

Seminarios del Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería 2022

Título de Tesis: Estrategias de diseño y optimización de procesos para el desarrollo de una industria química sustentable derivada de la biomasa en Tucumán

Tesista: Ing. Ana María Cuezco

Director: Dr. Fernando Daniel Mele

Co-directora: Dra. Paula Zulema Araujo

Resumen

Con la reciente tendencia de avanzar hacia una economía más sostenible, el sector químico se enfrenta al desafío de rediseñar sus rutas de proceso para sustituir materias primas no renovables, principalmente petróleo y gas natural, por renovables. La industria química se basa principalmente en materias primas de origen fósil, consume grandes cantidades de energía y agua, y emite innumerables sustancias contaminantes al suelo, al agua y al aire con efectos perjudiciales para los ecosistemas y la salud humana (Ioannou *et al.*, 2021).

En este amplio contexto, se están investigando una gama de rutas emergentes que buscan reducir la huella ambiental de los productos químicos a través de una combinación de estrategias que incluyen virar hacia el consumo de materias primas y fuentes de energía renovables, reducir el uso de recursos, y minimizar la generación de emisiones contaminantes y residuos. Una de las alternativas más prometedoras es la conversión de CO₂ capturado en compuestos químicos de un sólo carbono (C₁) tales como: urea, metanol, ácido fórmico, formaldehído, metano y gas de síntesis (Meunier *et al.*, 2020; Leonzio, 2018), los cuales se constituyen como compuestos químicos plataforma de la industria sustentable.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la integración de rutas de producción de productos químicos C₁ a partir de biomasa: bagazo, residuos de cosecha, vinaza, residuos de poda, cáscara y pulpa de limón, etc., derivada de las agroindustrias más importantes de la provincia de Tucumán (industria citrícola e industria sucroalcoholera), para reemplazar en los mercados los productos químicos C₁ de origen fósil.

Con el desarrollo de la tesis, se intentará dar respuestas a las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué materias primas renovables y rutas químicas asociadas (existentes y emergentes) deberían usarse para satisfacer la demanda actual y proyectada de productos químicos tipo C₁? ¿Cuál es la forma más sustentable de crear valor económico a partir de una materia prima determinada? ¿Cumplen las vías químicas existentes y emergentes con los principios de sustentabilidad?

Actividades realizadas

Actualmente, se investiga la viabilidad tecno-ambiental de escenarios que plantean la reutilización de CO₂ como materia prima en la producción sostenible de productos comercializables, particularmente la producción de biometanol y biometano a partir de fuentes renovables, utilizando CO₂ capturado de los procesos de combustión de bagazo en ingenios y de fermentación de azúcares en las destilerías anexas de etanol, realizando un análisis integrado del sistema global. El hidrógeno requerido para la etapa de conversión del CO₂, se produce mediante electrólisis de agua utilizando energía eléctrica cogenerada en la planta sucroalcoholera.

Además, se está realizando una búsqueda bibliográfica exhaustiva sobre sistemas sustentables de producción de urea, pues se determinó en trabajos previos que la aplicación de

este fertilizante nitrogenado al cultivo de la caña de azúcar genera importantes emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

Las rutas de producción de compuestos C_1 a partir de CO_2 industrial se evalúan a través de indicadores de desempeño técnico y ambiental. Para el diseño conceptual y simulación de los procesos de captura y conversión de CO_2 , se utiliza el *software* UniSim Design® v490. Los resultados de la simulación permiten evaluar los balances de materia y energía, teniendo como objetivo conseguir un diseño de procesos con emisiones negativas de CO_2 . Para la evaluación de los impactos ambientales a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida se emplea como soporte el *software* especializado SimaPro® 9.0.0.2.

Se prevé que estos resultados sirvan luego para alimentar un modelo a nivel estratégico que estudie la sustentabilidad de una cadena de valor de compuestos de C_1 que puedan abastecer la demanda nacional.

Parte de los resultados de la investigación se han presentado en:

- **Cuezzo, A. M.**, Araujo, P. Z. y Mele, F. D. *Simulación de un proceso de fabricación de metanol a partir de fuentes renovables*. Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación Operativa-50° Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO 2021), 18 al 29 de octubre de **2021**.
- **Cuezzo, A. M.**, Araujo, P. Z., Wheeler, J. y Mele, F. D. *Síntesis de metanol a partir de CO_2 biogénico de la industria sucroalcoholera*. XV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA (CODINOA 2022), 29 y 30 de septiembre de **2022** (aceptado).
- Olivera, V., **Cuezzo, A. M.**, Araujo, P. Z. y Mele, F. D. *Simulación de la producción de metano en la industria sucroalcoholera*. Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación Operativa-51° Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO 2022), 17 al 28 de octubre de **2022** (etapa de revisión).
- **Cuezzo, A. M.**, Araujo, P. Z., Wheeler, J. y Mele, F. D. (2022). *Environmental implications of methanol production from biogenic CO_2 in the sugarcane industry*. Journal of CO_2 Utilization (en preparación).

Al presente, la Comisión de Supervisión del doctorado ha convalidado los siguientes cursos de posgrado:

- “Evaluación y gestión de la huella hídrica en el sector agroindustrial”. 40 horas. **2021**.
- “La redacción científica: pautas para la redacción de tesis de posgrado”. 60 horas. **2021**.
- “Computación Avanzada”. 60 horas. **2020**.
- “Matemática Numérica”. 60 horas. **2019**.

Éstos cubren el 44 % de las horas exigidas para actividades curriculares de este Doctorado y se cumple con la condición de 120 horas reservadas para cursos ofrecidos por la FACET.

Referencias

Ioannou, I., D'Angelo, S. C., Galán-Martín, Á., Pozo, C., Pérez-Ramírez, J., Guillén-Gosálbez, G. (2021). Process modelling and life cycle assessment coupled with experimental work to shape the future sustainable production of chemicals and fuels. *Reaction Chemistry & Engineering*, 6(7), 1179-1194.

Meunier, N., Chauvy, R., Mouhoubi, S., Thomas, D., De Weireld, G. (2020). Alternative production of methanol from industrial CO_2 . *Renewable Energy*, 146, 1192-1203.

Leonzio, G. (2018). State of art and perspectives about the production of methanol, dimethyl ether and syngas by carbon dioxide hydrogenation. *Journal of CO_2 Utilization*, 27, 326-354.