

# ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA DIGESTIÓN AEROBIA TERMÓFILA EN LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES

SEPTIEMBRE-2018

**Pedro J. Simón Andreu** director técnico de la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Murcia (Esamur)

**Carlos Lardín Mifsut** técnico de Explotación de la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Murcia (Esamur)

**Raquel González Herrero** responsable del Área de I+D+i de Red Control

**Antonio V. Sánchez Betrán** responsable de Explotaciones de Red Control

## 1.- ANTECEDENTES

Uno de los sistemas avanzados de tratamiento de lodos es el denominado sistema ATAD (Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion), que es una estabilización biológica de fango y por tanto se basa en la reducción de sustancias orgánicas contenidas en las aguas residuales. En este sistema, la reducción de la materia orgánica es llevada a cabo por los organismos aerobios, liberándose energía en el proceso, principalmente en forma de calor. Los productos finales son compuestos bajos en energía, tales como CO<sub>2</sub> y agua. La elevada temperatura (>60°C) favorece que se aumente la tasa de eliminación de materia volátil, así como la eliminación de patógenos.

Existen numerosos estudios que demuestran los buenos rendimientos de esta tecnología para higienización de lodos, llegando incluso a estar instaladas en EDAR's, a escala industrial. Sin embargo, no existe mucha bibliografía relacionada con la aplicación de la tecnología ATAD para eliminación de contaminantes emergentes.

Por este motivo se planteó el estudio enfocado a verificar el efecto de este proceso sobre fango en exceso proveniente de estaciones depuradoras de aguas residuales. El estudio se ha llevado a cabo sobre muestras de fango de las depuradoras de la Zona Levante de Murcia (EDARs de Abanilla, Beniel, Fortuna y Santomera).

## 2.- PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 2.1.- LISTADO DE CONTAMINANTES EMERGENTES ESTUDIADOS

A continuación se listan los contaminantes emergentes y parámetros microbiológicos analizados en el estudio.

CONTAMINANTE	GRUPO	OBSERVACIONES
Claritromicina	ANTIBIÓTICO	Antibiótico del grupo de los macrólidos que se indica para el tratamiento de infecciones de la piel, las mamas y las vías respiratorias, entre ellas la faringitis, amigdalitis, sinusitis, bronquitis crónica, neumonía bacteriana
Carbamazepina	USO PSIQUIÁTRICO	Fármaco anticonvulsivo y estabilizador del estado de ánimo utilizado, principalmente, para controlar las crisis epilépticas y el trastorno bipolar. En algunas ocasiones se utiliza para tratar la esquizofrenia y la neuralgia del trigémino, aunque también se ha mostrado efectivo en el tratamiento del Trastorno explosivo intermitente (TEI) y de los dolores provocados por las disfunciones de la glándula tiroideas.
Diclofenac	ANTIINFLAMATORIO	Fármaco para el alivio del dolor, la sensibilidad, la inflamación y la hinchazón producidos por ciertos tipos de artritis. Diclofenac (CAS 15307-79-6) se incluirá en la primera lista de observación, para recabar datos de seguimiento con el fin de que faciliten la determinación de medidas adecuadas para afrontar el riesgo que supone dicha sustancia, tal y como queda recogido en el <b>art.8 ter.</b> de la <b>Directiva 2013/39/UE</b>
Cafeína	ESTIMULANTE	Alcaloide del grupo de las xantinas, sólido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, levemente disociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de

		los receptores de adenosina.
<b>Tiabendazol</b>	<b>FUNGICIDA</b>	Conservante en la industria alimentaria como fungicida de frutas. En la industria alimentaria se suele emplear con el código: E 233.
<b>4-Nonilfenol</b>	<b>DETERGENTE, PESTICIDA</b>	Los nonilfenoles son usados principalmente en la fabricación de productos de limpieza como detergentes y, en menor medida, para otras aplicaciones como, por ejemplo, pesticidas, resinas, etc. También se usa en la producción de etoxilatos de nonilfenol o nonoxinolos que son frecuentemente utilizados como productos de limpieza de numerosos procedimientos industriales, para producción de pasta de papel, textiles naturales y sintéticos, cuero, aditivos de pinturas de látex y de determinados plaguicidas.

## 2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS INFLUENTES RECIBIDOS EN LAS DIFERENTES EDARS ESTUDIADAS

A continuación se comentan las características generales de los influentes de cada una de las depuradoras en las que se realiza el estudio.

### 2.2.1.- Abanilla

En el caso de Abanilla, la procedencia del influente es de origen tanto industrial como urbano.

El vertido con origen urbano puede estar afectado por la presencia en el pueblo de una institución geriátrica y de una instalación hospitalaria.

En lo que se refiere a la actividad industrial, en la zona hay empresas de la industria alimentaria de productos hortofrutícolas y una empresa de fabricación de grasas con origen animal, cuya materia prima son restos de origen animal procedentes de mataderos.

### 2.2.2.- Beniel

En el caso de Beniel, los focos industriales que podrían afectar a los vertidos son almacenes de cítricos, una granja avícola, un matadero de pollos y una industria química que fabrica principios activos farmacéuticos y alimenticios.

### 2.2.3.- Fortuna

En Fortuna hay una empresa hortofrutícola, además de la limpieza y troceado de los productos, también elabora conservas vegetales.

Además existe una pedanía, caracterizada por tener aguas termales donde existen varios establecimientos balnearios, con un uso mayoritario de personas de edad avanzada, así como un número elevado de residentes extranjeros principalmente pensionistas.

También hay bastante agricultura, principalmente cultivo de agrios.

### 2.2.4.- Santomera

En Santomera, hay varias empresas de procesado de cítricos, así como una granja de ganado porcino. También hay varias empresas dedicadas a la elaboración de recubrimientos metálicos.

