

## Introducción a la reutilización de aguas depuradas y exposición de casos prácticos

# Comparando la calidad microbiológica de las aguas superficiales, potables, residuales y regeneradas. ¿Cómo proteger la salud pública reutilizando aguas regeneradas?

J. Jofre



UNIVERSITAT DE BARCELONA

## Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua

Categoría	Ejemplo
“Waterborne” Transmisión fecal-oral	Cólera Hepatitis infecciosas
“Water-washed”	<i>Pseudomonas</i> , tracoma,
“Water-based”	<i>Legionella</i> (23, 130, 3-4) <i>Mycobacterium</i> ,
“Water-related insect vectors”	Malaria

## Enfermedades ligadas al agua de transmisión fecal-oral

Enfermedad	Patógeno	Enfermedad	Patógeno
Artritis	<i>Giardia, Salmonella, Campylobacter</i>	Problemas cardíacos	Coxsackievirus B
Meningitis aséptica	Echovirus, Coxsackievirus	Diabetes insulina-dependiente?	Coxsackievirus B
Cáncer, úlcera de estómago o duodeno	<i>Helicobacter pylori</i>	Problemas renales	<i>E. coli</i> O157:H7 <i>Cyclospora</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Hepatitis	Virus de la hepatitis A Virus de la hepatitis E
Diarrea i gastroenteritis (GEAs)	Norovirus i Sapovirus Rotavirus Astrovirus Alguns enterovirus Adenovirus enteropatógenos <i>Giardia, Cryptosporidium</i> <i>Salmonella, Shigella, Campylobacter, enteropathogenic E. coli, Aeromonas,</i>	Poliomielitis	Poliiovirus

## Patógenos de transmisión fecal-oral

### ◆ Tradicionales

*Salmonella no thyphi, E. coli* enteropatógenicas, virus de la hepatitis A, virus de la poliomiélitis, .....

### ◆ Emergentes (identificados los últimos 20 años)

*E. coli* (O157:H7), *Cryptosporidium*, HEV, norovirus, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter, Vibrio cholerae*(?), .....

### ◆ Re-emergentes

*Salmonella typhi* (?), *Vibrio cholerae*(?)

## Infecciones de transmisión fecal-oral

### ◆ Zoonóticas

Ejemplos: *Campylobacter*, *Salmonella* no *typhi*, *E. coli* enteropatógenicas (O157:H7), HEV (?), *Cryptosporidium*, *Shigella* no *dysenteriae*, .....

### ◆ No zoonóticas

Ejemplos: *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* (?), *Shigella dysenteriae*, *Helicobacter pylori*, virus de la hepatitis A, virus de la poliomielitis, .....

## Importancia (carga) de las enfermedades de transmisión fecal-oral

- ◆ Grandes diferencias entre los países industrializados y los países en fase de desarrollo

	Global	Países industrializados	Países en fase de desarrollo
DALYs (%)	5.7	Aprox. 1	8.5
Mortalidad (%)	4.0	< 0.01	7.7 (1.800.000)

\* DALY: Disability-adjusted life years

## Carga de GEAs ligadas a agua Países industrializados

	USA (266.000.000) 1991-2002	CATALUÑA (7.000.000) 1995-2006
Episodios de GEA por persona y año	0.56	Aprox. 0.5
GEAs estimadas (ligadas a agua - 3 a 6 %-)	148.000.000 (4.200.000-11.690.000)	3.500.000 (105.000-200.000)
GEAs declaradas (ligadas a agua)	? ?	350.000 ?
Brotos ligados a agua por año	20	7 (266)
Casos por año en brotes	39.000 (2.557 excluyendo Milwaukee <i>Cryptosporidium</i> )	317 (12000)
Aún el % más alto de brotes son sin agente identificado Por los síntomas y el período del año se supone que son virus o protozoos	No identificados <i>Giardia, Cryptosporidium, Norovirus, Shigella, Campylobacter, Salmonella, E. coli</i> O157:H7	No identificados Norovirus, <i>Shigella, Campylobacter, Salmonella, E. Coli</i> enteropatógenicas

## Infecciones de transmisión fecal-oral

¿Que microorganismos hay en heces?

