

Valorización de lodos procedentes de tratamientos aerobios mediante pretratamientos térmicos y biodigestión

Nicolás Goycoechea*, Iván López, Liliana Borzacconi

*ngoycoechea@fing.edu.uy, Biotecnología de los procesos para el ambiente (BioProA) Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UdelaR.

Palabras claves: Digestión anaerobia; Industria de celulosa; Lodo biológico; Metano; Pretratamiento térmico.

Área temática: Energías Renovables

1) Introducción

La práctica habitual de disponer lodos biológicos en vertederos o su incineración conllevan una pérdida del valor pues presupone una concepción lineal de la economía, además de generarse emisiones de gases de efecto invernadero. La digestión anaerobia de residuos sólidos es una alternativa prometedora tanto desde el punto de vista ambiental como económico. Sin embargo, se presentan dificultades en la degradación de los biolodos, debido a limitaciones en la hidrólisis de la materia orgánica. Los pretratamientos térmicos son una tecnología aceptada para mejorar la producción de biogás en digestores anaerobios de biolodo proveniente del tratamiento aerobio de aguas cloacales, pero no está desarrollada para el caso de industrias de celulosa. El mecanismo detrás de los pretratamientos térmicos se puede describir por los efectos físicos y químicos, mediante los cuales se logra transformar el material orgánico de difícil acceso para la degradación anaerobia en formas más disponibles para los microorganismos, dicho mecanismo se puede apreciar ilustrados en la Figura 1.

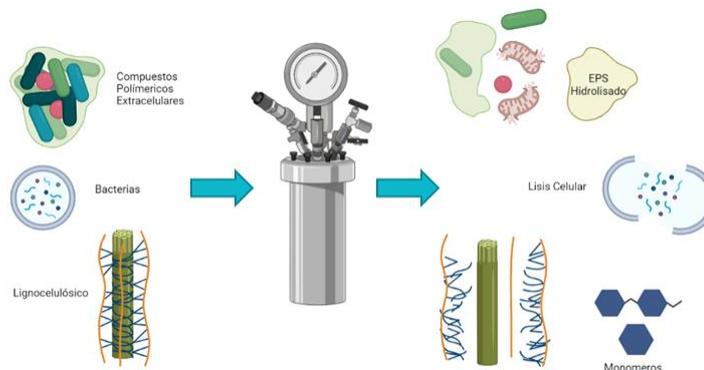


Figura 1 Mecanismo de la hidrólisis térmica.

2) Objetivos

Evaluar el efecto de la hidrólisis térmica como pretratamiento de la digestión anaerobia de lodos biológicos, provenientes del reactor de lodos activados del sistema de tratamiento de efluentes de una industria productora de celulosa Kraft. Se evaluó generar biogás con potencial uso energético, un residuo sólido de disposición más sencilla además de estabilizado y una fracción líquida con potencial valorización por el contenido de nitrógeno, apuntando así a un modelo de economía circular.

3) Materiales y métodos

3.1) Sustrato e inóculo utilizado

Se utilizó como sustrato biomasa del sistema de lodos activados de una planta de producción Kraft de celulosa, ubicada en Uruguay y como inóculo biomasa proveniente de un reactor UASB de una maltería. Se realizó un pretratamiento térmico al sustrato, para lo cual se utilizó un

reactor de 2 L operado en modalidad batch. Las condiciones ensayadas de temperatura fueron de 125 °C, 165 °C y 205 °C durante un tiempo de 30 minutos en cada caso. Se mantuvo cerrado herméticamente el reactor a la presión correspondiente de vapor durante todo el ensayo de hidrólisis térmica, y una vez finalizado se enfría la muestra hasta la temperatura ambiente.

3.2) Ensayos de Potencial de biometanización (BMP)

Para la determinación del BMP de cada uno de los sustratos en cada una de las condiciones ensayadas se utilizó el equipo AMPTS® II (Automatic Methane Potential Test System). Al finalizar los ensayos a 37°C se determinó, para cada vial, los valores de sólidos suspendidos volátiles (SSV), demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total soluble en el sobrenadante, las diferentes fases sólidas y líquidas se obtuvieron posteriormente a la realización de una centrifugación por 15 minutos a 6500 rpm.

4) Resultados obtenidos

4.1) Potencial de Biometanización y Biodegradabilidad

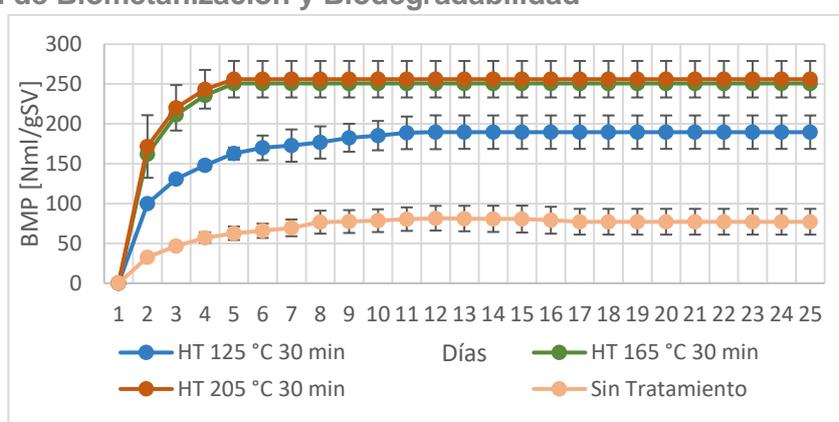


Figura 2 Graficas de BMP en función del tiempo.

