

## Acondicionamiento de lodos de EDAR de la provincia de Córdoba con tecnología ATAD

Un estudio desarrollado por la Universidad de Córdoba junto a EMPROACSA y Acciona Agua, ha demostrado las ventajas técnicas y económicas de la tecnología ATAD (digestión aerobia termófila autosostenida) para la correcta gestión de lodos en depuradoras de pequeño y mediano tamaño. Los responsables del estudio nos detallan en este artículo los resultados que obtuvieron durante los ensayos realizados en la planta piloto ATAD instalada en la EDAR de Montemayor (Córdoba).

### Sludge conditioning with ATAD technology at WWTPs in the province of Córdoba

A study carried out by the University of Córdoba with EMPROACSA and Acciona Agua has shown the technical and economic benefits of ATAD (Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion) for the correct management of sludge at small and medium-sized waste water treatment plants. Those responsible for the study outline in this article the results obtained in the tests carried out at the ATAD pilot plant installed at the Montemayor WWTP (Córdoba).

M. Dios<sup>1,2</sup>, J.M. Seoane<sup>2</sup>, A. Rancaño<sup>2</sup>, A.F. Chica<sup>1</sup>, M.A. Martín<sup>1</sup>, A. Martín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Química / <sup>1</sup> University of Córdoba, Department of Chemical Engineering

<sup>2</sup> Empresa Provincial de Aguas de Córdoba (EMPROACSA) / <sup>2</sup> Córdoba Provincial Water Company (EMPROACSA)

<sup>3</sup> Acciona Agua

#### Introducción

El II Plan Nacional de tratamiento de lodos de plantas depuradoras de aguas residuales, EDAR II PNLD (2008-2015) [1] y la propuesta de directiva (30 de abril de 2003), pretenden que los lodos que se apliquen al suelo no supongan riesgo alguno para la calidad del mismo. Además el producto resultante deberá (1) cumplir un límite de concentración de metales, (2) garantizar la ausencia de contaminación microbiológica, (3) asegurar la estabilidad biológica del residuo y (4) alcanzar la eliminación de algunos compuestos orgánicos persistentes que por su estabilidad no se eliminan con facilidad.

En la propuesta de directiva de 30 de abril de 2003, se establecen así seis tecnologías para alcanzar la disminución de volumen del residuo y eliminación de la humedad como objetivo principal. Entre ellas se encuentra la digestión aerobia termófila autosostenida (ATAD).

En la tecnología ATAD, el calor generado por la oxidación biológica de los sólidos orgánicos, en presencia de oxígeno, es suficiente para elevar la temperatura a un rango termófilo. Presenta las siguientes ventajas frente a un proceso de compostaje: (1) eliminación de patógenos, (2) minimización entre el 40 y 60% del volumen de lodos, (3) pequeño volumen del reactor, (4) adecuada para plantas pequeñas, (5) simplicidad en su operación y (6) estable frente a cambios bruscos en la carga.

#### Situación en la provincia de Córdoba

La provincia de Córdoba cuenta con 74 municipios que suman 476.000 habitantes exceptuando a la capital, en la cual la gestión de las aguas residuales y los residuos que generan éstas se realizan por separado. En la provincia actualmente existen 43 depuradoras en operación, que dan servicio al 78% de la población antes citada. De los 74 municipios, el más poblado tiene 42.000 y los seis que continúan están entre 20.000 y 30.000 habitantes, siendo los municipios de entre 2.000 y 5.000 habitantes los más frecuentes en este ámbito.

En este contexto, y teniendo en cuenta que para la digestión anaerobia se recomienda un mínimo de 60.000 habitantes equivalentes para que los costes de inversión y mantenimiento sean sostenibles con un proceso estable, se considera que la tecnología de digestión aerobia ATAD es la que puede cumplir con mejores garantías la futura normativa en pequeñas comunidades [2]. Las ventajas adicionales de esta tecnología son la reducción del volumen, bajo consumo de energía y

#### Introduction

The 2<sup>nd</sup> Spanish National Plan for the treatment of sludge at waste water treatment plants, EDAR II PNLD (2008-2015) [1], and the proposed directive (April 30 2003), seek to ensure that sludge does not represent any risk to the quality of the soil to which it is applied. Furthermore, the resulting product must (1) comply with the limit on metal concentration, (2) guarantee the absence of microbiological contamination, (3) ensure the biological stability of the residue and (4) achieve the removal of some persistent organic compounds which, owing to their stability, cannot be easily eliminated.

