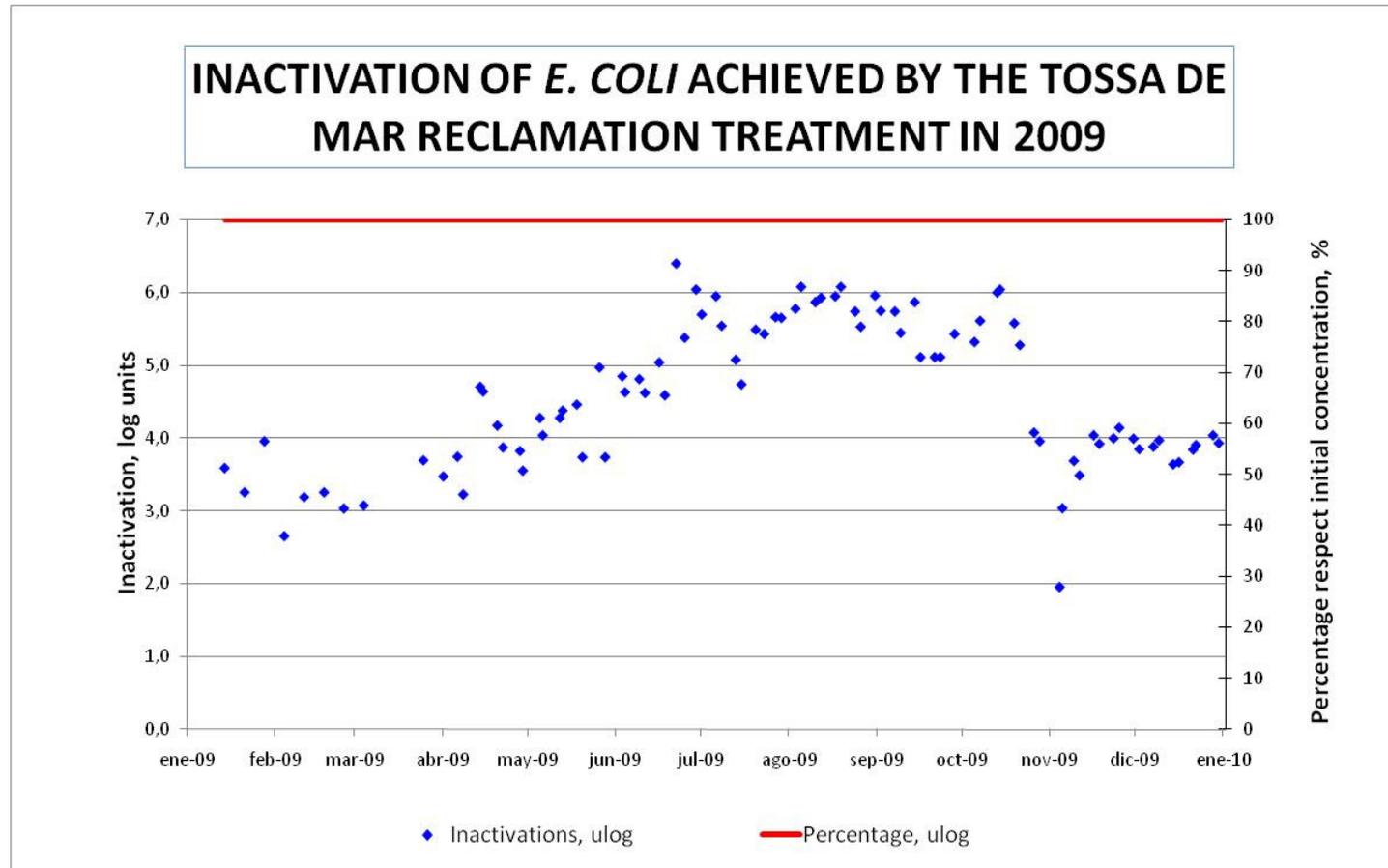
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Tossa de Mar (2009) - Inactivaciones





