2024 ENARCIV

# XII ENCUENTRO ARGENTINO DE CICLO DE VIDA Y XI REUNIÓN DE LA RED ARGENTINA DE HUELLA HÍDRICA

*Compiladores:*
*Zito, Diego Maximiliano*
*Toer, Catalina*
*Garro, Justina*

Red Argentina de Ciclo de Vida · RAHH · INTI · INTA · EEAOC · .UBA EXACTAS · CO2 Programa Argentino de Carbono Neutro · EEC

## Comité Organizador

Garro, Justina
Zito, Maximiliano
Romero, Milagros
Toer, Catalina
Albertotti, Romina E.
Rodriguez Juarez, Florencia
Arena, A. Pablo
Civit, Bárbara M.

## Comité Evaluador

Garro, Justina
Zito, Maximiliano
Arena, A. Pablo
Civit, Bárbara M.
Tuninetti, Leticia
Schein, Leila
Piastrellini, Roxana
Rotolo, Gloria
Jozami, Emiliano
Mele, Fernando
Romagnoli, Sergio
Charlon, Verónica
Minaglia, Mariano
Araujo, Paula
Hilbert, A. Jorge
Curadelli, Silvia
Machin Ferrero, Lucas
Garolera De Nucci, Patricia

2024 ENARCIV

# ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL SINTÉTICO A PARTIR DE DIÓXIDO DE CARBONO RESIDUAL

A.M. Cuezzo(1,2) *, P.Z. Araujo(1), F.D. Mele(1,2)

acuezzo@herrera.unt.edu.ar

(1)Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, T4002, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

(2)Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CCT CONICET NOA Sur, Juan Crisóstomo Álvarez 722, T4000, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Palabras Clave: captura y uso de CO2, huella de carbono, análisis de ciclo de vida.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO2) en la atmósfera y la creciente demanda energética global, subrayan la urgencia de desarrollar sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono [1]. En este contexto, las tecnologías de captura, almacenamiento y uso de carbono, particularmente la captura de CO2 post-combustión, se han vuelto esenciales para la transición hacia un modelo energético sostenible [2, 3]. Entre estas tecnologías destacan los procesos *Power to Gas* (PtG), que convierten el CO2 en gases sintéticos, con el fin de almacenar y transportar energía renovable de manera eficiente [4]. Una de las aplicaciones más prometedoras de esta tecnología es la producción de gas natural sintético (GNS), un combustible que puede contribuir al suministro sostenible de gas natural y ayudar a mitigar la intermitencia de las fuentes de energía renovable. El GNS puede inyectarse en la red de distribución del gas natural o utilizarse directamente en instalaciones industriales [5]. La producción de GNS mediante la reacción de Sabatier que combina hidrógeno (H2) y CO2, hace imperativo desarrollar métodos eficientes para la producción de H2 y la captura de CO2 con un bajo consumo energético [6]. Este trabajo se enmarca en un proyecto más amplio de valorización integral del CO2, donde el CO2 generado por la fermentación de mostos azucarados en destilerías de etanol ya se utiliza con fines alimentarios o para la producción de metanol [7]. En este caso, se propone aprovechar el CO2 proveniente de la combustión de bagazo, la mayor fuente de emisión de CO2 de la industria sucroalcoholera, lo que otorga al GNS un gran potencial como sumidero de carbono.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto ambiental a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del sistema PtG para la producción de GNS, integrado a la industria sucroalcoholera del noroeste argentino. Además, los impactos del ciclo de vida se comparan con los de los sistemas de referencia basados en combustibles fósiles.

## DESARROLLO

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología bien establecida que permite evaluar los impactos ambientales de un producto a lo largo de toda su vida, desde la extracción de materias primas, pasando por la producción y el uso, hasta su disposición final, incluyendo el reciclaje, con el fin de identificar las fuentes principales de contaminación. Para el ACV de la producción de GNS a partir de CO2 residual de la industria sucroalcoholera, se siguieron las directrices establecidas por las normas ISO 14040-44:2006 [8, 9]. El alcance definido es de la cuna a la puerta, es decir no se consideran las etapas del ciclo de vida posteriores a la producción de GNS, ya que las emisiones de puerta a tumba para la producción basada en CO2 y la producción de gas natural fósil son idénticas. Se establece como unidad funcional 1 kilogramo de GNS producido. El estudio se sitúa en la región noroeste de Argentina, donde los ingenios azucareros emiten CO2 biogénico, y se consideran las prácticas industriales y energéticas típicas del país. Las etapas del ACV comprenden la recopilación de datos del inventario de ciclo de vida, fundamentada en balances de masa y energía simulados mediante UniSim Design®, y el análisis de impacto ambiental utilizando el modelo ReCiPe 2016 Midpoint (H). Se consideran cinco categorías de impacto de punto medio: calentamiento global, agotamiento del ozono estratosférico, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce y escasez de recursos fósiles. Estas categorías permiten vincular los flujos elementales derivados del inventario

con los efectos potenciales sobre los ecosistemas y los recursos naturales. El inventario de ciclo de vida para el proceso de captura y conversión de CO2 incluye todos los flujos de entrada y salida relacionados con la producción de GNS.

