

La bioeconomía circular aplicada a la desulfuración de biogás: el proyecto LIFE BIOGASNET

Martín Ramírez¹; Juan Jesús Ortega²; Óscar Prado³; Carolina Ramírez⁴; Konstantinos Moustakas⁵; Xavier Gamisans⁶

¹ Universidad de Cádiz | uca.es • ² Bioreciclaje de Cádiz | bioreciclaje.es • ³ AERIS Tecnologías Ambientales | aeris.es

⁴ EURECAT | eurecat.org • ⁵ Universidad Técnica Nacional de Atenas | ntua.gr • ⁶ Universidad Politécnica de Catalunya | upc.edu

BIOGASNET
PRETENDE
DEMOSTRAR LA
VIABILIDAD DE UNA
NUEVA TECNOLOGÍA
DE BAJO COSTE Y
SOSTENIBLE PARA LA
DESULFURACIÓN DE
BIOGÁS, BASADA EN
PROCESOS
BIOLÓGICOS PARA
OBTENER BIOGÁS DE
ALTA CALIDAD Y
SUBPRODUCTOS DE
VALOR AÑADIDO ●

INTRODUCCIÓN

El uso del biogás como fuente de energía se ha visto incrementado en la Unión Europea debido a su bajo coste y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que conlleva, en comparación con los combustibles fósiles. En 2016 en el marco de la Unión Europea se produjeron 62.5 TWh de electricidad a partir de biogás, siendo esta producción incrementada un 3% los últimos años. Sin embargo, el uso del biogás como combustible requiere un cierto acondicionamiento, incluyendo la eliminación del sulfuro de hidrógeno (H₂S) que puede contener, dado que éste puede dar lugar a una amplia gama de problemas como la corrosión, daños en los equipos de combustión y la emisión de dióxido de azufre (SO₂). Así pues, el contenido de H₂S en el biogás condiciona su uso como energía alternativa y, por ello, se requieren

tecnologías de desulfuración para su reducción. En este contexto, el proyecto LIFE BIOGASNET pretende demostrar la viabilidad de una nueva tecnología de bajo coste y amigable con el medio ambiente para la desulfuración de biogás, basada en procesos biológicos que permitan obtener un biogás de alta calidad y, a su vez, generar subproductos de valor añadido. Con ello, el proyecto persigue potenciar el uso del biogás como fuente de energía alternativa, mediante la reducción de la huella de carbono en el ciclo de la energía y, en general, la promoción de la bioeconomía circular.

Los objetivos específicos que persigue el proyecto LIFE BIOGASNET son:

- Promover la implementación de tecnologías versátiles para la desulfuración de biogás mediante el uso de técnicas biológicas.
- Obtener un biogás apto para su uso in-situ en instalaciones de cogeneración.



Imagen del prototipo instalado en Cádiz

- Reducir las emisiones de SO_2 .
- Producir materias primas como subproductos (azufre elemental y/o sulfato de amonio).
- Usar efluentes residuales industriales como fuente de nitrógeno para el proceso de desulfuración anóxica.
- Reducir la huella de carbono en la producción de biogás.
- Cuantificar el impacto económico de la tecnología y compararlo con tecnologías actualmente disponibles.
- Disseminación de resultados a la sociedad en general.
- Promover la implementación de políticas ambientales y estrategias para reducir el impacto ambiental de uso de biogás como combustible.

Durante la ejecución del proyecto LIFE BIOGASNET, se desarrollará un

prototipo que se instalará, inicialmente, en el Complejo Ambiental de Miramundo-Los Hardales situado en la localidad de Medina Sidonia (Cádiz) y, posteriormente, en la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos de Fili Anno Liosia en Atenas (Grecia), con diferentes fuentes de biogás, con el objetivo de validar la tecnología y su funcionamiento en entornos y condiciones diversas.

El consorcio de LIFE BIOGASNET está coordinado por la Universitat Politècnica de Catalunya, que participa en todas las acciones del proyecto, supervisando la operación de los prototipos. También forma parte el centro tecnológico EURECAT, Centre Tecnològic de Catalunya, que participa en la supervisión de los prototipos y en la

caracterización de la biomasa, las rutas de adaptación y valorización de los subproductos obtenidos, así como en la cuantificación y comunicación de los impactos ambientales y socioeconómicos del proyecto.

Por su parte, desde la Universidad de Cádiz se dirigirán las acciones relacionadas con el funcionamiento del prototipo en el Complejo Ambiental de Miramundo-Los Hardales, que ya se encuentra en operación. Por su parte, la Universidad Técnica Nacional de Atenas liderará las actividades que se desarrollarán en Grecia y participará en acciones de seguimiento y de difusión.

