

# ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE COMBUSTIBLES OBTENIDOS A PARTIR DE DESECHOS PLÁSTICOS

David Rendón Nava (1), José Manuel Riesco Ávila (2)

1 [Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Acapulco] | Dirección de correo electrónico: [nodner\_vida@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [riesco@ugto.mx]

## Resumen

En este estudio se analizó mediante cromatografía gaseosa aceite combustible obtenido mediante pirólisis a 400 °C, una hora de residencia y presión atmosférica. Se cuantificaron los picos más importantes según la literatura consultada con base al método del estándar externo, en el cual los tiempos de retención para cada analito de la muestra fueron claramente identificados con estándares puros. Las concentraciones fueron; 0.03 % benceno, 2.07 % tolueno y 2.77 % etilbenceno (porcentajes w/w). Esta mezcla de productos además de funcionar como aceite combustible similar al diesel, también puede ser utilizado para la obtención de plástico virgen y otros productos más.

## Abstract

In this study it was analyzed by gas chromatography fuel oil obtained by pyrolysis at 400 ° C, one hour residence and atmospheric pressure. The most important peaks as the literature were quantified based on the external standard method, in which the retention times for each analyte in the sample were clearly identified with pure standards. Concentrations were; 0.03% benzene, 2.07% toluene and 2.77% (percentages w / w). This product mixture also function as similar to diesel fuel oil, can also be used for producing virgin plastic and other products more.

## Palabras Clave

Poliestireno; Reciclaje de plástico; Petroquímicos; Pirólisis; Analito

## INTRODUCCIÓN

### Poliestireno expandido

El poliestireno expandido, mejor conocido como unicel, uopor, isopor, (depende del país), es un plástico rígido, fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire [1].

Se le ha otorgado el número 6 rodeado de tres flechas por el sistema de identificación de plásticos, que se encuentra debajo de los envases [2]. Por su facilidad de moldearlo, se producen empaques, vasos y platos desechables. En la industria de la construcción se utiliza como aislante térmico y acústico.

### Producción y reciclado de desechos plásticos de poliestireno en México.

Se estima que la producción en México sea de 350 mil toneladas de unicel al año, de las cuales se recicla menos del 1%, el resto es confinado en los rellenos sanitarios donde alcanza a ocupar el 15% del volumen, aunado a esto tarda entre 500 y 800 años en degradarse.

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología, los residuos que llegan al relleno sanitario son en más del 50% orgánicos, cerca del 40% de los residuos de las ciudades están constituidos por envases y embalajes, en tercer lugar el unicel, el 10% restante productos de difícil reciclado [3].

Considerando todo lo anterior hoy en día se sugiere buscar alternativas para disminuir el uso de plásticos o incentivar su reciclado.

Cabe mencionar que al reciclar un producto plástico se consume aproximadamente entre el 11 % y el 12 % de la energía necesaria para producir el mismo producto a partir de resina virgen. Esto representa una gran ventaja para el medio ambiente por la menor emisión de gases con efecto invernadero [4].

### Pirólisis de desechos plásticos

El reciclado de materias primas (desechos de plásticos) permite que a través de un proceso especial se recuperen petroquímicos básicos que pueden funcionar como aceite combustible o como materia prima para hacer plástico virgen [5]. Uno de estos procesos ampliamente investigado en la actualidad es la pirólisis en una atmósfera inerte a presión atmosférica y altas temperaturas para degradar térmicamente los plásticos.

El gas generado a través de la pirólisis está constituido por una fracción gaseosa, líquida (petróleo) y sólida (carbón). El rendimiento y la composición de los productos está influenciada por una serie de parámetros del proceso: como son tipo de residuos plásticos, el reactor sistema, tiempo de residencia, rangos de temperaturas, presión, presencia de catalizadores, y presencia de compuestos de gases de hidrógeno o donantes de hidrógeno [6,7].

En la obra de Jude A. et al. [8] se logró obtener producto de aceite de poliestireno a 425 ° C bajo presión de 1.14 Mpa y 60 minutos de residencia, el cual consistía casi enteramente de compuestos aromáticos, especialmente tolueno 21%, etilbenceno 32.6 % y cumeno 8.58 % (porcentaje w/w).

### Cromatografía de gases

La cromatografía de gases es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte la cual no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

La GC se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases, el cual consta de diversos componentes como son el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector.

La GC tiene dos importantes campos de aplicación:

- Separar mezclas orgánicas complejas, compuestos organometálicos y sistemas bioquímicos.
- Determinar cuantitativa y cualitativamente los componentes de la muestra.

Para el análisis cualitativo se suele emplear el tiempo de retención, que es único para cada compuesto dadas unas determinadas condiciones (mismo gas portador, rampa de temperatura y flujo), o el volumen de retención.