The proposed directive of April 30 2003 establishes six technologies to achieve the main objectives of decreased residual volume and the removal of water. One of these technologies is autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD).

In ATAD technology, the heat generated by the biological oxidation of the organic solids, in the presence of oxygen, is sufficient to raise the temperature to a thermophilic range. It features the following advantages with respect to a composting process: (1) removal of pathogens, (2) reduction of between 40 and 60% in sludge volume, (3) small reactor volume, (4) suitable for small plants, (5) simplicity of operation (6) stable in cases of sudden load changes.

#### Situation in the province of Córdoba

The province of Córdoba has 74 municipalities with a total population of 476,000, not including the city of Córdoba. The management of waste water and the management of the waste generated by waste water treatment is carried out separately in the province. There are currently 43 treatment plants in operation in the province and these service 78% of the aforementioned population. The municipality with the highest population of the 74 has 42,000 inhabitants, followed by six with populations of between 20,000 and 30,000. Populations of between 2,000 and 5,000 are the most common amongst the 74 municipalities.

In this context, and bearing in mind that a minimum population equivalent of 60,000 is recommended for anaerobic digestion, so that investment and maintenance costs are sustainable and the process is stable, ATAD is considered the technology that can best guarantee compliance with the future legislation in small communities [2]. The additional

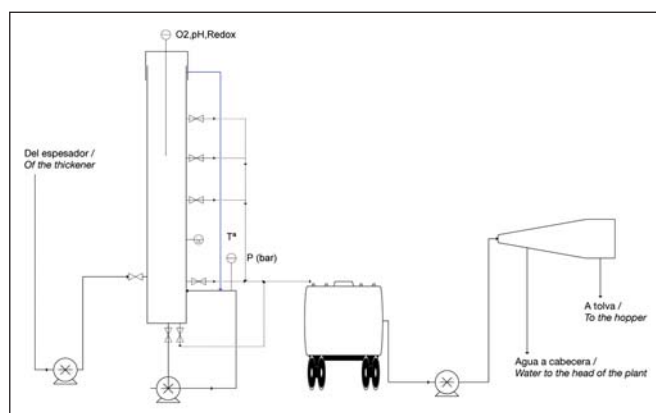
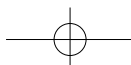
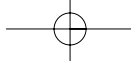


Figura 1. Esquema de la planta piloto ATAD / Figure 1. Diagram of ATAD pilot plant





Depuración y Reutilización / Water Treatment and Reuse

coste entre un 50 y un 60% inferior al de una digestión anaerobia o una digestión aerobia clásica [3].

**Materiales y métodos**

*Description of the pilot plant*

La planta piloto ATAD, objeto de este estudio, está instalada en la estación depuradora del municipio de Montemayor, una EDAR con diseño de 4.500 habitantes equivalentes, que trabaja mediante un sistema de aireación prolongada de baja carga con turbinas.

Los experimentos se han llevado a cabo en un reactor de 420 litros (Figura 1) de volumen útil equipado con un sistema de inyección de aire tipo Venturi, que consigue simultáneamente dos objetivos: la agitación de la mezcla y la aireación del lodo utilizando una bomba (bomba de tornillo excéntrico con cuerpo de fundición y presión máxima de 6 bar). Cuenta con un sistema de control de espumas por aspiración del aire en el límite superior. La maniobra de carga se realiza diariamente, dejando 23 horas de digestión.

*Variables estudiadas*

Las variables que se han monitorizado han sido: pH, conductividad, potencial redox, concentración de oxígeno, presión de recirculación de la mezcla, demanda química de oxígeno (DQO), demanda química de oxígeno soluble (DQO<sub>soluble</sub>), temperatura (T<sup>o</sup>), sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), sólidos minerales (SM). Todas ellas determinadas acorde a los métodos APHA [4]. Microbiológicamente se han determinado: coliformes totales, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella spp.* y *Salmonella typhi*.

