

Digestión anaerobia termofílica versus digestión anaerobia mesofílica de lodos de EDAR

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

Dpto. de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente

Facultad de Ciencias del Mar.

Universidad de Cádiz

Summary

A literature search revealed that successful thermophilic digestion operation was achieved at several Sewage Treatment Plant: Hyperion Treatment Plant of the city of Los Angeles, operations at 49°C resulted in significant improvements in sludge handling characteristics; West-Southwest Sewage Treatment Works, Chicago, Illinois a stable thermophilic digester was established at a 8 day detention time; Lions Gate Wastewater Treatment Plant of Vancouver pathogen destruction was the primary goal of this evaluation. Several other investigators have also conducted laboratory as well as pilot scale studies and reported several potential advantages of operating anaerobic digesters in the thermophilic range, rather than the conventional mesophilic range. Increased destruction of pathogenic organisms, increased rate of volatile solids destruction and improved destruction of organics are some advantages reported by all authors.

Introducción

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico que consiste en la degradación biológica, en ausencia de aire, de un material orgánico complejo, dando como productos finales un gas (de considerable valor energético), compuesto fundamentalmente por metano y dióxido de carbono, y un residuo con una menor concentración en sólidos volátiles u orgánicos. Este proceso consta de una serie de etapas conectadas en serie o serie-paralelo, en las que están implicadas un número considerable de especies bacterianas (De la Rubia, 2000).

La importancia de la degradación anaerobia ha aumentado, especialmente durante las dos últimas décadas, gracias al desarrollo de tecnologías aplicables a una gran variedad de residuos que van desde las aguas residuales urbanas hasta efluentes industriales y residuos sólidos (Verstraete, 1999). La mayoría de aplicaciones se han realizado bajo condiciones mesofílicas de temperatura (Fang, 1999).

Uno de los residuos susceptibles de ser sometidos a este tratamiento son los lodos o fangos generados en las EDARs. En general, los fangos están constituidos por los sólidos sedimentados del agua residual, el exceso de microorganismos producidos durante el tratamiento biológico, los productos sedimentados por coagulación natural o provocada de las

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico que consiste en la degradación biológica, en ausencia de aire, de un material orgánico complejo, dando como productos finales un gas (de considerable valor energético, compuesto fundamentalmente por metano y dióxido de carbono, y un residuo con una menor concentración en sólidos volátiles u orgánicos

partículas en suspensión o de carácter coloidal y los precipitados químicos formados por la reacción de los coagulantes con las partículas disueltas. El primer problema que plantean los fangos deriva de su elevado contenido en materia orgánica que tiende a descomponerse.

La estabilización de este subproducto generado en las plantas depuradoras puede ser llevada a cabo mediante digestión aerobia o bien mediante digestión anaerobia. Esta última está especialmente indicada en las instalaciones de gran capacidad de tratamiento, superiores a 25.000 habitantes (Hernández, 1992) y su aplicación se considera económicamente favorable para el

La degradación anaerobia de los lodos presenta una gran ventaja con respecto a la digestión aerobia de los mismos y es que mediante la estabilización anaerobia se reduce considerablemente el volumen de los lodos

tratamiento de efluentes con una concentración superior a 2.000 mg DQO/L (Eckenfelder, 1988). La degradación anaerobia de los lodos presenta una gran ventaja con respecto a la digestión aerobia de los mismos y es que mediante la estabilización anaerobia se reduce considerablemente el volumen de los lodos (Vázquez, 1996); esto se debe a que el catabolismo anaerobio es mucho menos eficiente, en términos energéticos, que el aerobio, ya que, al no haber oxígeno en el medio, se utiliza a la materia orgánica como aceptor final de electrones, obteniéndose un producto final que es el compuesto orgánico reducido: el metano en nuestro caso. Por todo ello, la cantidad de materia orgánica remanente para el crecimiento de la población es sensiblemente inferior que en el caso aerobio y, por tanto, el nivel de sólidos se reduce sustancialmente.

Por otro lado la temperatura a la que se desarrolla el proceso anaerobio afecta significativamente a la actividad de los microorganismos (conversión, cinética, estabilidad, calidad del efluente), a la energía neta del proceso de conversión biológico y, en menor medida, a las constantes de equilibrio físico-químico en el medio (solubilidad de sales y gases, en especial del dióxido de carbono, constantes de disociación, etc.).

Aunque los microorganismos anaerobios pueden crecer en un

amplio rango de temperaturas, la mayor parte de los estudios de aplicaciones prácticas se han realizado en condiciones ambientales (20-25°C), mesofílicas (15-45°C) o termofílicas (40-80°C). Dentro de cada rango determinado, la velocidad de crecimiento de los microorganismos aumenta con la temperatura hasta alcanzar un máximo (35°C para el rango mesofílico y 55°C para el rango termofílico), a partir del cual empieza a disminuir.

