

# Estudio de la capacidad de adsorción de H<sub>2</sub>S del producto sólido de pirólisis producido a partir de los principales componentes del digestato de purín

África Navarro-Gil, Noemí Gil-Lalaguna, Isabel Fonts, Joaquín Ruiz, Jesús Ceamanos, Javier Ábrego, María Benita Murillo, Gloria Gea

Grupo de procesos termoquímicos (GPT)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762707, e-mail: [africa@unizar.es](mailto:africa@unizar.es)

## Resumen

En este trabajo se va a analizar el efecto de la composición de la fracción orgánica del digestato de purín sobre la capacidad de adsorción de H<sub>2</sub>S a 25 °C del char obtenido mediante pirólisis. Para ello se va a estudiar el comportamiento de sus principales componentes orgánicos: celulosa, lignina y proteínas.

## Introducción y objetivos

El purín es uno de los principales residuos orgánicos generados en la ganadería intensiva que, junto a otros residuos del sector agroalimentario, son tratados por medio de una co – digestión anaerobia para obtener un biogás combustible que podría usarse como energía en la propia explotación. Sin embargo, el biogás presenta en su composición H<sub>2</sub>S, gas contaminante que hay que eliminar para su uso como combustible, proceso de mejora que supone un coste extra para la instalación. La concentración de azufre introducida al digestor varía según la materia prima a tratar, lo que influye significativamente en los niveles de H<sub>2</sub>S del biogás [1]. En el caso de los purines, su composición puede presentar alto contenido en azufre debido a la presencia de este elemento en las proteínas que constituyen parte de su estructura orgánica.

Durante la co – digestión anaerobia se produce un digestato cuya principal valorización es su uso como fertilizante en suelos agrícolas, sin embargo, en aquellas zonas en las que no se dispone de suficiente superficie de suelo agrícola, genera una problemática ambiental grave. Por este motivo, se plantea una alternativa de gestión de estos residuos agrícolas con la integración de tratamientos termoquímicos, como la pirólisis, junto al digestor anaerobio, con el fin de obtener un adsorbente de bajo coste útil para la limpieza del biogás, impulsando así el concepto de economía circular en las explotaciones de ganadería

intensiva. Mediante pirólisis, la biomasa se descompone térmicamente en atmosfera inerte para obtener un sólido (char) rico en carbono y con propiedades estructurales adecuadas para su uso en la captura de H<sub>2</sub>S [2][3].

Debido a que la composición de los purines es muy variable dependiendo del tipo de explotación, la dieta de los animales, el manejo de la explotación e incluso la estación del año en el que se recoge, es necesario analizar el efecto de su composición en la preparación del char y en su capacidad de retener H<sub>2</sub>S. Este estudio se puede abordar a través del análisis del comportamiento de los principales componentes estructurales del digestato de purín, como son la celulosa, lignina y proteínas.

## Materiales y métodos

### Materia prima

Las materias primas empleadas durante los ensayos de pirólisis para obtener el char han sido purín co - digerido con restos agroalimentarios, y los componentes orgánicos representativos de su estructura: celulosa, lignina y proteína de soja.

### Procedimiento experimental

Los experimentos de pirólisis de las materias primas han sido llevados a cabo en un reactor de lecho fijo de 5 – 10 g de capacidad en atmosfera inerte de N<sub>2</sub>, a una temperatura final de pirólisis de 750 °C, alcanzada con una rampa de calentamiento de 10 °C/min y mantenida durante 1 h.

La capacidad de adsorción de H<sub>2</sub>S de los chares obtenidos se ha determinado a 25 °C y 1 atm utilizando una corriente gaseosa con una concentración del 1 % en volumen de H<sub>2</sub>S. El sistema experimental de adsorción se compone de un dispositivo de vidrio donde se introduce un lecho fijo de 0.6 g de char. A través del lecho se hace pasar una mezcla de gases conformada por Ar, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S con un

caudal constante de 70 mL/min. La evolución de la composición del gas con el tiempo, tras atravesar el lecho, es analizada en continuo con un espectrómetro de masas. El estudio de adsorción de H<sub>2</sub>S se ha llevado a cabo por medio de una primera etapa de adsorción a 25 °C durante 3 h seguida de una desorción a 150 °C en ausencia de H<sub>2</sub>S, tal y como se muestra en la Figura 1. El análisis de los datos del ciclo permite estudiar el proceso de adsorción (fisorción o químisorción) en los chares. Finalmente, se ha analizado la cantidad de azufre retenido químicamente en los sólidos por medio de un análisis elemental para corroborar los resultados obtenidos.

## Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra la capacidad de adsorción de H<sub>2</sub>S a 25 °C de los chares obtenidos, para una concentración de 1 % en volumen de H<sub>2</sub>S en el gas y presión atmosférica. También se indica la cantidad de H<sub>2</sub>S por gramo de char desorbido a 150 °C. Se puede observar que el char de lignina presenta mayor capacidad de adsorción (32,0 mg/g), seguido del char del digestato de purín (23,8 mg/g), celulosa (22,9 mg/g) y proteína de soja (3,5 mg/g). Los resultados indican que durante el proceso de adsorción parte del H<sub>2</sub>S reacciona químicamente con la superficie del sólido. La diferencia obtenida entre la cantidad de H<sub>2</sub>S adsorbida y desorbida en los chares de lignina y digestato de purín muestra que la adsorción en estos sólidos no es reversible. En cambio, en el char de celulosa, la cantidad adsorbida y desorbida son muy semejantes, la reversibilidad del proceso sugiere que en este char el mecanismo de adsorción es físico.

En la Figura 2, a modo de ejemplo, se muestra la curva de adsorción del char de celulosa, donde se observa un tiempo de ruptura de 15 minutos. Este tiempo se ha determinado como el tiempo que transcurre desde el inicio del proceso de adsorción hasta que se detecta a la salida un 0.5% de la concentración de H<sub>2</sub>S en el gas de entrada bajo nuestras condiciones de operación. En cuanto a los chares de lignina y digestato de purín presentaron un tiempo de ruptura de 7 minutos, mientras que en la proteína de soja fue de 2 minutos.

Los resultados se han corroborado con la cuantificación mediante análisis elemental del S retenido en el sólido tras la etapa de desorción. Los resultados obtenidos se representan en la Figura 3, en la que se compara el contenido en S de los sólidos antes del proceso de adsorción con el contenido de S tras las etapas de adsorción y desorción. Se puede

observar una mayor retención química de S en los chares de lignina y digestato de purín los cuales una vez finalizada la desorción presentan aproximadamente un 1,8 % y 3,4 % en masa de S, mientras que en el char de celulosa y proteína de soja la cantidad retenida es mucho menor (0,2 % S en masa). Estos resultados sugieren que el componente del char de digestato de purín que contribuye en mayor medida a retener el H<sub>2</sub>S es la fracción derivada de la lignina.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que el char de residuos ganaderos como el purín pueden ser adecuados como sólidos adsorbentes de bajo coste para la adsorción de H<sub>2</sub>S. El char de celulosa y el de lignina presentan mayores capacidades de adsorción que el char de proteína de soja que apenas retiene H<sub>2</sub>S. Por consiguiente, la capacidad de adsorción de la fracción orgánica del digestato de purín proviene principalmente de su estructura lignocelulósica. Por otro lado, debido a la presencia de lignina, el mecanismo de adsorción de H<sub>2</sub>S en el char de purín combina procesos de fisorción y químisorción.