**Resultados**

*Variables críticas*

Siendo la elevación de la temperatura el principal indicador de un adecuado funcionamiento e higienización, se ha encontrado que las variables que condicionan dicha elevación de la temperatura son:

- Concentración de sólidos volátiles y proporción SV/ST en el influente.
- La concentración de oxígeno en la mezcla.

Se ha observado que los experimentos con una concentración de SV en el lodo de partida inferior a 25 g/L tienen dificultad para elevar la temperatura en las primeras 48 horas, aun sin limitación de oxígeno. También se ha considerado que la proporción SV/ST debe estar equilibrada en torno al 50%. Tanto una insuficiente etapa de espesamiento, como una elevada edad de lodo provocaban que la materia prima en el influente no fuera la adecuada, observándose una ralentización en el aumento de la temperatura.

En la figura 2 se puede observar la influencia de la concentración de materia orgánica o del ratio SV/ST sobre la temperatura. Las superfi-

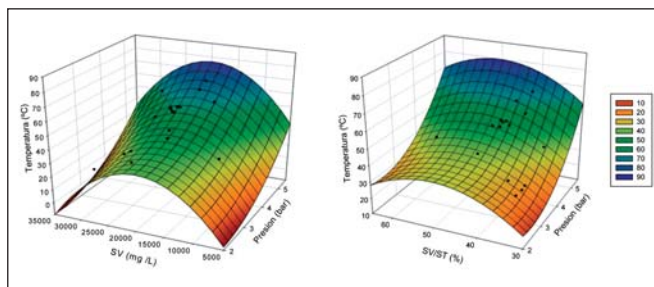


Figura 2. A la izquierda, variación de la temperatura con la presión. A la derecha, variación de la temperatura con la presión y el ratio SV/ST / Figure 2. On the left, temperature variation with pressure. On the right, temperature variation with pressure and VS/TS ratio

benefits of this technology include the reduction of volume, low energy consumption and a cost of between 50 and 60% less than anaerobic digestion or traditional aerobic digestion technology [3].

**Materials and methods**

*Description of the pilot plant*

The ATAD pilot plant for this study is installed at the Montemayor municipal waste water treatment plant, a WWTP designed for a population equivalent of 4,500. This WWTP operates through a low load prolonged aeration system with turbines.

The experiments were carried out in a reactor with a useful volume of 420 litres (Figure 1) fitted with a Venturi-type air injection system that simultaneously achieves two objectives: the agitation of the mixture and the aeration of the sludge by means of a pump (eccentric screw pump with a cast metal body and a maximum pressure of 6 bar). It has a scum control system that operates by aspirated air at the top of the reactor. Loading is carried out daily and a 23-period is allowed for sludge digestion.

*Variables studied*

The following variables were monitored: pH, conductivity, redox potential, oxygen concentration, mixture recirculation pressure, chemical oxygen demand (COD), soluble chemical oxygen demand (SCOD), temperature (T), total solids (TS), volatile solids (VS), mineral solids (MS). All variables are calculated in accordance with APHA methods [4]. Microbiological calculations were carried out for: total coliforms, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella spp.* and *Salmonella typhi*.

**Results**

*Critical Variables*

Temperature increase is the main indicator of appropriate functioning and hygienisation and it was found that the variables that condition this increase are:

- Concentration of volatile solids and VS/TS proportion in the influent.
- Oxygen concentration in the mixture.

It was observed that in experiments with a VS concentration of less than 25 g/L in the initial sludge, there was difficulty in raising the temperature in the first 48 hours, even with oxygen limitation. It was also considered that the VS/TS proportion must be balanced at around 50%. Both an insufficient thickening stage and a high sludge age caused the raw material of the influent to be unsuitable and a slowing of the temperature increase was observed.