. Tabla 1. Aumentos obtenidos para los valores promedios del BMP y biodegradabilidad al realizar un tratamiento térmico.

| Substrato | BMP $\pm \sigma$ (NmL/gSVsustrato) | %BD _{SV} $\pm \sigma$ | DQOs $\pm \sigma$ (mg/L) |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Biolodo sin tratamiento | 77 \pm 18 | 17 \pm 5 % | 564 \pm 55 |
| Biolodo tratado a 125 °C | 189 \pm 21 | 30 \pm 8 % | 594 \pm 12 |
| Biolodo tratado a 165 °C | 251 \pm 14 | 46 \pm 4 % | 821 \pm 28 |
| Biolodo tratado a 205 °C | 256 \pm 24 | 63 \pm 9 % | 1002 \pm 115 |

En la figura 2 se presentan los gráficos obtenidos de BMP donde se aprecian velocidades de producción de metano mayores que la situación sin tratamiento alguno. La tabla 1 presenta los valores promedio de BMP, biodegradabilidad y DQO en la fase soluble junto a su correspondiente desviación estándar que se obtuvieron para las tres réplicas realizadas de cada sustrato y cada tratamiento. Los resultados muestran que la producción de metano es considerablemente mayor al aplicar un pretratamiento. Queda en evidencia que las muestras con temperaturas de pretratamiento mayores corresponden a las de mayores biodegradabilidades según el consumo de SV (BD_{SV}). Por lo tanto, se verifica la eficacia de la hidrólisis térmica como etapa previa a la digestión anaerobia. Igualmente, se aprecia que la producción de metano para la muestra hidrolizada a la condición más exigente (205 °C) no tiene

diferencias significativas respecto a 165 °C, esto se puede deber a reacciones indeseadas de caramelización y/o Maillard las cuales generan compuestos recalcitrantes no biodegradables en base a carbohidratos y grupos amino (Barber 2016; Bougrier et al. 2008; Wilson et al. 2009).

4.2) Nitrógeno amoniacal y total soluble

En la figura 3 se presentan las cantidades de nitrógeno amoniacal y DON (nitrógeno soluble orgánico), al final de los ensayos de digestión anaerobia. Se aprecia el aumento de la cantidad de nitrógeno amoniacal disponible al aumentar la temperatura del pretratamiento térmico. Se obtiene una tendencia similar al presentado para el parámetro BMP al comparar los valores de nitrógeno amoniacal del biolodo tratado a 205 °C y 165 °C, nuevamente debido a las reacciones indeseadas comentadas anteriormente.

Los valores de nitrógeno amoniacal obtenidos permitirían obtener en un hipotético digestor a escala real una concentración de 1300 ppm, lo cual es 12 veces mayor que las reportadas en la figura 3 debido a que la concentración del sustrato entrante al hipotético digestor es 12 veces mayor (en el entorno de 12 % ST). Ese nitrógeno amoniacal puede ser aprovechado como un potencial fertilizante o como un macronutriente para las plantas de tratamiento aerobio, sustituyendo así productos comerciales como la Urea.

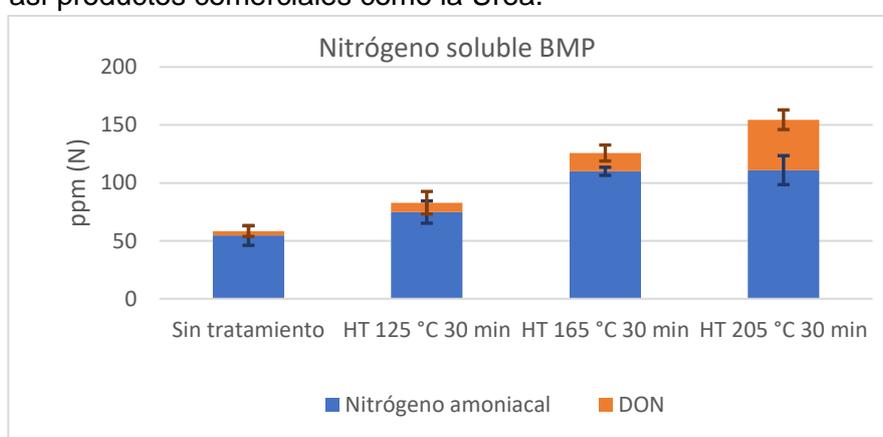


Figura 3 Concentraciones de nitrógeno amoniacal y DON al final de los ensayos de BMP para una digestión anaerobia de un residuo con 1 % de ST.

5) Conclusiones

Desde un punto de vista energético y de la formación de compuestos recalcitrantes la condición de 165 °C es más favorable que 205 °C.

Se lograron aumentos del 226 % para el BMP y de 171 % para la biodegradabilidad respecto al sustrato no hidrolizado al realizar un pretratamiento a 165 °C por 30 min. Se lograron disminuir los tiempos de producción de metano al realizar un tratamiento térmico. Se evidencia el potencial de los pretratamientos térmicos a biolodos de industrias Kraft de celulosa.

Los niveles de nitrógeno amoniacal que se obtendrían a escala industrial permiten potenciales usos como fertilizante o sustitución de nutrientes.

6) Referencias

Barber, W. P. F. (2016). Thermal hydrolysis for sewage treatment: A critical review. *Water Research*, 104, 53–71. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.07.069>

Wilson, C. A., & Novak, J. T. (2009). Hydrolysis of macromolecular components of primary and secondary wastewater sludge by thermal hydrolytic pretreatment. *Water Research*, 43(18), 4489–4498. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.07.022>

Bougrier, C., Delgenès, J. P., & Carrère, H. (2007). Impacts of thermal pre-treatments on the semi-continuous anaerobic digestion of waste activated sludge. *Biochemical Engineering Journal*, 34(1), 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2006.11.013>