

## Rearranque de un digestor anaerobio termofílico de lodos de EDAR

M.A. de la Rubia Romero, M. Pérez García, L.I. Romero García y D. Sales Márquez

Dpto. de Ing. Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente. Fac. de Ciencias del Mar y Ambientales  
Universidad de Cádiz  
A.M. Martínez Garzón  
EDAR Guadalete

### 1. Introducción

El funcionamiento óptimo de un reactor anaerobio exige la correcta sucesión de un conjunto de etapas resumidas como: periodo de puesta en marcha, operación (en estado no estacionario y estacionario) y control-estabilidad.

La puesta en funcionamiento es el periodo inicial en la estrategia de operación con reactores. Es una etapa crítica, relativamente lenta y que, frecuentemente, determina la eficacia de operación del digestor durante mucho tiempo. La velocidad de dicha etapa va a depender tanto de las características del inóculo y concentración de biomasa alimentada como de la configuración, tamaño y condiciones de operación del reactor. No obstante, no existe un protocolo general para la puesta en funcionamiento de los reactores anaerobios, ya que en ésta influyen un gran número de variables, aunque puede estimarse a partir de estudios a escala de laboratorio [7].

En el presente trabajo se describen y comparan dos procesos de reinicio y selección de las condiciones más adecuadas para llevar a cabo la puesta en marcha de un digestor anaerobio que opera en la degradación de lodos de EDAR (estación depuradora de aguas residuales) bajo condiciones termofílicas de temperatura.

### 2. Material y métodos

#### 2.1. Condiciones de operación y equipos

Los ensayos se han desarrollado en un reactor a escala piloto tipo tanque agitado construido en acero inoxidable con una capacidad total de 175 litros y un volumen útil de 150 litros. La temperatura de operación impuesta es de 55°C (óptimo del rango termofílico).

La alimentación utilizada está compuesta por una mezcla de lodos primarios y secundarios, generados en la EDAR Guadalete de Jerez de la Frontera (Cádiz, España), donde se ha llevado a cabo el estudio, si bien la carga orgánica de alimentación es variable dependiendo del porcentaje de cada tipo de lodos en el fango de alimentación.

En un estadio previo a los ensayos presentados [3] el reactor había operado en condiciones termofílicas de temperatura. Los dos procedimientos de reارئانque son los siguientes:

- Caso A: reactivación del inóculo anaerobio termofílico a THR de 60 días.
- Caso B: reinoculación del reactor con 2/3 partes de inóculo mesofílico y THR de 75 días.

*El proceso de reارئانque y puesta en marcha de un digestor anaerobio de lodos es de vital importancia de cara a su posterior funcionamiento, ya que se trata de una etapa crítica, relativamente lenta, y que, frecuentemente, determina la eficacia de operación del mismo durante mucho tiempo.*

*En el presente trabajo se describen y comparan dos procesos de reارئانque y puesta en funcionamiento de digestores anaerobios termofílicos de lodos que parten de diferentes condiciones de inoculación iniciales.*

**2.2. Procedimiento experimental**

Para evaluar el proceso de biodegradación se han cuantificado los siguiente parámetros: los sólidos totales (ST) y volátiles (SV), la demanda química de oxígeno (DQO), el pH, los ácidos grasos volátiles (AGV), la alcalinidad y el volumen y composición del biogás generado (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>). Las determinaciones de ST, SV, DQO, pH y alcalinidad se realizan de acuerdo con los métodos estandarizados [1]. La composición de biogás y AGV se han analizado mediante cromatografía gaseosa.

**3. Resultados y discusión**

**3.1. Caso A**

En una etapa previa al estudio presentado, el reactor había operado en condiciones anaerobias termofílicas degradando fangos de una depuradora industrial convencional a un tiempo hidráulico de retención (THR) de 27 días. La biomasa presente en el mismo había permanecido inactiva durante un periodo aproximado de tres meses. El proceso de re arranque consistió en conectar de nuevo la calefacción a 55°C, así como la agitación del sistema, imponiendo un THR de 60 días. Las evoluciones temporales de los principales parámetros de operación y funcionamiento del reactor durante la etapa de reinicio se presentan gráficamente en la figura 1.