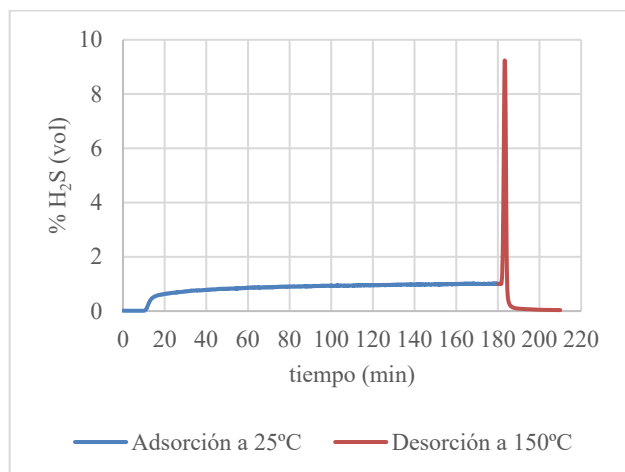
## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida del Gobierno de Aragón (Ref. T22\_20R), cofinanciado por FEDER 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón" y del MICINN (PID2019-107200RB-I00), a quienes A. Navarro agradece la ayuda FPI recibida (PRE2020-093382). I. Fonts agradece al Fondo Social Europeo, la Agencia Estatal de Investigación y a la Universidad de Zaragoza por el contrato postdoctoral recibido (RYC2020-030593-I).

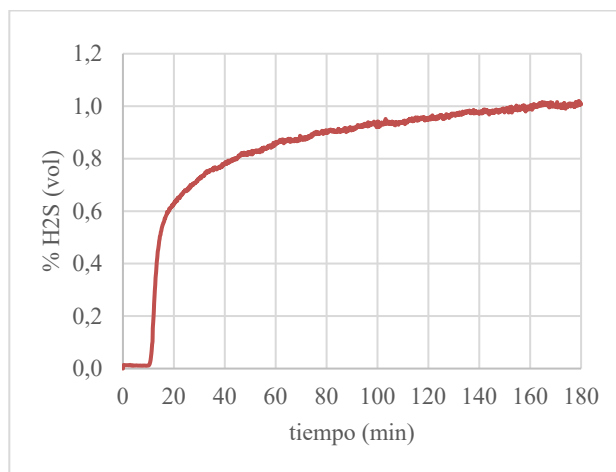
## Referencias

- [1] CHOUDHURY, A., LANSING, S. Adsorption of hydrogen sulfide in biogas using a novel iron-impregnated biochar scrubbing system. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, 9, 104837
- [2] SHANG, G., LI, Q., LIU, L., CHEN, P. and HUANG, X. Adsorption of hydrogen sulfide by biochars derived from pyrolysis of different agricultural/forestry wastes, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2016, 66:1, 8-16.
- [3] HERVY, M., MINH, D., GÉRENTE, C., WEISS-HORTALA, E., NZIHO, A., VILLOT, A., LE COQ, L. H<sub>2</sub>S removal from syngas using wastes pyrolysis chars, *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 334, pages 2179-2189.

## Figuras y tablas



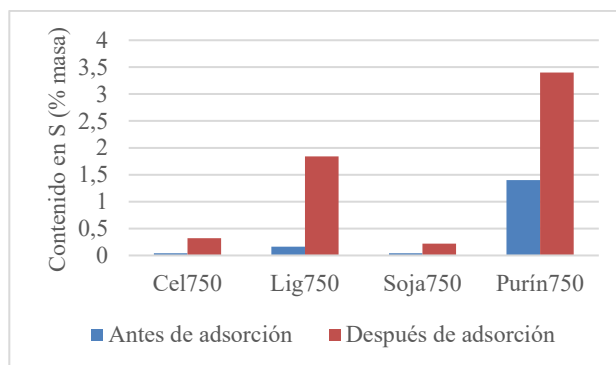
**Figura 1.** Ciclo de adsorción al 1% H<sub>2</sub>S (25°C) y desorción (150°C) en char de celulosa obtenido a 750 °C



**Figura 2.** Curva de adsorción al 1% H<sub>2</sub>S en char de celulosa750

**Tabla 1.** Capacidad de adsorción a 25 °C de los chares obtenidos a 750 °C en el ciclo de adsorción y desorción al 1% (v/v) de H<sub>2</sub>S

mg H <sub>2</sub> S des/g char	Adsorción	Desorción
<b>Celulosa 750</b>	22.9	19.7
<b>Lignina 750</b>	32.0	15.2
<b>Proteína Soja 750</b>	3.5	1.3
<b>Digestato purín 750</b>	23.8	5.8



**Figura 3.** Contenido en azufre (% S masa) en el char original y en los chares después del ciclo de adsorción/desorción