El diseño completo del prototipo será realizado por la empresa AERIS Tecnologías Ambientales S.L., en colaboración con los socios del proyecto

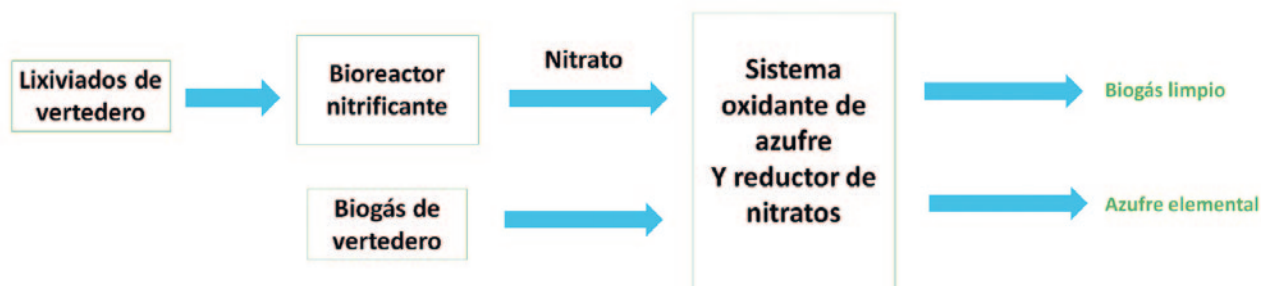
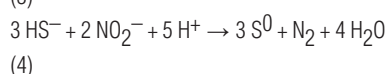
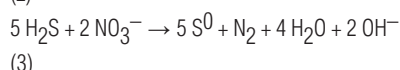
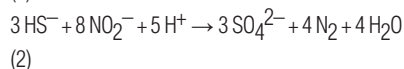
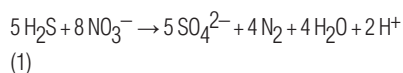


Figura 1: Configuración para la planta piloto instalada en Cádiz

LIFE BIOGASNET, y será responsable de la evaluación económica de la tecnología y de su comercialización en el mercado. El proyecto se desarrollará inicialmente en el Complejo Ambiental de Miramundo-Los Hadales, titularidad del Consorcio para la Gestión de los Residuos Urbanos de la provincia de Cádiz y gestionado por Bioreciclaje de Cádiz, S.A.

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología propuesta en el proyecto BIOGASNET se basa en la desnitrificación autótrofa, donde el sulfuro de hidrógeno (H_2S) actúa como donador de electrones oxidándose a sulfato (ecuaciones 1 y 2) o azufre elemental (ecuación 3 y 4) y el nitrato/nitrito es reducido a nitrógeno gaseoso.



La obtención de un producto final u otro (azufre o sulfato) es fácilmente controlable en este tipo de reactores mediante la ratio molar nitrógeno:azu-

La tecnología propuesta en el proyecto BIOGASNET se basa en la desnitrificación autótrofa, donde el sulfuro de hidrógeno actúa como donador de electrones oxidándose a sulfato o azufre elemental y el nitrato/nitrito es reducido a nitrógeno gaseoso

fre (López et al., 2018). Así pues, empleando por ejemplo nitrato se puede llegar a una oxidación total a sulfato con una relación superior a 1.6 mol mol^{-1} (ecuación 1) o bien a azufre esta relación se disminuye hasta 0.4 mol mol^{-1} (ecuación 3).

La desnitrificación autótrofa ha sido ampliamente estudiada en los últimos años por varios grupos de investigación (Almenglo et al., 2016; Khanongnuch et al., 2019; Soreanu et al., 2008; Zeng et al., 2019), entre los que cabe destacar los trabajos realizados por el grupo TEP-105 de Universidad de Cádiz en su línea de investigación de Biodesulfuración y biofiltración de efluentes gaseosos (<https://tep105.uca.es/biofiltracion/>). Inicialmente los estudios emplearon biofiltros percoladores, los cuales presentan grandes ventajas, tales como la alta capacidad de eliminación y estabilidad de

operación, dado que la biomasa se encuentra inmovilizada en un soporte inerte (Cano et al., 2019; López et al., 2018). Por ejemplo, Cano et al. (2019) empleando un biofiltro percolador con anillos Pall han alcanzado una capacidad de eliminación de hasta $287 \text{ gS-H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$ con un 99% de eliminación. Otro aspecto a destacar es la capacidad de usar tanto nitrito como nitrato sin verse afectada su eficiencia de eliminación (Brito et al., 2018), puesto que las principales poblaciones no se ven afectadas ante un cambio el aceptor final de electrones. Igualmente, los sistemas permiten el control preciso de la concentración de H_2S de salida mediante el uso de un control retroalimentado tipo PID (Brito et al., 2019, 2018), y se ha demostrado su viabilidad con biogás real (Almenglo et al., 2016). El único problema es la acumulación de azufre en el lecho, pero es-