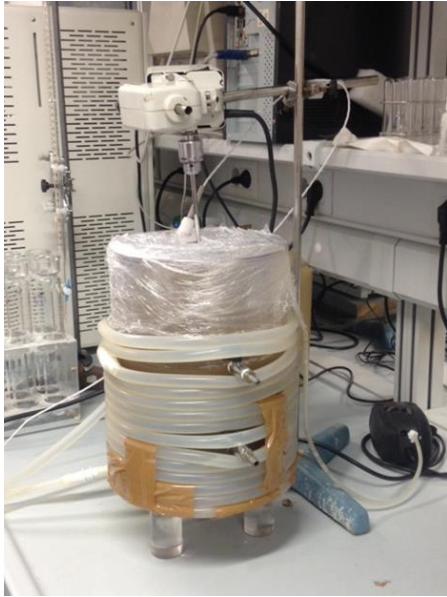
## 2.3.- MATERIAL Y MÉTODO

Como ya se ha señalado anteriormente, el estudio se ha llevado a cabo con fango en exceso procedente de las EDARs de Abanilla, Beniel, Fortuna y Santomera, dados los resultados de emergentes obtenidos en un estudio previo anterior realizado por RED CONTROL enfocado a determinar la presencia de contaminantes emergentes en las diferentes etapas de las líneas de aguas y lodos de las citadas depuradoras.

El actual estudio se ha planteado de forma estacionaria.

Éste se ha llevado a cabo en un reactor aerobio de 6 litros de capacidad realizándose ciclos de llenado, reacción y vaciado en cada muestra. Se empleó un agitador y una camisa intercambiadora de calor para mantener la temperatura

en el interior del reactor a 55°C (la subida de la temperatura hasta alcanzar ésta fue progresiva). Además, el oxígeno se suministró con aireadores EHEIM (difusores de acuarios). Se muestran a continuación varias fotografías de la planta piloto empleada:



*Detalle del reactor empleado con la camisa formada por una tubería para el control de la temperatura*



*Baño termostático, con termostato, se recircula el agua*

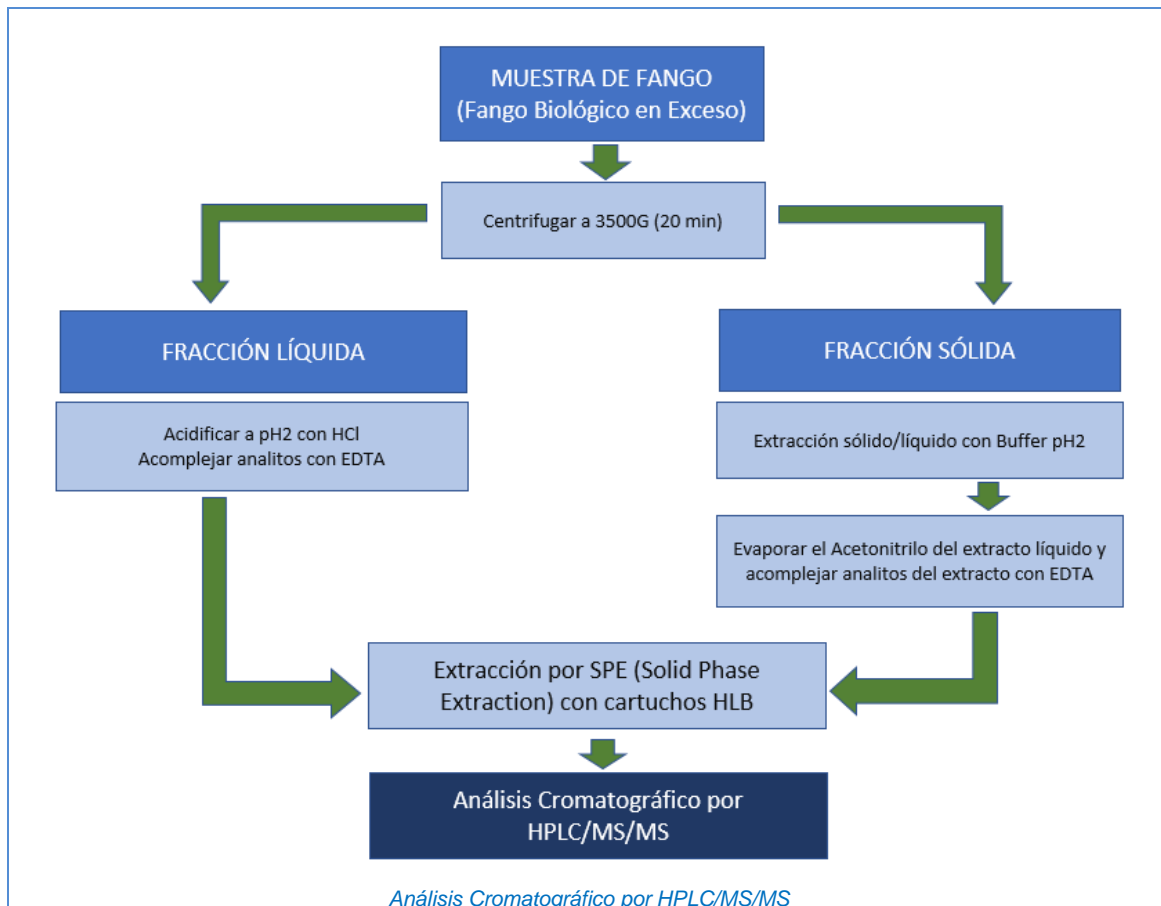
Los **parámetros** de operación son:

- Volumen del reactor = 6 litros.
- TRH = 12 días (tras 7-8 días de aclimatación y aumento de T°).
- Temperatura de operación = 55°C.

