

**Resumen**

El objeto del estudio es evaluar la influencia de la conductividad en los tratamientos de fangos activos conociendo su incidencia sobre la actividad biológica y el nivel de depuración. El estudio se plantea con ensayos a corto plazo mediante respirometría, y con ensayos a medio plazo mediante planta piloto de laboratorio. Dado que en los ensayos respirométricos no se abarca más que una generación de bacterias por lo que los efectos sobre el crecimiento y la división de la célula no se manifiestan, se propone otra batería de ensayos mediante planta piloto con una duración de más elevada. Mediante los dos grupos de ensayos se pudo comprobar que la incidencia de las variaciones de la conductividad sobre la bacterias y protozoos es más acusada en el caso de alteraciones bruscas, pese a que los niveles que estas alcancen no sean elevados. Sin embargo, conductividades aparentemente muy altas no suponen necesariamente un empeoramiento en las condiciones de depuración, siempre que éstas aumenten o disminuyan de forma paulatina o se mantengan constantes.

**Palabras clave:**

Agua residual, planta piloto, lodos activados, salinidad, rendimiento, taxones.

**Abstract***Study of the influence of conductivity on the treatment of activated sludges*

Summary: The object of the study is to evaluate the influence of conductivity on the treatment of activated sludge, and to discover its impact on biological activity and the level of purification. The study is designed with short-term tests using respirometry, and medium-term tests using a pilot plant as a laboratory. Given that respirometric tests do not cover more than one generation of bacteria, meaning that the effects on cell growth and division do not appear, another round of tests using a pilot plant with a longer duration is proposed. Through the two groups of tests, it was shown that the impact of variations in conductivity on bacteria and protozoa is more pronounced in the case of brusque alterations, even if the levels reached are not high. Nonetheless, conductivity that is apparently very high does not necessarily suppose a worsening of purification conditions, as long as it increases or decreases gradually, or remains constant.

**Keywords:**

Wastewater, pilot plant, activated sludges, salinity, performance, taxons

# Estudio de la influencia de la conductividad en tratamientos de lodos activados

Por: **Entitat Publica de Sanejament d'Aigües de Valencia**

C/ Álvaro de Bazán nº 10

46010 Valencia

Tel.: 963 604 555 - Fax: 963 603 469

**Red Control, S.L.**

Plaza Mestre Ripoll, nº 9, pta 4-izda.

46022 Valencia

Tel.: 963 720 642 - Fax: 963 556 063

E-mail: explotacion@redcontrol.com

**1. Introducción**

El objeto del Estudio es evaluar la influencia de la conductividad en los tratamientos de lodos activados y conocer la incidencia que tiene sobre la actividad bacteriana y protozoaria y sobre el nivel de depuración.

En la Comunidad Valenciana hay EDARs que reciben influentes con conductividades altas, por infiltración marina en la red de colectores o por vertidos industriales procedentes normalmente del sector curtidos y actividades afines.

El estudio se plantea con ensayos a corto plazo mediante respirometría, así como con ensayos a medio plazo mediante planta piloto portátil de laboratorio. Los ensayos a corto plazo se realizarán mediante respirometría, ya que la velocidad de respiración responde muy rápidamente a la presencia de inhibidores. Dado que en los ensayos respirométricos no se abarca más que una generación de bacterias por lo que los efectos sobre el crecimiento y la división de la célula no se manifiestan, se

propone otra batería de ensayos mediante planta piloto con una duración más elevada.

**2. Planteamientos de los trabajos**

Para el estudio se ha usado fango biológico de tres depuradoras: Javea y Calpe (Alicante) y Pinedo-1 (Valencia).

En las EDARs de Javea y Calpe hay infiltraciones de agua marina a los colectores de forma habitual. En la EDAR de Pinedo, estos procesos no se dan, siendo la conductividad media del influente de 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y no superándose en ningún caso el valor de 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Los ensayos realizados sobre los fangos de Javea y Calpe han consistido en observación mediante microscopio óptico de contraste de fases y respirometrías con adición de acetato sódico, para comprobar la variación en la tasa de consumo de oxígeno en cada caso al incrementar paulatinamente la conductividad del fango.

Al fango biológico de la EDAR de Pinedo-1 se le realizó un estudio

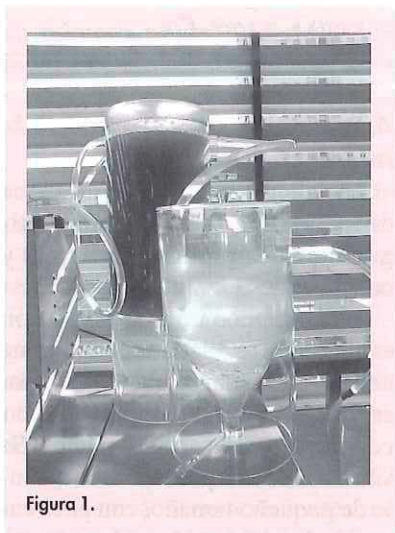


Figura 1.

más completo, utilizando además una Planta Piloto de Laboratorio en condiciones controladas.

### 3. Material y métodos

#### 3.1. Planta piloto

Los ensayos en planta piloto se han llevado a cabo en un equipo (Figura 1) con las siguientes características:

- Reactor biológico con diferentes volúmenes de funcionamiento (6, 7, 8 y 9 litros) y aireado mediante difusores.
- Clarificador secundario de metacrilato transparente, donde se observa claramente la sedimentabilidad de los lodos.
- Unidad de control dotada de compresor de aire de caudal regulable, bomba peristáltica programable de alimentación para el agua bruta y bomba peristáltica programable para el fango recirculado.

#### 3.2. Respirómetro de laboratorio

Para llevar a cabo las mediciones de tasa de respiración se ha utilizado un respirómetro de laboratorio (Figura 2).

Su funcionamiento está basado en una secuencia continua de medidas de la tasa de respiración del fango activado, lo que permite observar la disminución de dicha tasa al añadirle diversos compuestos al lodo activo.

### 4. Resultados

#### 4.1. Fango biológico de la EDAR de Javea

Se obtiene una muestra de fango biológico del tanque de aireación. Los resultados analíticos de la citada muestra son:

- SSLM: 4.260 mg/l
- % MV: 67,1 %

##### 4.1.1. Observación microscópica

En la observación microscópica de dicho fango se obtienen las siguientes fotografías (Figura 3) y conclusiones.

