

# Efecto del pretratamiento con ultrasonidos en la digestión anaerobia y en la deshidratabilidad de lodos.

E.J. Martínez, G. Rosas, R. Mateos, X. Gomez\*

Grupo de Ingeniería Química, Ambiental y Bioprocesos. Instituto de Recursos Naturales (IRENA), Universidad de León. Av. Portugal, nº 41. 24009 – León  
(\* ) xagomb@unileon.es

## Resumen.

La gestión y disposición de los lodos es un importante factor económico y medioambiental para la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR). El pretratamiento de los lodos puede ser necesario para aumentar la digestibilidad, minimizar el tiempo de digestión y maximizar la producción de biogás. En este estudio se evaluaron los cambios experimentados por el lodo sometido a pre-tratamiento por ultrasonidos después de la digestión. Se observaron cambios en los parámetros de deshidratabilidad (tiempo de succión capilar, resistencia específica a la filtración y agua ligada), así mismo se observaron variaciones en el tamaño de partícula y una mejora con respecto a la producción de metano. Los resultados demostraron que la aplicación de ultrasonidos produce una disminución del tamaño de partícula asociado a la rotura de los flocos y las paredes celulares, aunque este efecto no parece lo suficientemente significativo para explicar el gran aumento en la capacidad de producción de biogás.

## Palabras clave

Lodos, deshidratación, digestión anaerobia, ultrasonidos

## Abstract.

Sludge management and disposal is a principal economic and environmental factor in the operation of waste water treatment plant (WWTP), pre-treatment of sludge might be required to increase digestibility, minimise the time needed for digestion, and maximise biogas production. In this study, the changes experienced after digestion of ultrasonic pre-treated sludge were evaluated. Changes were observed in dewaterability parameters (capillary suction time, specific resistance to filtration and bound water) and similar variations were observed in the particle size along with an improvement in methane production. Results demonstrated a decreased in particle size by applying the ultrasound pre-treatment, therefore leading to the breakdown of flocs, cell walls and bacterial membranes, although this effect seems not significant enough to explain the large increase in biogas production.

## Introducción.

En los últimos años, la generación de lodos por las plantas de tratamiento de aguas ha sufrido un importante incremento a consecuencia de la aplicación de la Directiva 1991/271, la gestión y disposición de estos lodos representa un problema económico y ambiental de la sociedad moderna.

El lodo activado es muy difícil de digerir debido a que contiene sustancias poliméricas extracelulares y microorganismos que pueden ser un factor limitante de la velocidad de la digestión (Dai et al, 2013). A pesar de ello, el interés renovado por los amplios beneficios de la digestión anaerobia conduce los estudios hacia los pretratamientos de los lodos con el fin de obtener la rotura de flóculos, paredes celulares y membranas de bacterias que llevaría a mejorar la hidrólisis y obtener mejores rendimientos de metano.

La deshidratabilidad de los lodos es un parámetro importante en los sistemas de tratamiento de aguas, ya que está relacionado con el volumen ocupado por los lodos y en consecuencia la variabilidad en el coste de manejo y transporte.

El tratamiento con ultrasonidos ha demostrado ser una herramienta eficiente para la desintegración del lodo, la mejora en la biodegradabilidad y el incremento en la capacidad de deshidratación (Bougrier et al., 2005).

El objetivo de este trabajo fue observar el efecto del pretratamiento con ultrasonidos sobre la digestión y en los principales parámetros de deshidratabilidad de los lodos (tiempo de succión capilar, resistencia específica a la filtración y agua ligada).

## **Material y Métodos.**

### **Procedimiento experimental y sustratos utilizados.**

Se utilizó como inóculo lodo de la EDAR de la ciudad de León. Dicho inóculo presentó una concentración de sólidos totales y volátiles (ST y SV) de 41.5 y 25.7 g/l, respectivamente. El lodo secundario (activo) utilizado como sustrato fue espesado hasta conseguir una concentración de ST de 69.8 g/l con un 69% de SV.

La digestión anaerobia en discontinuo se llevó a cabo empleando erlenmeyers de 250 ml de volumen, en un baño termostático a 34 °C provisto de agitación magnética.

### **Pretratamiento con Ultrasonidos.**

El pretratamiento con ultrasonidos se realizó con un procesador de ultrasonido UP400S; Helscher; Germany de potencia nominal de 300 W y 24 KHz. La energía aplicada fue de 2500 kJ/kg, dicha energía se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta en Gallipoli et al. (2012).