Se midieron los SSLM y los SSVLM tres veces a la semana para evaluar el rendimiento del proceso. Cuando la temperatura alcanzada en el interior del reactor era de 55°C y habían transcurrido 2 días desde dicha fecha, se tomaron tres muestras de 1 litro cada una (tres días consecutivos). El último día de ensayo se tomó la cuarta muestra (también de 1 litro). Además, se midió la concentración de oxígeno en el interior del reactor periódicamente para comprobar que las condiciones en el reactor eran aerobias.

#### **Método análisis en laboratorio.**

A continuación se muestra un diagrama con el método seguido para la extracción y análisis de los contaminantes emergentes objeto del estudio, basado en el método EPA 1694.



### 3.- RESULTADOS ENSAYOS DIGESTIÓN AEROBIA TERMÓFILA AUTOSOSTENIDA (ATAD)

A continuación se detallan los resultados de los análisis de los **parámetros de operatividad** del sistema de digestión aerobia termófila autosostenida en los cuatro ensayos realizados con fangos de las cuatro EDARs de la provincia de Murcia.

#### 3.1.- MUESTREO BLANCO

Con tal de poder arrojar algún resultado sobre la influencia de la temperatura en la eliminación de los contaminantes emergentes que son fruto de nuestra experiencia, se hace una primera tanda con el experimento sin regular la temperatura de los reactores. A esta parte del muestreo se le llama “muestreo blanco”.

Se prepararon cuatro reactores, uno por instalación, de 4 litros de capacidad con fango procedente de la recirculación del proceso y se mantuvo en condiciones de aireación constante. Se procedió a la toma de cinco muestras en una secuencia de 1,6, 9,13 y 16 días con tal de evaluar el comportamiento y rendimientos de eliminación de los contaminantes objetivo (*Tabla 1*)

DATOS INICIALES			RANGOS ENSAYOS	
EDAR	SS (mg/l)	SSV (mg/l)	Rango T (°C)	Rango O <sub>2</sub> (mg/l)
ABANILLA	9.420	78,7	21-25	2,5-9
BENIEL	6.070	72,5	21-25	7,3-8,8
FORTUNA	14.500	74,5	21-25	5,4-7,7
SANTOMERA	5.170	78,3	21-25	6,1-8,2

*Tabla 1*

A continuación se muestran los parámetros operacionales mediante el proceso ATAD de las cuatro depuradoras objeto de estudio.

<b>EDAR ABANILLA</b>					
<b>Muestra</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>SSV (mg/l)</b>	<b>Eliminación volátiles (%)</b>	<b>Ta (°C)</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>
11/05/2015	8.180	5.940	<b>72,62</b>	24,00	-
13/05/2015	7.649	6.227	<b>81,4</b>	34,50	2,26
15/05/2015	6.805	5.508	<b>80,93</b>	44,40	-
18/05/2015	6.311	4.339	<b>68,75</b>	47,00	1,85
20/05/2015	5.575	3.777	<b>67,75</b>	56,00	2,56
22/05/2015	6.398	3.828	<b>59,83</b>	51,50	3,71
25/05/2015	7.128	4.228	<b>59,32</b>	55,50	2,41
27/05/2015	6.060	4.236	<b>69,9</b>	55,50	2,11
29/05/2015	7.004	5.638	<b>62,62</b>	55,80	2,24
01/06/2015	6.788	5.444	<b>61,95</b>	55,80	2,44

<b>EDAR BENIEL</b>					
<b>Muestra</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>SSV (mg/l)</b>	<b>Eliminación volátiles (%)</b>	<b>T<sup>a</sup> (°C)</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>
01/06/2015	3.552	2.594	<b>73,02</b>	30,00	3,08
03/06/2015	3.500	2.460	<b>70,28</b>	41,20	3,65
05/06/2015	3.238	2.084	<b>64,36</b>	47,50	2,25
08/06/2015	3.036	1.749	<b>57,6</b>	54,50	2,97
10/06/2015	3.040	1.793	<b>58,98</b>	55,30	2,56
12/06/2015	2.983	1.798	<b>60,27</b>	55,50	2,66
15/06/2015	2.707	1.663	<b>61,43</b>	53,00	2,81
17/06/2015	2.488	1.508	<b>60,61</b>	52,80	2,64
19/06/2015	2.562	1.624	<b>63,39</b>	55,80	2,55
22/06/2015	2.125	1.283	<b>60,38</b>	54,70	2,71

<b>EDAR FORTUNA</b>					
<b>Muestra</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>SSV (mg/l)</b>	<b>Eliminación volátiles (%)</b>	<b>Ta (°C)</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>
22/06/2015	1.694	1.349	<b>79,63</b>	30,00	3,08
24/06/2015	1.537	1.166	<b>75,86</b>	37,40	
26/06/2015	1.400	986	<b>70,43</b>	49,70	
29/06/2015	1.338	913	<b>68,24</b>	55,10	4,05
01/07/2015	1.422	968	<b>68,07</b>	55,80	
03/07/2015	1.355	921	<b>67,97</b>	55,8	
06/07/2015	1.436	980	<b>68,25</b>	54,50	2,55
08/07/2015	1.416	973	<b>68,71</b>	55,0	2,78
10/07/2015	1.541	1.065	<b>69,11</b>	55,4	2,50
13/07/2015	1.462	957	<b>65,46</b>	55,5	2,68

<b>EDAR SANTOMERA</b>					
<b>Muestra</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>SSV (mg/l)</b>	<b>Eliminación volátiles (%)</b>	<b>Ta (°C)</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>
13/07/2015	6.446	4.742	<b>73,57</b>	25,00	
15/07/2015	7.449	5.368	<b>72,06</b>	43,00	
17/07/2015	6.523	4.426	<b>67,85</b>	55,00	
20/07/2015	7.168	4.867	<b>67,9</b>	55,50	3,89
22/07/2015	6.999	4.868	<b>69,55</b>	54,20	2,05
24/07/2015	6.609	4.434	<b>67,09</b>	55,00	
27/07/2015	9.228	7.170	<b>77,7</b>	55,30	1,69
29/07/2015	10.194	6.782	<b>66,53</b>	55,00	
31/07/2015	12.010	8152	<b>67,88</b>	54,70	2,45