**3.2. Caso B**

En este caso el re arranque se produce inoculando en el digestor inactivo un volumen conocido de lodo mesofílico procedente de la EDAR Jerez de la Frontera aclimatado a un tiempo de retención de 35 días, manteniendo las 1/3 partes del mismo con lodo termofílico (THR 27 días). Nuevamente se conecta la calefacción hasta imponer condiciones termofílicas de temperatura, así como la recirculación de

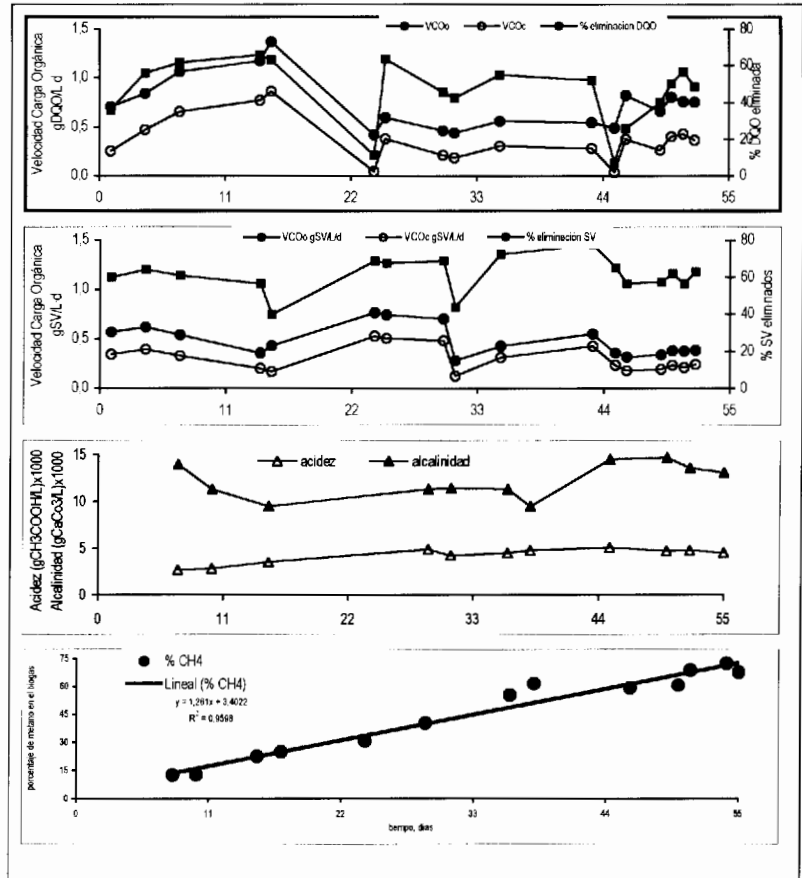


Figura 1. CASO A. Evolución de: a) Velocidad de Carga Orgánica inicial (VCO0) y consumida (VCOc) y eliminación de materia orgánica (% eliminación), expresados como DQO, b) Velocidad de Carga Orgánica inicial (VCO0) y consumida (VCOc) y eliminación de materia orgánica (% eliminación), expresado como SV, c) Acidez volátil (mg ácido acético/L) y alcalinidad (mg CaCO<sub>3</sub>/L), d) Porcentaje de metano en el biogás.

lodos para mantener la homogeneización del medio y se mantiene un tiempo de retención de 75 días. Las evoluciones temporales de los principales parámetros de operación y funcionamiento del reactor durante la etapa de reinicio en el caso B se presentan gráficamente en la figura 2.

Como puede observarse, los THR aplicados en ambos casos son muy elevados con el objetivo de acondicionar a la población bacteriana a las condiciones de carga [6]. Así, el rango de VCO alimentada no supera los 0,5 gSV/L · d, ni los 1,3 gDQO/L · d. En el caso A la eliminación de DQO sufre fuertes variaciones, aunque suele estar en torno al 50% y expresada como eliminación de sólidos volátiles es más clara, rondando el 60% durante todo el periodo. En el caso B, la depuración es más elevada (aproximadamente del 70% para ambos parámetros).

