

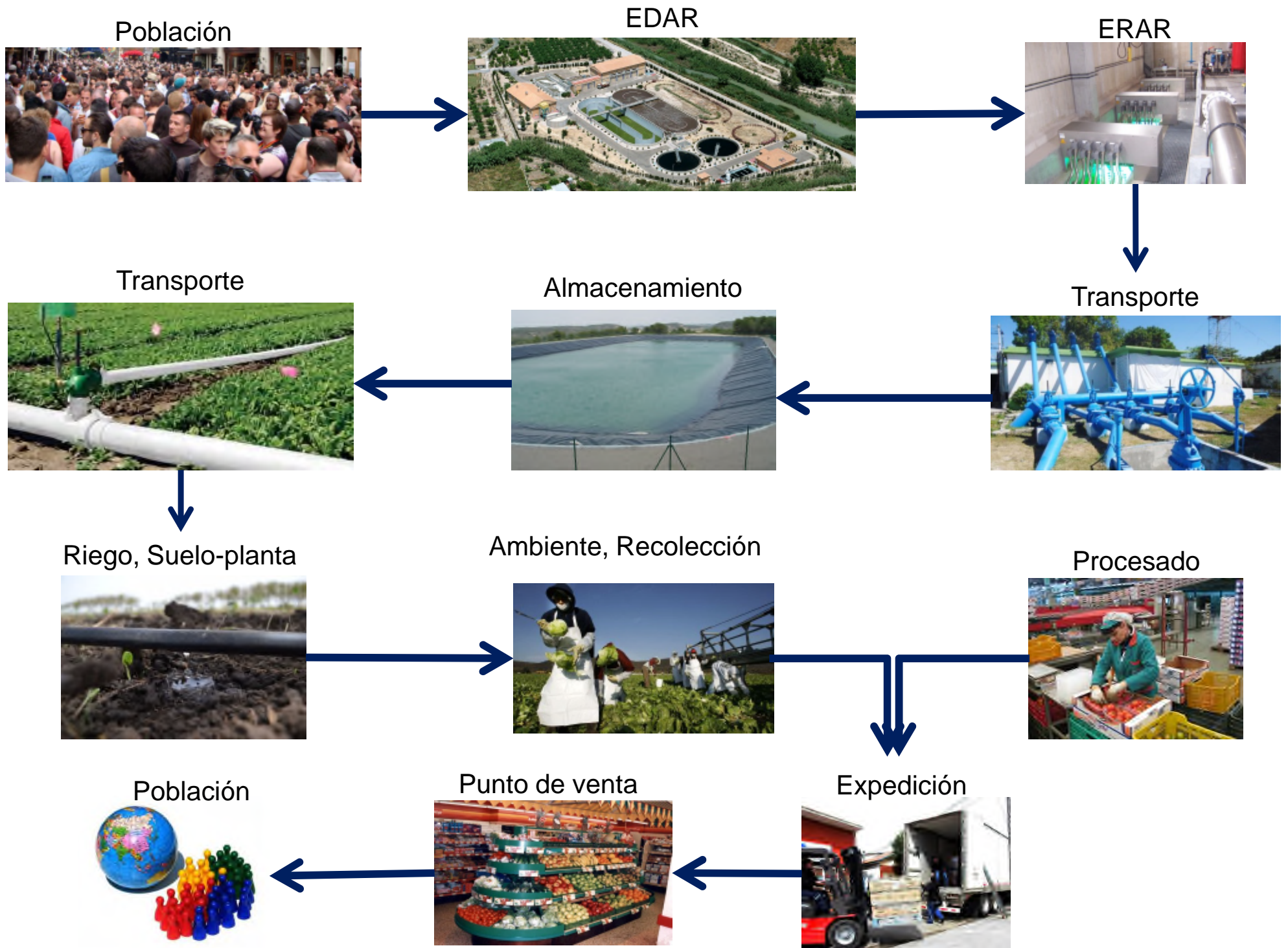
# III JORNADA AGUA Y SOSTENIBILIDAD

## NECESIDADES I+D+i EN LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS EN AGRICULTURA

Murcia, 15 de Diciembre de 2016

Pedro J. Simón Andreu  
Director Técnico ESAMUR

# Factores a tener en cuenta en reutilización en agricultura



# ASPECTOS GENERALES

OBJETIVO : REUTILIZAR LAS AGUAS DEPURADAS DE FORMA **SEGURA**

PRINCIPIO DE  
PRECAUCIÓN



EVALUACIÓN Y  
GESTIÓN DE RIESGOS

- Riesgo adecuado y controlado
- Coste asumible

NO “ CAFÉ PARA TODOS “      —————> ESTUDIOS CONDICIONES SINGULARES

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO E INVESTIGACIÓN PARA PODER **OPTIMIZAR**

## **MONITORIZACIÓN : SEGUIMIENTO FIABLE Y ASUMIBLE ECONÓMICAMENTE**

- Testar indicadores actuales y buscar los mejores indicadores.
- Elegir bien los puntos de control
- Seguimiento en continuo o con periodicidad adecuada
- Biología molecular como herramienta

## **Actores implicados :**

- Profesionales de la medicina ( epidemiólogos )
- Sanidad ambiental
- Sanidad vegetal
- Expertos en regadíos
- Técnicos en manipulación de alimentos
- Expertos en tratamientos de aguas