En aplicaciones cuantitativas, integrando las áreas de cada compuesto o midiendo su altura, con los calibrados adecuados, se obtiene la concentración o cantidad presente de cada analito .

En este trabajo se pretende analizar mediante cromatografía gaseosa un combustible líquido obtenido a partir de poliestireno, tras un proceso de pirólisis a presión atmosférica, con el objetivo principal de cuantificar aquellos compuestos más importantes y en mayor concentración según las bibliografías consultadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La pirólisis del poliestireno se llevo a cabo de la siguiente manera: se peso exactamente 1 Kg del polímero y se introdujo en un reactor cerrado a presión atmosférica durante 1 hora a 400 °C.

El producto líquido derivado de la degradación térmica del poliestireno se analizó para determinar los componentes principales presentes en el aceite. La muestra se disolvió en diclorometano (DCM) con una relación 1:10 %v/v y fue analizada en un cromatografo de gases Varian 450, con inyector capilar 1177 y detector de ionización de llama (FID). La columna utilizada fue una CP-Sil. PONA CB con Longitud de 100 m x 0.25 mm de diámetro interno y 0.35 mm de diámetro externo. El gas portador fue helio. Las condiciones del inyector capilar fueron; temperatura de 270 °C, presión de 40 psi, flujo de 1.8 ml/min y relación de Split 20. El programa de temperatura del horno para la separación de componentes del aceite fue como sigue; se mantuvo a 60 °C durante 1 min, luego mediante una rampa de 10 °C/min se incremento hasta 270 °C, en donde permaneció

durante 30 minutos más. El tiempo total del programa fue de 52 minutos. El detector FID se estableció a 300 ° C.

La cuantificación de los compuestos en el GC / FID fue por medio del método del estándar externo y los tiempos de retención relativos a cada componente han sido fiablemente identificados con certeza.

Se realizaron curvas de calibración (imagen 1) para cada analito de tal manera que la concentración esperada en la muestra cayera dentro de los valores márgenes establecidos en la curva de calibración. Esto con el fin de minimizar errores de medición que pudiera presentar el equipo.

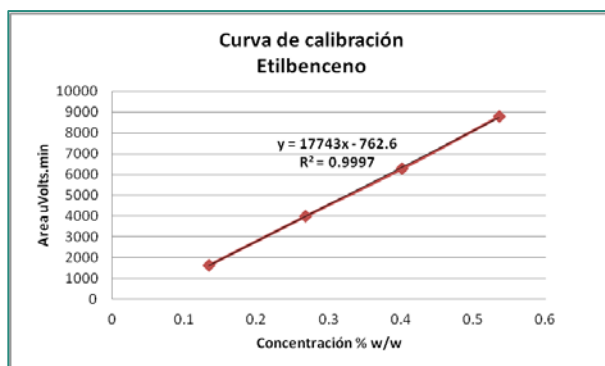


IMAGEN 1: Curva de calibración para el etilbenceno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El producto (aceite combustible) derivado del poliestireno obtenido mediante la degradación térmica (pirólisis) se disolvió en diclorometano y se analizó para determinar su composición química. La Tabla 1 muestra la lista de los principales compuestos identificados y no identificados mediante cromatografía gaseosa.

Los compuestos que se lograron identificar fueron benceno 0.03 %, tolueno 2.07 % y etilbenceno 2.77 % (Porcentaje w/w). El estireno, monómero base del poliestireno no pudo ser cuantificado por falta de estándares puros. En el caso del naftaleno se logró ubicar el tiempo de retención pero no pudo ser posible su cuantificación debido a la baja concentración que pudiera existir en la muestra.

Tabla 1: Compuestos analizados en el aceite combustible con sus respectivos tiempos de retención, áreas y concentraciones %w/w.

Compuesto	Tiempo de retención (Min)	Área (uVolts.min)	% w/w
1. Benceno	10.48	30.5	0.03
2. Tolueno	12.43	2029.4	2.07
3. Etilbenceno	14.44	2856.3	2.77
4. Estireno*	-----	-----	-----
5. Naftaleno*	15.32	n.i	n.i

\* No cuantificado por falta de estándar.  
\*\* No identificado por el equipo (n.i).

Los resultados obtenidos en este trabajo no concuerdan con los de Jude A. et al. en donde el etilbenceno fue el de mayor concentración, esto lo podemos observar claramente en el cromatograma de la figura 2, donde hay un pico no cuantificado a los 14.18 min. muy superior en área al del etilbenceno.

