



DESARROLLO DE UN MARCADOR MOLECULAR PARA TRAZAR UNA GASOLINA COMERCIAL

José Felipe Sánchez Minero

UCyEH, Departamento de Ingeniería Química Petrolera, ESIQIE, IPN

jfsanchezm@ipn.mx

Armando Tonatiuh Avalos Bravo

Departamento de Ingeniería Química Petrolera, ESIQIE, IPN

aavalosb@ipn.mx

Miriam Noemí Moreno Montiel

Departamento de Ingeniería Química Petrolera, ESIQIE, IPN

mimorenom@ipn.mx

Abstract

Se evaluó al 2-fenil-fenol (bifenol) como marcador molecular de una gasolina comercial, utilizando para ello el cromatógrafo de gases portátil Torion T9, el cual tiene acoplada la herramienta de espectrometría de masas (GC-MS) y permite evaluar combustibles en un tiempo corto de hasta 300 segundos. En primera instancia se evaluaron diez gasolinas de calidad regular y diez gasolinas de calidad Premium, estas provenientes de las 10 marcas que más se comercializan en territorio nacional, incluyendo las estaciones de Petróleos Mexicanos. Posteriormente, se incorporó el bifenol a dichas gasolinas para observar su respuesta como marcador molecular, encontrándose que dicha molécula no presenta interferencia con otros compuestos de la gasolina y puede ser incorporada al combustible hasta una concentración mínima de 50 ppm. El efecto de la temperatura sobre el bifenol muestra que dicho compuesto puede sufrir una degradación cuando la temperatura del medio es menor a 20°C.

Palabras Clave: *Marcador, Bifenol, gasolina, cromatografía, concentración.*

En nuestro país se consumen alrededor de 800,000 barriles por día de gasolina, equivalentes a 127 millones de litros al día. Por su parte, la producción en el sistema nacional de refinación solo es del orden del 30%,

equivalente a 240,000 barriles por día o 38 millones de litros al día.

Consecuentemente, es necesario importar una cantidad importante de este combustible,



principalmente a través de la frontera norte con Estados Unidos, de donde provienen 9 de cada 10 litros que se importan a nuestro país.

A partir de la reforma energética de 2013, los permisionarios privados pueden importar gasolina y comercializarla a través de su cadena de valor, siendo su porcentaje de participación en el mercado del orden del 40% al día de hoy (2024). Por su parte, Petróleos Mexicanos controla el 60% del volumen restante.

La cadena de valor de la gasolina presenta varias etapas, empezando por el origen, el cual como se ha mencionado, puede partir de la producción nacional o de la importación. Posteriormente, el combustible debe ser transportado a través de ductos, buques, carro-tanques o auto-tanques. Cualquiera de estos medios de transporte se conecta con una terminal de almacenamiento, la cual reparte el combustible a las estaciones de expendio en lo que se denomina como última milla. El transporte que se utiliza para entregar a las estaciones de expendio es el auto-tanque de varias capacidades (30, 40 o 60 mil litros).

Durante los últimos años se ha incrementado el robo de gasolina, ya sea mediante la extracción del combustible que viaja a través del ducto como la adulteración del mismo en el auto-tanque que reparte a las estaciones de servicio. Este problema no ha podido ser resuelto en términos de la calidad debido a que la norma oficial encargada de evaluar los petrolíferos (NOM-016-CRE-2016) tiene un alcance muy limitado, requiriendo solo un análisis del combustible cada 6 meses, lo que permite evaluar la calidad solo en dos veces por año, contrario a la carga y descarga de este combustible, la cual se puede llegar a realizar hasta 2 o 3 veces en un solo día.

Al tenor de lo anterior, surge la necesidad de poder desarrollar herramientas que permitan

controlar la calidad de la gasolina a lo largo de su cadena de valor. Es en este sentido que el uso de un marcador molecular aparece como una alternativa real para lograr que la gasolina guarde su calidad e todo momento.

El marcador molecular es un compuesto químico que no se encuentra presente en la gasolina y por tanto sirve para dar trazabilidad a dicho combustible, ya que la concentración del mismo puede ser evaluada con un equipo portátil para corroborar si dicho combustible ha sido adulterado en alguna etapa de su distribución. En algunos países como Colombia y Nicaragua se ha utilizado marcadores moleculares de gasolina para erradicar por completo el robo o adulteración e combustibles, además de que su uso permite también mejorar el nivel de declaración fiscal, tema importante para aquellos países como México en donde aún se utilizan resquicios para no cumplir con el régimen fiscal. Por tanto, este tipo de tecnología puede reducir lo que se conoce también como el huachicol fiscal.