Ventajas e inconvenientes del tratamiento anaerobio

En general, las principales ventajas que ofrece el tratamiento anaerobio termofílico pueden resumirse en las siguientes:

A.- Alta velocidad de crecimiento bacteriano. Así, la velocidad de crecimiento de los microorganismos a 55°C puede llegar a ser dos o tres veces superior a la de organismos comparables a 35°C, lo cual supone mayores velocidades específicas, reactores más pequeños y/o menores tiempos hidráulicos de retención.

La temperatura a la que se desarrolla el proceso anaerobio afecta significativamente a la actividad de los microorganismos (conversión, cinética, estabilidad, calidad del efluente), a la energía neta del proceso de conversión biológico y, en menor medida, a las constantes de equilibrio físico-químico en el medio (solubilidad de sales y gases, en especial del dióxido de carbono, constantes de disociación, etc.)

B.- Elevado grado de eliminación de patógenos, debido a la elevada tasa de putrefacción de microorganismos mesofílicos a altas temperaturas. Esto es especialmente importante cuando el fango digerido o el efluente puede ser utilizado como fertilizante.

C.- Baja generación de fango. A pesar de la alta velocidad de crecimiento bacteriano, el fango generado en los procesos termofílicos es bajo. Además, dicho fango tiene una mejor capacidad de secado que el fango del proceso mesofílico.

D.- A medida que aumenta la temperatura disminuye la viscosidad de los líquidos, favoreciendo de este modo el grado de mezcla y la sedimentabilidad de las partículas formadas.

Las principales desventajas asociadas a estos procesos son las siguientes:

1.- Mayores requerimientos energéticos. No obstante, el exceso de calor generado en determinadas industrias reduce la cantidad de energía requerida para el proceso y, en general, la cantidad de biogas producida permite obtener más energía de la necesaria para el calentamiento de los reactores termofílicos.

2.- Incremento del nivel de ácidos grasos volátiles en el efluente. No obstante, ciertos estudios (Van Lier, 1993) demuestran que la eficacia de conversión en los procesos termofílicos está determinada por la configuración del reactor, la estrategia de arranque y la estrategia de operación.

3.- Potenciación de la toxicidad de compuestos tales como el amoníaco (Wiegant, 1986). Este problema puede ser eliminado mediante un correcto diseño del reactor.

Actualmente, no hay acuerdo establecido sobre si un aumento de la temperatura de operación, con el consiguiente incremento de la actividad biológica, compensa el mayor

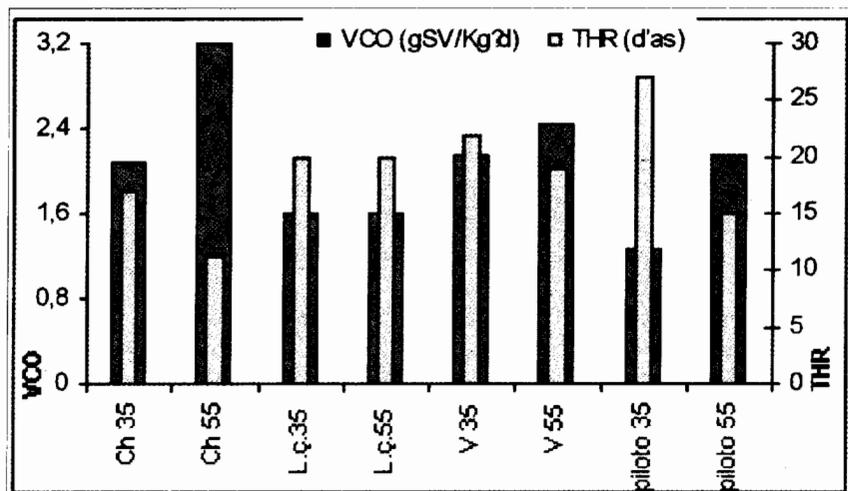


Figura 1. Representación de la velocidad de carga orgánica inicial y del tiempo hidráulico de retención para las plantas de Chicago (Ch), Los Ángeles (L.A.), Vancouver (V) y el digester piloto. En rango mesofílico (35) y en rango termofílico (55).