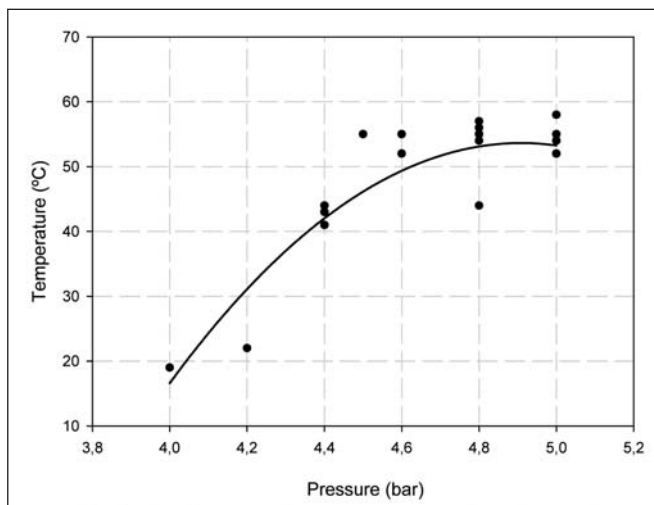
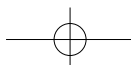


Figura 3. Relación entre temperatura y presión / Figure 3. Relationship between temperature and pressure



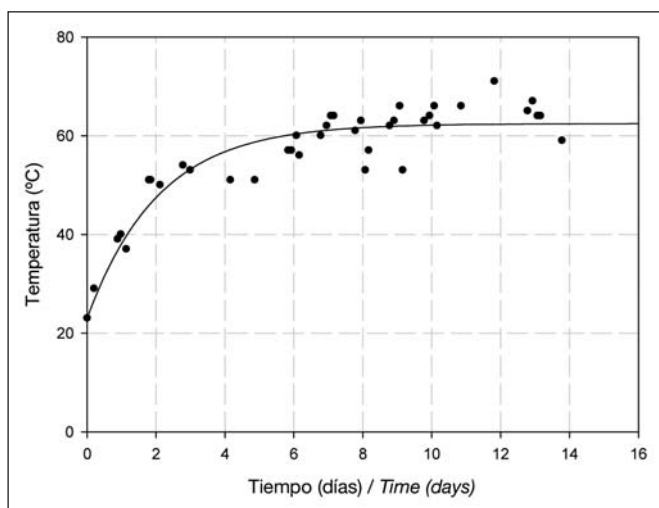


Figura 4. Evolución de la temperatura en el arranque y operación del reactor ATAD (TRH = 7 días) / Figure 4. Evolution of temperature during the start-up and operation of the ATAD reactor (HRT = 7 days)

cies de respuesta muestran que la temperatura se hace máxima para valores de SV de 24 g/L y valores intermedios de SV/ST.

En la figura 3 podemos observar la influencia de la presión de recirculación sobre la elevación de la temperatura para un mismo fango. La presión es la medida indirecta de la dosificación de oxígeno, siendo variable esta relación para cada sistema y bomba. Se ha observado que la temperatura muestra una dependencia directa con la presión de recirculación de la bomba, aumentando la temperatura al aumentar la presión. Se ha determinado que la presión de trabajo de 5 bar mantiene una concentración aproximada de 0,6 mg O<sub>2</sub>/L en el sistema.

#### Variables monitorizadas

El seguimiento de la temperatura (Figura 4) durante la fase de arranque revela un rápido incremento de la temperatura con una pendiente de 0,64 °C/h, en las primeras 48 horas, hasta alcanzar un valor asintótico superior a 62 °C. Correspondiendo las temperaturas más bajas reflejadas en la figura con momentos cercanos a los de la recarga.

Las variables pH, conductividad, DQO<sub>soluble</sub> y SV fueron analizadas en cada uno de los experimentos realizados a diferentes tiempos de residencia. En líneas generales se puede decir que se produce el fenómeno de higienización por la elevación de la temperatura debido a la oxidación de la microbiota presente, lo que conlleva lisis celular. Por ello, la conductividad se incrementa en todos los casos, entre un 170% y 250%. La DQO<sub>soluble</sub> experimenta un gran incremento como consecuencia de los productos de lisis celular que pasan a la fase soluble, incrementándose entre un 170% y 1.200%. El rango de variación es función, para todas las variables, del TRH (Tiempo de Retención Hidráulico). Las variaciones de pH apenas son relevantes; se encuentran en torno al 5% de incremento o descenso con respecto al influente una vez que se alcanza el estado estacionario.

Finalmente, la eficiencia en la eliminación de materia orgánica total está comprendida entre un 26% (TRH = 8 días) y un 71% (TRH = 6 días) expresada en SV.

A modo de ejemplo se muestra en la figura 5 la evolución de las variables más importantes durante la fase de arranque de un sistema de digestión aerobia termófila autosostenida (ATAD), hasta que se alcanzan valores asintóticos de las variables que corresponderían con el estado estacionario.

