

Incremento de la sustentabilidad del tratamiento anaerobio de lodos de plantas de tratamiento de agua en América Latina desde una perspectiva de análisis ciclo de vida

J. Dassonville¹, M. Furness¹, R. Bello Mendoza, R. Chamy

Abstract: La generación de lodos es uno de los problemas más importantes para las plantas de tratamiento de aguas residuales. En este contexto, se presenta la digestión anaerobia (DA) como una de las mejores herramientas para estabilizar los lodos debido a sus grandes ventajas económicas y operativas disminuyendo los costos operacionales. Este proceso mejora su eficiencia y también su impacto ambiental incorporando tecnologías más sustentables. La pregunta que trata de contestar este trabajo es ¿cómo determinar si alguna modificación al proceso afecta o no a la sustentabilidad global?, y para ello se utiliza un análisis de ciclo vida. En función de esto, se evalúan dos ejemplos tomando valores reales de plantas. En primer término, se evalúa la hidrólisis térmica (HT) que mejora de la DA y genera un aumento en la producción de biogás. El segundo caso es el aprovechamiento energético del biogás, ya sea a través de la cogeneración o bien a través de su uso como gas natural. En este estudio se compararon 4 escenarios: 1) DA convencional con utilización de biogás como cogeneración, 2) DA con HT y con utilización de biogás como cogeneración, 3) DA convencional con utilización de biogás a red y 4) DA con HT y utilización de biogás a red.

Keywords: Análisis ciclo de vida; Economía circular; hidrólisis térmica; Reutilización de biogás.

Highlights

- Los menores impactos ambientales se logran con la DA con hidrólisis térmica frente a la DA normal
- La cogeneración eléctrica genera menos impactos ambientales menores que la red a gas cuya conclusión no concuerda con las instituciones de los especialistas.
- La herramienta de ACV, centrada en los factores de impacto relevantes, demostró ser una herramienta adecuada para ser tomada en consideración en la toma de decisiones.

Introducción

Actualmente, uno de los mayores desafíos en el desarrollo de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es minimizar el impacto de sus proyectos en el medio ambiente y la sociedad, manteniendo a viabilidad económica en equilibrio con la creciente demanda de servicios de tratamiento de aguas con el cumplimiento de la legislación local vigente la cual cada vez es más estricta sobre el manejo del agua y sus residuos.

La DA es una técnica de tratamiento de lodos eficaz para la industria del agua y muy extendida, pero tiene limitaciones, especialmente para hacer frente a los lodos secundarios en donde la hidrólisis es el factor limitante. Generalmente, las instalaciones tienen una pobre recuperación de energía y requieren la implementación de grandes activos que son muy intensivos en capital (Pickworth et al. 2006). Una de las técnicas es la hidrólisis térmica (THP) que involucra el aumento de la temperatura a 165°C y una presión de 7 bares por 30 min. Esto permite romper y solubilizar el lodo antes de ser alimentado al digestor convencional. Sin embargo, el aumento en la producción de biogás no necesariamente resulta en un aumento neto general de energía por tonelada digerida. El THP exige una entrada de calor de alto grado y energía eléctrica adicional, en comparación con el DA convencional (Cano 2015). Por esta razón tanto el consumo de materias primas y la calidad del digestato deberían ser considerados a la hora de tomar una decisión con respecto al mejor escenario del proceso. Los cambios relacionados en las emisiones y otros aspectos ambientales podrían generar aumentos en los impactos asociados con otros pasos de la gestión de lodos.

El biogás producido por la DA normalmente es utilizado en motores de combustión interna o motor de combustión dual que convierten el 37% a de energía química en electricidad. Una parte del calor residual de los gases de escape y camisa de agua es recuperado para su uso considerándolo como un proceso combinado de calor y energía. Una nueva práctica denominada gas a la red tiene como objetivo limpiar e inyectar todo el biometano producido en la DA en la red de gas (Mills et al. 2014). Hay varias tecnologías disponibles para eliminar el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno presente en el biometano, siendo la absorción de agua la más utilizada, en donde el gas resultante tiene un contenido de metano mayor a 99%. Una vez limpio, el biogás requiere la adición de propano y olor para cumplir con los estándares de calidad antes de la compresión final en la red de gas (Starr et al. 2012). La cogeneración es la más utilizada y produce electricidad, que es una forma de energía muy versátil, fácilmente transportable al punto de uso y con muchas aplicaciones que pueden utilizarla. Sin embargo, la eficiencia de generación de electricidad es, en el mejor de los casos, solo del 42%. Por otro lado, la inyección de gas a la red tiene eficiencias de conversión mucho más altas que la cogeneración (> 95%) pero el desplazamiento de la carga ambiental relativa es menor para el desplazamiento de gas natural por biogás que el desplazamiento de electricidad de combustibles fósiles por electricidad de biogás (Starr et al. 2012)

El análisis ciclo de vida (ACV) es una herramienta que recopila y evalúa las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a lo largo de su ciclo de vida, y se ha utilizado para guiar decisiones en torno al desarrollo de procesos hacia sistemas de economía circular.