Flóculo redondeado y bien cohesionado, con pocos espacios vacíos. Líquido intersticial limpio. Pocas bacterias filamentosas, estando todas presentes en el interior de los flóculos. Fauna protozoaria poco abundante. Sin embargo, hay representantes de los grupos asociados a "buenas condiciones depurativas". Predominan los rizopodos tecameboideos del género *Arcella*, y cilios peritricos del género *Vorticella*, con 650 ind/ml y 400 ind/ml respec-

tivamente. También se ven representantes de los géneros *Aspidisca*, *Glaucoma*, *Gastronauta* y *Vaginícola*, y metazoos del grupo de los *Rotíferos*.

En resumen, pese a que no es una microfauna especialmente rica, se trata de una fauna estabilizada, con un bajo número de especies adaptadas a las condiciones habituales del influente de la EDAR.

##### 4.1.2. Respirimetrías

A lo largo del estudio se realizaron una serie de ensayos respirométricos con la siguiente metodología.

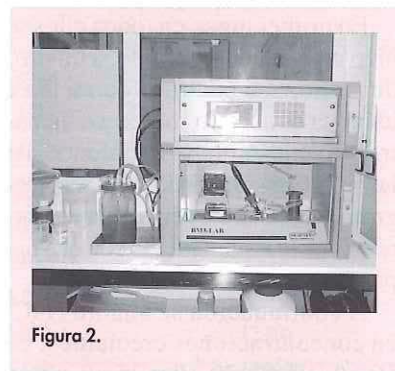
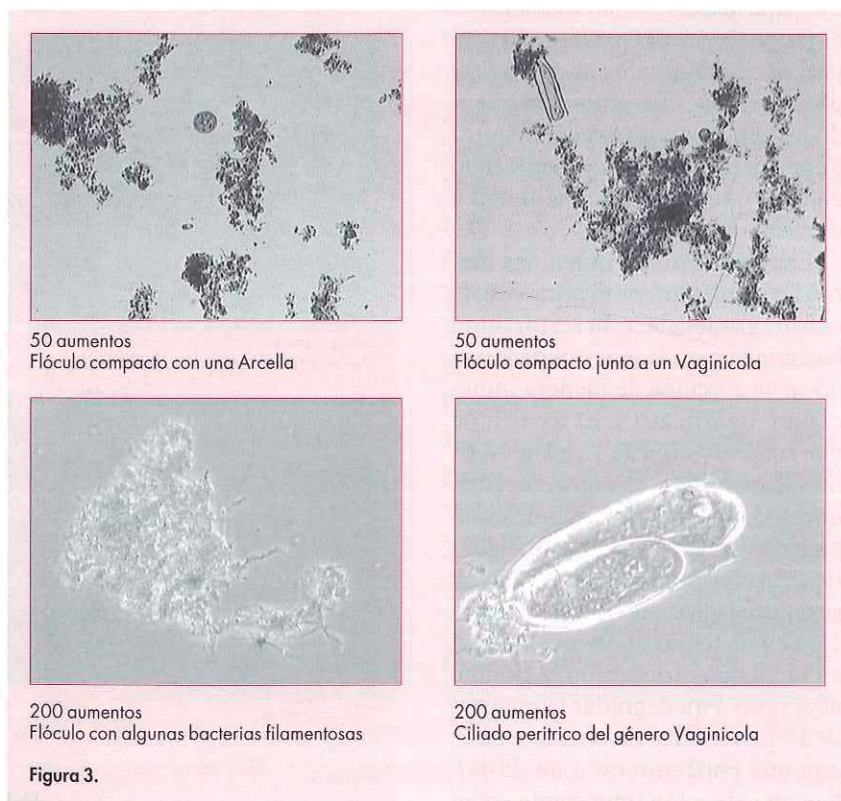


Figura 2.



50 aumentos  
Flóculo compacto con una *Arcella*

50 aumentos  
Flóculo compacto junto a un *Vaginicola*

200 aumentos  
Flóculo con algunas bacterias filamentosas

200 aumentos  
Ciliado peritrico del género *Vaginicola*

Figura 3.

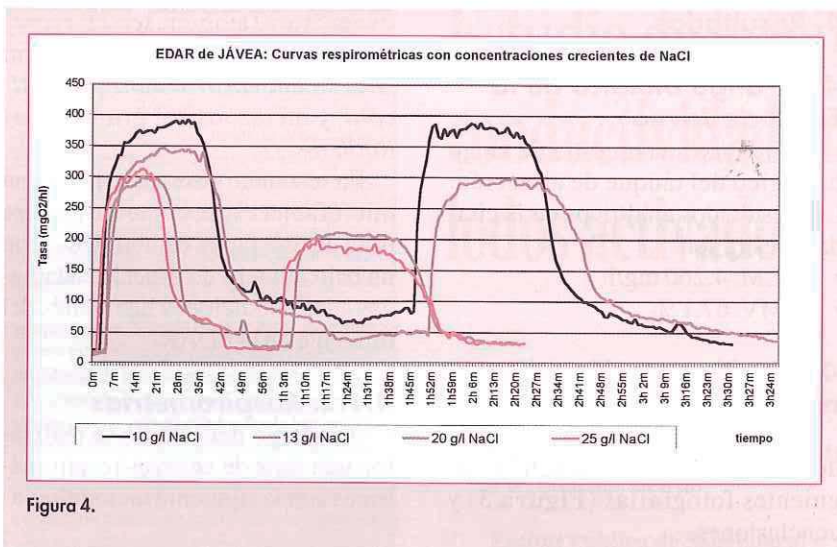


Figura 4.

En primer lugar, en todos ellos se hizo un blanco añadiendo, a un litro de fango, una cantidad conocida e idéntica de acetato sódico a concentración constante y obteniendo así las primeras curvas de cada respirograma, las cuales servirán de referencia para las obtenidas con el agua problema.

A continuación se añadió NaCl en concentraciones crecientes, de 10 g/l, 13 g/l, 20 g/l y 25 g/l, lo que supuso unas conductividades en el fango de 16.820  $\mu$ S/cm, 20.400  $\mu$ S/cm, 30.500  $\mu$ S/cm y 36.700  $\mu$ S/cm, respectivamente, obteniendo las segundas curvas del respirograma para cada caso y empleando en cada uno una solución idéntica de acetato sódico.