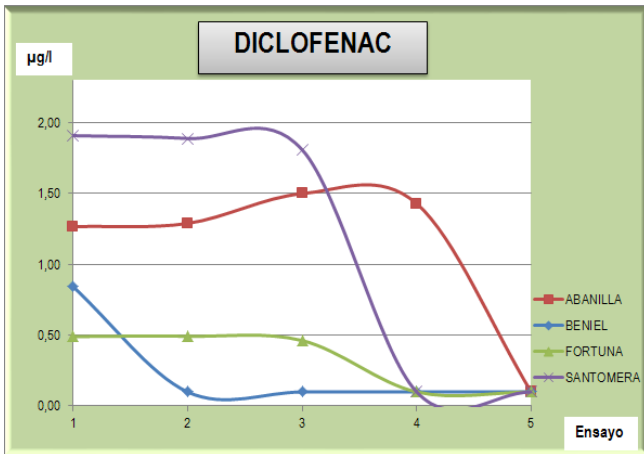
Tabla 2

	ABANILLA												
	Cafeína	Carbamazepina	Clarithromicina	Diclofenac	Tiabendazol	Nonilfenol	Acetaminofeno	Acetamiprid	Enrofloxacina	Eritromicina	Octilfenol	Ofloxacina	Trimetoprim
08/05/2015	0,05	0,05	0,05	0,267	29,50	0,10	-	-	-	-	-	-	-
21/05/2015	0,25	0,25	0,25	1,290	54,30	1,50	0,25	0,25	0,25	0,25	1,50	37,80	0,25
22/05/2015	0,25	0,25	0,25	1,500	74,30	1,50	0,25	0,25	0,25	0,25	1,50	41,00	0,25
25/05/2015	0,25	0,25	0,25	1,430	75,80	1,50	0,25	0,25	0,25	0,25	1,50	39,30	0,25
01/06/2015	0,25	0,10	0,10	0,100	41,90	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	6,90	0,10
	BENIEL												
29/05/2015	0,25	0,25	0,25	0,843	0,856	1,50	0,25	0,25	0,25	0,25	1,5	21,7	0,25
11/06/2015	0,25	0,10	0,10	0,10	0,16	0,10	0,10	0,10	0,10	-	0,10	2,11	0,10
12/06/2015	0,05	0,10	0,10	0,10	0,28	0,10	0,10	0,10	0,10	-	0,10	2,45	0,10
15/06/2015	0,05	0,10	0,10	0,10	0,33	0,10	0,10	0,10	0,31	-	0,10	2,73	0,10
18/06/2015	0,05	0,10	0,10	0,10	0,38	0,10	0,10	0,10	0,32	-	0,10	3,37	0,10
	FORTUNA												
18/06/2015	0,05	0,100	0,10	0,10	0,133	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	4,70	0,10
02/07/2015	0,05	0,558	0,10	0,493	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	3,53	0,10
03/07/2015	0,05	0,531	0,10	0,463	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	4,44	0,10
06/07/2015	0,05	0,574	0,10	0,10	0,10	1,50	0,10	0,10	0,10	0,10	1,50	3,82	0,10
13/07/2015	0,05	0,541	0,10	0,10	0,10	1,50	0,10	0,10	0,10	0,10	1,50	2,79	0,10
	SANTOMERA												
09/07/2015	0,05	0,10	0,10	0,10	23,10	1,50	0,10	0,10	1,24	-	1,50	12,60	0,10
21/07/2015	0,1623	0,10	0,10	0,10	6,55	0,10	0,10	0,10	1,58	-	0,10	12,80	0,10
22/07/2015	0,05	0,10	0,10	1,81	5,54	0,10	0,10	0,10	1,18	-	0,10	8,54	0,10
23/07/2015	0,05	0,10	0,10	1,81	5,54	0,10	0,10	0,10	1,18	-	0,10	8,54	0,10
24/07/2015	0,05	0,10	0,10	1,89	7,05	0,10	0,10	0,10	1,33	-	0,10	10,30	0,10
31/07/2015	0,05	0,10	0,10	0,10	8,70	0,10	0,10	0,10	1,98	-	0,10	11,30	0,10

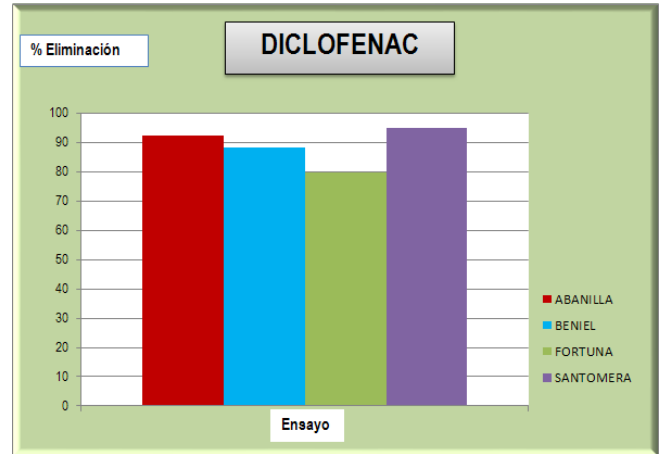
Tabla 3

	ABANILLA	BENIEL	FORTUNA	SANTOMERA	
	% Eliminación	% Eliminación	% Eliminación	% Eliminación	Media
Cafeína	-	-	-	-	-
Carbamazepina	60	60	3	-	41
Claritromicina	60	60	-	-	60
Diclofenac	92	88	80	94	89
Tiabendazol	23	56	25	62	42
Nonilfenol	93	93	-	93	93
Acetaminofeno	60	60	-	-	60
Acetamiprid	60	60	-	-	60
Enrofloxacina	60	-	-	-	60
Eritromicina	60	-	-	-	60
Octilfenol	93	93	-	93	93
Ofloxacina	82	84	41	10	54
Trimetoprim	60	60	-	-	60