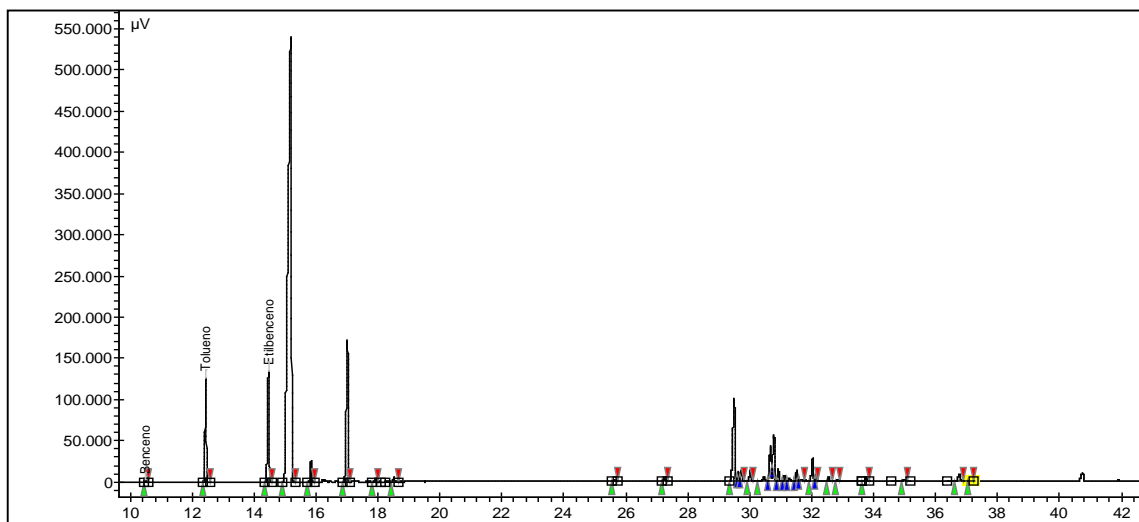


IMAGEN 2: Cromatograma del aceite combustible obtenido mediante pirólisis de poliestireno .

La disminución en los niveles de etilbenceno en el aceite pueden indicar la importancia del factor presión en el proceso de pirólisis, ya que en el trabajo de Jude A. et al. las presiones utilizadas fueron superiores a las manejadas en este trabajo.

## CONCLUSIONES

Se lograron identificar tres de los compuestos presentes en la descomposición térmica a altas temperaturas del poliestireno. Entre ellos el etilbenceno en bajas concentraciones, lo es cual es atribuido a las baja presiones utilizadas en el proceso de pirólisis, en comparación con otros estudios.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Dr. José Manuel Riesco Ávila y la Ing. Amparo Romero a quienes me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de este estudio.

Además, agradezco a la Universidad de Guanajuato por haberme permitido participar en este Verano de la Investigación Científica.

Por último agradezco a mis compañeros de trabajo, con quienes logre trabajar colectivamente en pro de un objetivo en común.

## REFERENCIAS

- [ 1 ] Poliestireno expandido. (n.d.). En Wikipedia. Recuperado el 16 de Junio, 2015, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno\\_expandido](https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno_expandido)
- [ 2 ] Sistema de codificación de los materiales plásticos (Basado en la NORMA IRAM 13700). Boletín Técnico Informativo N° 42 (ECOPLAS). Extraído el de Junio 18 de 2015 desde [http://www.naACP.org/president/releases/police\\_brutality.htm](http://www.naACP.org/president/releases/police_brutality.htm)
- [ 3 ] Araiza L. (2012, 03 de Diciembre). Es la producción anual de México; tarda 500 años en degradarse. El Sol de León. Recuperado de <http://www.oem.com.mx/elsoldeleon/notas/n2793509.htm>
- [ 4 ] Franklin Associates (2010). Life-Cycle Inventory of 100 Percent Postconsumer HDPE and PET Recycled Resin from Postconsumer Containers and Packaging , A Division of Erg Prairie Village, Kansas.
- [ 5 ] J. Schiers, W. Kaminsky (2006). Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics, John Wiley & Sons Ltd., Chichester,
- [ 6 ] D.S. Achilias., C. Roupakias., P. Megalokonomos., A.A. Lappas., E.V. Antonakou., J. Hazard. Mater. 149 ,536–542.
- [ 7 ] G. Elordi, G. Lopez, M. Olazar, R. Aguado, J. Bilbao, J. Hazard. Mater (2007). 144, 708–714.
- [ 8 ] J. A. Onwudili, N. Insura, P. T. Williams (2009). Composition of products from the pyrolysis of polyethylene and polystyrene in a closed batch reactor: Effects of temperature and residence time, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 86, 293-303.
- [ 9 ] Cromatografía de gases. (n.d.). En Wikipedia. Recuperado el 22 de Junio, 2015, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa\\_de\\_gases](https://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases)