

## EFECTO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS EN LA CALIDAD DE LOS CRUDOS EXTRAPESADOS EXTRAIDOS CON PROPANO.

(Effect of the chemical additives on the quality of extra heavy crude extracted with propane.)

<sup>1</sup>Ramírez D., <sup>2</sup>Ovalles C

<sup>1</sup> Núcleo Universitario Rafael Rangel, Departamento de Biología y Química,  
[deisy@ula.edu.ve](mailto:deisy@ula.edu.ve), 0426-9730871, Trujillo-Venezuela.  
[ovallesc@hotmail.com](mailto:ovallesc@hotmail.com), Caracas-Venezuela.

### Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto que tienen los aditivos químicos sobre la calidad del crudo extrapesado Hamaca usando propano como solvente de extracción en condiciones del yacimiento (60 °C y 1100 psi). El estudio se inició con una evaluación en un sistema de extracción SFE®ISCO con propano, empleando diferentes aditivos, entre ellos, tolueno, tolueno/isopropanol, ácido dodecilbenzeno sulfónico (ADBS), anhídrido maléico 1-octadeceno (AMOD), peróxido de dibenzoilo (PDB) y anhídrido maléico (AM). Seguido de un análisis de Saturados, Aromáticos, Resinas y Asfaltenos (SARA) por la técnica de cromatografía en capa fina acoplado a un detector de ionización a la llama (TLC-FID). Finalmente, se puede concluir que el contenido de asfaltenos se reduce en un 60% con propano sólo, pero con el uso de los aditivos la desasfaltación es del 30 % aproximadamente, es decir, el propano sólo resulta mejor desasfaltante que el propano aditivado.

**Palabras clave:** Aditivos químicos, crudo extrapesado, calidad del crudo, yacimiento, asfaltenos, resinas.

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of chemical additives on the quality of Hamaca extra heavy crude using propane as solvent of extraction in the reservoir conditions (60 °C and 110 psi). It begins with an evaluation in a SFE®ISCO extraction system with propane. Different additives were used, among them: toluene, toluene/isopropanol, dodecylbenzene sulfonic acid (DDBSA), 1-octadecene maleic anhydride (ODMA) and maleic anhydride (MA). Consecutive by an analysis of saturated, aromatics, resin and asphaltene (SARA) with the chromatography technique in fine layer connected to a flame ionization detector (TLC-DFID). In the end, One can conclude that the asphaltene content is reduced in 60% with only propane. But, using additives the deasphalting is 30% approximately. In other words, only the propane is better at deasphalting than aditively propane.

**Keywords:** Chemical additives, Extra heavy crude, crude quality, reservoir, asphaltene, resin.

## Introducción

Actualmente, se estima que existen en el mundo alrededor de 300 mil millones de toneladas de crudos pesados y extrapesados, donde Venezuela y Canadá poseen más del 80 % de estos crudos. Por este motivo, la industria petrolera realiza una serie de investigaciones que permitan la recuperación, transporte y mejoramiento de estos crudos al menor costo y con el menor impacto ambiental. Los crudos pesados y extrapesados presentan características físicas y químicas diferentes de las que poseen los crudos livianos y medianos; entre ellas, la viscosidad es muy elevada, resultando incluso sólidos a temperatura ambiente; la gravedad API es baja, menor de 20 °API para los crudos pesados (densidad superior a 0,93 g/ml) y menor de 10 ° API para los extrapesados (densidad mayor de 1,00 g/ml); alto contenido de azufre, metales, asfaltenos y resinas, aspectos todos que constituyen inconvenientes para su producción y procesamiento.

En Venezuela, la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) es un inmenso depósito de crudos pesados y extrapesados, conteniendo unos 270 mil millones de barriles recuperables con la tecnología actual. Las reservas del país de crudos convencionales, las cuales involucran crudos livianos, medianos y pesados, se estiman en unos 70 mil millones de barriles. De estos, unos 20 mil millones de las reservas venezolanas corresponden a crudos livianos y medianos (esto es, el 6 %). La producción diaria de unos 2 millones de barriles de crudos convencionales, significa que en menos de 100 años las reservas de estos se agotarán. Por este motivo, la industria petrolera venezolana lleva a cabo una serie de estudios y desarrollos de nuevas tecnologías en el campo de la recuperación mejorada de crudos convencionales y particularmente de los pesados, extrapesados de la FPO.