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA

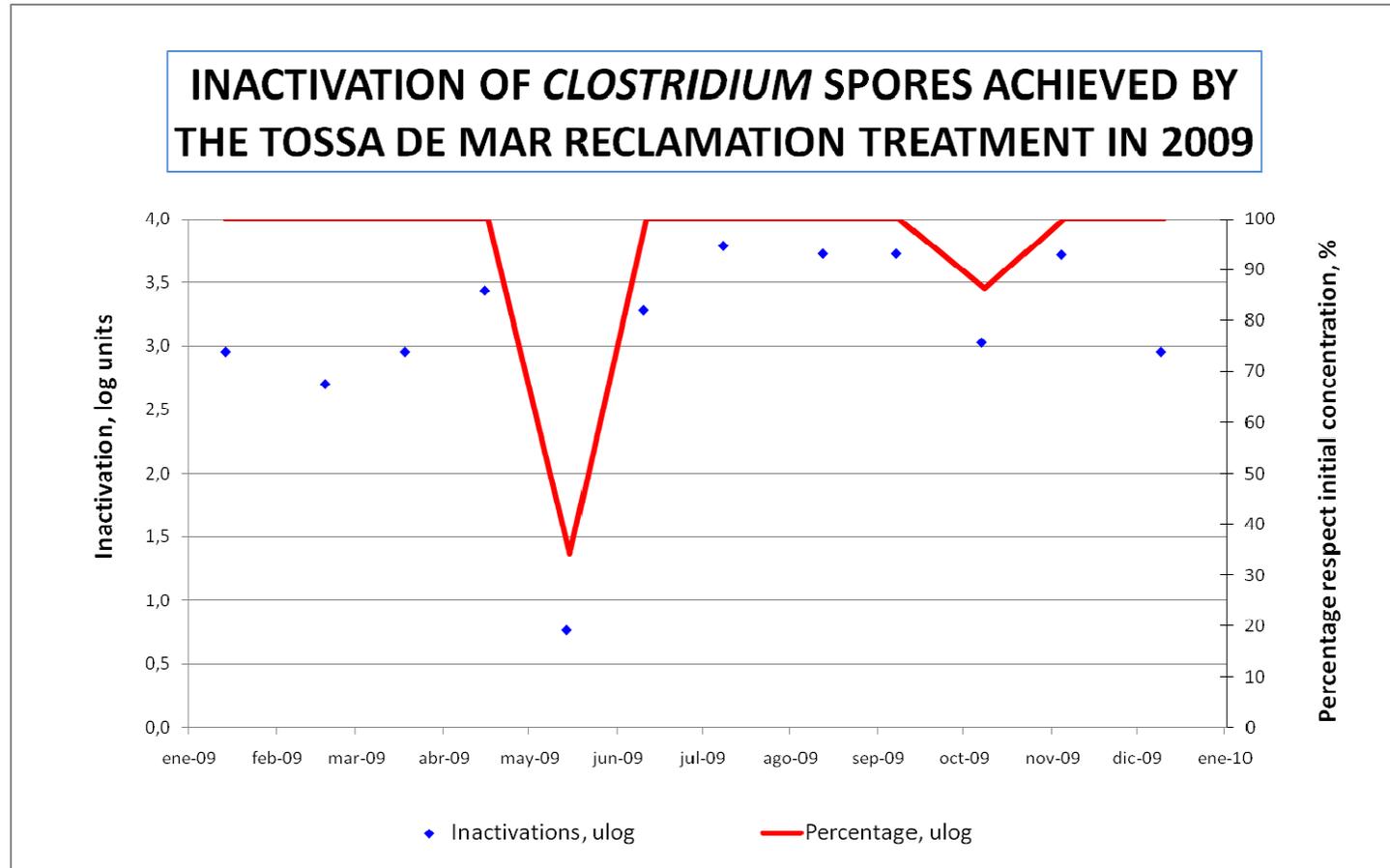
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Tossa de Mar (2009) - Inactivaciones





