

Proyecto Deep Purple: Bioconversión de biogás en ectoína a escala de laboratorio, escala demostrativa y escala real

Víctor Pérez^{a*}, María del Rosario Rodero^a, Raúl Muñoz^a

^aInstituto de Procesos Sostenibles, Universidad de Valladolid, Dr. Mergelina, s/n, 47011, Valladolid (España).

*e-mail: victor.perez@iq.uva.es

Introducción

En las últimas décadas, la **utilización del biogás como fuente de energía se ha visto comprometida**, debido a los altos costes de capital y de operación y mantenimiento de los sistemas de cogeneración, así como a la reducción de los costes de producción de energías alternativas como la solar y la eólica.

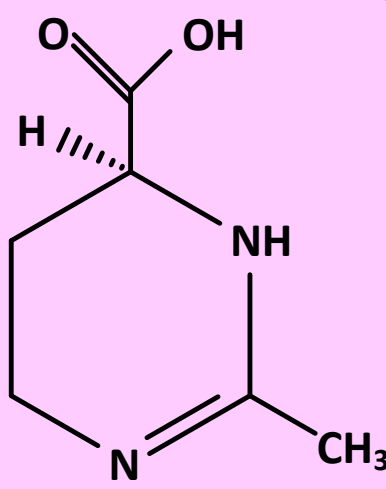
En este contexto, las rutas de valorización alternativas para el biogás, como la **bioconversión de metano en productos de alto valor añadido** utilizando bacterias metanótrofas, han surgido como una tecnología viable desde el punto de vista de la sostenibilidad económica, medioambiental y social.

En el **Instituto de Procesos Sostenibles** de la **Universidad de Valladolid** llevamos años desarrollando a escala de laboratorio el proceso biológico que permite transformar el metano del biogás en **ectoína**. La participación en el proyecto **Deep Purple** nos ha permitido trabajar en el escalado de este proceso para llevarlo desde el laboratorio hasta una escala demostrativa en un entorno real.



¿Qué es la ectoína?

- ❖ Osmo-protector con aplicación en las industrias **cosmética** y **farmacéutica**
- ❖ Producto bacteriano con mayor valor de mercado (**600-1,000 €/kg**)
- ❖ Acumulado por bacterias metanótrofas bajo alta salinidad y liberado en condiciones de baja salinidad en un proceso conocido como “**ordeñado biológico**”