## NUESTROS OBJETIVOS

### Tipos de microorganismos patógenos (\*)

Bacterias



Hongos



Protozoos

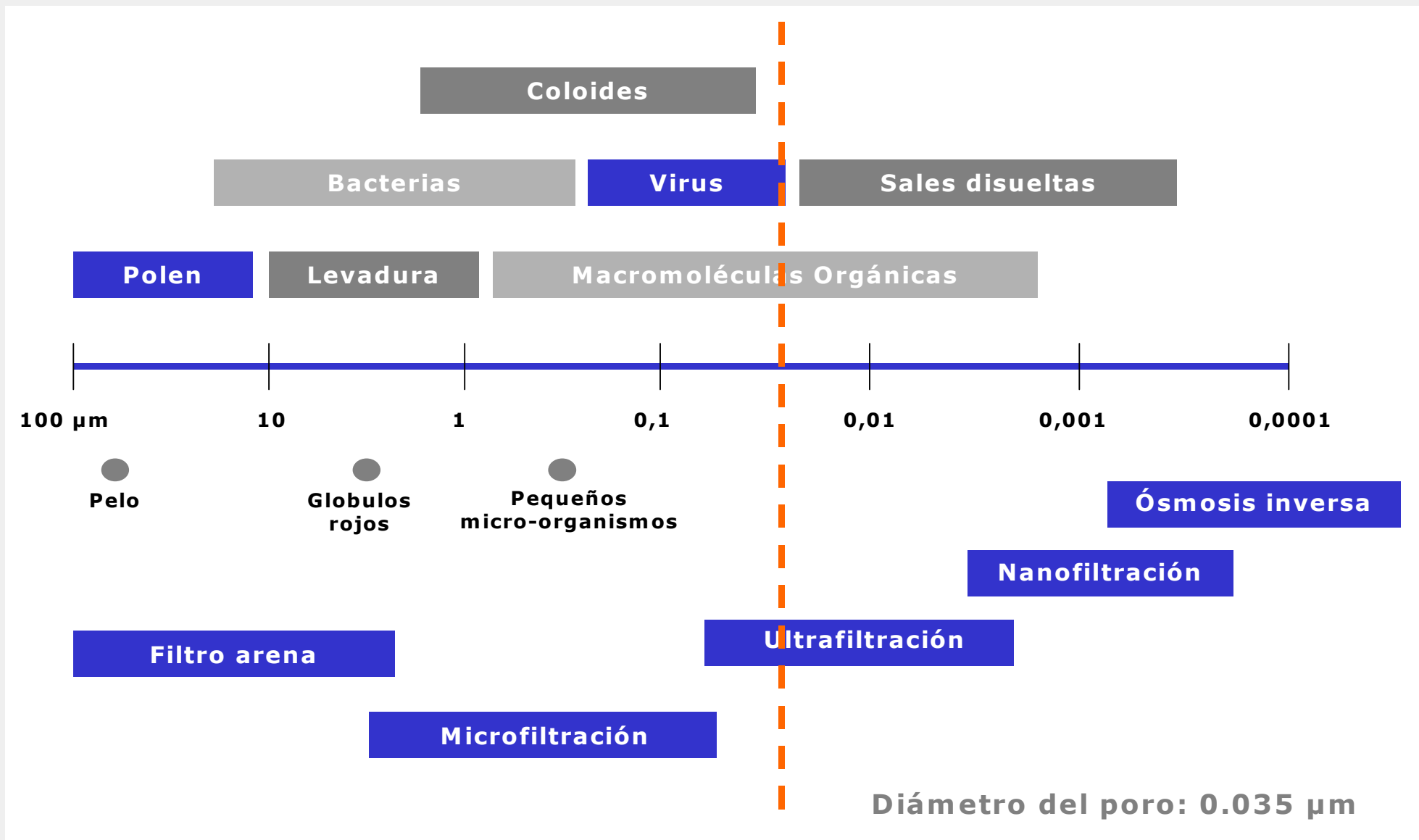


Virus



(\*) Patógeno: que causa enfermedad. Algunos microbios no son patógenos.

- Huevos de nematodos
- Contaminantes emergentes



## SISTEMAS DE TRATAMIENTO

- EDAR :**
- Estudio de afección de los diseños de plantas
  - Estudio de diferentes modos de funcionamiento
  - Estudio de sistemas emergentes de depuración

- ERAR :**
- Evaluación de los distintos diseños actuales
  - Probar nuevos sistemas ( Vórtices, sistemas biológicos, ultrasonidos, etc )

- ESTUDIOS :**
- Rendimientos obtenidos para los distintos indicadores y patógenos con distintos tratamientos
  - Fiabilidad
  - Comparativos de costes
  - Otros parámetros : ( Huella carbono, productos liberados al medio )



# TRATAMIENTOS

## TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO

### LÍNEAS DE TRABAJO

- Nuevos coagulantes y floculantes
- Investigación sobre dosis
- Sistemas de control



