

Experiencias y perspectivas de un grupo de investigación aplicada en formación trabajando con biogás en Rafaela, Argentina

Estudio de caso



Manuel Schmelzle^{1*}; Gustavo M. Morales²; Aneley Routier¹; Florencia Rivarosa¹; Paula Ochoa¹

¹Universidad Nacional de Rafaela, Argentina.

²Instituto de investigaciones en Tecnologías Energéticas y Materiales Avanzados (IITEMA-CONICET) y Departamento de Química, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

*manuelschmelzle@unraf.edu.ar

Resumen

Se pretende transmitir la experiencia en la formación de un grupo de I+D en una Universidad Nacional de reciente creación en el centro de la República Argentina. Específicamente, se describe el Laboratorio de Tecnologías Ambientales (Lab Ta), perteneciente al Centro de Investigación Aplicada (UNRaf-Tec) de la Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf) que desde el año 2018 trabaja en temáticas relacionadas a los residuos sólidos y líquidos con un eje principal en la digestión anaeróbica y la producción de biogás. La UNRaf se encuentra en la Ciudad de Rafaela, en el centro-este de la Provincia de Santa Fe, y fue creada en diciembre del 2014 para promover la innovación, la competitividad y el desarrollo sustentable ligado al territorio. En este contexto, el laboratorio viene desarrollando distintas actividades relacionadas a la temática. Este artículo presenta la visión del grupo, sus experiencias y perspectivas.

Palabras clave:

Digestión anaeróbica;
Biogás; Transferencia
tecnológica;
Investigación aplicada.

Experiences and perspectives of an applied research group in formation working with biogas in Rafaela, Argentina

Abstract

The aim of this paper is to transmit the experience in the formation of an R&D group in a recently created National University in the center of Argentine. Specifically, the Environmental Technologies Laboratory (Lab Ta) is described, belonging to the Applied Research Center (UNRaf-Tec) of the National University of Rafaela (UNRaf) that has been working since 2018 on topics related to solid and liquid waste management with a main focus on anaerobic digestion and biogas production. UNRaf is located in the City of Rafaela, in the center-east of the Province of Santa Fe and was created in December 2014 to promote innovation, competitiveness and sustainable development in the territory. In this context, the laboratory has been developing different activities related to the subject. The article presents the vision of the group, its experiences and perspectives.

Keywords:

Anaerobic digestion;
Biogas; Technology
transfer; Applied
research.

Forma de citar: Schmelzle, M., Ochoa, P., Routier, A., Rivarosa, F., y Morales, G. M. Experiencias y perspectivas de un grupo de investigación aplicada en formación trabajando con biogás en Rafaela, Argentina. RedBioLAC, 5, 20-24.

Introducción

La humanidad cuenta con una historia de más de 2000 años conociendo y usando la fermentación anaeróbica de sustratos orgánicos, originalmente para sanear aguas residuales y desechos sólidos (Gübitz *et al.*, 2015). En las últimas décadas se han logrado a nivel mundial grandes avances en la comprensión y optimización en procesos de fermentación, los microorganismos involucrados y los procesos bioquímicos específicos que ocurren durante la misma (Rajesh Banu *et al.*, 2019). A pesar del vasto conocimiento teórico sobre el potencial de generación de biogás disponible en residuos, el conocimiento interdisciplinario detallado del sistema, la ingeniería y el monitoreo de los procesos juegan un papel importante para el aprovechamiento exitoso de la tecnología. La eficiencia y la estabilidad del proceso requieren personal técnico calificado para planificar, dimensionar, operar y monitorear una planta de biogás. La creación de conocimiento integral y multidisciplinario y la formación de técnicos especializados es un requerimiento fundamental para desarrollar y aprovechar esta tecnología. Aparte del conocimiento biológico, químico, físico, y de ingeniería, el personal involucrado debe contar con conocimiento de aspectos relacionados a leyes, el medio ambiente, la administración, la organización y la logística (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2010).

Tanto la formación de personal técnico calificado, como el conocimiento público sobre las posibilidades de la tecnología son desafíos principales para la mayor implementación de esta fuente de energía en países en desarrollo. Un avance en el desarrollo de la tecnología requiere el apoyo y programas de financiamiento de los gobiernos estatales. Además, el sistema de educación es importante para fomentar el conocimiento técnico y el alcance público de las posibilidades de la tecnología. Las universidades deben profundizar dictando tecnologías energéticas en las carreras técnicas y de ingeniería, escuelas técnicas, rurales y otras instituciones educativas deben incluir conceptos relacionados en sus currículos educativos.