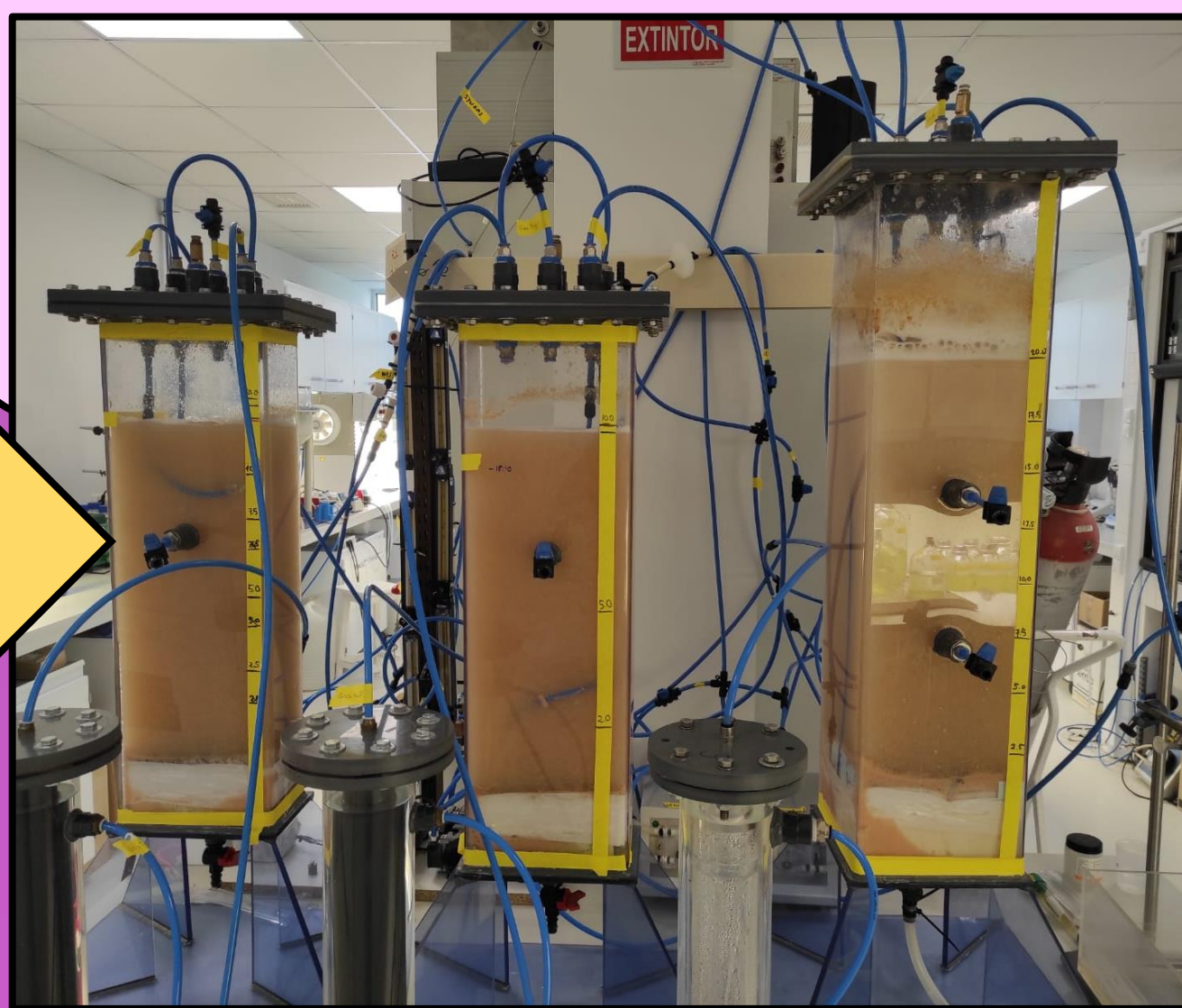
TRL 2: Reactores 1.2 L¹

- ❖ Comparativa de **3 consorcios de bacterias** de ambientes salinos naturales y aguas residuales.
- ❖ Rango optimizado de temperaturas (15-25 °C) y salinidad (6-9 %p/p NaCl): **maximizar el crecimiento bacteriano y la acumulación de ectoína**.
- ❖ Abundancia de **metanótrofos acumuladores de ectoína** como *Methylomicrobium buryatense* y *Methylomicrobium japanense*.



TRL 4: Reactores 10 L y 20 L²

- ❖ Comparativa de **dos reactores en serie** a distintas salinidades (0 %p/p y 6 %p/p NaCl) y de **un único reactor** operado al 6 %p/p NaCl.
- ❖ El sistema de un único reactor obtuvo mejores rendimientos de **eliminación de metano y de acumulación de ectoína**.
- ❖ Optimización del proceso de **ordeñado biológico**: recuperaciones de ectoína intracelular >70 % con tiempos de residencia <10 mins.