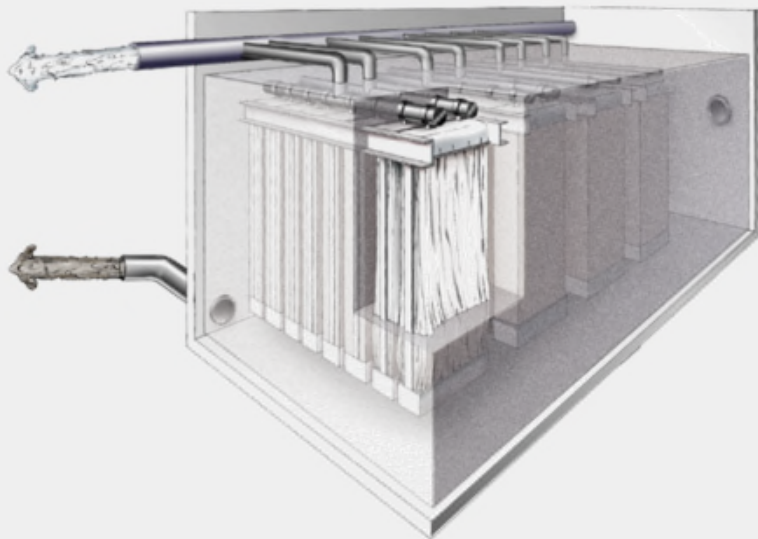
# TRATAMIENTOS

## FILTRACIÓN

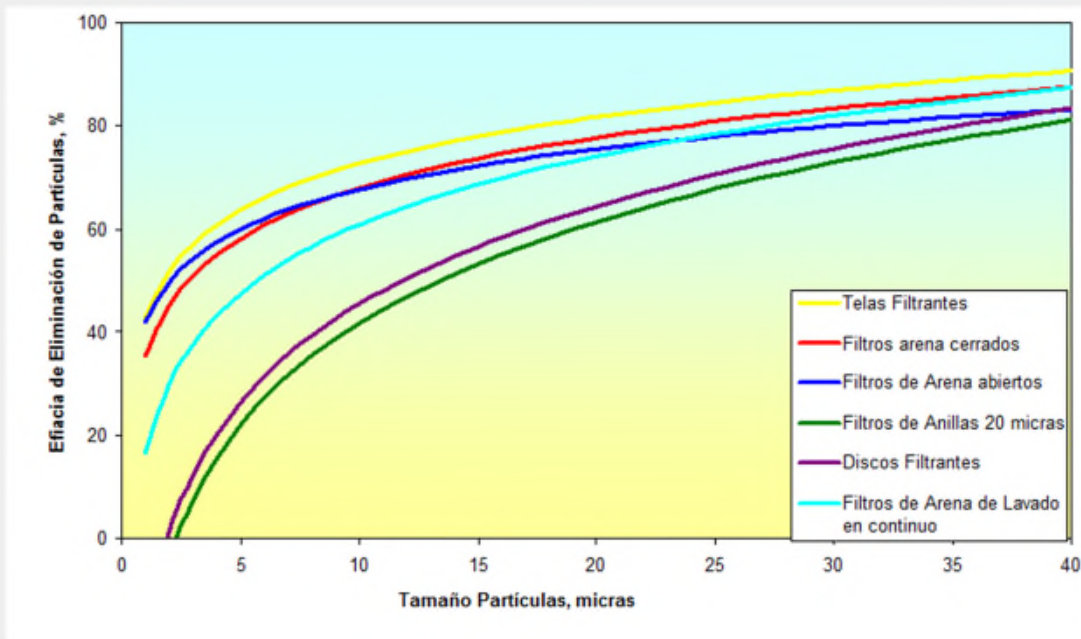
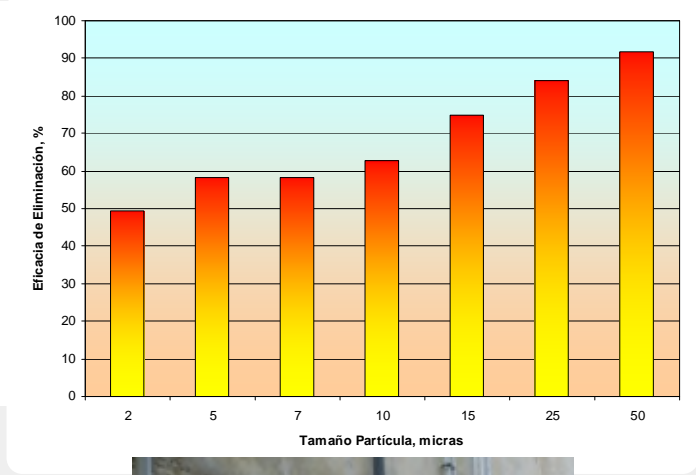
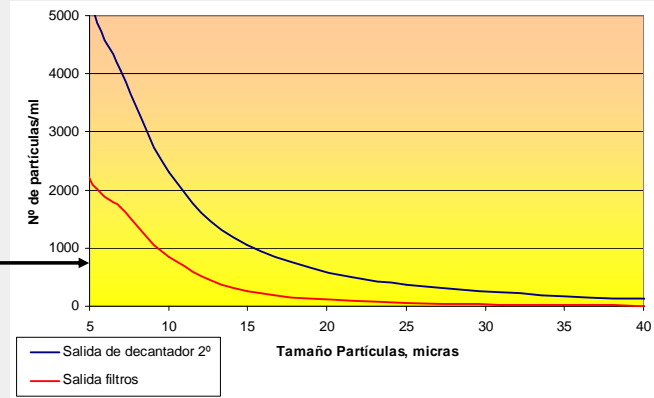
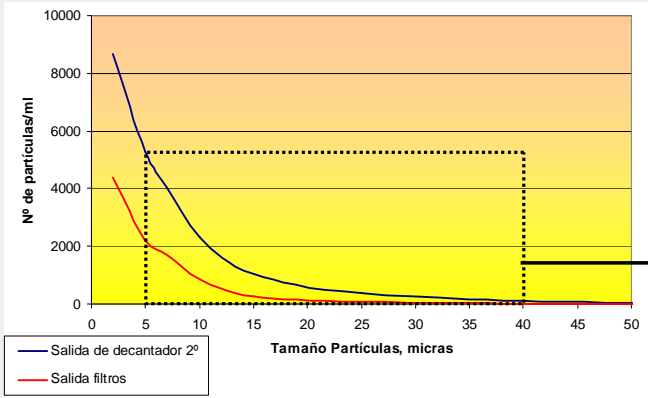