El petróleo está compuesto esencialmente por los elementos carbono (C) e hidrógeno (H), los cuales forman moléculas llamadas hidrocarburos. También, contiene en menor proporción azufre (S), nitrógeno (N) y oxígeno (O), los cuales forman compuestos heteroatómicos que constituyen un grave problema por su acción corrosiva, su mal olor y precipitación. Resulta interesante físico-químicamente hablando, como los dos elementos H y C, uno gas y el otro sólido, se combinan en la naturaleza para formar tan extensa variedad de hidrocarburos. Por otro lado, aparte de los elementos radioactivos, estos dos tienen más poder calorífico de combustión directa que el resto de los elementos constituyentes, NSO (Villegas, 1985).

Debido a la compleja composición química de los crudos pesados su análisis composicional se simplifica mediante la determinación de grupos de hidrocarburos representativos (Sol et al., 1985). Una de las formas más ampliamente utilizada es la llamada separación SARA, la cual se refiere a grupos de hidrocarburos saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos. Los procedimientos empleados en la separación y cuantificación de los componentes SARA son altamente dependientes del tipo de crudo y de la técnica a emplear en la separación. La determinación de saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos se logra a través de técnicas de cromatografía en capa fina con

pirólisis (TLC–FID) y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Sol et al, 1985). El TLC-FID permite el análisis rápido de muestras, requiere una pequeña cantidad de esta, más no permite el aislamiento físico para caracterización más detallada. El HPLC es más complejo desde el punto de vista analítico, pero permite aislar cantidades apreciables de fracciones para su posterior estudio (Sol et al, 1985).

Por lo antes expuesto, se realiza en los laboratorios de PDVSA-INTEVEP esta investigación, donde se emplea crudo extrapesado “Hamaca” proveniente de la Faja Petrolífera del Orinoco con el fin de evaluar el efecto de la presencia de aditivos químicos (compuestos aromáticos, surfactantes, dispersantes, alcoholes) en la calidad de la extracción de crudos extrapesados con propano a condiciones del yacimiento en estudio (1100 psi y 60 °C).

### Metodología

En la primera parte se describe individualmente la metodología de un sistema de extracción SFE®ISCO con propano, empleando diferentes aditivos (Ramirez D, Ovalles C).

En la segunda parte se describe la metodología del análisis SARA a través de técnica de cromatografía en capa fina con pirólisis (TLC–FID).

En la Tabla 3.1 se presentan algunas características del crudo extrapesado “Hamaca” empleado en los experimentos.

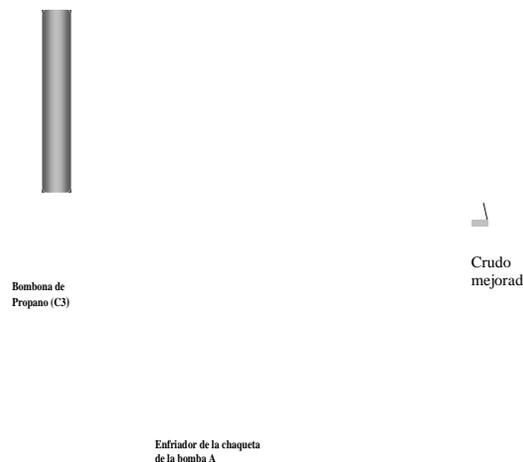
**Tabla 1.** Características del crudo Hamaca empleado en los experimentos.

<b>Densidad, g/ml</b>	1,01
<b>Gravedad API</b>	8,6
<b>Saturados, %p</b>	16,7
<b>Aromáticos, %p</b>	44,3
<b>Resinas, %p</b>	28,6
<b>Asfaltenos (nC<sub>7</sub>), %p</b>	10,5
	100,1

### Sistema de extracción con solvente ISCO ®SFE.

El proceso de extracción se realiza utilizando un equipo analítico ISCO ® SFE (extracción con fluido supercrítico) modelo SFX 2-10, apto para trabajar en condiciones subcríticas del fluido, tal como se muestra en la Figura 1). El sistema está compuesto por un par de bombas ISCO 260D (A y B) y un horno donde se ubican las celdas de 10