Aunque se producen fuertes oscilaciones, la producción de biogás es muy pequeña en ambos casos, lo cual es lógico debido a la baja tasa de alimentación y teniendo en cuenta que el sistema está en periodo de arranque. En cuanto a la generación neta de metano en el caso A comienza con un 12% del total del biogás producido, al inicio del estudio. Este porcentaje va creciendo, de forma lineal, según se observa en la figura 1d hasta alcanzar valores propios de la degradación anaerobia de lodos, en torno al 60-65% [4, 8 y 5]. En el caso B, hasta el día 35 de operación se mantiene prácticamente constante en torno al 50% del total de biogás producido. Por tanto, considerando el pequeño volumen de biogás liberado, la producción obtenida es bastante baja. La producción de metano por gramo de materia orgánica consumida se mantiene bastante alejada del teórico estequiométrico de 0,35 LCH<sub>4</sub>/Ldig·d [2].

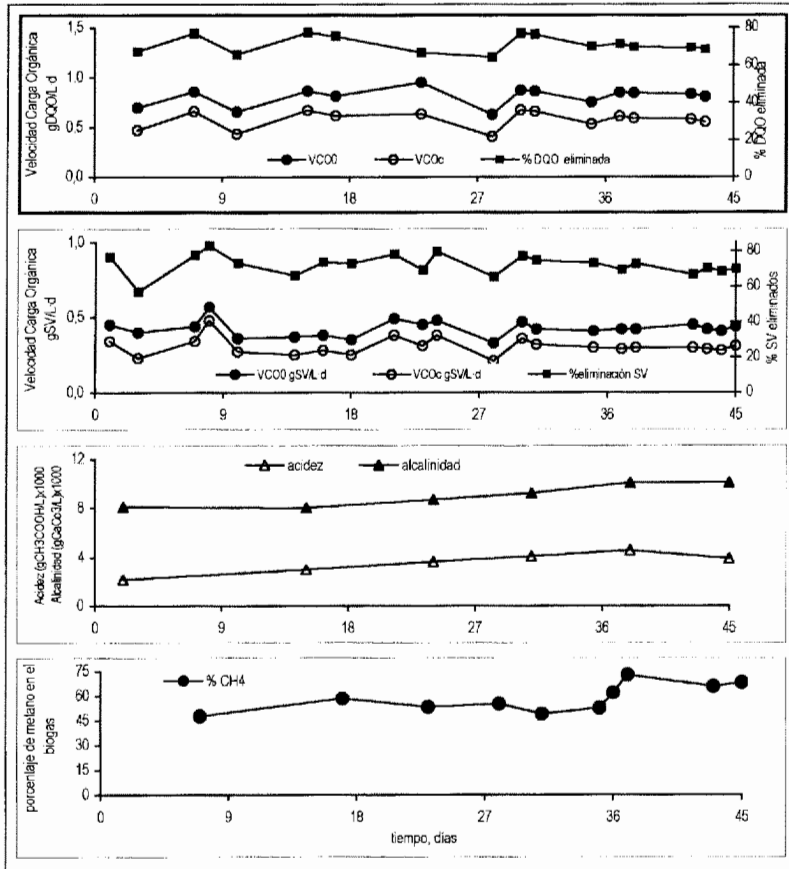


Figura 2. CASO B. Evolución de: a) Velocidad de Carga Orgánica inicial (VCO0) y consumida (VCOc) y eliminación de materia orgánica (% eliminación), expresados como DQO, b) Velocidad de Carga Orgánica inicial (VCO0) y consumida (VCOc) y eliminación de materia orgánica (% eliminación), expresado como SV, c) Acidez volátil (mg ácido acético/L) y alcalinidad (mg CaCO<sub>3</sub>/L), d) Porcentaje de metano en el biogás.