# MBR

# TRATAMIENTOS



# ESTUDIOS REALIZADOS EN FILTRACIÓN



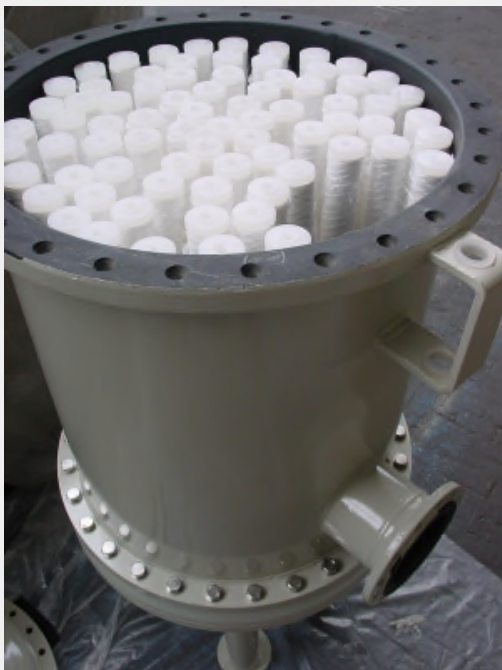
## LÍNEAS DE TRABAJO



- Evaluar rendimientos para distintos espesores, tamaños de arena, condiciones de funcionamiento críticas, otros materiales