En la figura 6 se observa la evolución del pH, concentración de oxígeno y potencial redox en el reactor. Tras el arranque se observa una reducción consi-

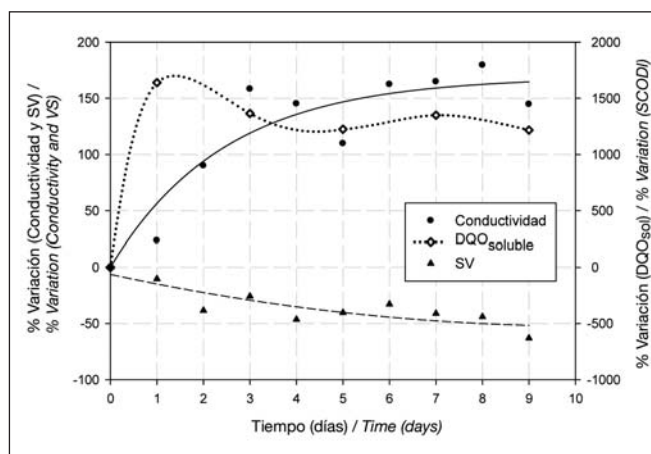


Figura 5. Evolución de la conductividad, contenido en SV y DQO soluble en el arranque y operación del reactor ATAD (TRH = 7 días) / Figure 5. Evolution of conductivity, VS and SCOD content during the start-up and operation of the ATAD reactor (HRT = 7 days)

In figure 2 the influence of the organic matter concentration or the VS/TS ratio on the temperature can be observed. The response surfaces indicate that temperature is maximised for VS values of 24 g/L and intermediate VS/TS values.

In figure 3, we can observe the influence of recirculation pressure on temperature increase for the same sludge. The pressure is the indirect measurement of oxygen dosing, and this relationship varies for each system and pump. It was observed that the temperature showed a direct dependence on the recirculation pressure of the pump, with the temperature rising as pressure was increased. It was found that a working pressure of 5 bar maintains an approximate concentration of 0.6 mg O<sub>2</sub>/L in the system.

#### Variables monitored

Temperature monitoring (Figure 4) during the start-up phase showed a rapid temperature increase, with a curve of 0.64 °C/h, in the first 48 hours, before reaching an asymptotic value of over 62 °C. The lowest temperatures reflected in Figure 4 correspond to periods close to times of reloading.

The pH, conductivity, SCOD and VS variables were analysed in each of the experiments carried out for different retention times. In general terms, it can be said that the phenomenon of hygienisation occurs due to the temperature rise caused by the oxidation of the microbiota present, which causes cell lysis. For this reason, conductivity increases in all cases, by between 170% and 250%. SCOD undergoes a significant increase of between 170 and 1,200% due to the products of cell lysis entering a soluble phase. The range of variation for all variables is a function of the Hydraulic Retention Time (HRT). Variations in pH are hardly relevant, with increases of around 5% with respect to the influent once a steady state is reached.

Finally, efficiency in total organic matter removal ranges from 26% (HRT = 8 days) and 71% (HRT = 6 days) expressed in VS.

By way of example, Figure 5 shows the evolution in the most important variables during the start-up phase of an ATAD system, until the asymptotic values of the variables that would correspond with a steady state are reached.

Figure 6 shows the evolution of pH, oxygen concentration and redox potential in the reactor. After start-up, a considerable reduction in oxygen concentration is observed due to the decrease in its solubility caused by the rise in temperature. Once it reaches a steady state,