Esto puede explicarse considerando que, al estar en una etapa de arranque del sistema, una fracción de la materia orgánica suministrada al mismo se consume por otras vías que no generan metano, tales como el crecimiento de la población y la síntesis de enzimas y polisacáridos. En este sentido la eficacia de depuración no se ve reflejada en la producción de metano (producto final del proceso de gestión anaerobia) [9].

Al inicio del periodo la alcalinidad presenta un valor de 15.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L tras unos días de operación baja hasta 10.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L para volver a valores de 14.000 al final del ensayo. En el caso B presenta un valor de 8.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L al principio, pero tras las adiciones de carbonato en los días finales presenta un valor de 10.100 mg CaCO<sub>3</sub>/L, la relación acidez/alcalinidad se mantiene entorno a 0,4 mg acético/mg CaCO<sub>3</sub> durante todo el periodo.

En el caso A la población meta-nogénica termofílica es prácticamente inexistente dado que al inicio del periodo el porcentaje de metano es del 12% y la recuperación del sistema bajo estas condiciones es mucho más lenta.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la experimentación realizada indican que la sistemática de rearranque del Caso B es más adecuada que el del Caso A. Así, es preferible inocular lodo mesofílico activo en digestor termofílico que imponer condiciones termofílicas a un lodo que, si bien ha operado en el rango termofílico de temperatura, se ha mantenido fuera de estas condiciones durante tres meses. En este sentido, ajustando los tiempos de retención iniciales a valores altos el sistema es capaz de adaptarse, en breve espacio de tiempo, al proceso termofílico y funcionar

adecuadamente alcanzando niveles altos de degradación.

Así pues, en los casos en los que sea posible, tras un fallo de un digestor anaerobio termofílico de lodos, es preferible reorganizarlo utilizando inóculo mesofílico activo.

#### 5. Bibliografía

[1] APHA, AWWA, WPCF (1989). "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Editorial Díaz De Santos, S.A. Edición en Español (1992).

[2] Bushwell, Mueller en Metcalf & Eddy. "Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización". McGraw-Hill, 3ª edición (1995).

[3] De la Rubia Romero, M.A. "Viabilidad técnica de la implantación de la degradación anaerobia termofílica de lodos de EDAR" Tesis de Licenciatura. Universidad de Cádiz (2000).

[4] Garber, W.; Colbauch, J. y Raksit, S. "Thermophilic digestion at the Hyperion Treatment Plant". Journal WPCF, 47(5),950-961 (1975).

[5] Peddie, C.C.; Tailford, J. y Hoffman, D. "Thermophilic anaerobic sludge digestion-taking a new look at an old process". Annual Residuals Biosolids Management Conference, 10<sup>th</sup>, 1/39-1/46. Water Environment Federation: Alexandria (1996).

[6] Pérez García, M. "Utilización de bio-reactores avanzados en la depuración anaerobia de vertidos residuales de alta carga orgánica". Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz. ISBN: 84-7786-293-1 (1995).

[7] Pérez García, M., Romero García, L.I. y Sales Márquez, D. "Tecnologías anaerobias para la depuración termofílica de vertidos de destilerías vinicas". Ingeniería del agua, 4 (2), 7-16 (1997).

[8] Rimkus, R.; Ryan, J. y Cook, E. "Full scale thermophilic digestion at the west-southwest sewage treatment works, Chicago, Illinois". Journal WPCF, 54(11), 1447-1457 (1982).

[9] Solera, R. "Analysis of the methane production in thermophilic anaerobic reactors: use of autofluorescence microscopy". Biotechnology Letters 23, 1889-92 (2001).

#### Agradecimientos

El presente estudio forma parte del plan experimental del Proyecto de Investigación denominado "Implantación de la degradación anaerobia termofílica para el tratamiento de lodos de una depuradora urbana convencional (95-0208-OP)", financiado por la CICYT en una convocatoria de proyectos PETRI.

Los autores quieren agradecer a las empresas Aguas de Jerez Empresa Municipal S.A. y PRO-SEIN (FCC) su cooperación para el desarrollo de este trabajo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Gualdalete de Jerez de la Frontera, Cádiz.