

## Modelización cinética de la gasificación con vapor de biomasa de diferente naturaleza

M.P. González-Vázquez\*, F. Rubiera, C. Pevida, M.V. Gil

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR), CSIC, Francisco Pintado Fe 26, 33011, Oviedo

mariapilar.gonzalez@incar.csic.es

Palabras clave: Biomasa, gasificación, lecho fluidizado, modelo cinético, Aspen Plus.

### Introducción

Dada la complejidad que implica un proceso de gasificación, el desarrollo de modelos que permitan predecir el comportamiento y analizar el efecto de diferentes variables proporciona un análisis del rendimiento del proceso ahorrando recursos y tiempo de operación. Esto puede resultar muy útil cuando el objetivo es optimizar el uso de los diferentes tipos de biomasa disponibles. El objetivo de este trabajo es, por lo tanto, desarrollar un modelo cinético empleando el software comercial Aspen Plus que permita simular el proceso de gasificación de biomasa. Las predicciones del modelo para la composición del syngas se compararon con los resultados de un modelo termodinámico de equilibrio previamente desarrollado [1] y con los resultados experimentales obtenidos en una planta piloto de gasificación para 12 biomasa de diferente origen.

### Experimental

Se desarrolló un modelo cinético de gasificación de biomasa mediante la incorporación de las expresiones de velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante la conversión de biomasa en los distintos productos gaseosos, por ejemplo, las reacciones secundarias de formación de alquitranes. Este modelo cinético permite predecir también la cantidad de sólido carbonoso no convertido (char). El factor preexponencial ( $k_0$ ) y la energía de activación ( $E_a$ ) de las ecuaciones de velocidad se obtuvieron de resultados experimentales previos de literatura. Con este modelo se estimaron los resultados de gasificación de 12 biomasa de diferente procedencia: forestales (pino -PIN-, pino torrefactado -PINT-, castaño -CHE- y castaño torrefactado -CHET-), agrícolas (hueso de aceituna -OS-, cáscara de almendra -AS-, cáscara de cacao -CS-, hoja de piña -PCL-, cáscara de piñón -PKS-, cáscara de nuez -NS- y cáscara de avellana -HS-), y residuos procedentes de la industria alimentaria (orujillo de vino -GP-). La composición del gas predicha por el modelo cinético se comparó con los resultados del modelo de equilibrio. Asimismo, estas predicciones se compararon con los resultados experimentales obtenidos en una planta de gasificación de lecho fluidizado burbujeante donde se evaluaron las siguientes condiciones de operación: relación estequiométrica (SR) entre 0,1 y 0,4, relación vapor-aire (SA) de 70/30 y temperatura de 900 °C [2].

### Resultado y discusión

En la Figura 1a-c se muestra la comparación de los resultados experimentales con las predicciones de los modelos de equilibrio y cinético para la producción de  $H_2$ , CO y  $CH_4$  durante el proceso de gasificación a 900 °C para valores de SR de 0,1 y SA de 70/30. El modelo de equilibrio (representado por puntos) sobreestima ampliamente la producción de  $H_2$  (desviación de hasta un 20%) y subestima la producción de  $CH_4$  para todas las biomasa evaluadas. Las predicciones del modelo cinético están más próximas a los valores obtenidos experimentalmente, mostrando en general errores en la predicción inferiores al 10% para todos los gases. Sin embargo, este modelo también presenta limitaciones, ya que las predicciones para algunas biomasa están todavía lejos de los resultados experimentales. Esto podría estar relacionado con el efecto de otras variables, como la reactividad de las distintas biomasa, en el proceso de gasificación. Así, el modelo subestima de forma notable la producción de CO para la biomasa más reactiva CS [2]. El modelo cinético permite predecir la formación de subproductos, como los líquidos condensables (alquitranes) o la fracción sólida no convertida durante el proceso. La mayor proporción de ambas fracciones se obtuvo para un valor de SR=0,1, con valores inferiores al 7% de sólido no convertido, y menores de 5% de alquitranes (Figura 1d).