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA

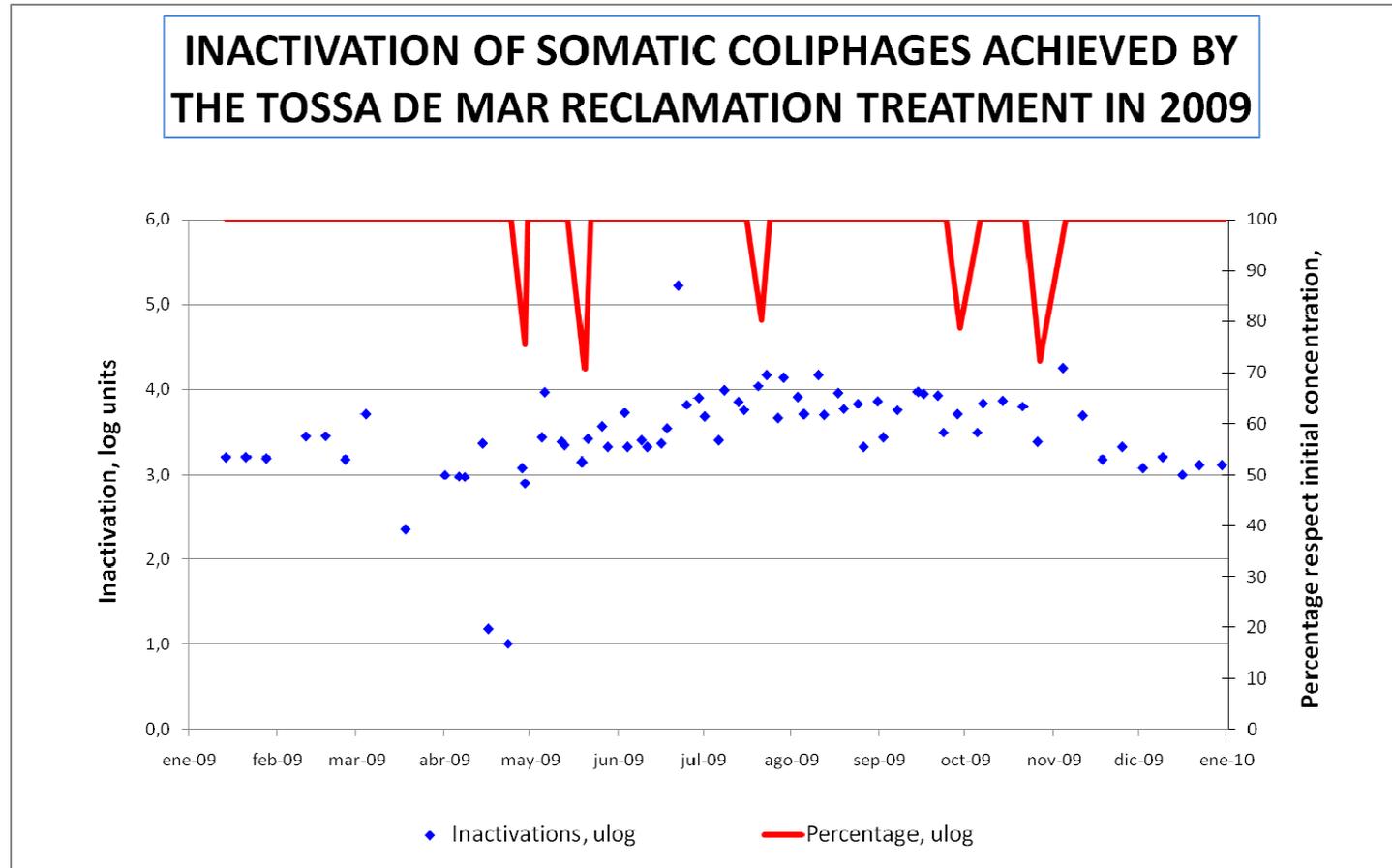
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