Depuración y Reutilización / Water Treatment and Reuse

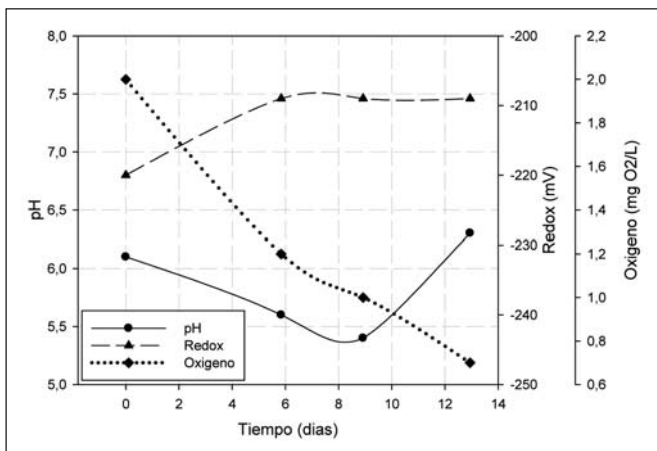


Figura 6. Evolución del pH, oxígeno y potencial Redox en el arranque y operación del reactor ATAD (TRH = 7 días) / Figure 6. Evolution of pH, oxygen and Redox potential during the start-up and operation of the ATAD reactor (HRT = 7 days)

derable de la concentración de oxígeno motivado por la disminución de la solubilidad del mismo por el aumento de la temperatura, que una vez alcanzado el estado estacionario, se mantiene en torno a 0,6 mg/L, el pH se mantiene aproximadamente constante y el potencial de óxido-reducción evoluciona ligeramente desvelando un medio menos reductor que al comienzo.

**Analizando el TRH**

Se han realizado diferentes experimentos para TRH de 14, 9, 8, 7 y 6 días, todos ellos por duplicado. Elegir el TRH de trabajo supone llegar a una situación de compromiso: menor TRH conlleva mayor destrucción de materia orgánica, aunque no siempre se alcanzan los objetivos de higienización. Por ello el TRH de 7 días se ha considerado como el TRH más adecuado dentro del rango estudiado, aún siendo menos eficiente en la eliminación de materia orgánica, debido a que sí cumple los objetivos de higienización propuestos (Figura 7). Debido a que la destrucción de materia orgánica pasa por una etapa intermedia de lisis celular incrementando la DQO<sub>soluble</sub> es fácil encontrar situaciones como la que se ha obtenido para el TRH de 7 días, donde ésta es más elevada que en los demás experimentos.

La eliminación de materia orgánica en el lodo supone una considerable reducción del fango que habrá que gestionar. En un contexto donde los costes de gestión y transporte son cada vez altos, esto supone un importante ahorro, pero sobre todo, lo más relevante, es la posibilidad de reutilización de un producto estabilizado como enmienda orgánica que cumpla los requisitos de la futura Directiva Europea en materia de aplicación de lodos al terreno.

**Eficiencia en la higienización**

Los diferentes experimentos han dado como resultado que el rango adecuado de higienización para la planta piloto está entre los 61 °C y 71 °C (superior a los 55 °C mencionados por el documento de trabajo europeo). En la Tabla 1 se puede apreciar cómo los experimentos con TRH comprendido entre 8,5 y 7,0 fueron los que arrojaron los mejores resultados en cuanto a la higienización de *E.coli*, también de *Clostridium* y *Salmonella*. Obteniendo siempre buenos resultados a temperaturas superiores a los 60 °C.

**Deshidratación del fango**

En cuanto a las desventajas que se asocian a este tipo de tratamiento se encuentra un detrimento en la deshidratabilidad del fango. En una caracterización reológica del fango se observa que la viscosidad dinámica de este fluido no newtoniano se reduce hasta 10 veces, dificultando la maniobra de deshidratación. Se ha cuantificado que la viscosidad varía de 1.400 cps a 135 cps (viscosímetro Brookfield, RVT, Rotor 2, 10 RPM y 25 °C). Este hecho hace que el consumo de floculante sea un 26% superior al habitual para este lodo.

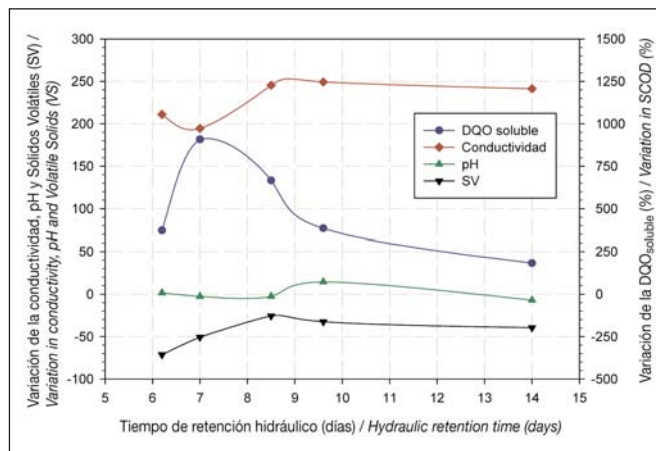


Figura 7. Variación en conductividad, pH, DQO<sub>soluble</sub> y SV según el TRH / Figure 7. Variation in conductivity, pH, SCOD, and VS according to HRT.

oxygen concentration stays at around 0.6 mg/L, pH stays approximately constant and redox potential evolves slightly to a lower value than at the beginning.