Las conclusiones obtenidas fueron las siguientes: en el primer caso, con 10 g/l de NaCl, la respiración bacteriana para la muestra de fango no se ve afectada de manera inmediata y significativa. Es a partir de una concentración de 13 g/l de NaCl que se empieza a detectar afección, necesitando un 15% más de tiempo para degradar una muestra idéntica. En el tercer caso (20 g/l NaCl), se reduce la tasa máxima de respiración en un tercio, incrementándose en la misma proporción el tiempo necesario para degradar la muestra de acetato sódico. En el último caso, con una concentración de 25 g/l, hay una afección importante sobre

la respiración bacteriana, necesitando un 40% más de tiempo para degradar la muestra que el que se necesitó en la muestra inicial sin ClNa (Figura 4).

#### 4.2. Fango biológico de la EDAR de Calpe

Se obtiene una muestra de fango biológico del tanque de aireación con los siguientes resultados analíticos:

- SSLM: 3.170 mg/l.
- % MV: 66.3 %.

##### 4.2.1. Observación microscópica

En la observación microscópica de dicho fango se obtienen las siguientes fotografías (Figura 5) y conclusiones.

Flóculo poco mineralizado, con estructura irregular y abierta. Tiene abundantes de bacterias filamentosas, lo da una morfología reticular con abundantes espacios vacíos. Se ven abundantes porciones de flóculo de pequeño tamaño, con poca capacidad sedimentadora. Importante presencia de bacterias filamentosas, predominando *Microthrix*, *Thiothrix* y 0675. En menor cantidad está *Nostocoida* y 0041.

Protozoos escasos. Predominan los peritricos del género *Vaginicola*, que, según la bibliografía, toleran concentraciones de salinidad de hasta 30 g/l. Sin embargo, su número también es reducido, contándose tan sólo 300 ind/ml. Del otros grupos presentes (*Aspidisca*, *Litinothus*, *Arcella*, *Vorticella*, *Rotiferos*),

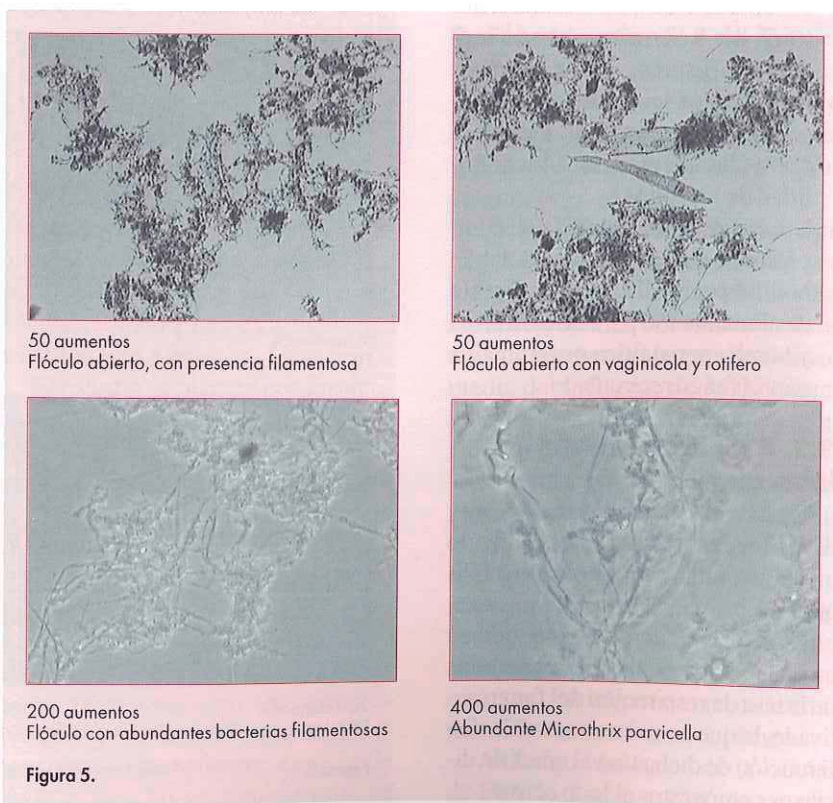


Figura 5.

su número es del orden de 150 ind/ml.

**4.2.2. Respirometrías**

Se realizó una batería de ensayos respirométricos iguales al estudio para el fango de la EDAR de Jávea.

En primer lugar, en todos ellos se realizaron los blancos correspondientes, añadiendo a un litro de fango una cantidad conocida de acetato sódico a concentración constante y obteniendo así las primeras curvas de referencia del respirograma.

A continuación se añadió NaCl en concentraciones crecientes, de 10 g/l (gráfica-1b), 13 g/l (gráfica-2b), 15 g/l (gráfica-3b), 20 g/l (gráfica-4b) y 25 g/l (gráfica-5b), lo que supuso unas conductividades en el fango de 17.170 µS/cm, 20.800 µS/cm, 24.400 µS/cm, 30.400 µS/cm y 36.800 µS/cm respectivamente, obteniendo las segundas curvas del respirograma para cada caso y empleando en cada uno una solución idéntica de acetato sódico.

Las conclusiones obtenidas para este fango fueron que, con 10 g/l de NaCl, la respiración bacteriana para la muestra de fango no se ve afectada de manera inmediata y significativa. Una vez más, es a partir de una concentración de 13 g/l de NaCl que se empieza a apreciar una disminución en la respiración bacteriana. Así, en este caso se necesitó un tiempo de degradación superior en un 15 % al obtenido sin adición de NaCl. Esto supone que esta concentración empieza a afectar a la respiración bacteriana. En el siguiente ensayo, con 15 g/l de NaCl, el tiempo de degradación es superior, cifrándose en un 24 % al obtenido sin adición de NaCl, lo que significa que esta concentración reduce la tasa de respiración bacteriana en una cuarta parte aproximadamente. En el tercer caso (20 g/l NaCl), el tiempo de degradación continúa incrementándose, precisándose un 35 % más, al necesario sin adición de NaCl. En este caso esta concentración afecta a la respiración bacteriana en un tercio, por lo que se incrementa en la misma pro-

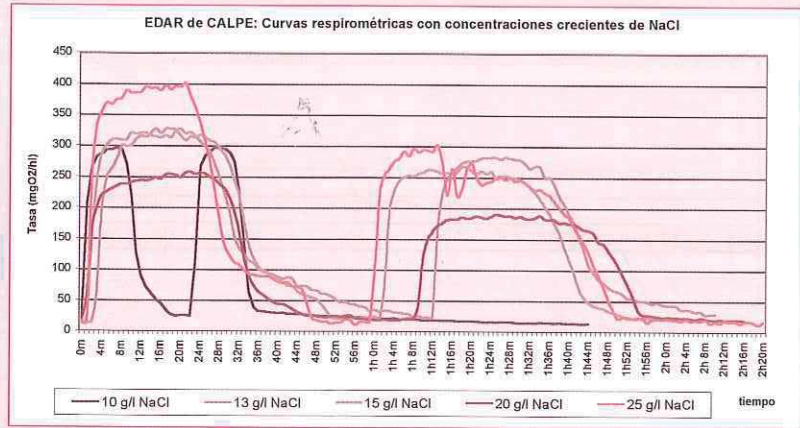


Figura 6.