ml a la temperatura de operación. La celda tiene en cada uno de sus extremos un sello sintéizado de 2  $\mu\text{m}$ , conteniendo la mezcla crudo/arena compactada con un pistón. La cantidad de material empacado varía en el intervalo 17,5 - 19,5 g, esto significa que cada núcleo contiene aproximadamente 3,5 a 3,9 g de crudo, es decir, un 20%. A la salida del horno, a través de unos restrictores, se recoge el crudo producido, el cual es analizado de forma cualitativa y cuantitativa. El propano y el aditivo son colocados en cada una de las bombas, respectivamente. La bomba de propano (A) opera a presión constante de 1100 psi y la bomba de aditivo (B) a un flujo constante de 1 ml/min. En la primera extracción ambos fluidos son enviados a la unidad de extracción donde se encuentra la muestra pesada a una temperatura de 60 °C, él sistema es presurizado por un tiempo de digestión entre la muestra y el propano aditivado o no. Transcurrido el tiempo de digestión, se despresuriza y se recoge el extracto en un vial adaptado al restrictor con el fin de evitar pérdida del crudo producido. Una vez finalizado el proceso de recolección del primer extracto se procede a presurizar nuevamente el sistema con propano sólo debido a que el aditivo es inyectado todo en la primera extracción y durante un tiempo de estabilización de cinco (5) minutos. Pasado este tiempo, se despresuriza y se recoge el segundo extracto de igual forma que el anterior. Esto se repite hasta agotar la muestra que se encuentra como un núcleo sintético en la celda. Terminadas las extracciones se procede a retirar el núcleo residual de la celda, limpiar el equipo y cargar nuevamente.



**Figura 1.** Sistema de extracción con solvente ISCO<sup>®</sup> SFE y horno extractor ISCO<sup>®</sup> SFX 2-10.

### **Calidad del crudo producido y su residuo en un proceso sin aditivos y con aditivos químicos.**

En esta sección, se presenta la metodología de cada uno de los análisis realizados al crudo producido y su residuo, comenzando con la determinación de saturados, aromáticos, resinas y asfáltenos para cada uno de los extractos a través de la técnica de cromatografía en capa fina acoplado a un detector de ionización a la llama

(TLC-FID). Continuando con los análisis se tiene el peso molecular del crudo total producido en el primer sistema de extracción por osmometría de presión de vapor, la densidad y la curva de destilación por cromatografía de gases. Finalmente, con cada uno de estos análisis se puede conocer la calidad del crudo producido, las cuales serán comparadas y discutidas más adelante en el capítulo de resultados y discusión para determinar su efecto.

### **Análisis SARA.**

Según la norma AE-0207 publicada por Sol et. al (1985), se describe el procedimiento a seguir para la determinación de saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos (SARA) por cromatografía en capa fina sobre gel de sílice acoplada a un detector de ionización a la llama, marca latroscan. La misma consta de dos etapas: en la primera, se separan los compuestos saturados, aromáticos y polares (estos últimos agrupan a las resinas y los asfaltenos), y se cuantifican los compuestos saturados y aromáticos. En la segunda etapa, se separan los maltenos de los asfaltenos y se cuantifican los asfaltenos. Los maltenos son una mezcla de compuestos saturados, aromáticos y resinas. Las resinas se calculan por diferencia con respecto al 100 % peso.

A continuación, se describen cada uno de los pasos para la determinación SARA:

- *Puesta a punto del detector de ionización a la llama (FID), marca latroscan.*

El detector de ionización se debe operar con un flujo de hidrógeno de 160 ml/min y un flujo de aire de 2000 ml/min. Estos flujos se deben verificar periódicamente para garantizar la validez de las curvas y la confiabilidad de los resultados.

- *Curvas de calibración para saturados y aromáticos*

A las varillas o “Chromarods” nuevos, recubiertos por una capa delgada de gel de sílice, se le hace una marca en la parte superior para identificar el lado en el que se sembrarán las muestras. Luego se deben colocar en un marco y quemar por lo menos tres veces en el equipo latroscan, para eliminar cualquier residuo de polímero proveniente del empaque.

Se debe disponer de fracciones saturadas y aromáticas de muestras de diferente naturaleza, tales como bases lubricantes, gasóleos de vacío, residuos atmosféricos, residuos de vacío, petróleo crudo, etc, para garantizar la representatividad de la mezcla patrón. Finalmente, las fracciones de compuestos saturados se mezclan para generar el patrón a emplear en la calibración. Se procede de igual manera con los compuestos aromáticos.

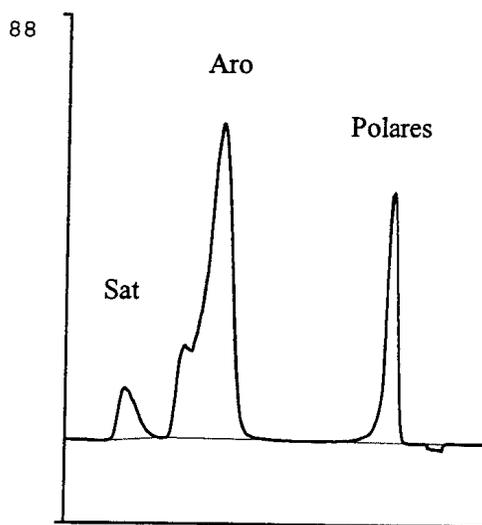
Para estimar las curvas de calibración se utilizan patrones mixtos, preparados mezclando diferentes proporciones en peso de las mezclas patrones de compuestos saturados y aromáticos. Se debe cubrir el intervalo de concentración saturados/aromáticos de 5/95 a 95/5 en porcentaje peso. Se disuelven 25 mg de muestra que contiene los patrones mixtos en 1 ml de mezcla cloroformo:tolueno 1:1.