### **Parámetros de deshidratabilidad.**

#### **Tiempo de succión capilar (TSC)**

Se vertió 5 ml de muestra dentro de un tubo de acero inoxidable con un radio interno de 0,535 cm y colocado en un filtro Whatman N° 17 de grado cromatografía marcado con 2 círculos de 1 y 3 cm de radio. El TSC se define como la cantidad de tiempo requerido para humedecer el papel de filtro entre los radios de 1,0 y 3,0 cm a lo largo de las direcciones x e y, respectivamente.

#### **Resistencia específica a la filtración (REF)**

Se filtró un volumen (V) de muestra dada una presión de vacío hasta que la torta es formada y se impide la filtración. La REF se calculó de acuerdo a la pendiente obtenida en la gráfica volumen vs tiempo/volumen.

#### **Agua libre/ligada**

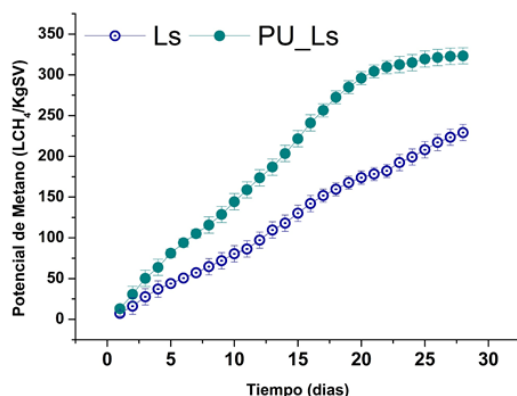
La muestra de lodo se centrifugó a 1000 rpm durante 10 min. La muestra fue secada en una termobalanza con un flujo de aire constante de 300 ml/min a una temperatura de 105 °C. La distribución de agua se obtuvo de la curva del tiempo de secado vs el contenido de agua (masa de agua / masa sólido) de la muestra.

#### **Análisis de Tamaño de Partícula.**

El análisis de tamaño de partícula se llevó a cabo en el analizador LS 13 320 de Beckmann Coulter, con un rango de 0,017 a 2000 µm.

## **Resultados y discusión.**

En la Figura 1 se observa el incremento en el potencial de metano después de la aplicación del pretratamiento a una energía de 2 500 kJ/Kg ST, alcanzando 323 LCH<sub>4</sub>/Kg SV, dicho valor representa un incremento del 41% sobre la digestión del lodo sin tratar. Estos resultados se encuentran en consonancia con los obtenidos por Bougrier et al. (2005) quienes observaron que el pretratamiento con ultrasonidos puede aumentar en un 25% la producción de biogás. La rotura de las paredes celulares causada por el ultrasonido lleva a la liberación del material intracelular, lo cual mejora el proceso de digestión (Chu et al., 2002).



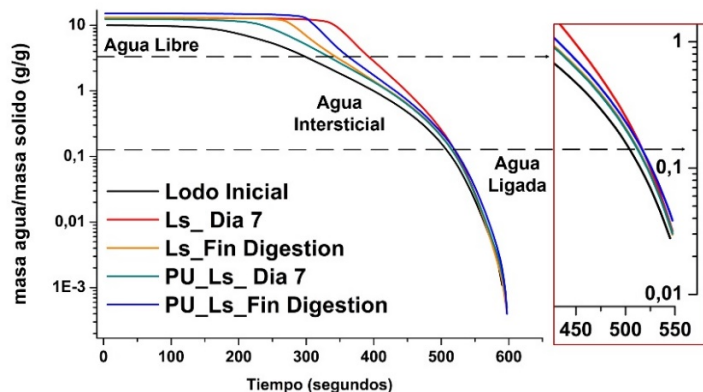
**Figura 1. Digestión anaerobia en discontinuo de los sistemas, lodo secundario sin tratamiento (Ls) y lodo secundario con pretratamiento de ultrasonidos (PU\_Ls).**

En la Tabla1 se resumen los parámetros de deshidratabilidad, en lo que respecta al lodo sin pretratar, los resultados muestran un incremento en todas las medidas conforme avanza la digestión, en la muestra sonicada se observa que al aplicar el pretratamiento los parámetros de deshidratabilidad aumentan inicialmente, pero disminuyen conforme la digestión avanza, siendo menores en comparación del lodo sin pretratar.