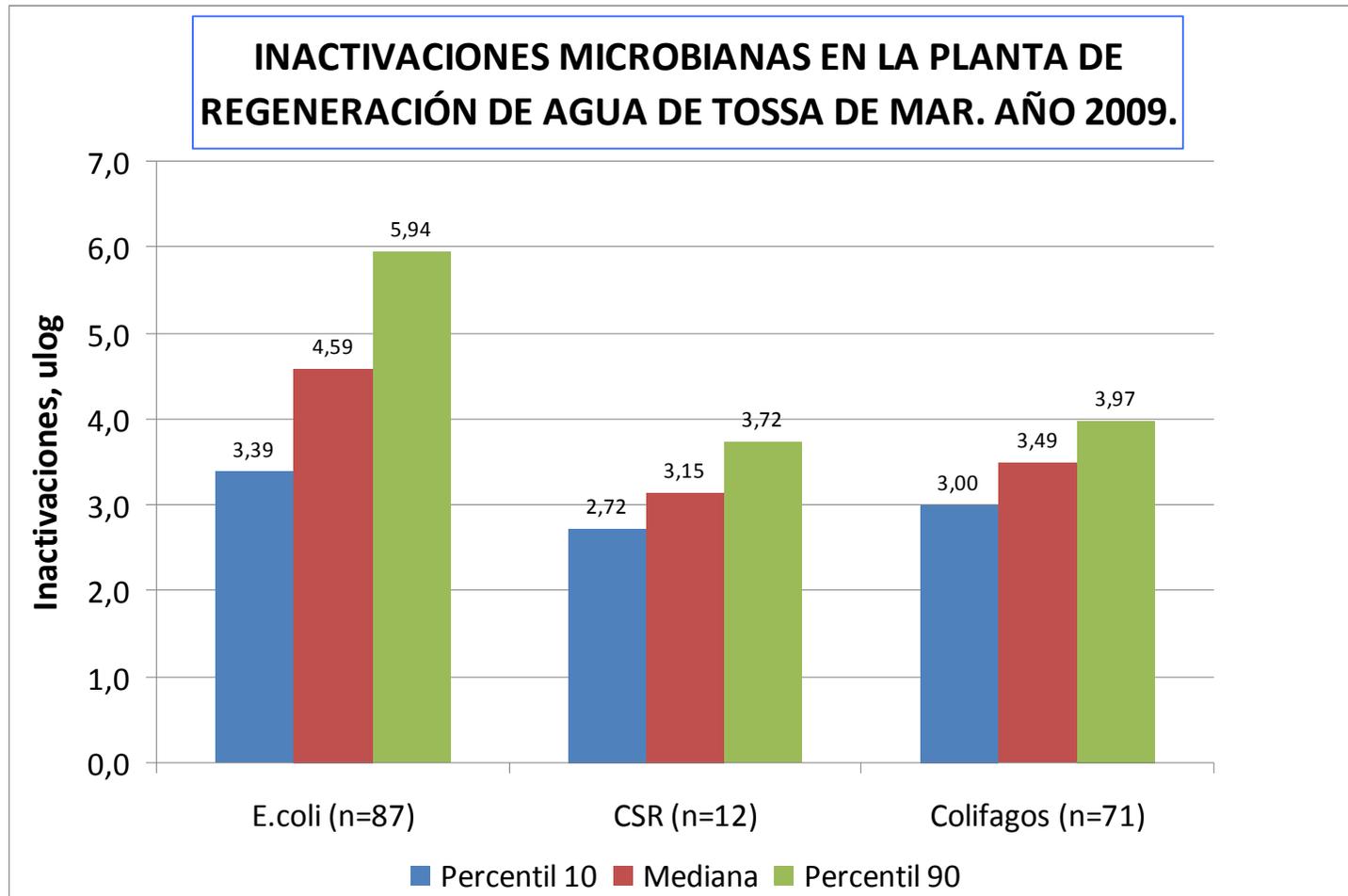
Tossa de Mar (2009) - Inactivaciones



Institut Català de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán de Investigación del Agua
Catalan Institute for Water Research



