

Producción de biogás a partir de materiales ricos en fibra, mediante hidrólisis hidrotérmica

El Grupo Operativo HIDROTERM propone la combinación de hidrólisis hidrotérmica y la digestión anaerobia para emplear residuos con alto contenido en fibras en plantas de biogás agroindustrial.

Artículo de Belén Fernández, Paula Gálvez, IRTA; Joan B. Pons, Sebastián Farré, Torre Santamaria SL; Xavier Cuberes, Erena Estrada, Josep A. Gómez, Remondis Iberia SAU; Guillermo Douat, Eudald Tuxans, L. Zulema Borjas, Jordi Casasayas, Beatriz Corzo, Acsa Obras e Infraestructuras SAU; Conrad Paga, Clúster de Bioenergía de Cataluña.

El biogás se produce a partir de biomasa como cultivos energéticos, residuos forestales, residuos agrícolas, residuos de alimentos, fangos de depuradoras, etc., mediante el proceso llamado digestión anaerobia (DA), un proceso biológico que ocurre en ausencia de oxígeno. Hay diversas tecnologías para llevar a cabo el proceso de DA, pero los sistemas de mezcla completa se consideran los más consolidados a nivel industrial para el tratamiento de residuos orgánicos (GENCAT 2025). El otro producto del proceso es el digerido, usado frecuentemente como un producto fertilizante orgánico.

Según la Agencia Internacional de la Energía, el potencial de producción sostenible de biogás equivale a una cuarta parte de la demanda mundial de gas natural, siendo Europa el territorio con mayor potencial de producción de biogás (40%) (IEA 2025). El mercado del biogás y del biometano crece en cada país por diferentes impulsos: el regulatorio y los incentivos; los avances tecnológicos que abaratan costes; los beneficios ambientales y de economía circular; la mayor seguridad energética; o el incremento de la población y/o la urbanización que aporta más residuos como materia prima (Markets 2024).

En 2024, había 270 plantas de biogás en España, muy por debajo de su potencial (EBA 2024) a pesar de que España dispone de una Hoja de ruta del biogás (MITECO 2022) que fija un objetivo de producción de 10,4 TWh/año en 2030, momento en que el biometano contribuiría a alcanzar un 25 % de energía renovable empleada en el sector del transporte. Como ejemplo, Cataluña dispone de 70 plantas de biogás y 12 de biometano en 2024 (EBA 2024), junto con una Estrategia Catalana del Biogás que tiene como uno de sus objetivos aumentar la cantidad de deyecciones procesadas vía DA (31 % deyecciones totales en 2030 frente a 4 % en 2020) (GENCAT 2024). Esto supondrá que, en la mayoría de las futuras plantas de biogás, se planteará la codigestión con otros residuos agroindustriales para asegurar su viabi-



lidad económica. Por tanto, es necesario el desarrollo tecnológico que permita emplear sustratos de varios orígenes (forestal, ganadero, agrícola o industrial) que, en conjunto, presentan una gran potencialidad para aumentar la capacidad de producción de biogás.

Materiales lignocelulósicos

Al contrario de la paja de cereal que sí llega a cotizar en los mercados agrarios, la gestión de otras biomasas lignocelulósicas (de origen agrícola, industrial, residual o secundaria como, por ejemplo, poda, astillas, cáscaras, raspones, hojas, etc.) se contempla a menudo como un problema. Tradicionalmente, la biomasa lignocelulósica se utiliza para producción de compost (sustrato o estructurante); como cobertura o sustrato para suelos; como material para lecho de animales; y más recientemente, se emplea en peletización por su uso en calderas (combustible) o para gasificación (biochar). Todos estos materiales con alto contenido en fibras no suelen ser valorados en DA para la producción de biogás debido a que su rendimiento es muy bajo o su velocidad de descomposición es muy lenta.

Históricamente, la producción de combustibles alternativos y productos químicos de valor añadido a partir de biomasa residual se ha basado principalmente en dos vías de conversión: métodos termoquímicos y bioquímicos. Los procesos bioquímicos están en su mayoría bien desarrollados y ampliamente utilizados. Sin embargo, estos métodos por sí solos no son eficientes para el tratamiento de residuos orgánicos ricos en lignina. Las tecnologías termoquímicas convencionales, como la pirólisis y la gasificación, no son adecuadas para el procesamiento de biomasas con alto contenido de humedad.

Proyecto HIDROTERM

El proyecto HIDROTERM es un grupo operativo integrado por Torre Santamaria SCCL, Remonids Iberia SAU, Sorigué, coordinado el Clúster de Bioenergia de Catalunya (CBC) y en el que participa Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA) como entidad de investigación.