A partir de lo anterior, en este trabajo se evaluó un compuesto químico derivado de los fenoles como posible marcador molecular para la gasolina que se comercializa en territorio nacional. Los objetivos principales se centraron en la concentración de dicho marcador en la mezcla de combustible y el efecto de la temperatura ambiente sobre dicho marcador.

Metodología

Para este estudio se colectaron muestras de gasolina regular y gasolina Premium de diez diferentes estaciones de expendio, las cuales corresponden a aquellas con mayor presencia en nuestro país como es el caso de Petróleos Mexicanos, Hidrosina, Grupo G500, Mobil,

BP, Oxxo Gas, Shell, Petro Seven, Chevron y Total.

Las muestras fueron colectadas conforme a lo establecido en el método ASTM D4057, el cual especifica la metodología de muestreo y almacenamiento de gasolina previo a su análisis en un laboratorio. La evaluación de las gasolinas se realizó en el laboratorio de la Unidad de Caracterización y Evaluación de Hidrocarburos (UCyEH) de la ESIQIE, IPN. A cada gasolina se le determinó su análisis cromatográfico con ayuda de un cromatógrafo de gases portátil con espectrometría de masas (GC-MS) Torion T9 de la marca Perkin Elmer, el cual fue programado para realizar la prueba en un tiempo de 300 segundos, utilizando Helio como gas acarreador (Figura 1).



Figura 1. Cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) Torion T9.

Una vez que se registraron todas las gasolinas utilizadas para este estudio, se evaluaron los espacios vacíos entre picos de absorción que presentaron los cromatogramas. A partir de esta evaluación se determinaron los tiempos de retención óptimos para poder integrar el compuesto a utilizar como marcador molecular. Una vez integrado el bifenol se llevó a cabo la evaluación de su concentración mínima a utilizar, utilizándose para ello 25, 50, 100 y 150 ppm de este compuesto, así como la evaluación del efecto de la temperatura, para lo cual se evaluó la concentración del marcador en la mezcla a 10, 20, 30, 40 y 50 °C.

Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestran los resultados de los cromatogramas de gasolinas evaluadas en este estudio. Se observan ciertos espacios vacíos que pueden ser utilizados para integrar el marcador molecular: 49-53, 60-63, 89-94, 98-100, 108-110 y 135-165 segundos. Estos espacios pueden ser utilizados para integrar la molécula química que se pretende utilizar como marcador.

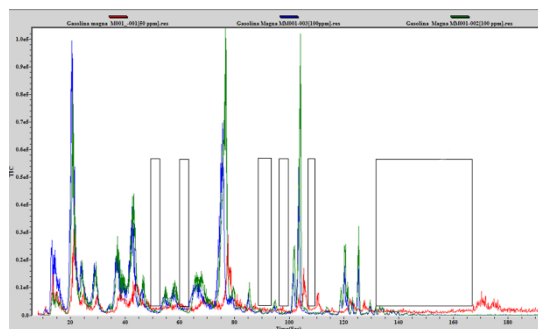


Figura 2. Cromatogramas de muestras de gasolina regular y Premium utilizadas en este estudio.

Por otro lado, en la Figura 3 se muestra el pico característico del bifenol, utilizado como prospecto de marcado molecular. Se observa que dicho compuesto presenta un tiempo de retención de 108.5 segundos. Por tanto, si consideramos que la base de datos de gasolinas muestra que en el intervalo de 108 a 110 segundo se puede integrar una molecular, el resultado confirma que el bifenol si puede ser utilizado conforme a su tiempo de retención.

Una vez establecido este primer paso, se procedió a evaluar el efecto de la concentración y la temperatura. Los resultados del área bajo la curva del pico característico del marcador en función de la concentración del mismo en partes por millón se presentan en la Figura 4. El área bajo la curva representa un promedio aritmético de 5 evaluaciones del pico característico del marcador.