Bajo este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar el desempeño ambiental del ciclo de vida de una planta de tratamiento de agua comparando la DA convencional con la DA con hidrólisis térmica y el impacto ambiental de la utilización de biogás como cogeneración y gas a red con las prácticas de gestión actuales utilizadas en Chile. El propósito es proporcionar una idea de las posibles consecuencias o beneficios en los impactos ambientales con la implementación de nuevas tecnologías en el contexto nacional utilizando como modelo 2 plantas de tratamiento de agua chilena, el Trebal-Mapocho y la Farfana.

Materiales y métodos

El ACV es una herramienta normalizada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) creada para evaluar ambientalmente un producto o un proceso a lo largo de todo su ciclo de vida. Esto significa desde la adquisición de las materias primas, entrada de materias y energía, pasando por la operación, hasta la disposición final de la salida del sistema.

Para este trabajo se utilizó el software SIMAPRO, esta es una herramienta informática desarrollada por PRé Consultants. Esta es una herramienta que permite realizar Análisis de Ciclo de Vida (ACV), mediante el uso de bases de datos de inventarios propios y bibliográficos (BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM, Ecoinvent), analiza y comprara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática. La herramienta permite realizar ACV, mediante el uso de bases de datos de inventario propias y bibliográficas siguiendo las recomendaciones de la normativa UNE-EN-ISO 14040:2006.

Resultados

En este trabajo propone comparar el impacto ambiental de la DA convencional como la DA con hidrólisis. También, propone comprar la utilización del biogás producido como cogeneración o inyección a red de gas. Por lo tanto, se propusieron siguientes escenarios. 1) DA convencional con cogeneración. 2) DA con HT con cogeneración. 3) DA convencional con gas a red. 4) Da con HT con gas a red.

Límites del sistema

La figura 1 muestra los límites del sistema, se asumieron que todas las variantes del proceso se evalúan solo en operación y se ignora el impacto de la construcción y el desmantelamiento ya que es probable que estas emisiones sean insignificantes en este trabajo (Carballa et al, 2011) .Se asumió 1 Ton de lodo mixto como unidad funcional. Para este proceso de DA, se incluyó la energía consumida (eléctrica, gas natural) y los productos químicos (polielectrolitos). También se incluirán las emisiones de aire de los motores de cogeneración y calderas de gas cuyas emisiones están dominadas por CO₂, partículas de SO₂, emisiones de CO y NO_x (Poeschl et al, 2012). Los problemas asociados con los metales pesados y otros contaminantes de lodos no biológicos se han descartado del estudio.

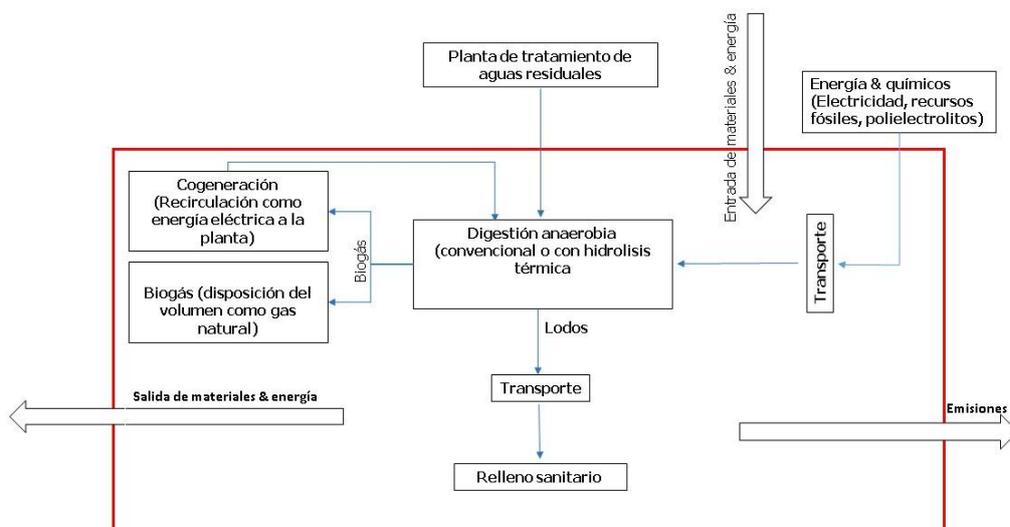


Figura 1. Descripción general de los límites del sistema

En este estudio se evaluaron los siguientes factores de impacto: 1) Potencial de calentamiento global (kgCo₂eq); 2) Agotamiento abiótico (kgSbeq · MJ⁻¹). 3) Acidificación (KgSo₂ eq). 4) PE. Potencial de eutrofización (kg fosfato eq). Cabe mencionar, que para llevar a cabo esto se utilizaron los supuestos establecidos en la tabla 1, 2 y 3.