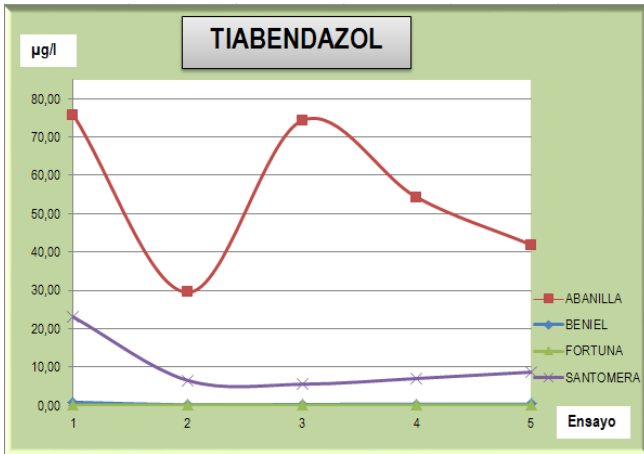




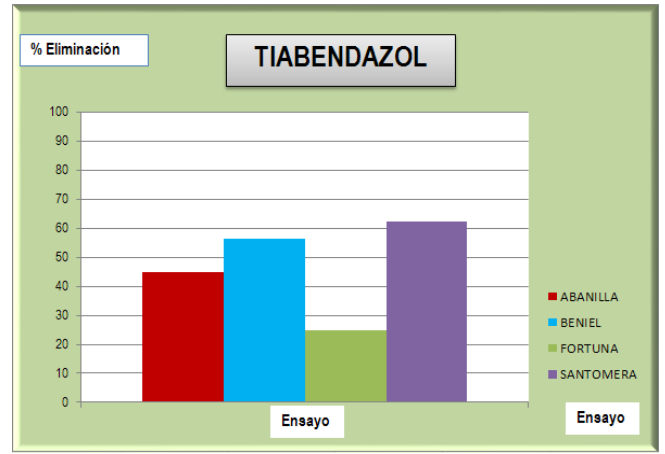
Gráfica 6



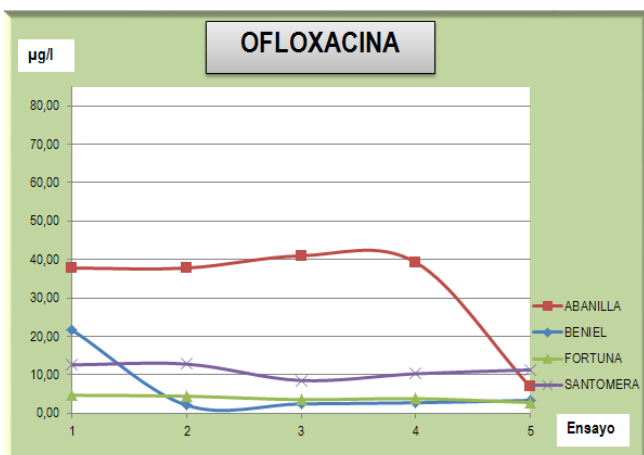
Gráfica 5



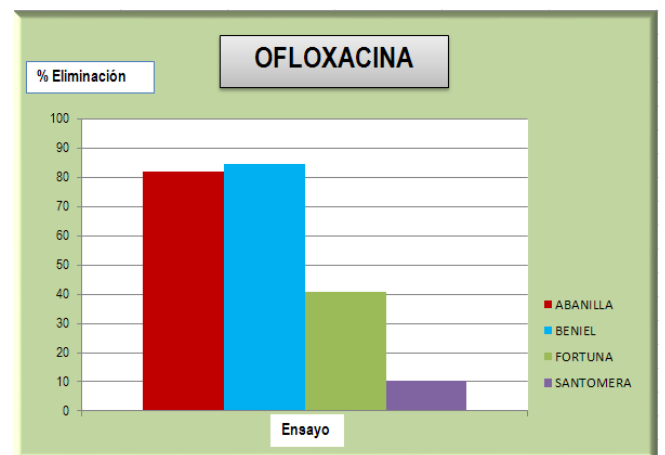
Gráfica 4



Gráfica 3



Gráfica 1



Gráfica 2

## **4.- CONCLUSIONES**

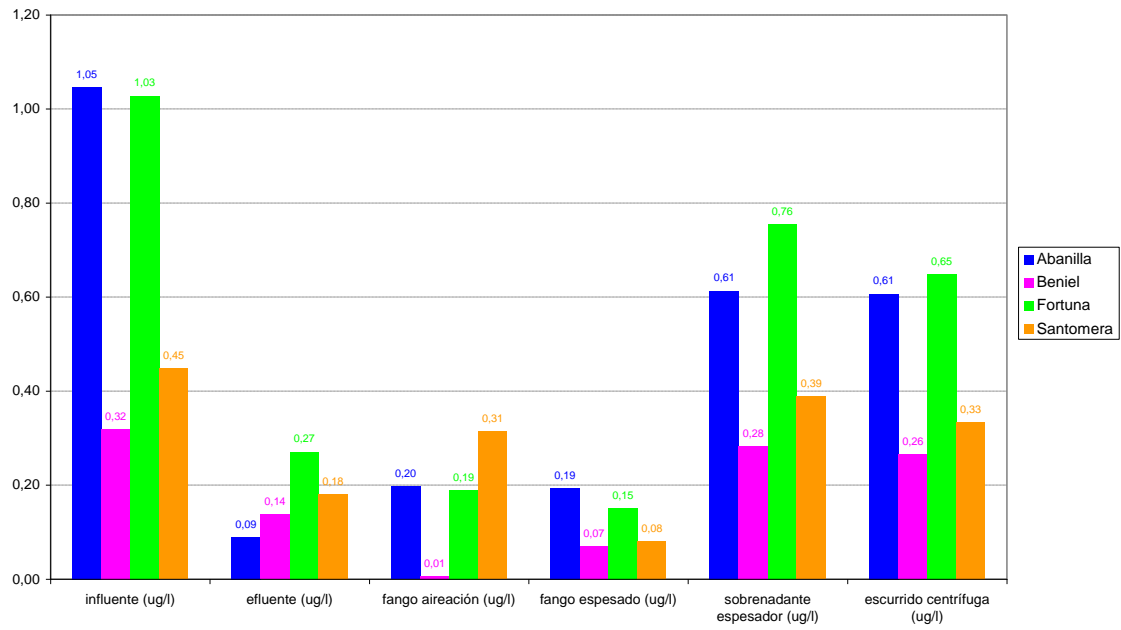
### **4.1.- CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS SISTEMA ATAD**

- i. Los datos marcados en rojo parecen a priori extraños ya que aumentan los SS. cuando la tendencia es que disminuyan. No obstante, el motivo puede ser que el digestor contenía gran cantidad de sólidos (especialmente en los ensayos 1 y 4, donde el fango contenía una concentración muy alta de SS), quedándose parte de ellos en las paredes del digestor y a pesar de que se cogía la muestra lo más homogénea posible a veces incluso resultaba difícil.
- ii. Reseñar que, los días en los que se tomaba muestra, se producía una subida en el valor del porcentaje de volátiles. Este hecho se atribuye a que la cantidad de muestra introducida era de 1 litro y no de 0,5 litros como el resto de días (Se ha marcado con asterisco esos días).
- iii. A pesar de estas dos ligeras anomalías, la evolución del porcentaje de volátiles que queda en el digestor es correcta y se puede afirmar que el funcionamiento del digestor es bueno ya que éstos van disminuyendo, tendencia que se observa para los cuatro ensayos.