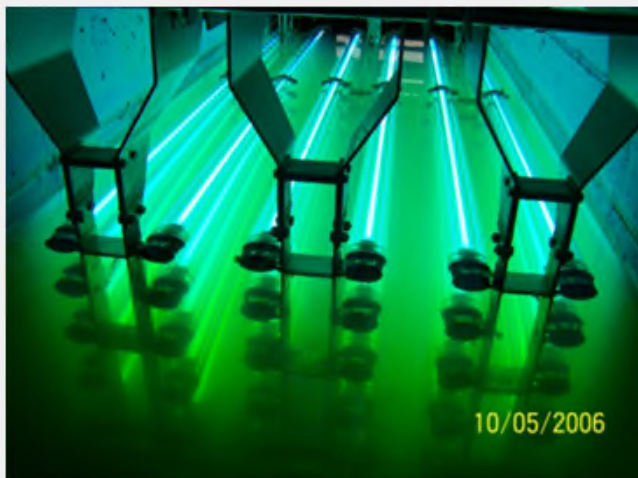


- Nuevos materiales con tamaño de paso menor



- Empleo de filtros de cartucho

# SISTEMAS DE DESINFECCIÓN HABITUALES



# NUEVOS SISTEMAS DE DESINFECCIÓN

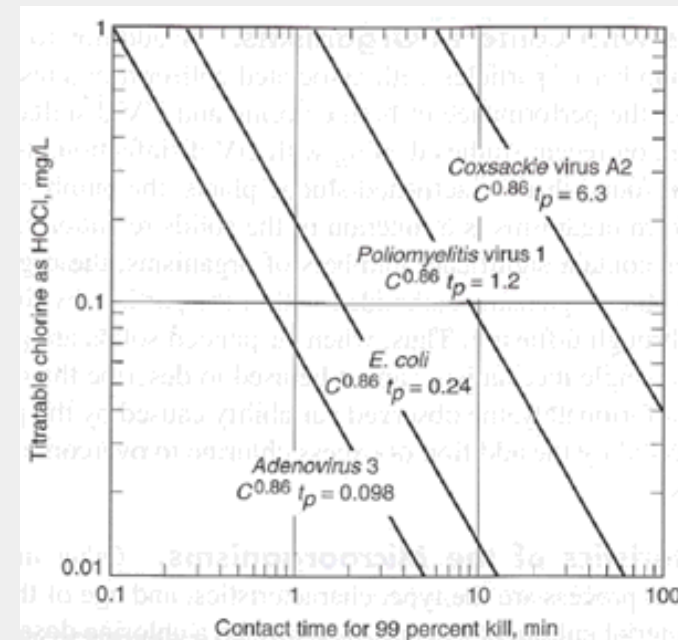


# RESISTENCIA DE LOS PATÓGENOS

**Tabla 2. Dosis UV en MWs/cm2 necesaria para inactivar una población microbiana por 1 Log (90%) y 2 Log (99%).**

MICROORGANISMOS	REDUCCIÓN LOGARITMICA		MICROORGANISMOS	REDUCCIÓN LOGARITMICA	
	1	2		1	2
<b>BACTERIA</b>			Fecal coliforms <sup>10</sup>	3.4	6.8
Bacillus anthracis	4.5	8.7	Salmonella enteritidis	4	7.6
Bacillus subtilis, spores	12	22	Salmonella paratyphi <sup>3</sup>	3.2	---
Bacillus subtilis	7.1	11	Salmonella typhi <sup>5</sup>	2.1	---
Campylobacter jejuni <sup>5</sup>	1.1	---	Salmonella typhimurium <sup>10</sup>	3	---
Clostridium tetani <sup>1</sup>	12	22	Shigella dysenteriae	2.2	4.2
Corynebacterium diphtheriae <sup>1</sup>	3.4	6.5	Shigella flexneri (paradysenteriae)	1.7	3.4
Escherichia coli	3	6.6	Shigella sonnei <sup>5</sup>	3	5
Klebsiella terrigena <sup>5</sup>	2.6	---	Staphylococcus aureus	5	6.6
Legionella pneumophila <sup>4</sup>	0.9	2.8	Streptococcus faecalis <sup>5</sup>	4.4	---
Sarcina lutea	20	26.4	Streptococcus pyogenes	2.2	---
Mycobacterium tuberculosis	6	10	Vibrio cholerae (V.comma) <sup>6</sup>	---	6.5
Pseudomonas aeruginosa <sup>6</sup>	5.5	10.5	Yersinia enterocolitica <sup>5</sup>	1.1	---
<b>VIRUS</b>					
MS-2 Coliphage <sup>5</sup>	18.6	---	Influenza virus <sup>2</sup>	3.6	6.6
F-specific bacteriophage <sup>2</sup>	6.9	---	Polio virus <sup>5,6,9</sup>	5 – 8	14
Hepatitis A <sup>5,6</sup>	7.3	---	Rotavirus <sup>5,6,9,11</sup>	6 – 15	15-40
<b>PROTOZOARIOS</b>			<b>ALGAS</b>		
Giardia lamblia <sup>6,7</sup>	82	---	Blue Green <sup>1,3</sup>	300	600
Cryptosporidium parvum <sup>8</sup>	80	120	Chlorella vulgaris <sup>1,2</sup>	12	22
<b>LEVADURA</b>					
Saccharomyces cerevisiae <sup>1</sup>	7.3	13.2			

**Referencias:** 1. Legan (1980) 2. Jevons (1982) 3. Grocock (1984) 4. Antopol (1979) 5. Wilson et al (1993) 6. Wolfe (1990) 7. Rice and Hoff (1981) 8. Ransome et al (1993) 9. Harris et al (1987) 10. Trojan Technologies Ltd. 11. Battigelli et al (1993)



## RESUMEN

	CLORO	UV
BACTERIAS	BAJA	BAJA
VIRUS	ALTA	MEDIA
PROTOZOOS	ALTA	MEDIA-ALTA

**ESPORAS CLOSTRIDIUM : MUY ALTA A CLORO Y UV**



## LÍNEAS DE TRABAJO CON TRATAMIENTOS

- Estudios individuales de eficacia y de coste de cada sistema **O DE COMBINACIONES** : Dosis, tiempos de contacto, etc **para los microorganismos considerados.**
- Nuevos sistemas de desinfección ( humedales, ultrafiltración, peracético, ozono, solar, electrolisis, etc )
- Estudios de mejora de funcionamiento en los sistemas actuales.
- Efectos de los tratamientos ( huella de carbono, subproductos, etc )

## ESTUDIOS DE EFICACIA Y COSTE DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN




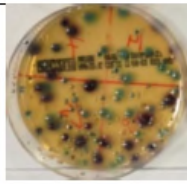
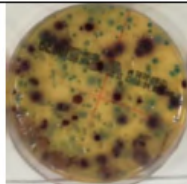

BIODYOZON

# ESTUDIOS DE EFICACIA Y COSTE DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN



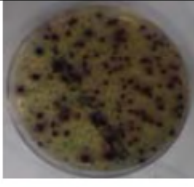
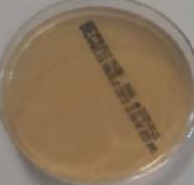


SOLUCIONES INTEGRALES PARA TRATAMIENTOS DE AGUA

## ENSAYO 2

FECHA	Dosificación BIODYOZON (ml/l)	Ubicación toma	Cloro residual (ppm)	pH	Conductividad (μS/cm)	DQO (ppm)	Solidos Susp. (ppm)	Transmitancia	Turbidez (NTU)	E. Coli (ufc/100ml)	FOTO
24/10/2016	1,8	Entrada (Depósito laminación)	0.27	7.48	2660	51.9	12	57	4.15	1.00E+06	
		Salida (inyec. Biodyozon)	0.42	7.59	2760	55.6	12	57	3.42	7.20E+05	
Entrada (Depósito laminación)		0.18	7.3	2710	82	14	49	14,51	Presencia abundante		
Salida (inyec. Biodyozon)		0.32	7.76	2690	60.9	14	49	6,71	1.00E+02		

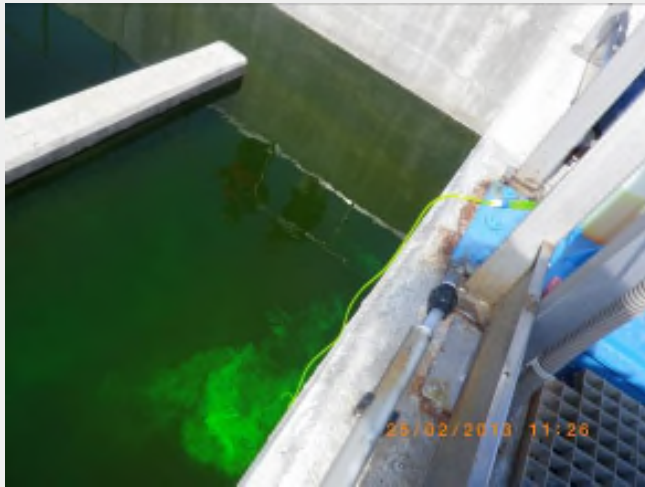
# ESTUDIOS DE EFICACIA Y COSTE DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN

ENSAYO 4											
FECHA	Dosificación BIODYOZON (ml/l)	Ubicación toma	Cloro residual (ppm)	pH	Conductividad (µS/cm)	DQO (ppm)	Solidos Susp. (ppm)	Transmitancia	Turbidez (NTU)	E. Coli (ufc/100ml)	FOTO
16/11/2016	6,48	Entrada (Depósito laminación)	0	7.65	2880	42.4	6	54	3.6	Presencia abundante	
		Salida (inyec. Biodyozon)	0.84	7.56	2900	46.7	9	52	4.84	0	
17/11/2016	6,48	Entrada (Depósito laminación)	0	7.34	2760	48.2	9	50	3.6	Presencia abundante	
		Salida (inyec. Biodyozon)	1,1	7.28	2800	43.6	9	58	4.02	0	

## ESTUDIOS DE EFICACIA Y COSTE DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN

Análisis	Entrada (Depósito laminación)	Salida (inyec. Biodyozon)
E. Coli (ufc/100ml)	-	<1
Cloroformo ( $\mu\text{g/l}$ )	1.8	12
Bromodiclorometano ( $\mu\text{g/l}$ )	<5	<5
Dibromoclorometano ( $\mu\text{g/l}$ )	<5	<5
Bromoformo ( $\mu\text{g/l}$ )	<1	<1
Clostridium perfringens (ufc/100ml)	-	8
Cloraminas ( $\text{mg Cl}_2/\text{l}$ )	0.2	0.3
Percloratos ( $\text{mg/l}$ )	<10	<10

# MEJORAS INSTALACIONES EXISTENTES



Trazadores

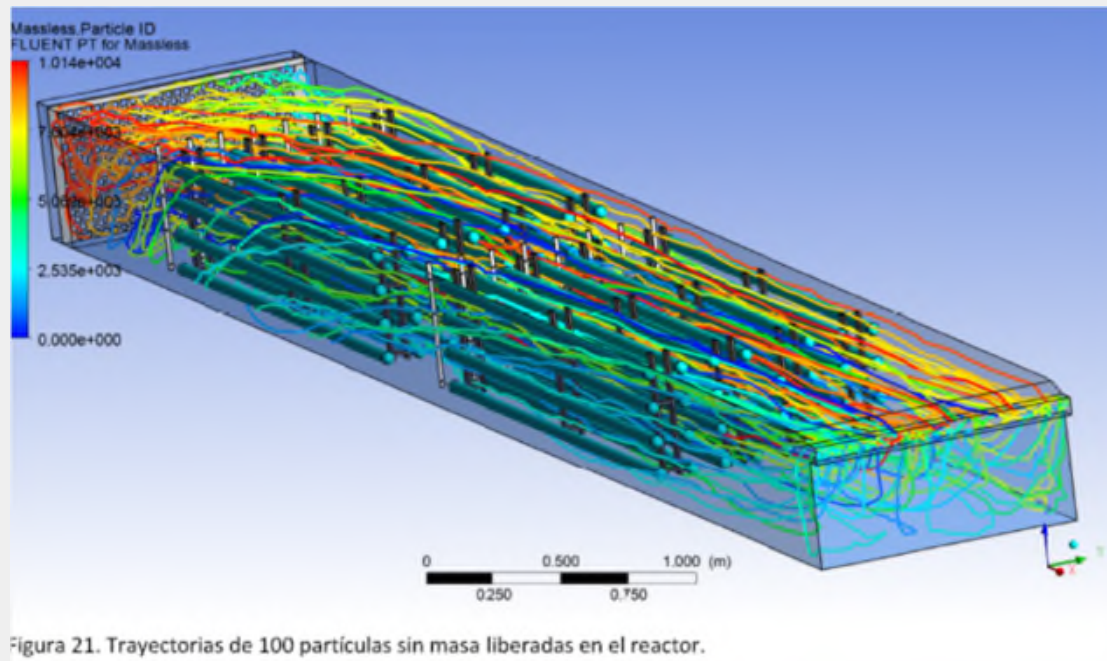


Figura 21. Trayectorias de 100 partículas sin masa liberadas en el reactor.

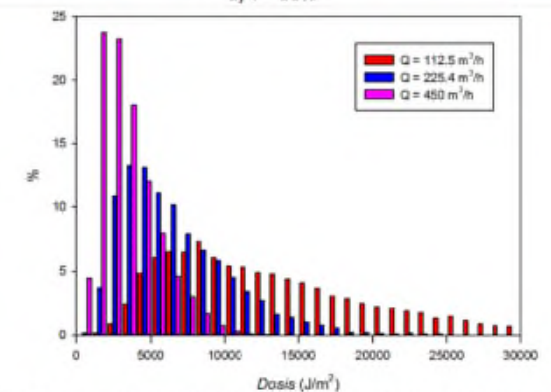
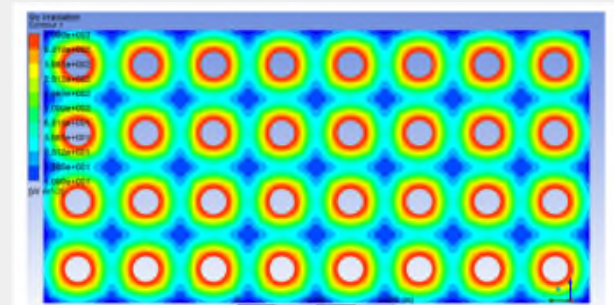


Figura 30. Histograma de distribución de dosis UV en el reactor para tres caudales diferentes (T=65%).