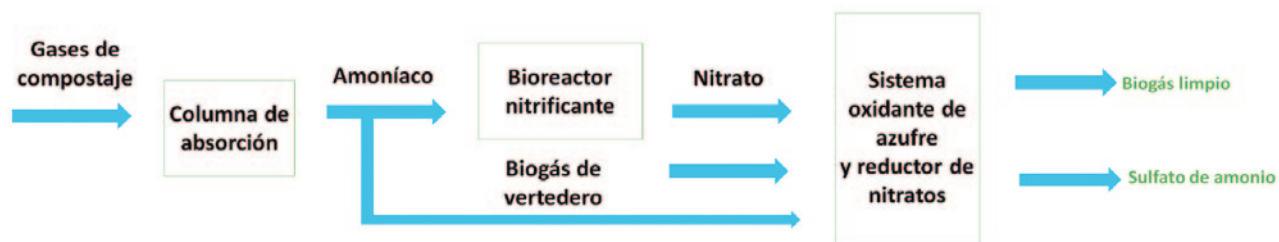


Figura 2: Configuración para la planta piloto instalada en Atenas

te puede ser solventado trabajando a una alta ratio nitrógeno: azufre.

Como alternativa a los biofiltros percoladores es posible emplear biorreactores con biomasa en suspensión (González-Cortés et al., 2021b, 2021a, 2020). En estos reactores se cuenta con la ventaja de poder trabajar a bajas ratios favoreciendo la producción de azufre elemental (hasta 99%), aunque la capacidad de eliminación es un poco menor (hasta $180 \text{ gS-H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$ con un 98.1% de eliminación (González-Cortés et al., 2020)). El azufre en este caso puede ser fácilmente separado, obteniendo un subproducto que puede resultar de interés por ejemplo en industria de los fertilizantes.

El único inconveniente de la desulfuración de biogás en condiciones anóxicas es la fuente de donde provenga el nitrato/nitrito, dado que si se usan reactivos químicos esto conlleva un aumento de coste de operación y de impacto ambiental. Sin embargo, el aceptor final de electrones puede ser obtenido en un reactor de nitrificación, permitiendo que esta tecnología sea una de las de menor impacto ambiental comparadas con otras fisicoquímicas e incluso otras biológicas (Cano et al., 2018). La unión en un sistema de los procesos de desnitrificación autótrofa y nitrificación de efluentes ricos en amonio es por tanto la unión perfecta de dos tecnologías, dado que se per-

mite al proceso de desulfuración alimentarse de otro bioproceso e igualmente la desulfuración del biogás permite tratar de forma paralela efluentes ricos en amonio (Deng et al., 2009; González-Cortés et al., 2021a; Zeng et al., 2019), tales como los lixiviados de vertederos, aguas de rechazo del deshidratado de fangos en EDARs, etc.

La tecnología propuesta en el proyecto BIOGASNET consta de dos configuraciones en función del tipo de efluente líquido rico en amonio a nitrificar y del producto final de oxidación del H_2S .

La primera configuración (figura 1) consta de un biorreactor de nitrificación que es alimentado con lixiviados de vertedero y el producto final de la oxidación de H_2S es el azufre elemental. Se emplea por tanto como biorreactor de desulfuración un biorreactor con biomasa de suspensión operado a una baja ratio nitrógeno: azufre. En este caso se ha seleccionado un biolavador, donde en la torre de lavado se lleva a cabo la absorción del H_2S del biogás al medio líquido, siendo la biooxidación llevada a cabo en un biorreactor y la separación del azufre en un decantador. El empleo de una torre de lavado en lugar de alimentación directa del biogás al biorreactor tiene como ventaja la disminución de los costes de compresión del biogás. Esta configuración se encuentra ya instalada y en fase de arranque en el Complejo

Ambiental de Miramundo-Los Hardales (Medina Sidonia, Cádiz).

La segunda configuración (figura 2) consta de un biorreactor de nitrificación que será alimentado con un efluente rico en amonio obtenido de una torre de lavado de gases de compostaje. El producto final de la oxidación del H_2S será el sulfato, empleado en este caso un biofiltro percolador operado a una elevada ratio nitrógeno:azufre. En esta configuración se obtendrá como subproducto sulfato amónico. Esta configuración se instalará a finales del 2021 en una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos en la región de Ática (Atenas, Grecia).

Mediante estas dos configuraciones se mostrará la versatilidad de esta tecnología que puede ser alimentada tanto con efluentes líquidos ricos en amonio (lixiviados) como gaseosos (gases de compostaje). Además de poder obtener como subproducto bien azufre elemental o sulfato amónico. La obtención de un subproducto es de gran interés no solo por la revalorización que pueda llevarse a cabo sino porque se retira el azufre del sistema, evitando que el azufre o sulfato puedan llegar de nuevo a reducirse e incrementar la concentración de H_2S a medio o largo plazo. Además, de forma paralela se trata un efluente contaminante rico en amonio con el consecuente beneficio medioambiental. ●