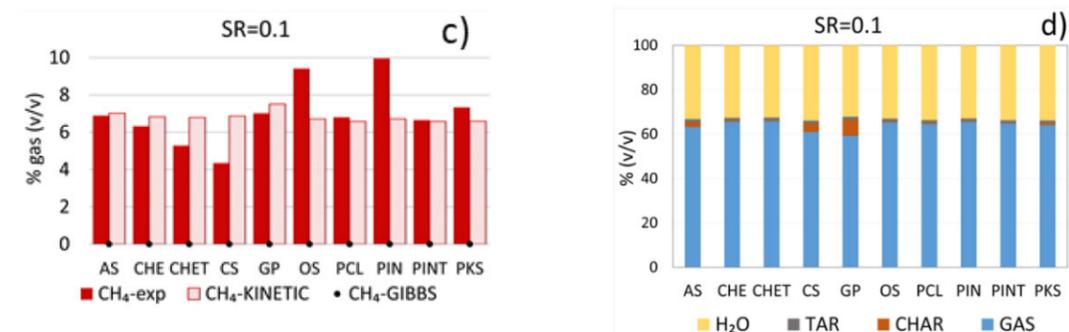
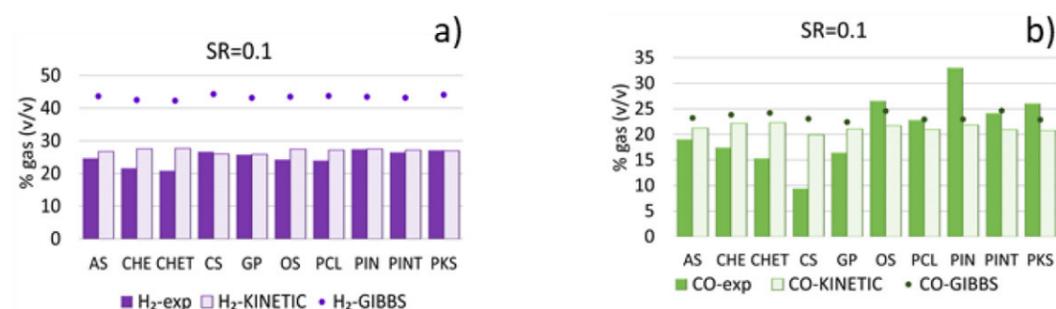


Figura 1. Predicciones de los modelos cinético y de equilibrio, junto con los resultados experimentales de la gasificación de 12 biomasa obtenidos a 900 °C utilizando SR=0.1 y S/A=70/30: a)  $H_2$ , b) CO, c)  $CH_4$  y d) char y tar producción estimada con el modelo cinético.

### Conclusiones

El modelo de equilibrio sobreestima la producción de  $H_2$  y subestima la producción de  $CH_4$  respecto a los resultados experimentales, indicando que, bajo las condiciones evaluadas, el proceso de gasificación opera lejos del estado de equilibrio termodinámico. Las predicciones del modelo cinético están más próximas a los resultados experimentales, ya que éste integra limitaciones cinéticas existentes durante el proceso de gasificación y tiene en cuenta, además, la obtención de una fracción sólida no convertida durante el proceso, así como la formación de líquidos condensables. Sin embargo, los resultados indican que un único modelo cinético no es capaz de representar un rango tan heterogéneo de biomasa como las estudiadas en este trabajo. Por lo tanto, es necesario explorar si una optimización de los parámetros cinéticos para los distintos tipos de biomasa permite obtener modelos predictivos específicos más adecuados.

### Agradecimientos

Financiación del Gobierno del Principado de Asturias (PCTI, Ref. IDI/2021/000060) y del MICINN (PID2020-119539RB-I00), ambas cofinanciadas FEDER. M.V. Gil agradece la financiación del programa Ramón y Cajal a través de la ayuda RYC-2017-21937 financiada por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por FSE invierte en tu futuro.

### Referencias

- [1] M. Pilar González-Vázquez, F. Rubiera, C. Pevida, D. T. Pio, and L. A. C. Tarelho, Thermodynamic Analysis of Biomass Gasification Using Aspen Plus: Comparison of Stoichiometric and Non-Stoichiometric Models, *Energies*, vol. 14, p. 189, 2021, DOI: 10.3390/en14010189.
- [2] M. P. González-Vázquez, R. García, M. V. Gil, C. Pevida, and F. Rubiera, Comparison of the gasification performance of multiple biomass types in a bubbling fluidized bed, *Energy Convers. Manag.*, vol. 176, pp. 309–323, 2018, DOI: 10.1016/j.enconman.2018.09.020.