

# Conversión de acetileno en presencia de oxígeno: Formación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y hollín

Nazly E. Sánchez, Alicia Callejas, Ángela Millera, Rafael Bilbao, María U. Alzueta

GPT (Grupo de Procesos Termoquímicos)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).  
Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza  
Tel. +34-976761876, Fax +34-976761879, e-mail: [sanchezn@unizar.es](mailto:sanchezn@unizar.es)

## Resumen

El presente trabajo experimental está centrado en el estudio de la conversión de acetileno en presencia de oxígeno, en condiciones reductoras, en un reactor de flujo tubular, operando en el intervalo de temperatura entre 873 y 1323 K. Los resultados aquí presentados corresponden a la cantidad de hollín formado y a la concentración de HAP obtenida durante la conversión de acetileno.

## Introducción

El acetileno es considerado como un precursor clave en la formación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y hollín (Ruiz y cols., 2007) en procesos de combustión. La formación de estos compuestos se lleva a cabo mediante una ruta de reacciones sucesivas llamada mecanismo HACA, donde una molécula de hidrógeno del reactante es reemplazada por una de acetileno (Frenklach, 2002). Estas reacciones son comunes durante los procesos termoquímicos en condiciones reductoras.

Tanto el hollín como los HAP son considerados importantes contaminantes atmosféricos. El hollín puede entrar en contacto fácilmente con el hombre por medio de las vías respiratorias, siendo causa de diversas enfermedades como el cáncer de pulmón. El carácter tóxico de estas partículas carbonosas se debe principalmente a los HAP que se adsorben sobre su superficie. 16 de los HAP han sido considerados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) como contaminantes prioritarios, debido a la frecuencia de ser encontrados en la atmósfera y el potencial tóxico que presentan algunos de ellos.

La Agencia Internacional para Investigación del Cáncer ha clasificado los HAP dependiendo de su efecto cancerígeno (WHO, 2010). Así, la mayoría de los 16 EPA-HAP son clasificados como especies cancerígenas o probablemente cancerígenas. El efecto de la adsorción de HAP sobre material

particulado hace que estos compuestos se dispersen en la atmósfera aumentando su posibilidad de contacto e inhalación y, por tanto, el riesgo para el ser humano.

Muchos trabajos de investigación se han llevado a cabo para intentar entender la estrecha relación entre el acetileno-HAP-hollín. Aún así, el mecanismo involucrado en la formación de HAP y hollín durante la conversión térmica de acetileno no se ha llegado a comprender completamente (Böhm y Jander, 1999). El Grupo de Procesos Termoquímicos (GPT) ha llevado a cabo un trabajo experimental sobre la formación de HAP y hollín a partir de la oxidación de acetileno en condiciones muy reductoras, Tabla 1.

## Resultados y discusión

El sistema experimental, que incluye el sistema de colección de hollín y el método de cuantificación los 16 EPA-HAP, es explicado en detalle en otros trabajos recientemente publicados por el Grupo GPT (Sánchez y cols., 2013a, 2013b). Los resultados aquí mostrados han sido comparados con los obtenidos en pirólisis de acetileno (Sánchez y cols., 2013a).

Tabla 1. Condiciones experimentales

Set	T (K)	[O <sub>2</sub> ] (ppmv)	$\lambda$	[C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ] (ppmv)
1	873	10000	0,13	30000
2	973			
3	1073			
4	1123			
5	1173			
6	1223			
7	1273			
8	1323			

La Figura 1 muestra la conversión de acetileno para diferentes temperaturas de reacción, en condiciones

ricas en combustible (mezcla  $C_2H_2-O_2$  con  $\lambda=0,13$ ) y en condiciones de pirólisis. Como se puede observar, la conversión de acetileno aumenta con la presencia de oxígeno y al aumentar la temperatura de reacción.

La Figura 2 muestra la suma total de las concentraciones de los 16 EPA-HAP junto con la cantidad de hollín formado en todos los experimentos, tanto en ausencia como en presencia de oxígeno. Se puede observar que la presencia de oxígeno favorece la formación HAP a temperaturas bajas, mientras que a altas temperaturas su concentración es más baja en comparación con la obtenida en las condiciones de pirólisis. La cantidad de hollín formado aumenta con el aumento de la temperatura, pero es más baja para la mezcla acetylene- $O_2$ . Esto puede ser explicado por la cantidad más baja de HAP producida a las temperaturas donde el hollín empieza a formarse, o debido a los posibles compuestos oxigenados que pueden formarse en presencia de oxígeno y restringir su crecimiento.

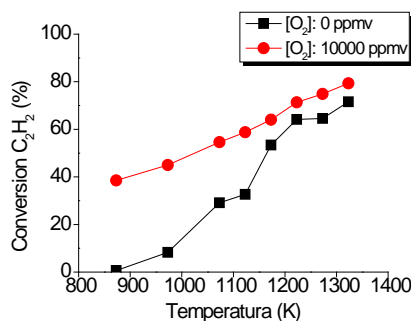


Figura 1. Conversión de acetileno en función de la temperatura. Experimentos de oxidación (Tabla 1) y resultados de pirólisis (Sánchez y cols., 2013a).

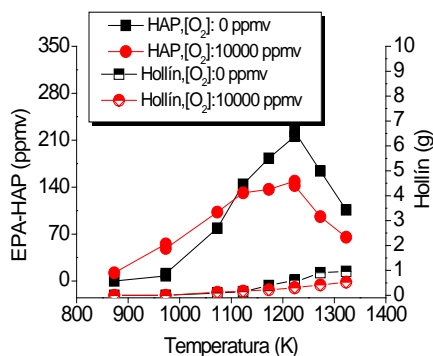


Figura 2. Concentración de HAP y cantidad de hollín formado en función de la temperatura. Experimentos de oxidación (Tabla 1) y resultados de pirólisis (Sánchez y cols., 2013a).

## Conclusiones

Mediante el presente trabajo es posible concluir que el hollín aumenta con el aumento de temperatura. La presencia de oxígeno disminuye tanto la concentración de HAP como la cantidad de hollín generado. No obstante, a temperaturas bajas la concentración de HAP aumenta con la presencia de oxígeno.

## Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud al Gobierno de Aragón, al Europea Social Fund (ESF) y a MINECO (CTQ2012-34423) por la financiación recibida. Nazly E. Sánchez agradece al Banco Santander Central Hispano, a la Universidad de Zaragoza y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (COLCIENCIAS) por su beca pre-doctoral.

## Referencias

- Ruiz, M.P., Callejas, A., Millera, A., Alzueta, M.U., Bilbao, R., 2007. Soot formation from  $C_2H_2$  and  $C_2H_4$  pyrolysis at different temperaturas. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 79, 244-251.
- Frenklach, M. 2002. Reaction mechanism of soot formation in flames. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 4, 2028-2037
- WHO-World Health organization, (IARC), 2010. *IARC Monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. <http://www.iarc.fr/en/publications/list/monographs/index.php>
- Böhm, H., Jander, H. 1999. PAH formation in acetylene-benzene pyrolysis. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 16, 3775-3781.
- Sánchez, N.E., Millera, A., Bilbao, R., Alzueta, M.U. 2013a. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), soot and light gases formed in the pyrolysis of acetylene at different temperatures: Effect of fuel concentration. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 10.1016/j.jaap.2012.10.027.
- Sánchez, N.E., Salafranca, J., Callejas, A., Millera, A., Bilbao, R., Alzueta, M.U. 2013b. Quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in gas and particle phases from pyrolytic processes using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Fuel*, 107, 246-253.