Tabla 1

g/l ClNa		Conductividad µS/cm	
		E	S
0	9-sep-02	2.690	
0	10-sep-02	2.680	2.390
0	11-sep-02	2.750	2.580
0	12-sep-02	2.680	2.700
0	13-sep-02	1.010	1.710
0	16-sep-02	16.840	1.130
9	17-sep-02	16.810	12.200
9	18-sep-02	16.860	16.200
9	19-sep-02	16.780	16.600
9	20-sep-02	16.910	16.300
9	23-sep-02	16.640	
13	24-sep-02	23.400	17.100
13	25-sep-02	23.200	21.000
13	26-sep-02	23.300	22.900
13	27-sep-02	23.300	20.900
13	30-sep-02	23.400	24.100
20	1-oct-02	33.700	23.800
20	2-oct-02	33.600	23.600
20	3-oct-02	33.700	27.400
20	4-oct-02	33.600	32.800
20	7-oct-02	33.500	34.600
20	8-oct-02	33.600	31.200
20	10-oct-02	34.500	34.900
20	11-oct-02	34.500	34.200
20	14-oct-02	49.700	37.400
30	15-oct-02	47.900	46.000
30	16-oct-02	49.200	47.400
30	17-oct-02	49.200	48.800
30	18-oct-02	48.400	48.800
30	21-oct-02	48.400	49.700

Tabla 1.

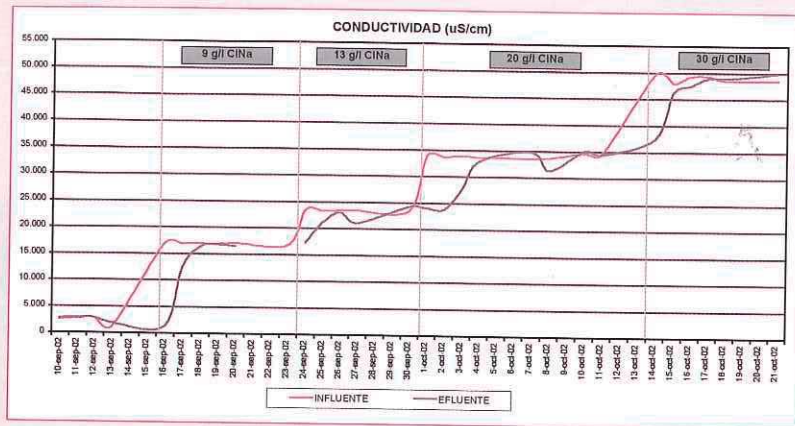


Figura 7.

Tabla 2

g/l CINa		REACTOR BIOLÓGICO	
		SSLM mg/l	SSVLM %
0	9-sep-02		
0	10-sep-02	2.333	73,70
0	11-sep-02	2.250	78,80
0	12-sep-02	2.380	82,30
0	13-sep-02	1.680	81,10
0	16-sep-02	969	82,90
9	17-sep-02	823	80,20
9	18-sep-02	874	83,00
9	19-sep-02	1.083	81,00
9	20-sep-02	1.452	85,10
9	23-sep-02	1.550	71,60
13	24-sep-02	1.233	83,00
13	25-sep-02	1.249	84,40
13	26-sep-02	1.666	84,80
13	27-sep-02	1.576	80,70
13	30-sep-02	1.326	
20	1-oct-02	1.546	78,40
20	2-oct-02	2.119	82,70
20	3-oct-02	2.047	
20	4-oct-02	2.119	74,40
20	7-oct-02	2.047	73,30
20	8-oct-02	2.231	65,20
20	10-oct-02	1.570	74,80
20	11-oct-02	1.320	76,00
20	14-oct-02	1.529	75,20
30	15-oct-02	1.969	
30	16-oct-02	1.651	84,80
30	17-oct-02	1.771	71,30
30	18-oct-02	1.680	73,80
30	21-oct-02	2.090	

Tabla 2.

porción el tiempo necesario para degradar la muestra de acetato sódico. En el último caso, con una concentración de 25 g/l, el tiempo necesario para degradar la muestra alcanza un valor del 40 % aproximadamente al obtenido sin adición de NaCl, lo que significa que la afección sobre la respiración bacteriana es considerable (Figura 6).

### 4.3. Fango biológico de la EDAR de Pinedo-1

Con el fango de esta depuradora se opta por realizar un ensayo más completo en planta piloto utilizando un agua bruta preparada en laboratorio y con la conductividad corregida mediante la adición de NaCl a dosis controladas. Para el ensayo con planta piloto, se empleó la planta piloto de laboratorio descrita anteriormente. El fango biológico utilizado fue recogido en uno de los reactores biológicos de la EDAR de Pinedo-1. Los parámetros de funcionamiento fueron:

- Caudal de alimentación horario: 750 ml/h.
- Tiempo de retención hidráulico: 8 horas.

El trabajo con la planta piloto se ha llevado a cabo a lo largo de dos meses. Hasta el martes durante la primera semana, la planta piloto se alimentó con agua preparada en laboratorio, pero con la conductividad sin corregir, a un valor aproximado de 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De esta forma se pretende aclimatar a la fauna microbiana a las condiciones del nuevo influente preparado en laboratorio, sin que se viera afectada también por el incremento en la conductividad.

Posteriormente y de forma regular, se fue añadiendo CINa al agua bruta de forma que se incrementara la conductividad del influente de forma controlada. Durante todos los días laborables que duraron los trabajos, se obtuvieron muestras de los efluentes y fangos biológicos, haciéndose las analíticas siguientes: Conductividad, DQO, DQO filtrada, SSLM, SSVLM y observación

microscópica. Así mismo se realizaron dos analíticas en el agua influente para ver las cargas aportadas.

Por último se realizaron también diferentes ensayos respirométricos sobre el fango, para comprobar su actividad.