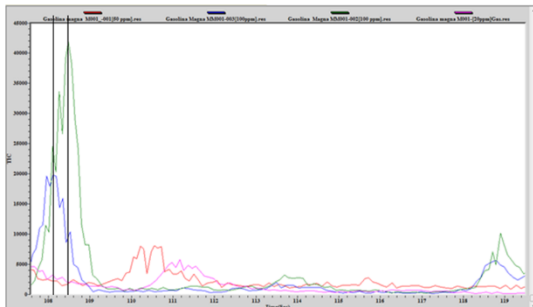


Figura 3. Pico característico del bifenol en una muestra de gasolina.

Se observa que la concentración del marcador guarda un comportamiento lineal con respecto a su área bajo la curva. Este resultado permite confirmar que el bifenil no se ve afectado en su concentración en el intervalo de 25 a 50 ppm, utilizando una temperatura constante de 20°C. Considerando que el costo de la molécula juega un papel importante en la propuesta de marcador, podemos establecer que para un costo promedio de 2.5 centavos por litro de gasolina marcada, la concentración ideal de marcador es de 50 ppm.

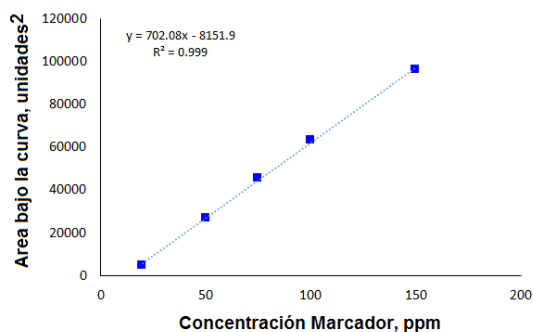


Figura 4. Efecto de la concentración de bifenol en la evaluación cromatográfica de gasolina + bifenol.

Una vez establecido lo anterior, se evaluó el efecto de la temperatura del combustible sobre el marcador (Figura 5). Los resultados muestran que para la concentración de 50 ppm de bifenol la temperatura no afecta si esta se

eleva de 20 a 50°C, manteniéndose un valor promedio del orden de 26,000 unidades cuadradas como área bajo la curva. Sin embargo, cuando la temperatura decrece, se observa una afección o pérdida en el área bajo la curva, registrándose un valor del orden de 13,000 unidades cuadradas, la mitad del valor obtenido con las temperaturas restantes.

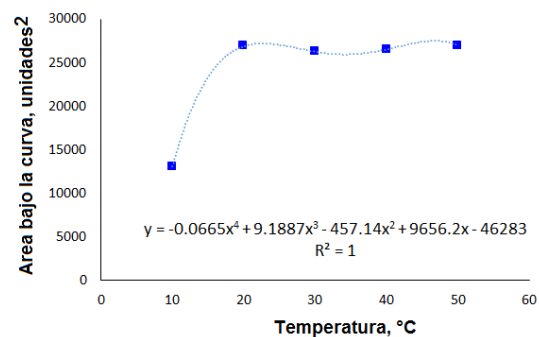


Figura 5. Efecto de la temperatura en la evaluación cromatográfica de gasolina + bifenol.

Por lo tanto, se puede establecer que el marcador puede funcionar bien en el rango de 20 a 50°C, siendo necesario realizar un ajuste mediante el modelo matemático como el que se muestra en la Figura 5 cuando el marcador sea utilizado en el rango de 10 a 20°C. Otra opción es evaluar si a temperaturas menores a 20°C sea necesario utilizar una mayor concentración de marcador molecular.

Conclusiones

En el presente estudio fue evaluado el bifenol como posible marcador molecular para una gasolina que se comercializa en territorio nacional. A partir de los resultados se puede concluir que esta molécula si puede ser utilizada como marcador debido a que su tiempo de retención (108.5 segundos) no interfiere con los componentes químicos de la gasolina. Además, se determinó que dicha molécula puede ser integrada a una



concentración de 50 ppm en un intervalo de uso de 20 a 40°C.

Referencias

Gaceta de la Comisión Permanente del Senado de la República (2020), LIV Legislatura, 20 de Mayo/LXIV/2SPR-6-2631/107550.

La detección de la gasolina adulterada: Una breve revisión de los principales métodos analíticos (2020). Revista Centro Azúcar. volumen 47. [ISSN 2223-4861 \(Online\) | Revista centro azúcar | The ISSN Portal](#)

Marcadores de Combustible (2008). Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Perú. [Memoria Anual 2008 - SNMPE](#)

Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Gobierno de México, 2016.