**Tabla1. Parametros de deshidratabilidad del lodo para ambos sistemas**

Día	TSC (seg)	REF (cm/g)	Humedad (%)	ST (%)
<b>Lodo sin pretratamiento</b>				
0	456	9,81 E+13	94,0	5,9
7	550	2,26 E+14	95,7	4,3
final	>2000	3,79 E+14	96,2	3,8
<b>Lodo Sonicado</b>				
0	608	5,52 E+14	96,5	3,5
7	535	1,32 E+14	95,5	4,5
final	267	8,04 E+13	94,7	5,3

En la Figura 2 se representan los tres estados descritos en Kopp y Dichtl (2001), agua libre, agua intersticial y agua ligada. Estas curvas muestran que toda el agua en los lodos está completamente seca alrededor de los 10 minutos, no se aprecian diferencias significativas entre ellas.

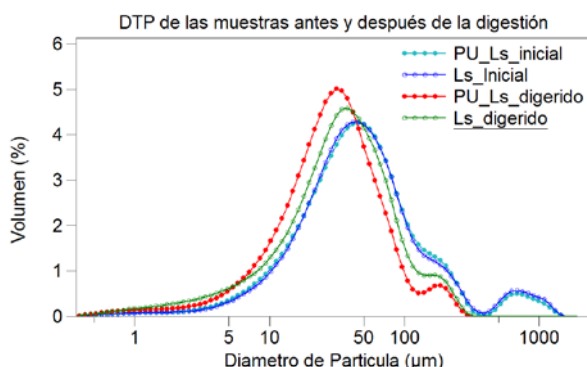


**Figura 2. Curva de secado de los sistemas, lodo secundario sin tratamiento (Ls) y lodo secundario con pretratamiento de ultrasonidos (PU\_Ls).**

La DTP por volumen (Figura 3), muestra una distribución similar para el lodo sin pretratar y pretratado, la media del tamaño de partícula se sitúa entre 87-95  $\mu\text{m}$ ,

después de la digestión, esta distribución se sitúa hacia tamaños de partícula menores (39-46  $\mu\text{m}$ ).

El descenso en el tamaño de partícula en el lodo pretratado se debe a la ruptura de los flocos, pero debido al nivel de energía empleado, este efecto no es tan evidente.



**Figura 3. Distribución de Tamaño de partícula de las muestras antes y después del proceso de digestión anaerobia.**

**Tabla2. Parametros estadísticos de la DTP de volumen para ambos sistemas**

	Media	Área de superficie específica	d10	d50	d90
	$\mu\text{m}$	$\text{cm}^2/\text{g}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
<b>PU_Ls_Inicial</b>	87.8	2888	12.1	44.0	164
<b>Ls_Inicial</b>	95.0	2764	12.8	44.2	176
<b>PU_Ls_digerido</b>	39.6	4429	7.54	29.3	77.2
<b>Ls_digerido</b>	46.1	4000	8.54	34.0	95.5

## Conclusiones.

Se ha observado un efecto positivo del pretratamiento con ultrasonidos sobre la digestión anaerobia de los lodos y la producción de biogás. El pretratamiento por ultrasonidos inicialmente deterioró la deshidratabilidad del lodo, pero conforme la digestión se llevó a cabo esta mejora respecto al resultado obtenido con el lodo sin tratar.

## Bibliografía.

- Bougrier, C., Carrere, H., & Delgenes, J. P. (2005). Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment. *Chemical Engineering Journal*, 106(2), 163-169.
- Chu, C. P., Lee, D. J., Chang, B. V., You, C. S., & Tay, J. H. (2002). "Weak" ultrasonic pre-treatment on anaerobic digestion of flocculated activated biosolids. *Water research*, 36(11), 2681-2688.
- Dai, X., Luo, F., Dai, L., & Dong, B. (2013). Degradation of Extracellular Polymeric Substances (EPS) in Anaerobic Digestion of Dewatered Sludge. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 515-521.
- Gallipoli, A., Braguglia, C. M. (2012). High-frequency ultrasound treatment of sludge: Combined effect of surfactants removal and floc disintegration. *Ultrasonics sonochemistry*, 19(4), 864-871.
- Kopp, J., & Dichtl, N. (2001). Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges. *Water Science & Technology*, 44(10), 177-183.