### **4.2.- CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE CE**

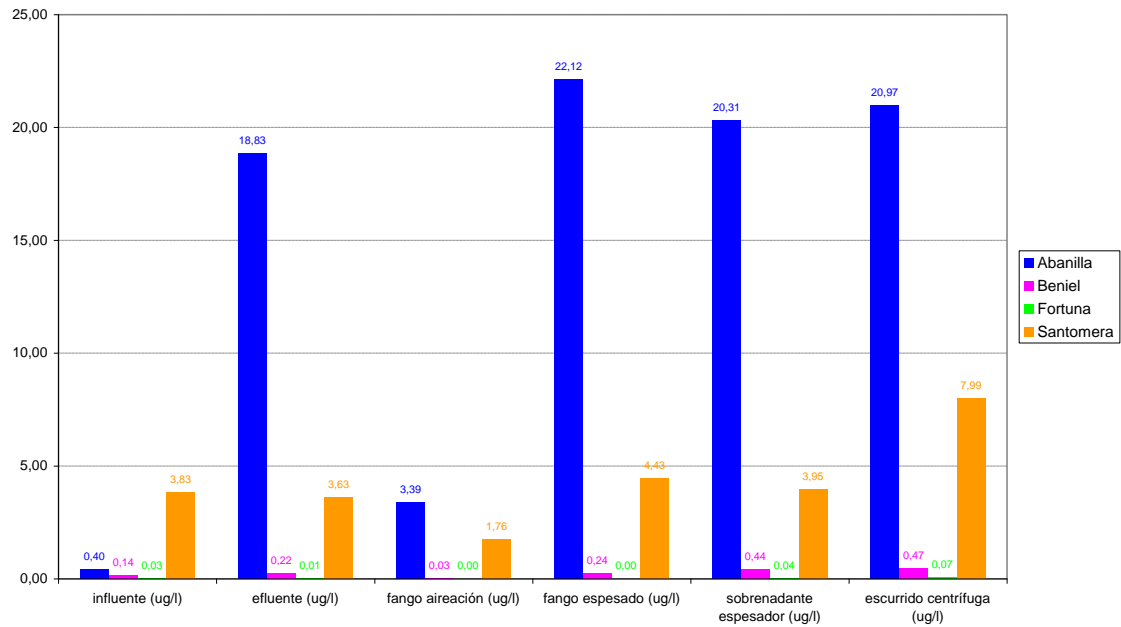
- iv. Respecto a los CE, únicamente se han tenido en cuenta los emergentes de los que hay resultados, cuantificados, no <.
- v. Las condiciones de los ensayos en cuanto a Tª y O<sub>2</sub>, para las cuatro EDAR, se han mantenido constantes. Únicamente varían los SSLM. Los % de eliminación de volátiles son similares, y constatan la correcta ejecución de cada ensayo.
- vi. No hay una depuradora que muestre una tendencia mayor a eliminar emergentes, por lo que no parece que la concentración de trabajo de los reactores, o el fango biológico existente, haya afectado a los rendimientos de eliminación. El porcentaje de eliminación varía en función del compuesto (hay diferencias en el tiabendazol y la ofloxacina, el diclofenac se elimina en un porcentaje similar en las cuatro depuradoras).
- vii. Se observa eliminación de los siguientes contaminantes emergentes: 1. DICLOFENAC (antiinflamatorio), 2. TIABENDAZOL (fungicida) y 3. OFLOXACINA (antibiótico). Con el ATAD, se eliminarían de la línea de fangos de las EDARs, no almacenándose en los fangos deshidratados (ESTUDIO I: diclofenac y tiabendazol).