Se aplica sobre los Chromarods utilizando la micropipeta  $1\mu\text{L}$  de la solución de la muestra. En cada juego de Chromarods se pueden aplicar hasta cinco muestras, cada una por duplicado, ya que éste admite hasta un máximo de diez Chromarods.

Después de aplicar todas las muestras sobre los Chromarods, se deja evaporar el solvente con la ayuda de un ventilador. Una vez sembradas las muestras se desarrollan en n-heptano hasta que el frente del solvente recorra 10 cm, de esta manera se separan los compuestos saturados en una banda cerca de los 10 cm, mientras los compuestos aromáticos quedan distribuidos a lo largo del Chromarod. Por lo general esta etapa demora 40 minutos. Se evapora el n-heptano que queda sobre los Chromarods durante 3 minutos.

Se desarrolla el mismo juego de Chromarods en tolueno hasta que el frente del solvente recorra 7,5 cm, con lo cual se agrupan todos los compuestos aromáticos en una sola banda. Esta etapa demora entre 20 y 25 minutos. Nuevamente se evapora el solvente con el ventilador.

Posteriormente, los Chromarods se colocan en el equipo latroscan para la cuantificación de los compuestos saturados y aromáticos a una velocidad de barrido de 0,36 cm/s. La primera señal que aparece en el cromatograma corresponde a los saturados, mientras que la segunda a los aromáticos y la tercera a los polares. Se determina el porcentaje del área bajo la señal correspondiente a los saturados y aromáticos. En la Figura 2 se muestra un cromatograma típico para esta separación.



**Figura 2.** Cromatograma típico del TLC-FID obtenido durante la separación de saturados y aromáticos.

## Resultados y Discusión

### Calidad del crudo extraído con propano sin aditivos y con aditivos químicos.

#### Análisis SARA.

En esta sección se presenta los resultados de la determinación del contenido de saturados, aromáticos, asfaltenos y resinas del crudo extraído y su residuo (con la técnica de cromatografía en capa fina acoplada a un detector de ionización a la llama) después del proceso de extracción con propano para diferentes tiempos de digestión, con diferentes aditivos químicos y variando la concentración de aquellos aditivos que resultan más efectivos.

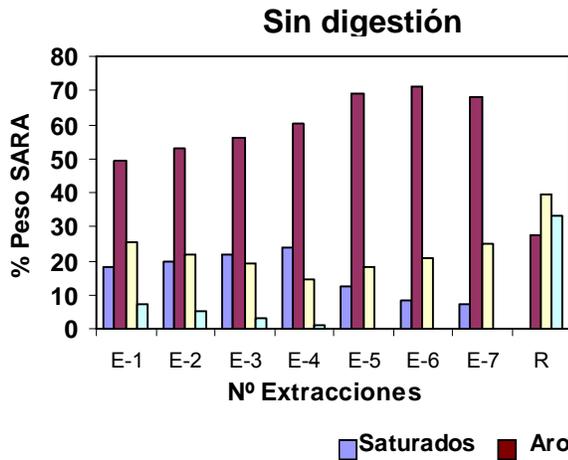
#### Efecto del tiempo de digestión.

Para el estudio del efecto del tiempo de digestión sobre la calidad del crudo extraído se realiza el análisis SARA a cada uno de los extractos y residuo de cada experimento. Lo primero que se observa para todas las muestras es una desasfaltación con respecto al crudo original, el cual presenta un contenido de asfaltenos de 10,5 %.