**4.3.1. Conductividad**

En la **Tabla 1** y **Figura 7** se ven los resultados de la conductividad en función de las diferentes adiciones de ClNa.

**4.3.2. Fangos biológicos**

Durante todo el ensayo se han mantenido valores similares a los existentes en el fango biológico procedente de la EDAR de Pinedo-1. En ésta, los SSLM del reactor estaban comprendidos en torno a 1.500 mg/l, manteniendo este valor a lo largo de todo el estudio, así como para la respirometrías realizadas (**Tabla 2**).

Cabe señalar que durante todo el tratamiento, prácticamente no ha sido necesario realizar purgas, manteniéndose la concentración de SSLM siempre entre los mismos valores. Esto podría deberse a una menor tasa de reproducción por parte de las bacterias a medida que aumenta la conductividad, lo cual se traduciría en un limitado aumento de la biomasa generada por unidad de carga eliminada.

**4.3.3. DQO y DQO filtrada**

En la **Tabla 3** se muestran los resultados de la conductividad en función de las diferentes adiciones de ClNa.

Se realizaron ensayos de DQO, tanto sobre el efluente tal y como sale de la planta, como sobre muestras filtradas, con la finalidad de eliminar la posible afección causada por pérdidas de flóculo desde el clarificador. Los resultados del efluente han cumplido con los límites de vertidos desde el primer momento, con unos rendimientos que no parecen estar afectados por los diferentes incrementos de conductividad provocados (**Figura 8**).

**Tabla 3**

g/l ClNa		DQO mg/l			DQO FILTRADA mg/l		
		E	S	R(%)	E	S	R(%)
0	9-sep-02						
0	10-sep-02	1.040	239	77	902	185	79
0	11-sep-02	1.040	92	91	902	85	91
0	12-sep-02	1.040	105	90	902	91	90
0	13-sep-02	288	109	62	212	78	63
0	16-sep-02	288	80	72	212	59	72
9	17-sep-02	288	75	74	212	65	69
9	18-sep-02	288	62	78	212	58	73
9	19-sep-02	288	55	81	212	50	76
9	20-sep-02	288	39	86	212	34	84
13	24-sep-02	288	47	84	212	34	84
13	25-sep-02	288	60	79	212	50	76
13	26-sep-02	288	45	84	212	35	83
13	27-sep-02	288	35	88	212	30	86
13	30-sep-02	288	50	83	212	40	81
20	1-oct-02	288	50	83	212	45	79
20	2-oct-02	288	80	72	212	60	72
20	3-oct-02	288	45	84	212	35	83
20	4-oct-02	288	55	81	212	50	76
20	7-oct-02	288	47	84	212	45	79
20	8-oct-02	288	69	76	212	67	68
20	10-oct-02	288	60	79	212	50	76
20	11-oct-02	288	56	81	212	48	77
20	14-oct-02	288	75	74	212	65	69
30	15-oct-02	288	68	76	212	62	71
30	16-oct-02	288	69	76	212	57	73
30	17-oct-02	288	100	65	212	87	59
30	18-oct-02	288	99	66	212	88	58
30	21-oct-02	288	82	72	212	69	67

Tabla 3.

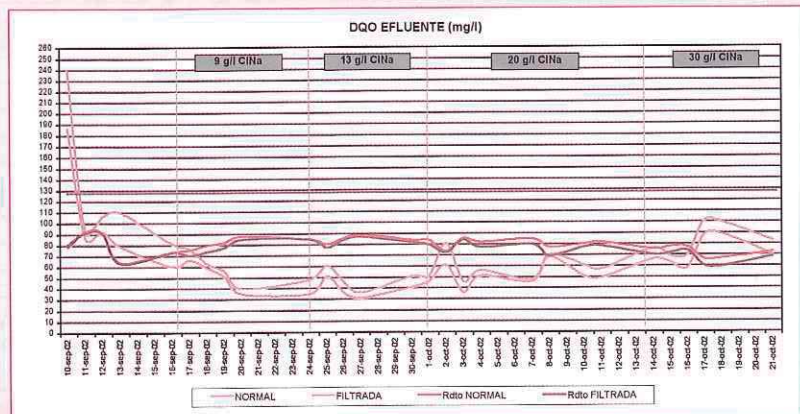


Figura 8.

4.3.4. Microfauna

Todas las muestras obtenidas de fango biológico fueron observadas mediante microscopio de contraste de fases. En general se pudo apreciar que la microfauna sufría un proceso de selección hacia especies halinotolerantes, reduciéndose el número de especies presentes hasta aquellas que toleraban mejor la salinidad elevada.

Cabe recordar que hemos partido de un fango totalmente "dulceaquícola", de una depuradora sin intrusión marina de ningún tipo, por lo que el número de especies susceptibles de tolerar la salinidad elevada es reducido.

Sin embargo, hacia el final del ensayo y cuando se había añadido una concentración de 30 g/l de ClNa, se observó una reducción brusca en el número de individuos presentes en el fango, por lo que es posible que la

salinidad extrema alcanzada, haya perjudicado negativamente a la fauna protozoaria presente.

No se observa un reflejo tan evidente de este hecho en los resultados analíticos, por lo que no se puede determinar si la salinidad elevada ha afectado al total de grupos biológicos presentes o tan sólo a los protozoos, no afectando de forma tan drástica a las bacterias, principales responsables de los procesos depuradores.

A continuación se muestra la **Tabla 4** con los grupos observados, así como una serie de gráficas ilustrativas (**Figuras 9, 10 y 11**).

En la **Figura 9** se aprecia el descenso en el nº de especies presentes en el fango. Pese a que en un principio, sin adición de sal, hay una reducción de especies, se aprecia que entre 9 y 20 g/l de ClNa (conductividades entre 16000 y 35000 mS/cm), las especies presentes no se ven

afectadas. A partir de la adición de 30 g/l de ClNa, se reduce el número de taxones, llegando a tan solo uno en las observaciones finales. En las **Figuras 10 y 11** siguientes se ven los resultados respecto al número de individuos presentes. En la **Figura 10** se indica el total de individuos y en la **Figura 11** se distingue por grupos protozoarios.

En la **Figura 11** se aprecia que el número total de individuos (en ind/ml) se mantiene muy constante a lo largo de la mayor parte del estudio. Sin embargo, hay un crecimiento espectacular al final del tratamiento con 20 g/l, con un aumento de protozoos del género *Vorticella*, seguido a distancia por ciliados holotricos del género *Uronema*.