### Diclofenac



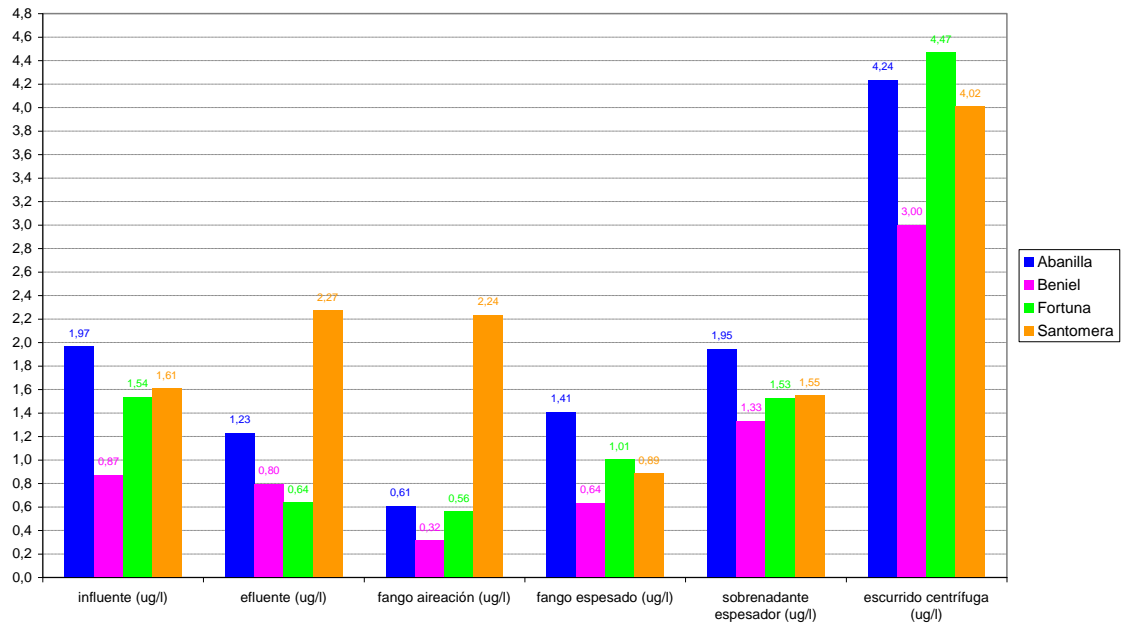
Gráfica 7

### Tiabendazol



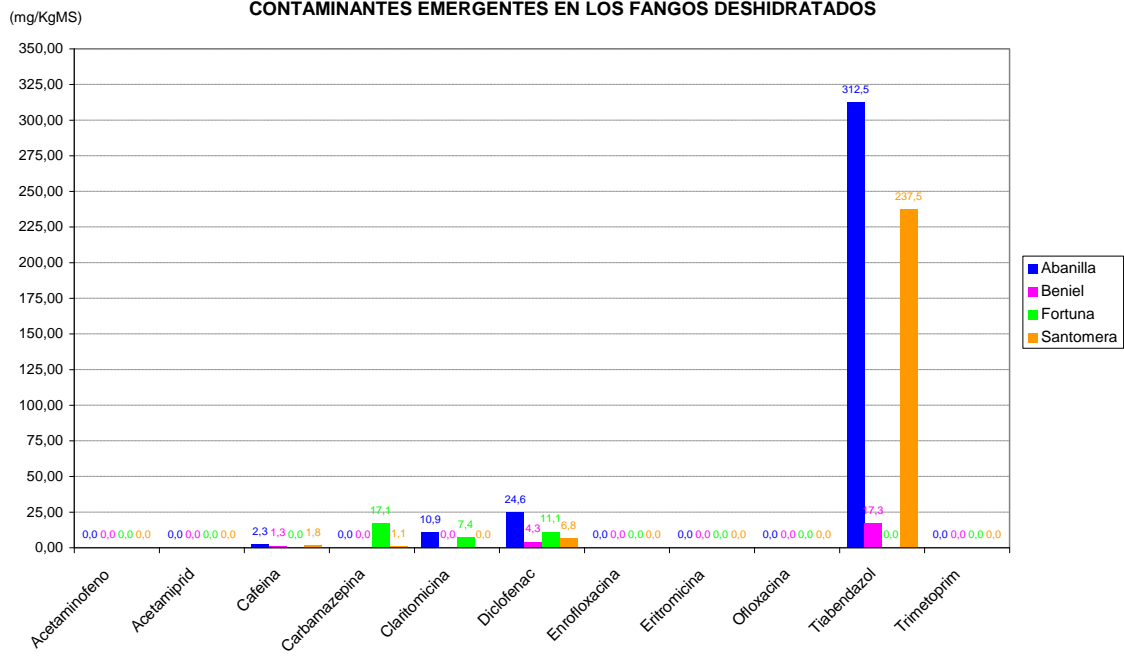
Gráfica 8

### Ofloxacina



Gráfica 9

### CONTAMINANTES EMERGENTES EN LOS FANGOS DESHIDRATADOS

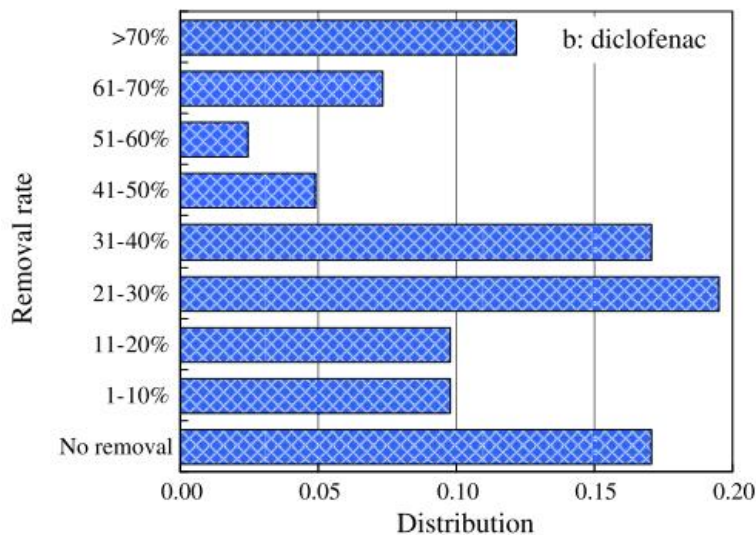


Gráfica 10

## Conclusiones revisión bibliográfica

### Diclofenaco

Las tasas de eliminación de diclofenac por EDARs varían desde 0% a 80%, pero principalmente en el ámbito de 21 – 40%.



Gráfica 11

### ***Distribución eficiencia de eliminación del diclofenac en EDARs.***

Según varios artículos un aumento de la degradación se puede dar por:

- Condiciones positivas del ratio anoxico-oxica.<sup>1</sup>
- Condiciones ácidas (pH 4,4) ya que aumentan los coeficientes de partición agua-lodos<sup>2</sup>
- Fotoeliminación directa por luz solar<sup>3,4</sup>

### Tiabendazol

La mayoría de la bibliografía encontrada para el caso del tiabendazol está relacionada con su presencia y tratamiento de aguas industriales del sector de tratamiento post-cosecha. En el campo de las EDARs su presencia se da en muy bajas concentraciones y con carácter estacional por lo que no se han encontrado estudios comparables al nuestro.

### Ofloxacina

Al igual que el diclofenaco, la ofloxacina ha mostrado buenas tasas de eliminación en otros estudios similares<sup>5</sup>.

Destaca también el análisis de la degradación de ofloxacina y otros compuestos farmacéuticos en los diferentes lodos generados en una EDAR<sup>6</sup>. En este análisis se comprueba que todos los compuestos muestran en general las siguientes tendencias:

<sup>1</sup> Zwiener, C., Frimmel, F.H., 2003. Short-term tests with a pilot sewage plant and biofilm reactors for the biological degradation of the pharmaceutical compounds clofibrac acid, ibuprofen, and diclofenac. *Sci. Total Environ.* 309, 201–211.

<sup>2</sup> Urase, T., Kikuta, T., 2005. Separate estimation of adsorption and degradation of pharmaceutical substances and estrogens in the activated sludge process. *Water Res.* 39, 1289–1300.