Los insumos considerados abarcan materias primas, energía consumida, y emisiones a la atmósfera, suelo y agua. La producción de H2 mediante electrólisis, la captura de CO2 basada en aminas, el proceso de metanación de CO2 y la unidad de mejora de GNS constituyen las etapas clave del proceso PtG propuesto. Para completar el inventario, se utilizan datos de fondo obtenidos de la base de datos EcoInvent, integrada en el *software* SimaPro, que permite normalizar todos los f lujos en función de la unidad funcional seleccionada, facilitando la comparación con otras tecnologías de producción de gas natural. Los impactos del gas natural convencional se obtienen de la base de datos EcoInvent.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra la comparación entre los impactos ambientales de 1 kg de gas natural producido por cuatro rutas diferentes:

I. GNS a partir de CO2 biogénico e H2 renovable (GNS verde);
II. GNS a partir de CO2 biogénicos e H2 producido con un mix eléctrico de energía renovable y energía de la red nacional (GNS gris);
III. Gas natural fósil de baja presión (GN baja presión); y
IV. Gas natural fósil de alta presión (GN alta presión)

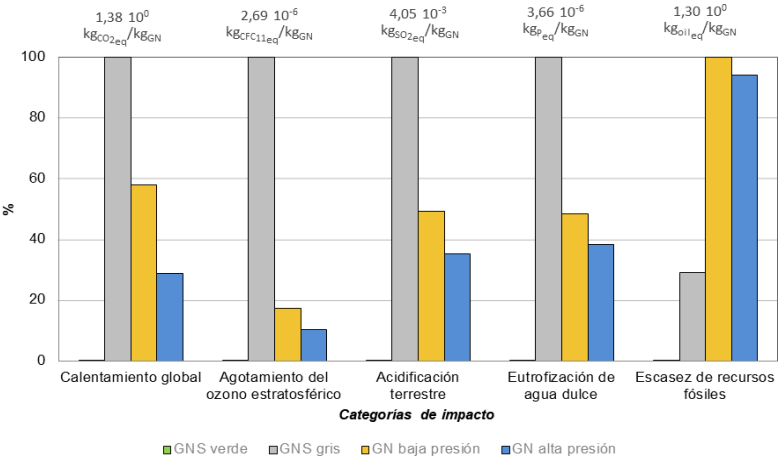



**Figura 1. Comparación entre los impactos ambientales de los procesos de producción de gas natural a nivel de caracterización. El 100% representa el valor más alto para cada categoría de impacto.**

## DESARROLLO

El sistema de GNS verde demuestra la mayor reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al emplear CO2 biogénico e H2 verde para la metanación. No obstante, esta ruta está limitada por la capacidad productiva de H2 renovable, lo que impone un límite a la producción de GNS. Por otro lado, el uso de electricidad generada principalmente a partir de recursos fósiles incrementa el impacto ambiental del sistema de GNS gris en cuatro de las categorías evaluadas, en comparación con los procesos fósiles de referencia. A pesar de esto, los resultados indican que la producción de GNS gris a partir de CO2 proveniente de la industria sucroalcoholera puede generar beneficios ambientales significativos, especialmente en la reducción del uso de recursos fósiles. El alto consumo de energía en la electrólisis para la producción de H2 y en la captura de CO2 representa un desafío en términos de eficiencia energética. Este estudio destaca la importancia de optimizar estas tecnologías para maximizar los beneficios ambientales de los procesos de producción de GNS a partir de CO 2 biogénico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] Obi, D., Onyekuru, S., & Orga, A. (2024). Review of recent process developments in the field of $CO_2$ capture from power plants flue gases and the future perspectives. *International Journal of Sustainable Energy*, *43*(1).
[2] Raganati, F., & Ammendola, P. (2024). $CO_2$ Post-combustion Capture: A Critical Review of Current Technologies and Future Directions. *Energy & Fuels*, *38*(15), 13858-13905.
[3] Ishaq, H., & Crawford, C. (2023). $CO_2$ based alternative fuel production to support development of $CO_2$ capture, utilization and storage. *Fuel*, *331*, 125684.
[4] Navajas, A., Mendiara, T., Gandía, L. M., Abad, A., García-Labiano, F., & de Diego, L. F. (2022). Life cycle assessment of power-to-methane systems with $CO_2$ supplied by the chemical looping combustion of biomass. *Energy Conversion and Management*, *267*, 115866.
[5] Mebrahtu, C., Krebs, F., Abate, S., Perathoner, S., Centi, G., & Palkovits, R. (2019). $CO_2$ methanation: principles and challenges. In *Studies in surface science and catalysis* (Vol. 178, pp. 85-103). Elsevier.
[6] Liu, Z., Gao, X., Wang, K., Liang, J., Jiang, Y., Ma, Q., ... & Zhang, J. (2023). A short overview of Power-to-

Methane: Coupling preparation of feed gas with $CO_2$ methanation. *Chemical Engineering Science*, *274*, 118692.
[7] Cuezzo, A. M., Araujo, P. Z., Wheeler, J., & Mele, F. D. (2023). Modeling and environmental implications of methanol production from biogenic $CO_2$ in the sugarcane industry. *Journal of $CO_2$ Utilization*, *67*, 102301.
[8] ISO 14040:2006; Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework. International Organisation for Standards: Geneva, Switzerland, 2006.
[9] ISO 14044:2006; Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines. International Organisation for Standards: Geneva, Switzerland, 2006.