Un estudio realizado por el Instituto Nacional Tecnológico de Industria (INTI), (FAO, 2019) demostró que en Argentina existen un total de 105 biodigestores anaeróbicos, entre ellos solamente el 14 % son plantas grandes. Desde 2015, el programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (RenovAR) financió 37 proyectos para la producción de biogás con una potencia adjudicada de 64 MW. La energía generada a partir de biogás creció continuamente de 57,5 GWh en 2015 a 303,8 GWh en 2020, esto presenta un crecimiento de más de 500 % en cinco años. A pesar de este aumento relevante, la producción de energía a partir de biogás representa solamente el 2,4 % de la energía renovable total generada en 2020 (CAMMESA, 2021). Los datos demuestran un crecimiento del sector de biogás, sin embargo, el potencial de crecimiento para la

producción de biogás sigue siendo grande en Argentina. Para acompañar este crecimiento desde el entorno universitario los autores destacan la importancia de investigaciones y colaboraciones entre el sector científico, educativo, administrativo y productivo para lograr una transferencia tecnológica al territorio y la comunidad. En este contexto, el grupo de UNRaf busca establecer un espacio tecnológico de biogás para realizar investigaciones, formar personas capacitadas y llevar adelante la transferencia tecnológica al sector público y privado en la temática.

Descripción del caso

Este manuscrito no presenta un estudio de caso clásico, más bien pretende describir la experiencia en la formación de un grupo de investigación y desarrollo en el área de la producción de biogás –a partir de residuos sólidos urbanos– en una universidad de reciente formación en Rafaela, República Argentina. La ciudad de Rafaela se encuentra en las llanuras del centro-este de la Provincia de Santa Fe, y tiene una población aproximada de cien mil habitantes. Se trata de una región cuya actividad económica es diversa, destacándose la producción e industria láctea, ganadería, producción de alimentos e industria metalmeccánica. Se debe destacar que, en lo referente a gestión pública, el manejo de residuos sólidos urbanos de Rafaela es considerado ejemplar a nivel nacional. Por otra parte, la Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf) fue creada en diciembre del 2014, con el objetivo institucional de promover la innovación, la competitividad y el desarrollo sustentable ligado al territorio. Desde el año 2018, el Laboratorio de Tecnologías Ambientales (Lab Ta), perteneciente al Centro de Investigación Aplicada UNRaf Tec, trabaja en temáticas relacionadas a los residuos, con especial énfasis en la producción de biogás. El enfoque está centrado en la vinculación con el sector productivo, con el propósito de realizar investigación aplicada a través de colaboraciones con empresas y otras instituciones, propendiendo la transferencia tecnológica desde la universidad a la comunidad.

El grupo Lab Ta está formado por dos ingenieros ambientales y una licenciada en biotecnología, y viene desarrollando distintas actividades relacionadas a la fermentación anaeróbica para la producción de biogás. En los primeros años se identificó un potencial prometedor en la “digestión seca” de residuos sólidos y semisólidos, la cual se caracteriza por emplear un sustrato con un alto contenido de materia seca (MS), típicamente entre 30 - 40 % (Di María *et al.*, 2013). La digestión seca es una tecnología sin mucho desarrollo registrado en Argentina (Routier *et al.*, 2020). Así, se escogió la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) como el sustrato principal para el trabajo futuro del grupo. Atendiendo a esta propuesta, se definieron y encararon una serie de proyectos de investigación con el objetivo de desarrollar esta tecnología. Los tres proyectos iniciales tienen el objetivo de complementarse en su orientación y enfoque e ir construyendo un conocimiento amplio.

En el primer proyecto de investigación se realizó un estudio y la caracterización fisicoquímica de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) de la ciudad de Rafaela. Entre los años 2018 y 2020 se realizó una serie de toma de muestras y análisis de laboratorio de la “Fracción no-recuperable” de residuos recolectados por la Municipalidad de Rafaela (**Figura 1**). Cada municipio tiene su propio criterio para la separación de residuos en origen; el de Rafaela se separa entre residuos “recuperables” (plásticos limpios, vidrio, metales y otros materiales reciclables) y la fracción “no-recuperable”, una fracción heterogénea compuesta por restos de comida, papeles y servilletas, pañales, huesos, plásticos etc. El objetivo fue estudiar las características de los residuos para estimar su potencial de generación de biogás a través de la digestión seca (Blatter *et al.*, 2019). En paralelo y como segundo proyecto de importancia, en colaboración con “Desarrollos Industriales SA” (DEISA), una empresa local, se desarrolló la ingeniería básica para una planta piloto de digestión anaeróbica seca

para el tratamiento de FORSU. Los resultados de este trabajo en conjunto fueron publicados en la 4ta edición de la revista RedBioLAC (Routier *et al.*, 2020).