TRL 7: Reactor 4,000 L

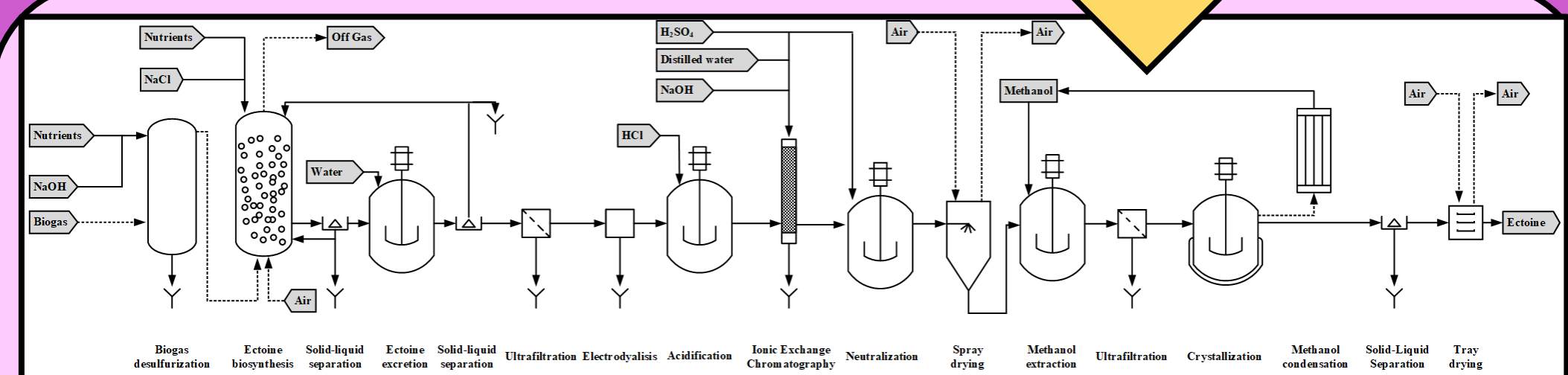
- ❖ **Escalado e ingeniería de detalle** para la construcción de una planta piloto: **12 m³ biogás/d**.
- ❖ Planta instalada en **FCC-Las Dehesas (Madrid)**.
- ❖ Sistema compuesto por:
 - Tanque de preparación de nutrientes,
 - **Columna de burbujeo (4 m³)**
 - Sistema de cosechado y ordeñado biológico



Conclusiones

- ❖ El proyecto **Deep Purple** ha permitido al **Instituto de Procesos Sostenibles** trabajar en el desarrollo y escalado de la tecnología de bioconversión de metano en ectoína.
- ❖ Se han **enriquecido** diferentes **consorcios de bacterias** de ambientes naturales, encontrando una relativa abundancia de metanótrofos acumuladores de ectoína.
- ❖ Se ha **optimizado en continuo** tanto el proceso de bioconversión de metano en ectoína como su extracción de las células bacterianas mediante el “ordeñado biológico”
- ❖ Se ha diseñado y construido una **planta piloto demostrativa** para testear la tecnología en un entorno real.
- ❖ Con los datos de estas investigaciones, se ha simulado la implantación de esta tecnología a escala industrial, obteniendo una **gran rentabilidad y bajos costes de producción**.

TRL 9: Análisis tecno-económico^{3,4}



- ❖ **Análisis tecno-económico y de sensibilidad** incluyendo: pretratamiento del biogás, bioconversión en ectoína y proceso de purificación.
- ❖ Costes de producción obtenidos: 160-280 €/kg, entre **3 y 6 veces menos que el valor de mercado** actual de la ectoína.
- ❖ El análisis de sensibilidad mostró una **muy baja influencia del precio de la energía en la rentabilidad** del proceso a escala industrial.

Trabajos publicados

1. Carmona-Martínez et al. (2021) Elucidating the key environmental parameters during the production of ectoines from biogas by mixed methanotrophic consortia. *J Environ Manage* 298, 113462.
2. Rodero et al. (2022) Influence of operational conditions on the performance of biogas bioconversion into ectoines in pilot bubble column bioreactors. *Bioresour Technol* 358, 127398.
3. Pérez et al. (2021) Ectoine production from biogas in waste treatment facilities: a techno-economic and sensitivity analysis. *ACS Sustain Chem Eng* 9, 17371–17380.
4. Pérez et al. (2022) Ectoine production from biogas: a sensitivity analysis. Effect of local commodity prices, economy of scale, market trends and biotechnological limitations. *J Clean Prod* 133440.