Tossa de Mar (2009) – Resumen inactivaciones





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

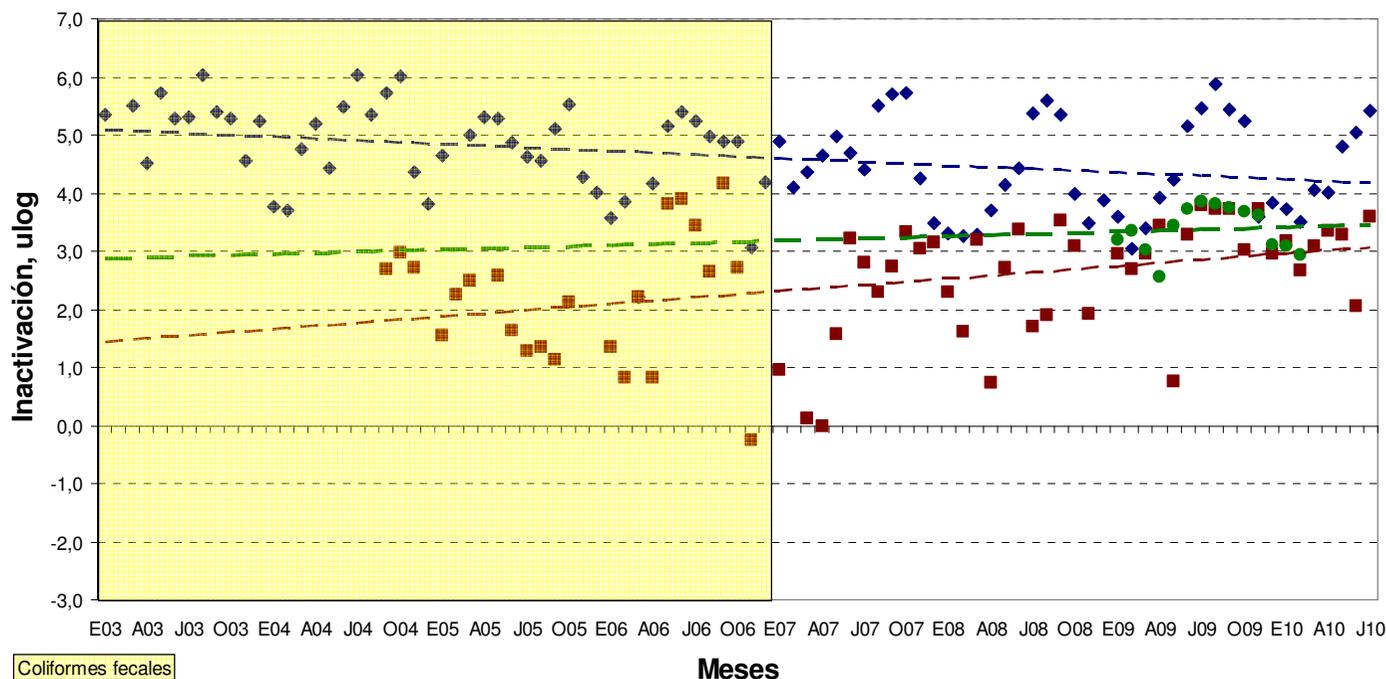


Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Tossa de Mar (2009) – Evolución inactivaciones

EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS MENSUALES DE LAS INACTIVACIONES MICROBIANAS EN LA PLANTA DE REGENERACIÓN DE AGUA DE TOSSA DE MAR



◆ E. coli (FC hasta 2006) ■ CSR ● Colifagos somáticos - - Lineal (E. coli (FC hasta 2006)) - - Lineal (CSR) - - Lineal (Colifagos somáticos)



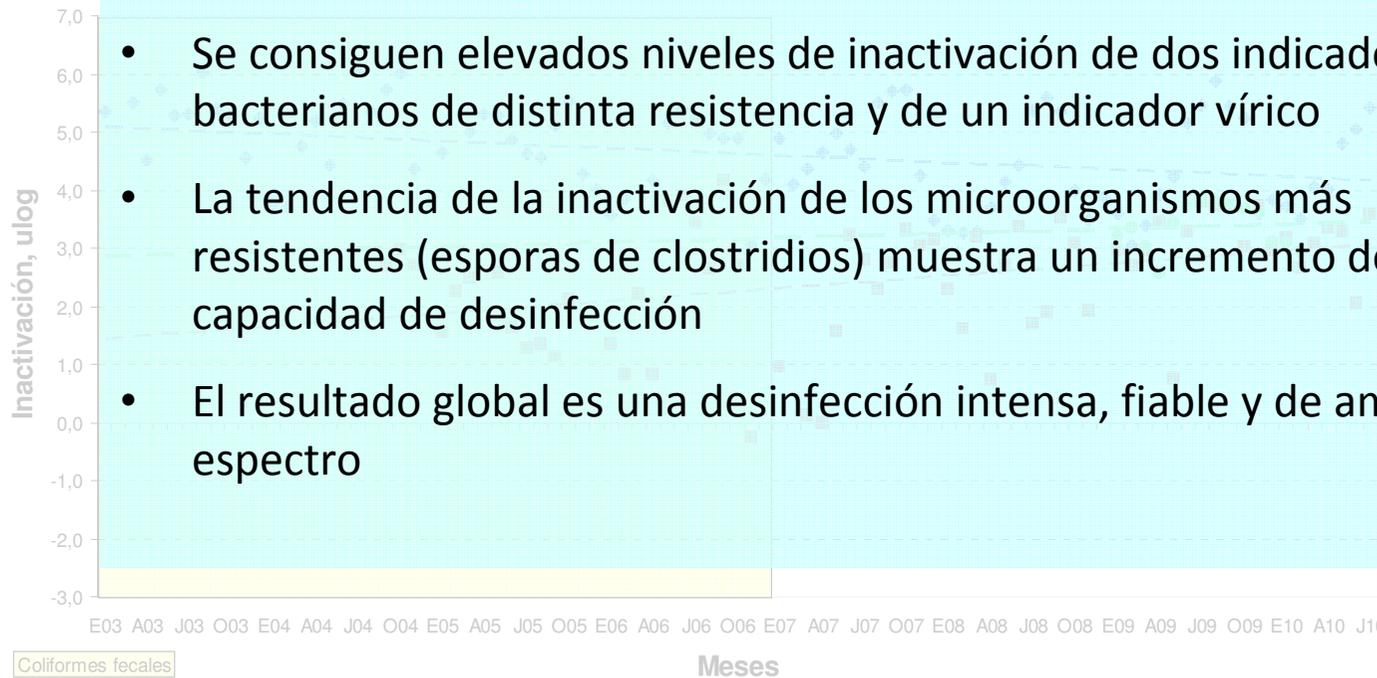
Institut Català de Recerca de l'Aigua
 Instituto Catalán de Investigación del Agua
 Catalan Institute for Water Research



Tossa de Mar (2009) – Evolución inactivaciones

EVOLUCIÓN DE LAS MEDIAS MENSUALES DE LAS

- El proceso de desinfección es efectivo ante variaciones importantes en la calidad microbiológica del efluente secundario
- Se consiguen elevados niveles de inactivación de dos indicadores bacterianos de distinta resistencia y de un indicador vírico
- La tendencia de la inactivación de los microorganismos más resistentes (esporas de clostridios) muestra un incremento de la capacidad de desinfección
- El resultado global es una desinfección intensa, fiable y de amplio espectro



Coliformes fecales

◆ E. coli (FC hasta 2006) ■ CSR ● Colifagos somáticos — Lineal (E. coli (FC hasta 2006)) — Lineal (CSR) — Lineal (Colifagos somáticos)





La importancia de la luz UV

CONTROL LÀMPADES UV

Terciari Castell d'Aro Any 2009 Substitució làmpades Mes de juliol	Mitjana CSR Efluent secundari ufc/100 ml.	Mitjana CSR Efluent terciari ufc/100 ml.	Inactivació U log
Final vida útil (n=6) (> 5500 hores)	$9,6 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	0,62
Inici vida útil (n=4) (< 2000 hores)	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^2$	2,01

- La **Inactivació** de les concentracions de clostridis sulfit reductors que s'aconsegueix dona una **mesura indirecta del l'estat** en què es troben les **làmpades UV**.
- Eina útil per **preveure / optimitzar** la **substitució**





Generalitat de Catalunya



Agència Catalana de l'Aigua



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



Unió Europea
Fons Europeu de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



Monitorización en contínuo en Tossa de Mar



Turbidez entrada tratamiento regeneración



Potencial redox después cloración



Sensor luz UV



Cloro residual en depósito previo a entrada en red municipal

Fotos cortesía de Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava S.A.



Institut Català de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán de Investigación del Agua
Catalan Institute for Water Research



**Generalitat
de Catalunya**


Universitat de Girona



**Agència Catalana
de l'Aigua**



Gobierno
de España



Ministerio
de Economía
y Competitividad



Unió Europea
Fons Europeu
de Desenvolupament Regional
Una manera de fer Europa



**Institució
CERCA**
Centres de Recerca
de Catalunya



Institut Català
de Recerca de l'Aigua
Instituto Catalán
de Investigación del Agua
Catalan Institute
for Water Research