Ambas especies están definidas en la bibliografía con una gran tolerancia a la salinidad del medio, siendo catalogadas como holo-eurihalinos en las

g/ClNa	nº ind/ml																											
	09-sep	11-sep	12-sep	13-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	23-sep	24-sep	25-sep	26-sep	27-sep	30-sep	01-oct	02-oct	03-oct	04-oct	07-oct	08-oct	10-oct	14-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct	21-oct
Zooflagelados																												
Euglena spp	50		x	50																								
Gimnamobas	50	100			250																							
Arcella spp	800	800	850	550	350	600		500	650	400	800	650	500	400	350	850	400	350	400	200	150	150	200	500	350	300	350	
Acinetes spp	50	100	100																									
Aspidosca spp	400	1.200	600	250	200	100																						
Euplotes spp	50																											
Oxytricha spp					50	1.200	500	300	650	300	200	350	100	450	300	60	50											
Chilodonella spp	50		200																									
Tetotrocos de peritricos					450	800	200	200	100	100		50	200	150							50		100	50	50			
Vorticella SPP	350	550	100	200	300	1.000	1.150	700	2.400	300	1.300	500	350	2.450	4.500	6.500	5.500	5.500	4.100	10.000	6.100	8.500	42.200	31.300	27.350	20.250	11.800	7.250
Epistylis spp	3.150			300	250																							
Opercularia spp																												
Acinetes spp																												
Uronema																	50	200	400	650	2.300	1.400	2.100	7.700	1.850	300	200	
Nematodo																												
Rotifero (Cephalodella spp)	100	100	150	150		50				50	50	100	50															
Rotifero (Philodina spp)	100	50	150																									
total taxones	11	7	7	6	6	6	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	3	3	1
total individuos	3.150	3.000	3.150	1.000	1.450	3.400	2.600	1.900	3.650	1.100	2.600	1.500	1.250	3.700	5.550	7.600	6.300	6.200	5.200	12.450	7.800	10.900	50.200	33.200	28.700	21.050	12.200	7.250

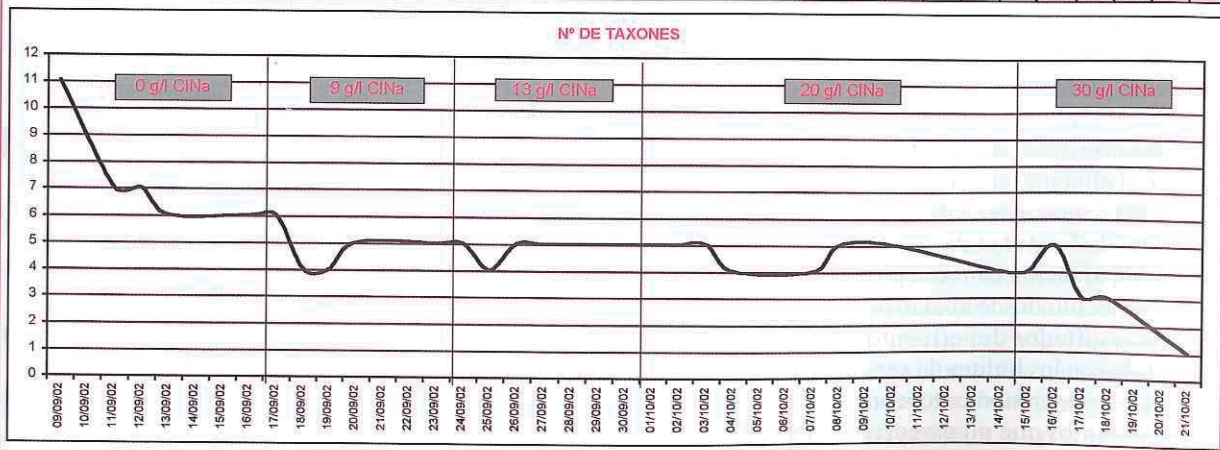


Figura 9.

guías de referencia, tolerando concentraciones de Cl- de hasta 17 g/l, equivalentes a 28 g/l de ClNa (W.Foissner & H.Berger, 1996, *Institute für zoologie, Universität Salzburg*)

Las poblaciones llegan a niveles no alcanzados anteriormente, para descender bruscamente al incrementar el ClNa a 30 g/l.

El incremento en las poblaciones posiblemente esté ocasionado por la falta de competencia de otros grupos protozoarios, unido a la relativamente alta capacidad de tolerancia a la salinidad elevada de estas especies.

#### 4.3.5. Evolución del flóculo a lo largo de los trabajos

A medida que se ha aumentado la conductividad del proceso, se ha observado un cambio en la morfología y estructura de los flóculos y del fango activo. Así mismo se ha podido apreciar un cambio en las poblaciones protozoarias y bacterianas.

En el caso de las bacterias filamentosas, muy abundantes en los primeros días del trabajo con la planta piloto, se fueron reduciendo a partir de la adición de 13 g/l de ClNa (con una conductividad en torno a 23.300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Con 20 g/l de ClNa (conductividad del orden de 30.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), las bacterias filamentosas habían desaparecido totalmente.

Sin embargo, en lo referente a la estructura flocular se pasa de un flóculo poco cohesionado, de morfología irregular y con abundantes espacios vacíos en su interior, a otro más compacto (color oscuro) pero que va adoptando una curiosa estructura en estrella, formada por prolongaciones semejantes a Zoogloea (Figura 12).

Ramificaciones en forma de estrella, que se proyectan desde los flóculos. Foto a 400 aumentos.

Prolongación a 1.000 aumentos. Que parece estar formada por bacterias.

Este hecho es más evidente al final del estudio, a conductividades superiores a 45.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En las fotografías siguientes se adjuntan unos ejemplos ilustrativos

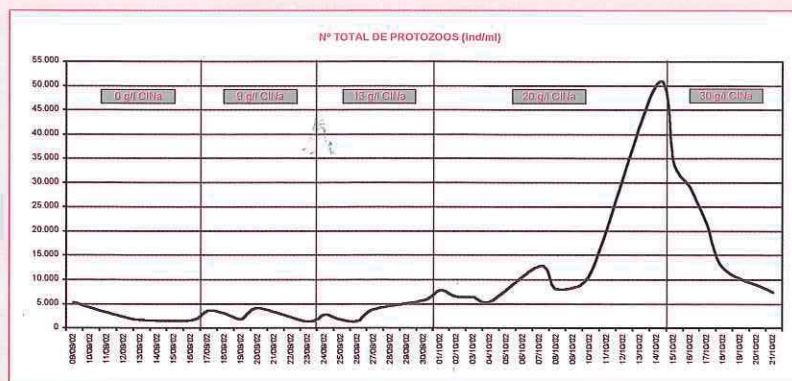


Figura 10.