CFD

## OTROS TEMAS DE ESTUDIO

**Table 2. Human Exposure and Outcome of the Health-Risk Assessment (Application of the Threshold of Toxicological-Concern Approach to the Edible Parts of 10 Different Vegetable Species and Nine Analytes Investigated in This Study)**

	estimated daily human intake of micropollutants (ng per kg of body weight per day) <sup>a</sup>									
	cabbage	eggplant	zucchini	tomato	pepper	parsley	lettuce	rucicola	potato	carrot
carbamazepine <sup>b</sup>	0.43	1.32	0.18	0.31	0.23	0.05	7.56	2.34	15.19	0.46
EP-CBZ <sup>c</sup>	0.20	0.48	0.19	–	–	0.01	3.13	1.29	2.20	0.26
trans-DiOH-CBZ <sup>b</sup>	–	0.57	–	–	–	0.01	1.45	–	–	0.25
3-OH-CBZ <sup>b</sup>	–	–	0.23	–	–	0.003	–	0.18	–	–
caffeine <sup>b</sup>	0.94	–	–	–	–	–	–	–	–	–
gabapentin <sup>b</sup>	–	–	–	–	–	0.01	–	1.40	–	0.34
ciprofloxacin <sup>c</sup>	0.29	–	–	–	–	–	–	–	–	0.40
acesulfame <sup>b</sup>	1.42	–	–	–	–	0.02	–	–	–	0.72
diclofenac <sup>b</sup>	–	0.74	–	–	–	–	–	–	–	–
	required daily consumption (kg) by a 70 kg person to reach TTC									
carbamazepine <sup>b</sup>	142.61	39.05	339.90	350.39	210.90	9.52	9.03	17.98	8.78	54.35
EP-CBZ <sup>c</sup>	0.51	0.18	0.55	–	–	0.07	0.04	0.05	0.10	0.16
trans-DiOH-CBZ <sup>b</sup>	–	89.62	–	–	–	78.55	46.91	–	–	102.37
3-OH-CBZ <sup>b</sup>	–	–	260.44	–	–	143.07	–	237.22	–	–
caffeine <sup>b</sup>	65.89	–	–	–	–	–	–	–	–	–
gabapentin <sup>b</sup>	–	–	–	–	–	39.10	–	30.08	–	74.70
ciprofloxacin <sup>c</sup>	0.35	–	–	–	–	–	–	–	–	0.11
acesulfame <sup>b</sup>	62.18	–	–	–	–	30.06	–	–	–	49.80
diclofenac <sup>b</sup>	–	69.74	–	–	–	–	–	–	–	–

<sup>a</sup>Human intake =  $c_{\text{crop}}$  [ng per g of wet weight]/ $D$  [g/(kg of bw/day)];  $c$  = concentration of analytes in the investigated vegetables,  $D$  = mean consumption value of vegetables for Spain (available from the EFSA).<sup>45</sup> <sup>b</sup>TTC value of 1500 ng/kg of bw/day <sup>c</sup>TTC value of 2.5 ng/kg of bw/day

## OTROS TEMAS DE ESTUDIO



Estudio de afección en campo





## OTROS TEMAS DE ESTUDIO

### Subproductos en desinfección

Fecha de muestreo	13/04/2016	EDAR ALHAMA						
	28/07/2016	Entrada	Entrada Polígono	Salida Secundario	Salida Cloración	Cauce	Lodo	Hipoclorito
Cloratos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,39	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9750
	< 0.01	< 0.01	0.036	1.016	< 0.01	< 0.01	< 0.01	4392
Percloratos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Trihalometanos (ppb)	< 100	< 100	< 100	125,43	< 100	< 100	< 100	
	< 100	< 100	< 100	174.41	< 100	< 100	< 100	
Cloroformo	6,38	10,29	6,62	41,3	5,79			
	3.7	ND	ND	88.08	26.8			
Bromodiclorometano	4,74	ND	ND	42,6	4,76			
	ND	2.36	ND	57.08	6.3			
Cloro dibromometano	2,19	ND	2,26	34,18	2,25			
	ND	ND	ND	26.44	1.8			
Bromoformo	0,24	0,23	0,31	7,43	0,25			
	ND	ND	ND	2.81	ND			

Agua de abastecimiento : Menos de 100 ppb de THM

Clorato en productos agrícolas : 0.01 mg/kg

## OTROS TEMAS DE ESTUDIO

### Subproductos en desinfección

Fecha de muestreo	13/04/2016	EDAR LORCA				
	28/07/2016	Entrada	Salida Secundario	Salida Cloración	Cauce	Lodo
Cloratos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,067	0,061	< 0,01	4670
	< 0.01	0.036	0.525	< 0.01	< 0.01	8690
Percloratos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Trihalometanos (ppb)	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	
	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	
Cloroformo	8,53	7,01	7,05	6,7		
	16.79	ND	17.68	7.44		
Bromodiclorometano	5,1	5,08	5,06	4,95		
	8.8	ND	7.52	ND		
Cloro dibromometano	2,82	2,61	2,65	2,44		
	ND	ND	ND	ND		
Bromoformo	1,26	0,62	0,52	0,4		
	ND	ND	ND	ND		

## OTROS TEMAS DE ESTUDIO

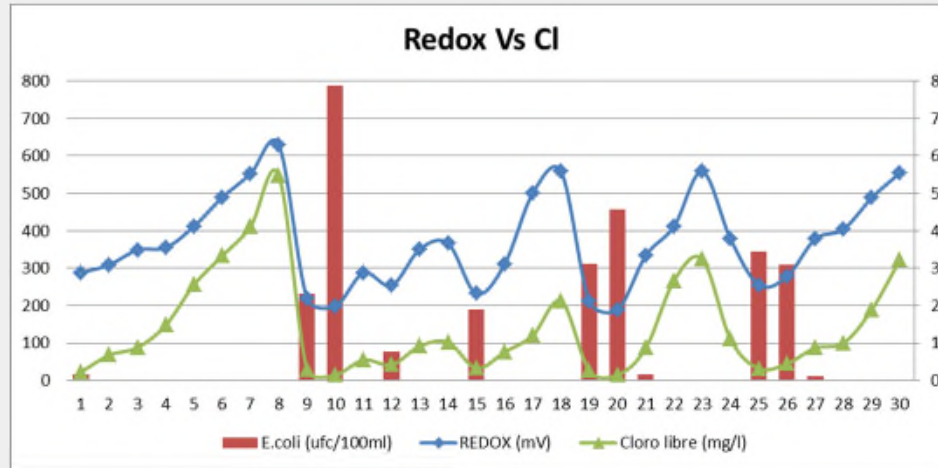


Reactivaciones, recrecimientos, aves

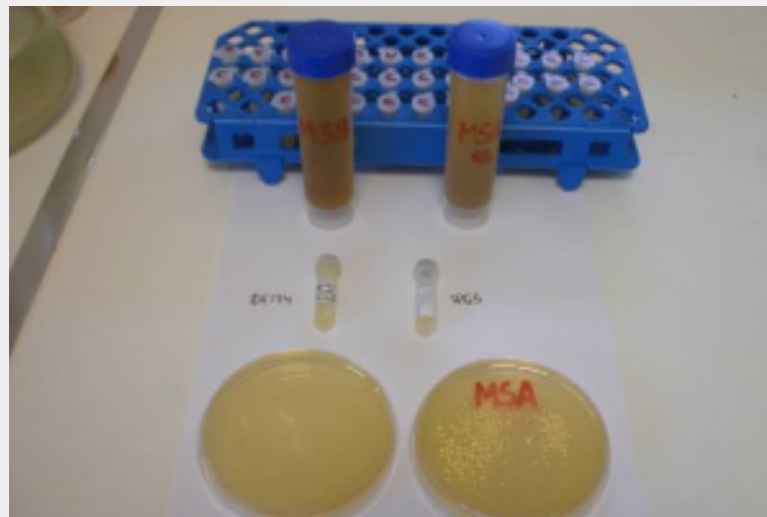


# OTROS TEMAS DE ESTUDIO

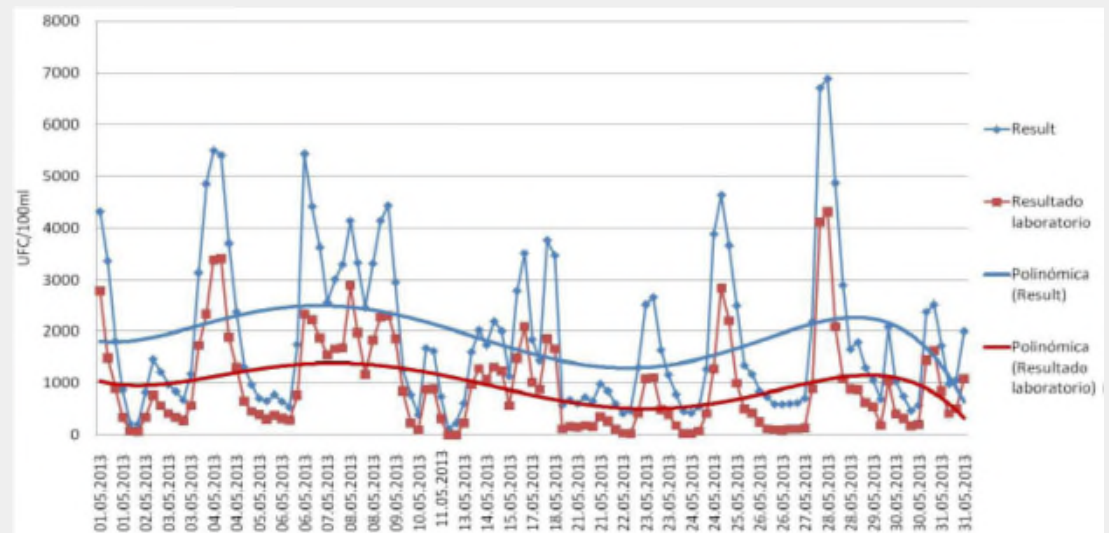
## Objetivo : Medición en continuo



Coliguard, mide enzima glucoronidasa



Colifagos somáticos





Y CONOCIMIENTO