**Analysing HRT**

Different experiments were carried out for HRTs of 14, 9, 8, 7 and 6 days, and all these tests were run in duplicate. Selecting the working HRT involves arriving at a compromise: shorter HRT means greater destruction of organic matter, although hygienisation targets are not always reached. The HRT of 7 days was considered the most appropriate within the range studied because, despite being less efficient in the removal of organic matter, it achieved all the proposed hygienisation targets (Figure 7). Because the destruction of organic matter goes through an intermediate stage of cell lysis, increasing SCOD, it is easy to find situations such as that obtained for the 7-day HRT, in which SCOD is higher than in the other experiments.

The removal of organic matter in the sludge means a considerable reduction in the volume of sludge to be managed. In a context in which management and transport costs are increasingly higher, this represents an important saving. However, of even greater relevance is the fact that it is a stable product that can be reused as organic soil amendment that complies with the provisions of the future European directive on the application of sludge to land.

**Hygienisation efficiency**

The different experiments showed that the appropriate hygienisation range for the pilot plant is between 61 °C and 71 °C (higher than the 55 °C mentioned by the European working document). It can be observed from Table 1 that the experiments with a HRT of between 8.5 and 7.0 produced the best results with respect to *E.coli* hygienisation and also that of *Clostridium* and *Salmonella*. Good results were always obtained at temperatures of over 60°C.

**Dewatering of sludge**

With respect to the drawbacks associated with this type of treatment, a deterioration was found in sludge dewaterability. In a rheological characterisation of the sludge, it was observed that the dynamic viscosity of this non-newtonian fluid is reduced by up to ten times, thereby hindering the dewatering process. It was quantified that viscosity went from 1,400 cps to 135 cps (Brookfield RVT viscometer, 2 Rotor, 10 RPM and 25 °C). This results in flocculant consumption that is 26% higher than usual for this sludge.

Tabla 1. Evaluación de la higienización / Table 1. Evaluation of hygienisation

TRH (días) / HRT (days)	<i>E.coli</i>	Coliformes	<i>Clostridium</i>	<i>Salmonella</i>	T <sup>3</sup> max (°C)
14	SI / YES	4,3·10 <sup>3</sup> (99,957%) / 4,3·10 <sup>3</sup> (99,957%)	SI / YES	SI / YES	28
9	SI / YES	6,8·10 <sup>5</sup> (99,999%) / 6,8·10 <sup>5</sup> (99,999%)	SI / YES	SI / YES	34
9	SI / YES		SI / YES	SI / YES	36
8	NO	7,7·10 <sup>3</sup> (99,999%) / 7,7·10 <sup>3</sup> (99,999%)	NO	NO	62
8	NO		NO	SI / YES	58
7	NO	4,38·10 <sup>3</sup> (99,950%) / 4,38·10 <sup>3</sup> (99,950%)	NO	NO	71
7	NO		NO	NO	60
6	SI / YES	8,46·10 <sup>4</sup> (78,460%) / 8,46·10 <sup>4</sup> (78,460%)	SI / YES	SI / YES	60
6	SI / YES		SI / YES	SI / YES	56

Se representan los tratamientos con diferentes TRH y se indica si cumple las condiciones redactadas en el documento de trabajo, propuesta para la directiva europea. (*Escherichia coli*; reducción de como mínimo 4-log, con valores menores que 10<sup>3</sup> CFU/g m.s. *Clostridium perfringens*; Máximo de 3·10<sup>3</sup> esporas en una muestra de 1 g m.s. de fango tratado. *Salmonella sp.*; ausencia en 50 g m.f. / The treatments are shown with different HRTs and their compliance with the standards set out in the working document, proposed for the European Directive is indicated. (*Escherichia coli*; reduction of at least 4-log, with values of less than 10<sup>3</sup> CFU/g m.s. *Clostridium perfringens*; Maximum of 3·10<sup>3</sup> spores in a sample of 1 g m.s. of treated sludge. *Salmonella sp.*; absent in 50 g m.f.