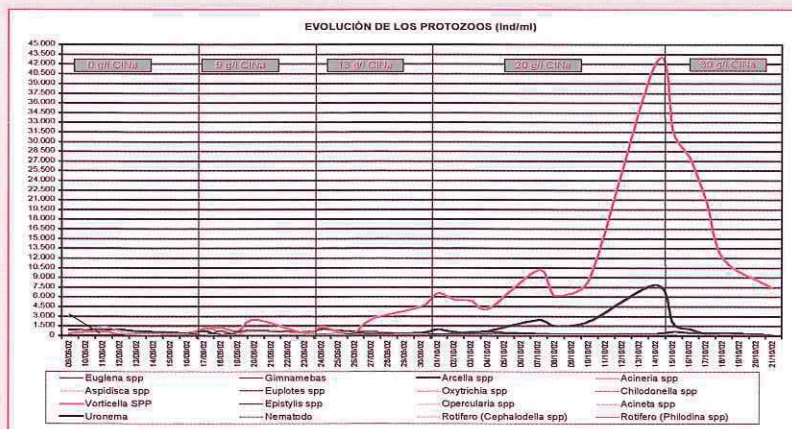


Figura 11.



Ramificaciones en forma de estrella, que se proyectan desde los flóculos. Foto a 400 aumentos.

Figura 12.



Prolongación a 1.000 aumentos. Que parece estar formada por bacterias.

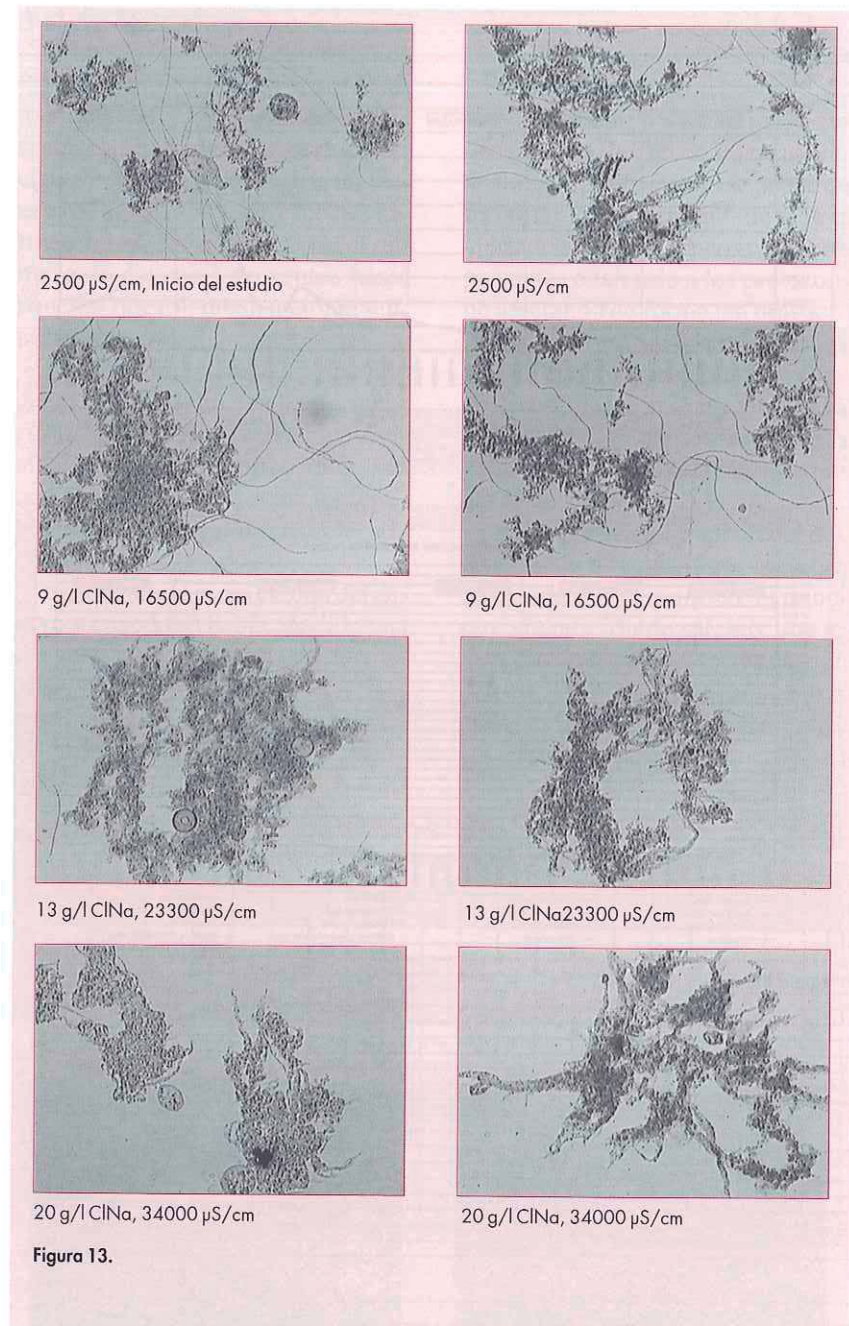
de dicha evolución, donde se ve cómo cambia la morfología del flóculo a medida que se incrementa la conductividad. Cuando desaparecen las bacterias filamentosas, la sedimentabilidad del flóculo pasa a ser elevada, manteniéndose alta pese a la forma "estrellada" que adquiere. Todas las fotografías mos-

tradas de la Figura 13 están hechas a 50 aumentos y en campo claro.

#### 4.3.6. Ensayos respirométricos

Los ensayos respirométricos se han hecho con fango de la planta piloto tras alimentarlo 7 días con influente a cada una de las concen-





traciones de NaCl. En todos se añadió un patrón acetato sódico a concentración conocida, midiendo el tiempo en el que era degradado. Se hizo un primer ensayo respirométrico sobre la muestra de fango de la EDAR de Pinedo-1 que se usó para "sembrar" el reactor de la planta piloto. De los gráficos correspondientes puede deducirse que, después de un período de aclimatación de unas dos semanas, al ser alimentado con agua residual

con 9 g/l de NaCl, su actividad incluso es superior a la que el fango tenía inicialmente ya que el patrón de acetato es consumido en menor tiempo para concentraciones similares de fango activado.

Tras aumentar las concentraciones de NaCl en el influente a 13 g/l de ClNa y 20 g/l ClNa no se ve un empeoramiento de la actividad del lodo, ya que los tiempos en los que se consume el patrón resultan similares.

Sin embargo, sí se produce un descenso de actividad en el último ensayo, en el que se han añadido 30 g/l de NaCl y el tiempo de consumo del patrón se ha incrementado en un 60 % aproximadamente. Esto coincide con el hecho de que el número de especies presentes en el fango haya disminuido radicalmente a esta concentración, aunque tal vez por falta de tiempo no se haya visto reflejado en un empeoramiento manifiesto de los resultados analíticos del agua tratada.

A continuación (**Figura 14**) se muestran las gráficas obtenidas de las respirometrías, hechas sobre fango del reactor de la planta piloto con concentraciones crecientes de ClNa y en todas ellas un volumen idéntico de acetato sódico de concentración conocida.

## 5. Conclusiones

En las respirometrías de laboratorio llevadas a cabo sobre muestras de fangos activados de depuradoras con infiltración marinas sometidas a adiciones puntuales y bruscas de NaCl, se aprecia un descenso de la actividad bacteriana y protozoaria a partir de concentraciones de 13 g/l de NaCl.

Esto se traduciría como una menor tolerancia de los fangos activos a las variaciones bruscas de salinidad.

En las pruebas realizadas en planta piloto, en las que se somete al fango a adiciones constantes de NaCl en concentraciones crecientes, se observa una aclimatación de las poblaciones bacterianas a las nuevas condiciones de salinidad, produciéndose una selección bacteriana hacia poblaciones más halintolerantes.

Únicamente a partir de concentraciones de 30 g/l de NaCl se detecta un descenso en la actividad que afecta tanto a la fauna protozoaria, que casi llega a desaparecer, como a las bacterias.

Por lo tanto, del estudio puede desprenderse que incrementos puntuales importantes en la con-

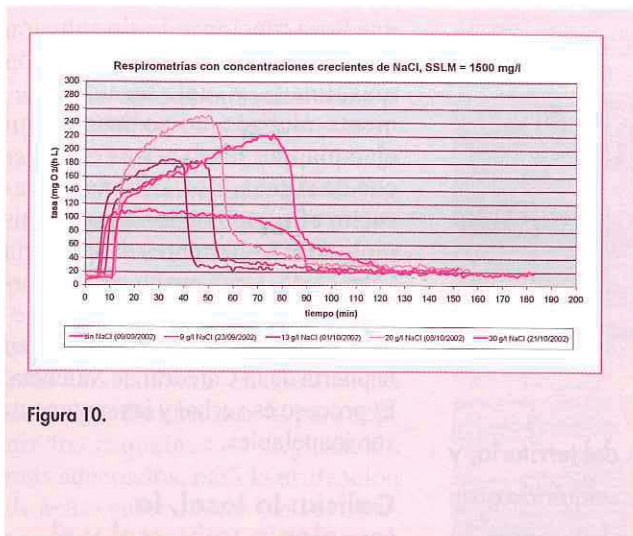


Figura 10.

ductividad del agua de entrada a una depuradora, pueden afectar casi de manera inmediata a la actividad bacteriana, disminuyendo su capacidad depuradora. Sin embargo, si estas entradas con conductividad elevada fueran constantes, la fauna evolucionaría hacia poblaciones halinotolerantes, manteniendo un nivel de depuración aceptable hasta concentraciones muy elevadas de NaCl.

### 6. Bibliografía

- [1] WILHELM FOISSNER AND HELMUT BERGER. 1996. *A user-friendly guide to the ciliates (protozoa, ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology*. Institute für Zoologie, Universität Salzburg (Austria).
- [2] R.Y. STANIER, E.A. ADELBERG, J.L. INGRAHAM. *Microbiología*. 4ª edición. Ed. Reverté SA 1984.
- [3] A.I. PÉREZ, M. GOYTIA, I. MUGURUZA y F.BLANCO. *Depuración biológica de efluentes con alto contenido salino. Análisis biocinético del efecto del Cl- sobre el crecimiento de fangos activados mediante respirometría electrolítica*. Tecnología del Agua, mayo 1996.
- [4] R. MAYARI, E. ROMERO, M.C. ESPINOSA y M. RUIZ. *Determinación de oxígeno disuelto en aguas salinas aplicando modelos matemáticos y, como sensor, electrodo de membrana*. Tecnología del Agua, febrero 2000.
- [5] A. HERNANDEZ MUÑOZ, M.G. RODRIGUEZ. *Efecto salino en depuradoras de aguas residuales*. Tecnoambiente, febrero 2000.
- [6] J. RUIZ VAZQUEZ, A. FIGUEREDO DELGADO, E.GALLEGO SOSA, A. DOMINGUEZ TELLO. *Bioindicadores del fango activado y su relación con el rendimiento de la EDAR de El Rompido (Huelva). Variaciones temporales con aguas de salinidad elevada*. Tecnología del Agua, octubre 1999.

MESSE MÜNCHEN INTERNATIONAL



E 05

E 04

acqua alta 03

Feria Internacional y Congreso de Protección contra Inundaciones y Gestión de Catástrofes, Clima y Obras Fluviales

acqua alta 03 es la primera feria + congreso del mundo que ofrece una plataforma internacional para la presentación de todos los sectores relacionados con la protección contra inundaciones y la gestión de catástrofes.

Los profesionales, directivos, investigadores y fabricantes del sector, en estrecha colaboración con las asociaciones y autoridades afectadas, presentan y elaboran una gran oferta de soluciones innovadoras y eficaces medidas de prevención.

**Organizado por**

Messe München GmbH,  
tel. (+49 89) 9 49-1 15 98,  
fax (+49 89) 9 49-1 15 99,  
info@acqua-alta.de

**Congreso – línea directa:**

ConTrac GmbH, Berlín,  
tel. (+49 30) 27 58 28 09  
o bien (+49 30) 27 58 28 10

**Información:**

FIRAMUNICH, S.L.  
08007 Barcelona  
Tel. (93) 488 17 20, (93) 487 45 69  
Fax (93) 488 15 83  
info@firamunich.com

**Nuevo Recinto Ferial de Múnich  
24 – 27 de noviembre de 2003  
www.acqua-alta.de**