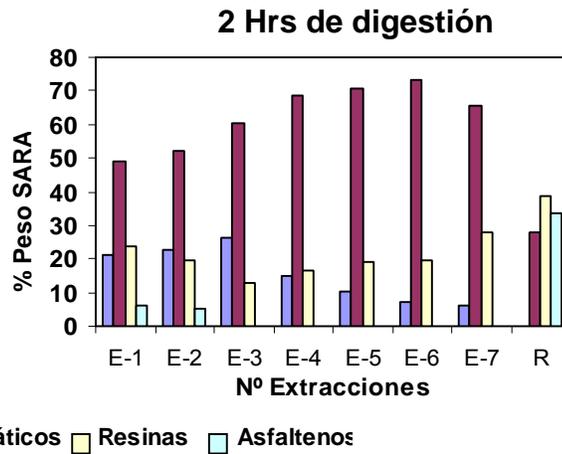
También se observa en los dos primeros extractos de las Figuras 3, 4, 5 y 6, un alto contenido de asfaltenos, que va disminuyendo progresivamente hasta desaparecer en las siguientes muestras. En cuanto al contenido de saturados (la fracción más ligera del crudo), estos tienden a disminuir con cada extracción, es decir, los compuestos más ligeros eluyen primero. Mientras la tendencia de los aromáticos es a aumentar y las resinas a mantenerse. Igualmente, en las Figuras 3 a 6, se puede observar que el núcleo residual no detecta la presencia de saturados, debido a que estos, por ser más ligeros, son removidos durante las extracciones sucesivas realizadas en cada experimento.

Con respecto al contenido de asfaltenos en el núcleo residual este es mucho más alto en comparación a la concentración calculada (la cual se determina suponiendo que todos los asfaltenos presentes en el crudo original se quedan en el residuo). Esto es debido, muy probablemente, a que estos coprecipitaron durante el experimento de manera conjunta con parte de los aromáticos y con apreciable proporción de resinas. Igualmente pudieron ser atrapados en la matriz sólida de los asfaltenos durante el proceso de precipitación, así como la extracción de ciertos compuestos cosolubilizantes durante el proceso (Subramanian *et al.*,1995). Este comportamiento también se presenta con los aditivos químicos los cuales se discutirán más adelante

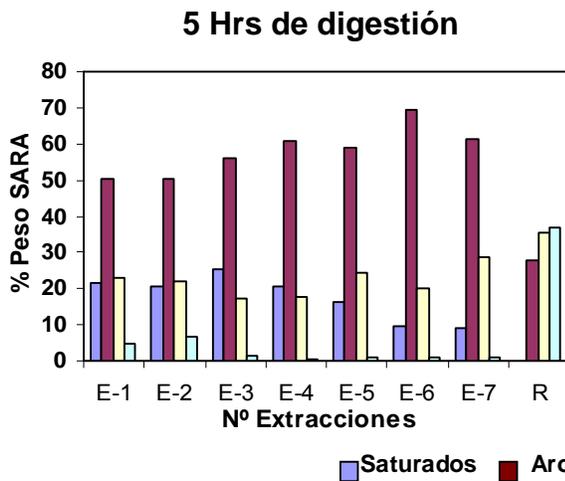
Por último, es importante señalar que cada uno de estos experimentos efectuados con tiempo variable de digestión, muestran comportamientos muy similares. De otra manera, este mismo efecto se visualiza al representar gráficamente el contenido en SARA total del crudo extraído, como se muestra en la próxima sección.



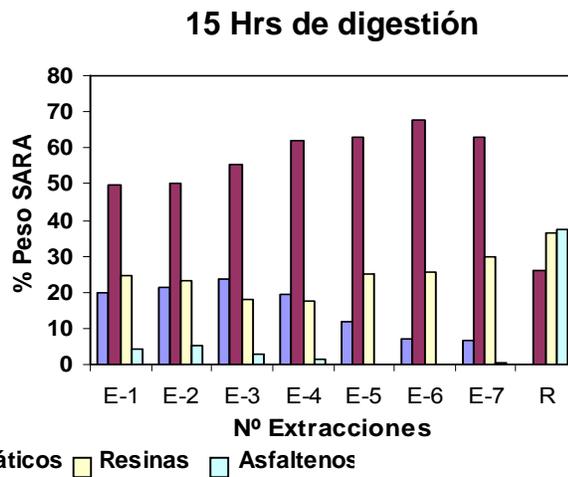
**Figura 3.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca sin digestión.



**Figura 4.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con 2 horas de digestión

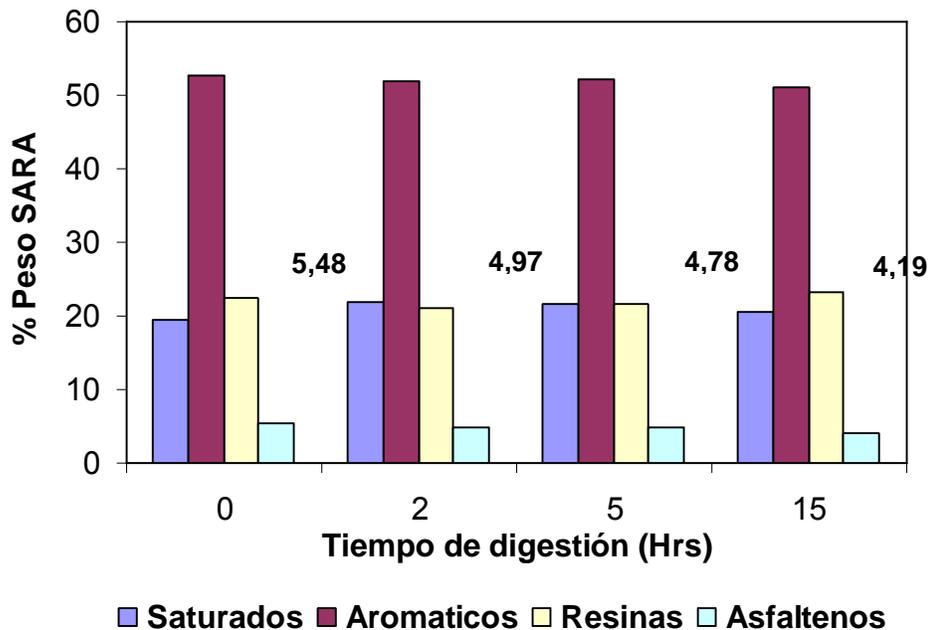


**Figura 5.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con 5 horas de digestión.



**Figura 6.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con 15 horas de digestión.

A partir de un balance de materiales realizado a cada una de las extracciones, se pudo estimar el contenido en SARA total del producto extraído del crudo Hamaca para cada tiempo de digestión. En la Figura 7, se presenta una desasfaltación en todos los experimentos con respecto al crudo original, de 10,5 a 5,5 % para la prueba sin digestión y a 4,2 % para 15 horas, esto es del 48 y 60 % de desasfaltación relativa, respectivamente. Se observa que los contenidos de saturados, aromáticos y resinas tienen un comportamiento muy similar en todos los experimentos descritos en la Figura 7.



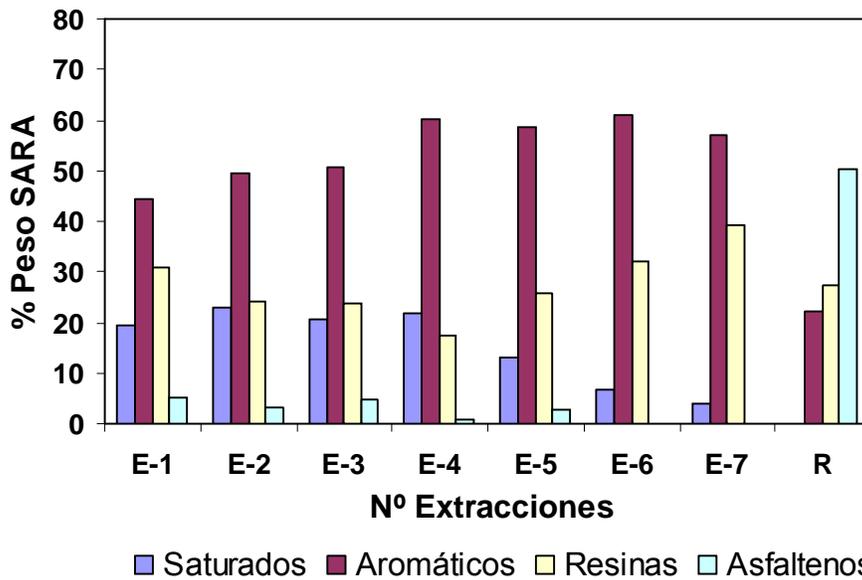
**Figura 7.** Rendimientos en peso SARA total obtenidos del balance de materiales de todos los extractos para diferentes tiempos de digestión en la extracción de crudo Hamaca (% de asfaltenos original 10,5 %).

Efecto de los aditivos químicos.

Una vez analizado el efecto que tienen los aditivos sobre el rendimiento de extracción se procede a estudiar la calidad del crudo extraído y su residuo, comenzando con los rendimientos SARA obtenidos para los experimentos con tolueno y tolueno/isopropanol empleados como excipientes, y finalizando con los aditivos AMOD, ADBS, PDB y AM.

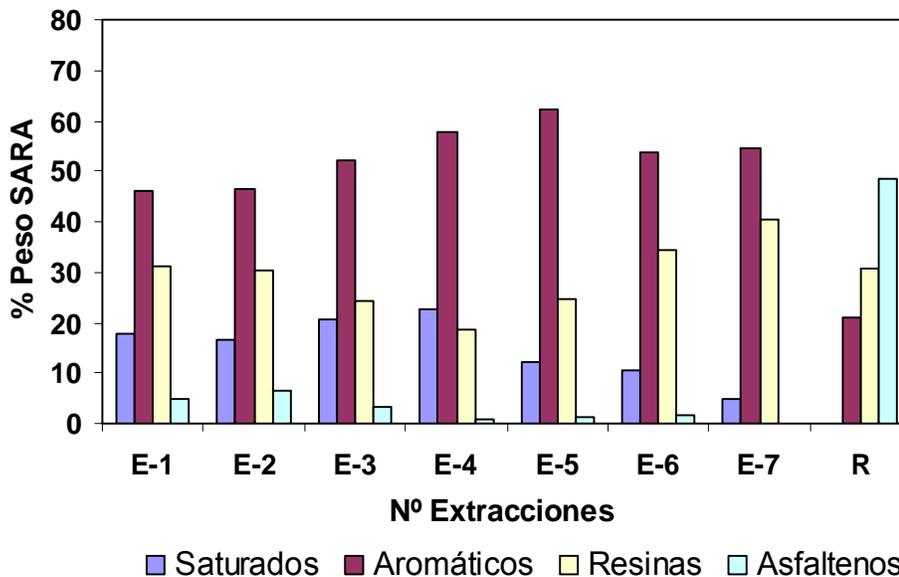
En la Figura 8 se observa que la tendencia de los saturados es a disminuir con el número de extracciones debido a que estos compuestos son más ligeros y se extraen en mayor cantidad durante las primeras muestras. Es decir, se obtiene un 19,3 % para la primera extracción y 4,0 % para la última (Subramanian *et al.*, 1995). Por su parte, los asfaltenos disminuyen desde 5,3 a 0 %, mientras que los aromáticos aumentan de 44,3 a 56,9 % y las resinas se mantienen aproximadamente constantes.

Por otro lado, en el residuo no están presentes los saturados (0 %), observándose bajos contenidos de aromáticos (22,20 %) y resinas (27,45 %), pero un alto contenido de asfaltenos (50,3 %) en comparación con el contenido de asfaltenos esperado en el residuo (40,5 %), producto de la precipitación inducida por el solvente o posibles reacciones que ocurren entre los aditivos y las moléculas de asfaltenos.



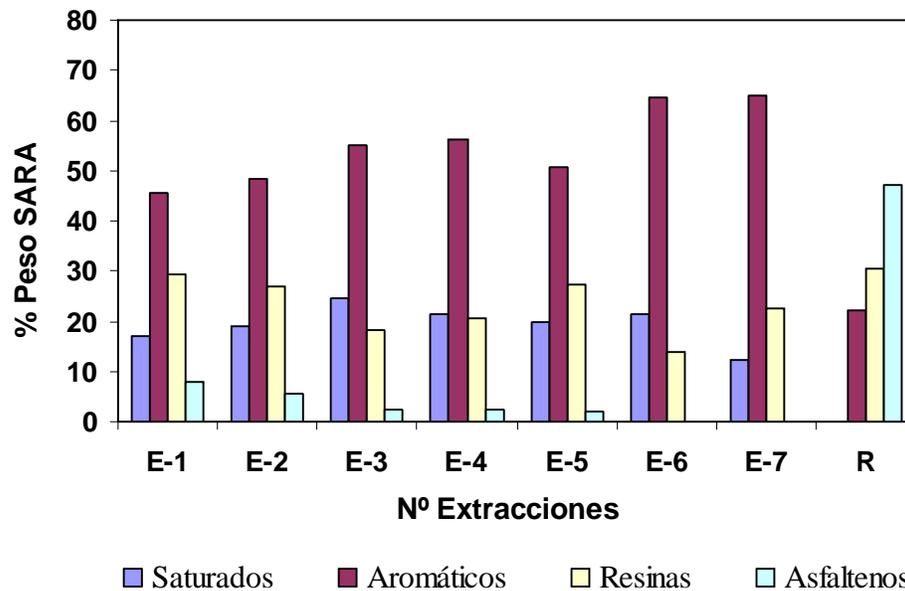
**Figura 8.** Rendimientos SARA obtenidos en la extracción de crudo Hamaca con tolueno como aditivo.

En cuanto al excipiente tolueno/isopropanol, se observa en la Figura 9 un comportamiento muy similar al experimento anterior, es decir, el contenido de saturados tiende a disminuir (de 17,8 a 4,9 %), y lo mismo ocurre para los asfaltenos (de 5 a 0 %). Por el contrario los aromáticos aumentan de 45,9 a 54,7 % y las resinas se mantienen aproximadamente constantes. El residuo no contiene saturados y se observan bajos contenidos de aromáticos y resinas, y un elevado contenido de asfaltenos.