El tratamiento termofílico parece estar especialmente indicado para residuos que se descargan a altas temperaturas, como ocurre con los procedentes de algunas industrias del sector agroalimentario

coste que supone alcanzar y mantener esas condiciones. Es preciso realizar un estudio económico de cada caso particular y, aunque la mayoría de las instalaciones a escala industrial operan en el rango mesofílico, no se descarta la posibilidad de que sea más rentable trabajar en el rango termofílico (Garber, 1975; Rimkus, 1982; Peddie, 1996; Zabranska, 2000). En este sentido, el tratamiento termofílico parece estar especialmente indicado para residuos que se descargan a altas temperaturas, como ocurre con los procedentes de algunas industrias del sector agroalimentario (Smart, 1978; Wiegant, 1983; Pérez, 1996).

Implantación de la digestión anaerobia termofílica de lodos en EDARs: experiencia en plantas

En todos los estudios en los que se plantea la posibilidad de abordar un cambio de rango de temperatura de mesofílico a termofílico han de seleccionarse determinados parámetros de control para el seguimiento del proceso, normalmente, los parámetros seleccionados son: Sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH, acidez volátil, alcalinidad, demanda química de oxígeno (DQO), ácidos grasos volátiles, AGV (vigilando especialmente el propiónico, que es el ácido graso más difícil de degradar bajo condiciones termofílicas), caudal de biogas generado y concentración de metano (que sufre fuertes variaciones durante el proceso de cambio de temperatura), nitrógeno total y nitrógeno amoniacal.

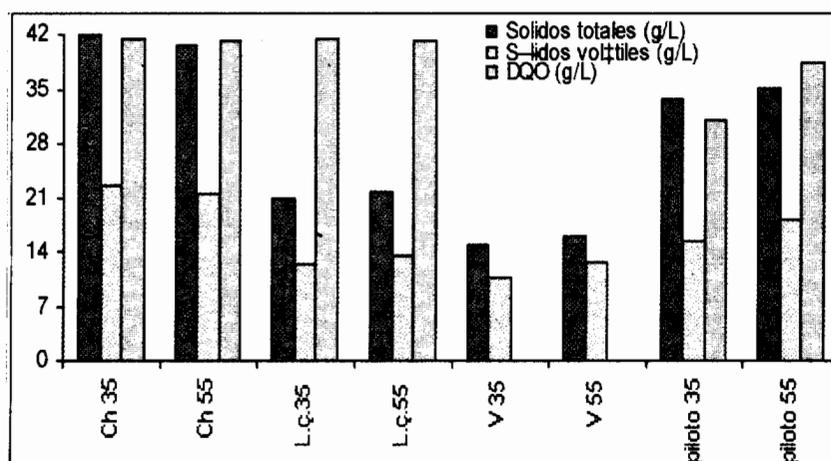


Figura 2. Representación de la concentración de Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles (SV) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el efluente de los digestores de las plantas de Chicago (Ch), Los Ángeles (L.A.), Vancouver (V) y el digester piloto. En estos estudios se representan dichos parámetros de control en rango mesofílico (35) y en rango termofílico (55).

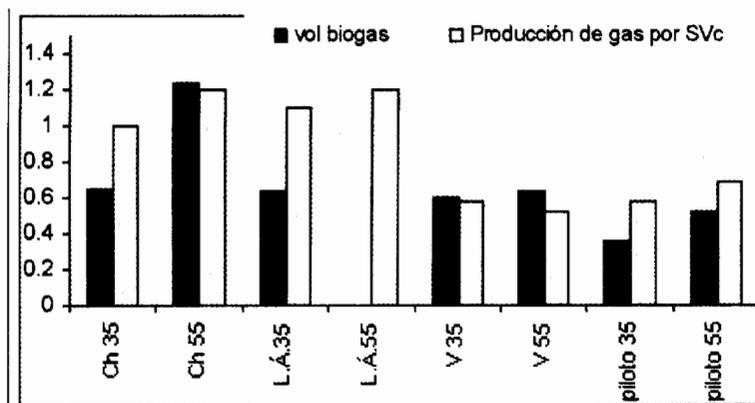


Figura 3. Representación del volumen de biogas producido y de la relación gramos de sólidos volátiles consumidos por litro de biogas producido. Para las plantas de Chicago (Ch), Los Ángeles (L.A.), Vancouver (V) y el digester piloto. En estos estudios se representan dichos parámetros de control en rango mesofílico (35) y en rango termofílico (55).

La experiencia alcanzada en diversas plantas de Dinamarca demuestra que la digestión anaerobia termofílica no es menos estable que la mesofílica. Sin embargo, el periodo de arranque del proceso es más largo (más de un año) hasta alcanzar un funcionamiento del sistema estable y una producción de biogás aceptable.

La experiencia alcanzada en diversas plantas de Dinamarca (17) demuestra que la digestión anaerobia termofílica no es menos estable que la mesofílica. Sin embargo, el periodo de arranque del proceso es más largo (más de un año) hasta alcanzar un funcionamiento del sistema estable y una producción de biogás aceptable. El principal problema encontrado durante el arranque de los reactores termofílicos ha sido la selección de un inóculo termofílico adecuado al proceso en cuestión. Los microorganismos de más lento crecimiento (metanógenas acetotróficas o microorganismos que degradan los ácidos volátiles como el butirato o el propionato), necesitan periodos de tiempo muy elevados para desarrollar una población adecuada en comparación con bacterias tales como las hidrolíticas y fermentativas que producen los ácidos volátiles e hidrógeno. Este problema, la baja población termofílica, puede ser resuelto utilizando un inóculo procedente de otra planta que opere en rango termofílico. Si no se dispone de inóculo termofílico, la estrategia de arranque para el desarrollo del inóculo puede ser de extrema importancia para el proceso.

Los estudios realizados demuestran que la operación en el régimen termofílico favorece la velocidad de conversión, alta eficacia de elimina-

ción de sólidos orgánicos (ver fig. 2) y de destrucción de organismos patógenos, permitiendo bajos tiempos hidráulicos de retención y altas velocidades de carga (ver fig. 1).

En esta otra figura se comprueba claramente la mayor producción de biogás, susceptible de ser usado como fuente energética, en el rango termofílico de temperatura.

En las figuras 1 y 2 se representa un estudio comparativo de la digestión anaerobia mesofílica y termofílica en distintas depuradoras y en un digestor piloto de 150 litros de volumen útil. Se observa como para el rango termofílico, la velocidad de carga aumenta con la consiguiente disminución del tiempo de retención. En la fig. 2 prácticamente no se observan diferencias entre los valores de sólidos para uno y otro rango de temperatura pero el hecho de que estos se mantengan ante una disminución del THR nos da idea de que el sistema está eliminando mayor cantidad de materia orgánica.

Los resultados obtenidos en digestión anaerobia termofílica en las distintas experiencias estudiadas se pueden resumir en:

1. La reducción de sólidos volátiles para un mismo THR fue mayor en el rango termofílico que en el mesofílico.
2. En cuanto a la producción de gas por kilogramo de sólidos volátiles destruidos no hay consenso. En algunos casos se han obtenido producciones inferiores (1) y, en otros, se obtienen mejores rendimientos

El principal problema encontrado durante el arranque de los reactores termofílicos ha sido la selección de un inóculo termofílico adecuado al proceso en cuestión

Los estudios realizados demuestran que la operación en el régimen termofílico favorece la velocidad de conversión, alta eficacia de eliminación de sólidos orgánicos y de destrucción de organismos patógenos, permitiendo bajos tiempos hidráulicos de retención y altas velocidades de carga.

(2), hasta un 25% más en la media anual. Peddie (3), por su parte, no encuentra ventajas en este sentido.

3. El porcentaje de metano ha sido, en todos los casos similar o algo mayor.

4. Una vez que el sistema está estabilizado, se alcanzan valores de acidez volátil hasta 6 veces superior que en mesofílico, mostrando una relación acidez/alcalinidad satisfactoria. Podemos afirmar, pues, que el fango termofílico tiene una elevada capacidad tampón.

5. Las unidades termofílicas son más sensibles a los cambios de temperatura que las mesofílicas.

6. Durante la etapa de filtración, una vez que el fango ha sido digerido, se constata un aumento de olores frente a mesofílico, debido al alto contenido en ácidos volátiles y amonio. Peddie (3) no lo confirma.

7. La deshidratación del lodo termofílico es sustancialmente más fácil que la del mesofílico.

8. Peddie (3) ha encontrado que la digestión termofílica elimina las espumas del digestor.

9. Los niveles de amonio fueron mayores en el lodo termofílico, pero no se detectan efectos tóxicos. Los altos niveles de amonio pueden indicar que se ha producido una mayor degradación de material proteico.

10. La reducción de DQO y de grasas fue similar en ambos procesos, según Rimkus (2). Garber (1)

obtuvo que la reducción era mayor para el proceso termofílico.

11. Alcalinidad y pH son más altos en el proceso termofílico que en el mesofílico.

Resumiendo, la digestión anaerobia termofílica presenta la ventaja de tratar mayores cargas a menores THR, sin temor a que el sistema pueda sufrir fallos ya que se trata de una tecnología estable y robusta.

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 PROSEIN su cooperación para el desarrollo de este trabajo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Guadalete de Jerez de la Frontera, Cádiz.

Bibliografía

1. Garber, W.; Ohara, G.; Colbauch, J.; Raksit, S. (1975). "Thermophilic digestion at the Hyperion Treatment Plant". Journal WPCF, 47(5),950-961.

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

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

4. Ahn, J.h., Forster, C.F. (2000) "A comparison of mesophilic and thermophilic anaerobic upflow filters". Biore. Tech. 73 201-205.

5. Kiyohara, Y., Miyahara, T., Mizuno, O., Noike, T. and Ono, K. (2000) "A Comparative Study of Thermophilic and Mesophilic Sludge Digestion". Journal of the Chart. Inst. of Water and Env. Man. 14, 150-4.

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

7. Verstraete, W.; Vandeviver, P. (1999). "New and broader applications of anaerobic digestion". Crit. Rev. Environ. Technol, 29: 151-73.

8. Fang, H.H.P., Wai-Chung Chung, D (1999). "Anaerobic treatment of proteinaceous wastewater under meso- and termophilic conditions". Water Science and Technology, 40(1), 77-84.

9. Hernández Muñoz, A. (1992). "Depuración de aguas residuales".

Parainfo S.A. Madrid.

10. Eckenfelder, W.W., Patoczka, J.B., Pulliam G.W. (1988). "Anaerobic versus aerobic treatment in the USA" en: "Anaerobic Digestion". De. E.R. Hall y P.N. Hobson. Pergamon Press.

11. Vázquez Borges, E.; Mejía Sánchez, G.M. (1996). "Producción de fangos en la depuración anaerobia". Tecnología del Agua. 148, 137-141.

12. Van Lier, J.; Hulsbeek J.; Stams, A.; Lettinga, G. (1993). "Temperature susceptibility of thermophilic methanogenic sludge: implications for reactor start-up and operation". Biore-source Technology 43, 227-235

13. Wiegant, W. M.; de Man, A.W.A. (1986). "Granulation of biomass in thermophilic upflow anaerobic sludge blanket reactors treating acidified wastewaters. Biotechnol. Bioeng., 28, 718-727.

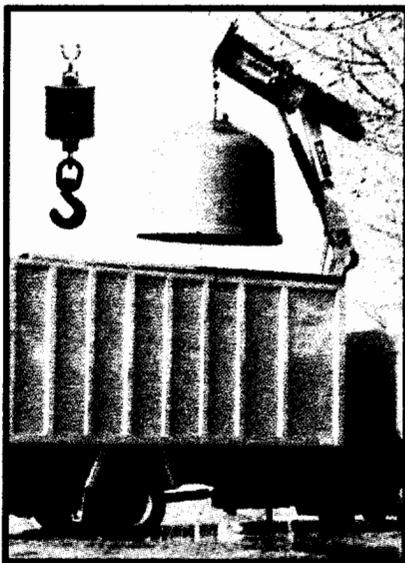
14. Smart, J.; Boyko, B.I. (1978). "Full scale studies on the thermophilic anaerobic digestion process". Canada Ontario. Project nº 73-1-29.

15. Wiegant, 1983 "The feasibility of thermophilic anaerobic for the generation of methane from organic wastes

16. Pérez, M; Romero, L.I.; Sales, D. (1996). "Digestión anaerobia termofílica de vinazas de vino". Tecnología del Agua, 158, 41-45.

17. Ahring, B.K. (1994). "Status on science and application of Thermophilic anaerobic digestion". Water Science and Technology, vol. 30, nº 12, pp. 241-249.

SISTEMAS DE PESAJE PARA EL CONTROL DE CARGA EN LA RECOGIDA DE RESIDUOS



Motorman s.a. ha diseñado un sistema de pesaje adaptable a cualquier camión destinado a la recogida selectiva de residuos en iglúes (papel, vidrio, cartón).

El sistema consiste en la incorporación de un gancho pesador especialmente diseñado para trabajar a la intemperie, está robustamente protegido contra golpes y no hay dígitos a la vista por lo cual lo hace ideal para intercalarlo entre el iglú y la pluma del camión.

La pesada se transmite vía radio a un visor MTV situado en la cabina del camión, opcionalmente pueden ampliarse con impresora; o bien con ordenador portátil para recopilar los datos y volcarlos al final de la jornada a un PC.

MOTORMAN S.A.

Equipos de mantenimiento y pesaje Industrial

Avda. La Ferreria, 47 Poligono Industrial La Ferreria MONTCADA I REIXAC

08110 BARCELONA Tel. (34) 93 575 33 66 - Fax: (34) 93 564 86 00

<http://www.motorman.es> email: comercial@motorman.es - itd@motorman.es