En el año 2019 se pone en marcha el tercer proyecto, esta vez en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Rafaela y la Universidad Nacional de Río Cuarto. En este proyecto se busca investigar distintas variables en la producción de biogás a escala laboratorio. El objeto de estudio es la producción de biogás a partir de un “sustrato artificial representativo” (SAR) diseñado para representar una composición típica de residuos orgánicos domiciliarios. Paralelamente a los estudios de la producción de biogás se lleva adelante el desarrollo de un caudalímetro hidráulico robusto y de bajo costo. Finalmente, se está trabajando en un proyecto de monitoreo y optimización de dos plantas de biogás a escalas reales y en funcionamiento en dos localidades de la provincia de Santa Fe (Ataliva y Emilia).



Figura 1 | Proyecto de caracterización de residuos sólidos urbanos.



Figura 2 | Imágenes tomadas durante los experimentos realizados en los laboratorios de INTI-Rafaela.

A través de la colaboración con entidades privadas y públicas, académicas e industriales, el equipo de trabajo observa una necesidad y demanda de conocimiento, tanto teórico como práctico, en el ámbito de la revalorización energética de la biomasa. Las actividades económicas locales generan grandes cantidades de biomasa que presentan un desafío ambiental y económico en el futuro. De esta manera, la revalorización de estos residuos es de gran interés, tanto para la estabilización biológica de los residuos como para la producción de energía térmica y/o eléctrica.

Resultados y lecciones aprendidas

Con este aporte, se busca compartir las experiencias en la formación del grupo de investigación y desarrollo conformado por investigadores jóvenes en una universidad con pocos años de historia. Nos parece relevante presentar el recorrido del grupo desde sus inicios a la actualidad y exponer nuestras vivencias y las perspectivas a futuro a la comunidad internacional de la RedBioLAC. Además, pensamos que estas experiencias pueden ser beneficiosas y un potencial de aprendizaje para grupos de características similares. De manera breve, se presentarán los resultados resumidos de los proyectos de investigación ya finalizados y en ejecución, esto permitirá describir la trayectoria y experiencia del grupo de trabajo.

Caracterización de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Rafaela

En este proyecto se analizaron las características fisicoquímicas de la fracción no-recuperable de los RSU de Rafaela, se tomaron 48 muestras durante un año. El muestreo se realizó de forma alternada en los 16 sectores de la ciudad, definidos según el esquema de recolección municipal, cada sector fue muestreado tres veces en diferentes estaciones del año. Se observó un porcentaje de residuos orgánicos de 85 % (%m), dentro de los que prevalecieron los restos de comida, papeles húmedos, elementos de higiene personal, con un contenido de humedad por encima del 70 % y un porcentaje de sólidos volátiles de 20-25 %. Los valores presentaron características adecuadas la digestión en seco de régimen semi-continuo o batch (Rocamora *et al.*, 2020). La relación C/N relevada (23:1) se ubica dentro del intervalo recomendado (entre 15:1 y 45:1), mientras que el pH arrojó un promedio relativamente bajo (5,05) para el proceso de digestión anaeróbica, evidenciando la necesidad de reducir la acidez a partir del agregado de sustancias o sustratos con características básicas (ej. carbonato de calcio, hueso). Además, se pudo comprobar que la fracción biodegradable es un sustrato muy heterogéneo, que contiene una importante cantidad de materiales que pueden considerarse inertes durante el proceso de biodigestión. Basado en estos resultados, la tecnología de digestión anaeróbica seca fue evaluada como la propuesta elegida para el caso de estudio.

Desarrollo de una planta piloto de fermentación seca a escala semi-industrial:

El grupo de trabajo de la UNRaf y una empresa local llevaron a cabo el diseño de una planta piloto de digestión anaeróbica seca. El concepto desarrollado tiene la capacidad de producir biogás a partir de 200 t de residuos por año. La planta cuenta con dos reactores tipo batch de 30 m³ cada uno, un sistema de recirculación de efluente y gases, y 25 m³ de almacenamiento de biogás que se aprovecha térmicamente. El proyecto fue publicado en la revista RedBioLAC del año 2020 (Routier *et al.*, 2020).

Investigación de Distintas Variables en la Producción de Biogás a Escala Laboratorio y Desarrollo de un Caudalímetro Hidráulico:

Para investigar la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos a escala laboratorio, se diseñó un “sustrato artificial representativo” (SAR) manteniendo la composición de residuos típicos y una relación C:N similar a la relevada en el estudio anterior. Para el estudio, se emplearon dos biodigestores batch de 12 litros de volumen cada uno; allí se cuantificó la producción de biogás y los parámetros físico-químicos del sustrato en función del tiempo de fermentación. Los ensayos fueron realizados en un incubador a una temperatura constante de 37 °C (Figura 2). La composición del biogás producido se analizó con un medidor “MRU Optima 7 Biogas”, los gases a determinar fueron metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S). En el sustrato se eligieron analizar los siguientes parámetros: humedad, sólidos totales, fijos y volátiles, cenizas, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y Kjeldahl y amonio. Estos experimentos y el desarrollo del caudalímetro hidráulico están actualmente en marcha y se esperan los resultados finales para finales del 2021.