<sup>3</sup> Andreozzi, R., Raffaele, M., Paxéus, N., 2003. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. *Chemosphere* 50, 1319 – 1330.

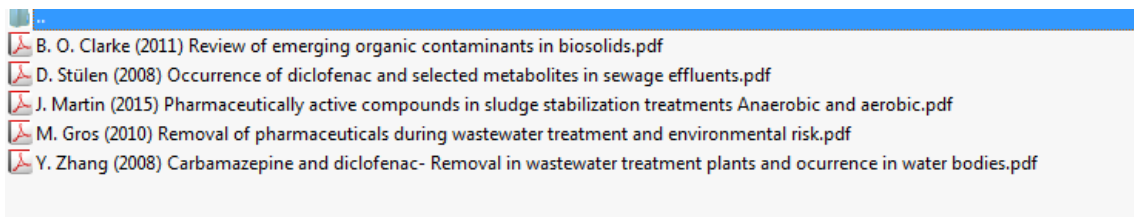
<sup>4</sup> Pérez-Estrada, L.A., Malato, S., Gernjak, W., Agüera, A., Thurman, E.M., Ferrer, I., Fernández-Alba, A.R., 2005. Photo-Fenton degradation of diclofenac: identification of main intermediates and degradation pathway. *Environ. Sci. Technol.* 39, 8300–8306.

<sup>5</sup> Peng X, Wang Z, Kuang W, Tan J, Li K (2006) A preliminary study on the occurrence and behavior of sulfonamides, ofloxacin and chloramphenicol antimicrobials in wastewaters of two sewage treatment plants in Guangzhou, China. *Sci Total Environ* 371:314–322

<sup>6</sup> J. Martín, J. L. Santos, I. Aparicio, E. Alonso. (2015) Pharmaceutically active compounds in sludge stabilization treatments: Anaerobic and aerobic digestion, wastewater stabilization ponds and composting. *Science of the Total Environment* 503–504: 97–104.

- Concentraciones más altas en lodos primarios respecto a lodos secundarios o mixtos
- Concentraciones más bajas en los fangos de digestión, ya sea anaerobia o aerobia.

Además, algunos compuestos (entre ellos diclofenaco y ofloxacina) no fueron cuantificados en lodos digeridos anaeróbicamente y deshidratados. Este hecho se atribuye a una buena degradación de los compuestos farmacéuticamente activos durante el proceso de estabilización de lodos, tal y como se ha obtenido en los ensayos del presente estudio.

A screenshot of a PDF reference list with a blue header bar. The list contains five entries, each with a red PDF icon and the author's name and year in parentheses, followed by the title of the document.

B. O. Clarke (2011) Review of emerging organic contaminants in biosolids.pdf  
D. Stülen (2008) Occurrence of diclofenac and selected metabolites in sewage effluents.pdf  
J. Martin (2015) Pharmaceutically active compounds in sludge stabilization treatments Anaerobic and aerobic.pdf  
M. Gros (2010) Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk.pdf  
Y. Zhang (2008) Carbamazepine and diclofenac- Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies.pdf