### ◆ Flora comensal

Relativamente estable

Relativamente similar entre individuos

Indicadores

### ◆ Patógenos

Generalmente transitorios

Muy distinto entre individuos

Distintos entre poblaciones

## Microorganismos transmitidos por agua

### Densidades en aguas residuales municipales

Microorganismo	Densidades (por 100 ml)	
<i>E.coli</i>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	(Lucena et al. AEM, 2004)
<i>Salmonella ssp</i>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	(Muniesa et al. AEM, 2005)
<i>E. coli</i> enteropatógenicas	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	(García-Aljaro et al., AEM, 2004)
<i>Campylobacter</i>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	(Rodríguez i Araujo, com. pers.)
<i>Cryptosporidium</i>	10 <sup>1</sup> -10 <sup>2</sup>	(Montemayor et al. J. Appl Microbiol, 2005)
Enterovirus	10 <sup>1</sup> -10 <sup>3</sup>	(Mocé. Tesis Doctoral, 2004)
Rotavirus	10 <sup>1</sup> -10 <sup>3</sup>	(Bosch et al. Wat. Sci. Technol., 1986)

## Barreras encontradas por los patógenos e indicadores desde los excrementos hasta ser ingeridos por un nuevo huésped

### Separación

- Sedimentación
- Adsorción al suelo o a filtros
- Retención por filtración

Cambio de compartimiento

### Inactivación

- Factores físicos: calor, radiaciones, ...
- Factores químicos: pH, amonio, fuerza iónica, desinfectantes, ...
- Factores biológicos: "grazing", agents virucidas, ...

Eliminación

## Barreras encontradas por los patógenos e indicadores desde los excrementos hasta ser ingeridos por un nuevo huésped

### ♦ Naturales

Agua (superficiales)  
Suelo  
Sedimentos

**No se usa este potencial  
cuando se reutiliza  
directamente  
Re-naturalización**

### ♦ Interpuestas por el hombre

Depuración-regeneración de aguas  
Potabilización  
Tratamientos de biosólidos

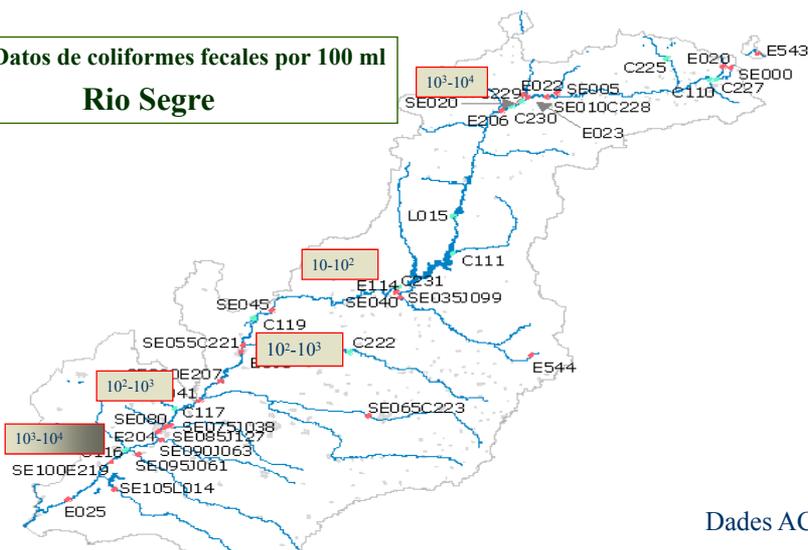
## Calidad de aguas superficiales, subterráneas y de red en Cataluña

### ♦ Además de los aportes por aguas residuales brutas o depuradas

**en Cataluña es muy importante la contaminación fecal difusa (sobre todo ganadería)**

## Datos de coliformes fecales por 100 ml

### Rio Segre



Dades ACA

Nota: les estacions amb codi E— estan controlades per la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre i la consulta de resultats s'ha d'efectuar mitjançant l'enllaç que hi ha en aquesta mateixa pàgina web, dins l'apartat "consulta de resultats".

- Punts de control de la xarxa actual d'aigües superficials
- Punts de control amb dades fins l'any 2003

## Datos de coliformes fecales por 100 ml

### Rio Ter



Dades ACA

- Punts de control de la xarxa actual d'aigües superficials
- Punts de control amb dades fins l'any 2003

## Patógenos en aguas superficiales

- ◆ Datos muy escasos. Disponemos de algunos del río Llobregat aguas abajo de Manresa

	Rio Llobregat	Agua residual
<i>E. coli</i> (por 100 ml)	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^6$
<i>Campylobacter</i> (por 100 ml)	1*	$5 \times 10^{2*}$
Enterovirus (por 1 l)	1**	$10^{3**}$
<i>Cryptosporidium</i> (por 1 l)	1***	$10^{2***}$

\* Rodríguez i Araujo, comunicación personal

\*\* Mocé. Tesis Doctoral, 2004

\*\*\* Montemayor et al. J. Appl. Microbiol., 2005

## Indicadores en aguas subterráneas

Microorganismo (% positivos en 100 ml)	Acuífero Llobregat	Acuífero Tordera	Barcelona
Coliformes fecales (por 100 ml)	0	27.0	24.0
Enterococos fecales (por 100 ml)	21.5	20.0	52.0
Esporas de clostridios (por 100 ml)	7.0	33.3	48.0
Colifagos somáticos (por 100 ml)	10.7	53.3	32.0

Lucena et al. J. Appl. Microbiol., 2006

## Indicadores en agua de red

Datos extraídos del “Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo” (SINAC) (<http://sinac.msc.es>)

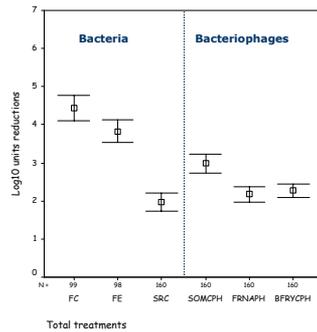
	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona
% muestras que no cumplen en cuanto a colonias a 22°C	0.9	0.2	0.6	0.3
% muestras que no cumplen en cuanto a coliformes fecales	0.7	0.2	0	0.5
% muestras que no cumplen en cuanto a <i>Clostridium perfringens</i>	-	0.05	-	-

## Reducción de números de microorganismos de origen fecal en los tratamientos de regeneración

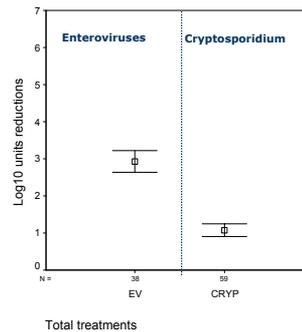
- ◆ En tratamientos primarios y secundarios las reducciones son parecidas para todos los microorganismos (0.5-2.5 unidades logarítmicas)
- ◆ En tratamientos terciarios las reducciones son variables y dependen del tratamiento. *E. coli* y coliformes fecales son los más sensibles

## LOG<sub>10</sub> REDUCTIONS OBTAINED FOR BACTERIOPHAGES AND SPORES OF SRC ARE LOWER THAN THOSE OBTAINED FOR BACTERIA IN TERTIARY TREATMENTS

### Faecal indicators



### Pathogens



Ana Costán, Swansea Meeting HRWM-IWA, 2005

## Indicadores y patógenos en agua regenerada

Microorganismo	Efluente secundario	Terciario (media geométrica)	Terciario (valor máximo)
Coliformes fecales (por 100 ml)	5.5	≤ 1.22	2.2
Enterococos fecales (por 100 ml)	4.5	≤ 1.0	1.5
Esporas de clostridios (por 100 ml)	3.8	≤ 1.8	2.8
Colifagos somáticos (por 100 ml)	4.8	≤ 2.5	3.2
Enterovirus (por litro)	≤ 1.3	≤ -1.9	≤ -1.6
<i>Cryptosporidium</i> (por litro)	≤ 0.63	≤ 0.07	1.7

Planta Castell-Platja d'Aro- Consorci Costa Brava (Website del CCS)

# Peligros y riesgos microbiológicos

- ◆ **Los peligros microbiológicos son los que son:**
- ◆ Otra cosa son los **riesgos**. Este es un concepto cuantitativo, que se puede:
  - Determinar**
  - Gestionar**
- ◆ Y que se debe **comunicar** (percepción).

## Riesgo microbiológico

- ◆ **El análisis cuantitativo de riesgo microbiológico (AQRM) es posible**

**Números de patógenos en aguas y datos epidemiológicos**

**Dosis infecciosas**

**Exposición**

**Susceptibilidad de la población (% de susceptibles)**

Hay modelos que dan diferentes resultados (expresados en riesgo d'infección, o en riesgo en DALYs)

## Riesgos aceptables

- ♦ Los riesgos aceptables deberán ser definidos por quien corresponda
- ♦ **Cuál sería el riesgo aceptable para aguas regeneradas?**
  - ↳ **Igual que para agua potable**
    - ↳ Esto no implica que han de tener la misma calidad, ya que debemos considerar la reducción de números en el camino desde la planta de regeneración hasta la exposición y la diferente exposición

## Riesgos aceptables

<  $10^{-4}$  infecciones por persona y año (USEPA)

<  $10^{-6}$  DALYS (equivalente a < 1 muerto por  $10^5$  enfermos y < de  $10^{-3}$  enfermos por año (OMS))

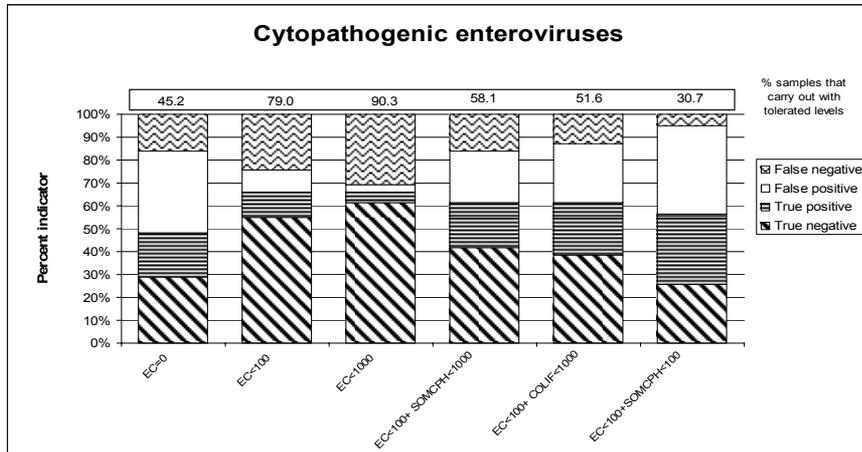
## Gestión de los riesgos microbiológicos

- ◆ Los riesgos aceptables nos deberían permitir fijar las densidades de patógenos que no deberían ser sobrepasadas en el agua regenerada
- ◆ Grandes dificultades metodológicas de determinación de las densidades de patógenos
  - ↳ Necesidad de indicadores (densidades aceptables basadas en las relaciones numéricas entre patógenos e indicadores al principio del proceso de regeneración)

## Riesgos microbiológicos (criterios de calidad)

Parámetro	WHO	EPA	Propuesta MMA
Huevos de helmintos (por litro)	< 1	NC	< 0.1
<i>E. coli</i> (por 100 ml)	<1000	0	< 200

## Riesgos microbiológicos (criterios de calidad)



Costan et al., en preparación

## Riesgos microbiológicos (criterios de calidad)

- ◆ Mi punto de vista es que en condiciones normales el criterio MMA es suficiente para no crear cambios perceptibles en de infecciones de transmisión hídrica en nuestro entorno.

## Riesgos microbiológicos (criterios de calidad)

- ◆ **Otras cuestiones son:**
- ◆ **La presión que hará la población o los medios. Es muy previsible que se haga presión para que se fijen los mismos criterios que en USA (habrá que hacer una buena comunicación para que haya la percepción adecuada)**
- ◆ **Evitar incidentes que den origen a brotes perceptibles**
  - **Indicador adicional a *E. coli* (por ejemplo bacteriófagos)**
  - **Gestión de las plantas de regeneración basada en los principios de HACCP**