Tabla 1
 Supuestos de la cogeneración

Parámetros		Fuente
VC del biogás	23 Mj/Nm ³	N. Mills et al, 2013
Eficiencia energética de la cogeneración	38%	N. Mills et al, 2013
Eficiencia de la cogeneración en temperaturas de alto grado	18%	N. Mills et al, 2013
Eficiencia de la cogeneración en temperaturas de bajo grado	20%	N. Mills et al, 2013
Fugas de biogás	2%	N. Mills et al, 2013
Emisiones (bióticas) de escape de CO ₂	175 g/kWh	Borkowski, 2007
Emisiones de escape de CO ₂	986 mg/kWh	Borkowski, 2007
Emisiones de escape de NO _x	821 mg/kWh	Borkowski, 2007
Emisiones de COVDM	136 mg/kWh	Diesel_net, 2006
Emisión de SO ₂	439 mg/kWh	Borkowski, 2007

*COVDM: Compuestos volátiles orgánicos distintos al metano; VC: valor calorífico

Tabla 2
 Supuestos inyección de gas a red

Parámetros		
Demanda eléctrica	0,05 kWh/m ³	Estimado
Propano requerido	0,101 kg/m ³	Estimado
Emisiones (bióticas) de escape de CO ₂	105 g/kWh	Estimado
VC de biogás listo para entrar a la red	37 mj/m ³	Estimado

VC: Valor calorífico

Tabla 3

Supuestos DA convencional y DA con HT	
Demanda eléctrica del espesador	60 kWh/SDT N. Mills et al, 2013
Consumo de polielectrolitos del espesador	2,2 kg/SDT Estimado
Sequedad del lodo deshidratado	25.4% Aguas andinas
Demanda eléctrica de hidrólisis térmica	50 kWh/SDT Estimado
Demanda de vapor de 12 barg	1 kg/Kg DS Estimado
HT - Demanda de polímeros	40 kWh/SDT N. Mills et al, 2013
HT sequedad de lodo deshidratado	26.3% Aguas andinas
Demanda eléctrica del deshidratador	40 kWh/SDT N. Mills et al, 2013
Demanda eléctrica del digestor anaerobio	40 kWh/SDT N. Mills et al, 2013
Emisiones de GEI de polielectrolitos	2 kgCO ₂ eq/T Estimado

GEI: gases de efecto invernadero ; HT: hidrólisis térmica ; SDT: sólidos disueltos totales

Conclusión

Del análisis obtenido se puede concluir que los menores impactos se logran con la hidrólisis térmica frente a la DA normal y con la cogeneración eléctrica, ambas conclusiones no concordantes con la intuición de los especialistas. Finalmente, la herramienta de ACV, centrada en los factores de impacto relevantes, demostró ser una herramienta adecuada para ser tomada en consideración en la toma de decisiones.

Agradecimiento

Quiero agradecer profundamente a la Universidad de Valparaíso, Chile y a la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda por su apoyo para la realización de este trabajo. También se agradece a la beca arancel académico de postgrado otorgada por la Pontificia Universidad católica de Valparaíso como la principal fuente de financiamiento.

Referencias

- Cano, R. 2015. "Energy Feasibility Study of Sludge Pretreatments : A Review." *Applied Energy* 149:176–85.
- Carballa, Marta, Cecilia Duran, and Almudena Hospido. 2011. "Should We Pretreat Solid Waste Prior to Anaerobic Digestion? An Assessment of Its Environmental Cost." *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY* 45(24):10306–14.
- Costa, D., P. Quinteiro, and A. C. Dias. 2019. "A Systematic Review of Life Cycle Sustainability Assessment: Current State, Methodological Challenges, and Implementation Issues." *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* 686:774–87.
- Assessment of Biogas Production by Monofermentation of Energy Crops and Injection into the Natural Gas Grid." *BIOMASS & BIOENERGY* 34(1):54–66.
- McNamara, P. J., C. A. Wilson, M. T. Wogen, S. N. Murthy, J. T. Novak, and P. J. Novak. 2012. "The Effect of Thermal Hydrolysis Pretreatment on the Anaerobic Degradation of Nonylphenol and Short-Chain Nonylphenol Ethoxylates in Digested Biosolids." *WATER RESEARCH* 46(9):2937–46.
- Mills, N., P. Pearce, J. Farrow, R. B. Thorpe, and N. F. Kirkby. 2014. "Environmental & Economic Life Cycle Assessment of Current & Future Sewage Sludge to Energy Technologies." *Waste Management* 34(1):185–95.
- Pickworth, B., J. Adams, K. Panter, and O. E. Solheim. 2006. "Maximising Biogas in Anaerobic Digestion by Using Engine Waste Heat for Thermal Hydrolysis Pre-Treatment of Sludge." *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 54(5):101–8.
- Poeschl, Martina, Shane Ward, and Philip Owende. 2012. "Environmental Impacts of Biogas Deployment - Part I: Life Cycle Inventory for Evaluation of Production Process Emissions to Air." *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION* 24:168–83.
- Starr, Katherine, Xavier Gabarrell, Gara Villalba, Laura Talens, and Lidia Lombardi. 2012. "Life Cycle Assessment of Biogas Upgrading Technologies." *WASTE MANAGEMENT* 32(5):991–99.