Como proyecto innovador, HIDROTERM pretende combinar la DA con la licuefacción o hidrólisis hidrotérmica (HH), un proceso termoquímico aplicable a residuos y/o biomasa humedades, para generar un cambio en la gestión de residuos generados en la industria agrícola. El objetivo general del proyecto es evaluar dicha combinación para optimizar la producción de biogás en digestores agroindustriales, sin modificar las condiciones de funcionamiento de los digestores industriales, a partir de residuos con alto contenido en fibra.

La HH tiene una serie de ventajas cuando en comparación con otros pretratamientos de biomasa lignocelulósica: (i) su duración está en el intervalo de las "horas", lo que permite un diseño más compacto del reactor; (ii) permite la fijación de una parte del carbono inicial; (iii) se descomponen materias tóxicas para DA; y (iv) se destruyen patógenos facilitando el uso del digestato. Es aplicable a biomasa con alto contenido de humedad (<80%) a diferencia de otros procesos termoquímicos (pirólisis, torrefacción o gasificación); por tanto, las materias primas húmedas no necesitan pasar por un secado antes de HH. Como

desventaja, es un proceso que requiere energía, ya que el proceso de HH o carbonización hidrotérmica es un proceso que necesita temperaturas de 170 - 250 °C y presiones de 8-50 bar.

Efecto de la tecnología de HH

Como caso de estudio, se seleccionaron las comarcas de Ponent en Cataluña (Segriá, Noguera, Pla d'Urgell, Urgell, Segarra, y Garrigues) donde ya existe alguna planta de biogás, y se están proyectando nuevos digestores. En estas comarcas predominan actividades agrícolas de tipo frutícola de regadío, vitivinícolas, oleícolas, cultivo extensivo de cereales (cebada o trigo), de leguminosas y de herbáceos, así como ganaderas (mayoritariamente bovina, avícola, y porcina) junto con actividades industriales de transformación de estos productos (DIPUTACIÓ DE LLEIDA, 2023).

En este contexto, se seleccionan dos condiciones de operación de HH, dentro del intervalo bajo de temperatura y presión, aplicándose a 18 materiales lignocelulósicos, recogidos en las comarcas indicadas, con un contenido de fibra entre 17 y 87% de su materia seca. Se agruparon en tres categorías: (1) cercanos a la planta de biogás, pero no usados en DA (9 materiales; entre ellos, huesos de fruta, astilla forestal, restos de poda u hollejos de uva); (2) cercanos y usados en codigestión (8 materiales; entre ellos, pulpa de frutas, y deyecciones.); y (3) fangos de depuradora industrial (1 material).

Al final del proceso HH, se producen 3 fases: sólida o hidrochar (8-22% del peso del material inicial); líquida o hidrolizado (75-86% del peso del material inicial); gaseosa (3-9% del peso del material inicial). Tras el HH, la hemicelulosa y una parte de la celulosa de la biomasa pretratada se convierten en metano durante la DA, mientras que el resto de la celulosa y la lignina componen principalmente el hidrochar sólido.

En general, el proceso de HH mejoró tanto la biodegradabilidad (+20%) como el potencial de biometanización (+100%) de la mayoría de los materiales de la categoría 1, comparándolos con el mismo material antes y después del tratamiento HH, mientras que apenas afectó o empeoró la biometanización de los materiales de la categoría 2. Los materiales hidrolizados de la categoría 1 son adecuados además para ser valorizados mediante codigestión con deyecciones ganaderas (en el proyecto, se seleccionó estiércol y purín vacuno de leche), siempre y cuando su biodegradabilidad y rendimiento sean mayores que el de las deyecciones.

En la actualidad, dentro del proyecto, se está optimizando el funcionamiento del piloto de HH y DA en régimen de codigestión y operándose en continuo, usándose los mejores materiales hidrolizados, y se están comenzando a caracterizar los digeridos e hidrochares obtenidos.

En definitiva, se pone de manifiesto que la HH ha demostrado ser eficaz en la descomposición de la materia orgánica de biomasa lignocelulósica, mejorando la disponibilidad de sustratos para la producción de biogás. La HH sería pues un buen pretratamiento en estos sustratos difíciles de digerir para mejorar su potencial de generación de biogás. Además, esta tecnología es capaz de manejar varios tipos de residuos, desde residuos agrícolas hasta lodos de depuradoras, asegurando versatilidad en la aplicación y puede integrarse fácilmente con infraestructuras de tratamiento de residuos ya existentes.

Se establece una posible nueva cadena de valor a partir de una tecnología innovadora, permitiendo aplicar un fertilizante con mayor calidad nutricional, mayor predictibilidad y menor riesgo de impacto ambiental.

Gracias al desarrollo del presente proyecto, se quiere incidir en aumentar el alcance de suministro de biomasa para el sector biogás, para también poder promover la valorización de los residuos industriales y agrícolas en Cataluña y España, al mismo tiempo que se mejora en la autosuficiencia y diversificación del mix energético.

Proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través de la intervención 7161 del Plan estratégico de la PAC (PEPAC) 2023-2027".