## Conclusiones

La realización de este estudio pone de manifiesto las ventajas técnicas de un proceso ATAD para estaciones depuradoras de pequeño y mediano tamaño. La tecnología permite una reducción importante de la materia seca, lo cual se traduce en un ahorro en la gestión de este residuo. El producto resultante muestra una adecuada estabilidad, garantizada mediante tests respirométricos, y tiene una reducida contaminación microbiológica, cumpliendo los estándares del documento de trabajo europeo que, en breve, limitará su utilización. Como inconveniente se observa que el lodo digerido tiene una viscosidad diez veces menor que el procedente del espesador, lo que incrementa el consumo de floculante en la planta.

En una provincia como Córdoba, donde existen 43 depuradoras de aguas residuales urbanas con menos de 60.000 hab-eq, la tecnología ATAD es un sistema adecuado para solventar el problema de la gestión de los lodos. EMPROACSA gestionó 26 plantas depuradoras en 2010, que generaron 12.000 toneladas de lodos. Una reducción del 40% de este residuo sería parte de la solución para minimizar las ingentes cantidades producidas de lodos, con el consiguiente ahorro que ello produciría. El residuo final podría ser usado como una enmienda orgánica biológicamente estable para el suelo con garantías microbiológicas.

## Agradecimientos

Al apoyo técnico y humano de Acciona Agua y a EMPROACSA, que han posibilitado el convenio con la Universidad de Córdoba.

## Bibliografía

- [1] Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el periodo 2008-2015. Anexo V. II Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales EDAR (2008-2015).
- [2] Autothermal thermophilic aerobic digestion of municipal sludges: A one-year, full-scale demonstration project. Kelly, H.G., Melcer, H., Mavinic, D.S. 1993. Water Environment Research. Volume 65, Issue 7, 1993, pp. 849-861.
- [3] Autothermal thermophilic aerobic digestion in the federal republic of Germany. Deeny, K., Heidman, J., Smith, J. 1985. Proceedings of the Industrial Waste Conference, pp. 959-968.
- [4] Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. APHA. 1998. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, EEUU: 1220 pp.

## Conclusions

This study highlights the technical advantages of an ATAD process for small and medium-sized treatment plants. The technology enables a significant reduction of dry matter, which results in a saving in the management of this waste. The resulting product shows appropriate stability, guaranteed by respirometric tests, and has low microbiological contamination. In this sense, it complies with the standards set out in the European working document, which will shortly place restrictions on the use of sludge. An observed drawback is that the digested sludge has a viscosity ten times lower than when it leaves the thickener, which increases flocculant consumption at the plant.

In a province such as Córdoba, where there are 43 urban waste water treatment plants serving a population equivalent of less than 60,000, ATAD technology is appropriate to solve the sludge management problem. EMPROACSA managed 26 treatment plants in 2010, which generated 12,000 tonnes of sludge. A 40% reduction in this waste would provide part of the solution to minimise the enormous quantities of sludge produced and this would give rise to corresponding savings. The final product could be used as a biologically stable soil amendment with microbiological guarantees.

## Acknowledgements

To Acciona Agua and EMPROACSA for the technical and human support which made this agreement with the University of Córdoba possible.

## Bibliography

- [1] Resolution of January 20 2009 of the Spanish Secretariat of State for Climate Change, by which is published the Cabinet Resolution ratifying the National Integrated Waste Plan for the period 2008-2015. Annex V. II National Plan for Waste Water Treatment Plant Sludge (2008-2015).
- [2] Autothermal thermophilic aerobic digestion of municipal sludges: A one-year, full-scale demonstration project. Kelly, H.G., Melcer, H., Mavinic, D.S. 1993. Water Environment Research. Volume 65, Issue 7, 1993, pp. 849-861.
- [3] Autothermal thermophilic aerobic digestion in the Federal Republic of Germany. Deeny, K., Heidman, J., Smith, J. 1985. Proceedings of the Industrial Waste Conference, pp. 959-968.
- [4] Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. APHA. 1998. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, USA: 1220 pp.