Estudio, el análisis y la optimización de plantas de biogás a pequeña escala

Se encuentra en ejecución un proyecto que investiga dos plantas de biogás de pequeña escala en dos municipios (comuna de la Emilia y localidad de Ataliva) donde se encuentran instalados dos biodigestores en escuelas, ambos se alimentan con residuos sólidos orgánicos de la comuna. El biogás producido se aprovecha térmicamente en la producción de conservas y la crianza de pollos respectivamente. En ambos casos, el estudio tiene por objetivo analizar parámetros operativos para optimizar la producción de biogás y elaborar alternativas de aprovechamiento de este. Asimismo, se pretende estudiar el digestato o lodo generado para su uso como fertilizante orgánico en la zona de estudio.

Conclusiones y recomendaciones

La UNRaf y por tanto sus laboratorios están en una etapa de constante consolidación y crecimiento, ya sea desde la parte edilicia, como de recursos humanos. Si bien las dificultades a lo largo de los 4 años de trabajo del grupo han sido muchas, el aprendizaje, la incorporación de equipamiento y recursos humanos a lo largo de estos años del Lab Ta ha posibilitado evolucionar hacia el objetivo de establecer un centro tecnológico de biogás que permita brindar servicios de caracterización de sustratos orgánicos, determinación del potencial energético y la evaluación técnica y económica de proyectos para el aprovechamiento energético de residuos. Mediante estos servicios se pretende promover la adopción de tecnologías limpias y fuentes de energía renovable, específicamente el biogás, al sector público y privado en el territorio de la Provincia de Santa Fe. El grupo destaca la importancia de proyectar la investigación en la temática a mediano y largo plazo, y la relevancia de crear una red de colaboración con órganos públicos y privados. Para el aprovechamiento energético de los RSU mediante la producción de biogás, es importante trabajar junto al sector público local y nacional en cambios de normativas tendientes a incentivar al sector privado a utilizar la tecnología. Por otro lado, es de suma importancia coordinar acciones con el municipio, provincia y nación con el objetivo de mejorar la gestión de los residuos a largo plazo. En lo que respecta a colaboraciones con el sector privado, nuestra experiencia muestra que en general requieren otro enfoque y plazos de tiempo más cortos, es recomendable orientar los proyectos con este sector a desarrollos tecnológicos puntuales. Para incentivar la producción de biogás en una región sin mucho desarrollo previo en el ámbito, se recomienda elaborar un plan de acciones que integre diferentes dimensiones de escala y diferentes plazos de tiempo. El éxito en imponer una tecnología como la del biogás en nuestra región requiere de un abordaje integral y multidisciplinar que incluyan lo puramente tecnológico, cuestiones de normativas, estructura económico-productiva y aspectos sociales.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Rafaela por otorgar el financiamiento para los estudios y el desarrollo, así como a entidades públicas y privadas que han permitido realizar los estudios.

Referencias

- Blatter, F., Routier, A., Schmelzle, M., y Valdez, H. (2019). Caracterización físico química de la fracción no recuperables de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Rafaela [Discurso]. II Congreso Internacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos GIRSU, San Juan, Argentina.
- CAMMESA. (2021). Informe Renovables Enero 2021. Compañía Administradora del Mercado Mayorista Sociedad Anónima. <https://cammesaweb.cammesa.com/infantmater/> (accedido 8/2021)
- Di María, F., Gigliotti, G., Sordi, A., Micale, C., Zadra, C., & Massaccesi, L. (2013). Hybrid solid anaerobic digestion batch: biomethane production and mass recovery from the organic fraction of solid waste. *Waste Management & Research*, 31(8), 869–873. <https://doi.org/10.1177/0734242X13477902>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). (2010). Guía sobre el Biogás. Quinta edición. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. <https://mediathek.fnr.de/broschuren/fremdsprachige-publikationen/espanol/guia-sobre-el-biogas.html>
- FAO. (2019). Relevamiento Nacional de Biodigestores. Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético térmico y eléctrico. Colección Documentos Técnicos N°6. FAO, Buenos Aires
- Gübitz, G., Bauer, A., Bochmann, G., Gronauer, A., y Weiss, S. (2015). *Biogas Science and Technology*. Springer.
- Rajesh Banu, J., & Kannah, R. Y. (2019) *Anaerobic Digestion*. IntechOpen Limited.
- Rocamora, I., Wagland, S., Billa, R., Simpson, E. W., Fernández, O., & Bajón-Fernández, Y. (2020). Dry anaerobic digestion of organic waste: A review of operational parameters and their impact on process performance. *Bioresource Technology*, 299, 122681. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122681>