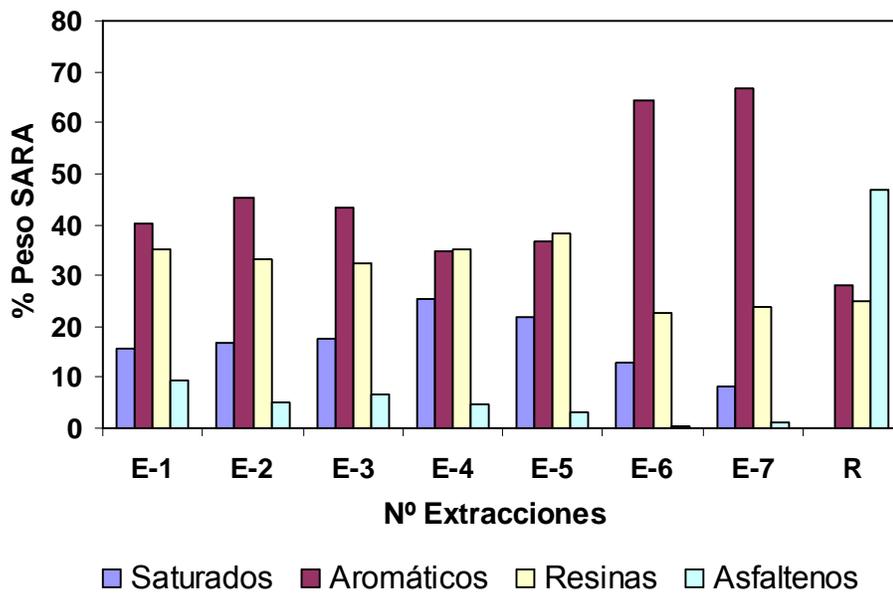
**Figura 9.** Rendimientos SARA obtenidos en la extracción de crudo Hamaca con tolueno /isopropanol como aditivo.

En la Figura 10, se muestran los rendimientos SARA obtenidos con el aditivo AMOD los cuales presentan ciertos altos y bajos en la fracción de los saturados, mientras en el resto de las fracciones la tendencia es muy similar a los experimentos anteriormente mencionados. Los valores de cada una de las fracciones en función del número de extracciones se reportan en las Tablas C.5 a C.10 del Apéndice C. El contenido de asfaltenos presentes en el núcleo residual es un 8 % adicional con respecto al contenido de asfaltenos calculados .



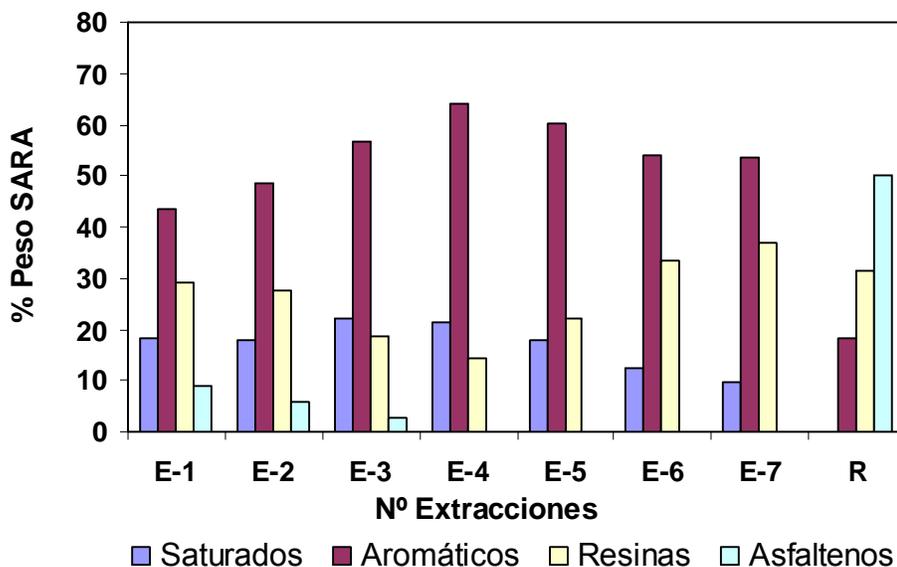
**Figura 10.** Rendimientos SARA obtenidos en la extracción de crudo Hamaca con AMOD (anhídrido maléico 1-octadeceno) como aditivo.

El comportamiento cuando se usa ADBS se presenta en la Figura 11, este resulta algo irregular para la mayoría de las fracciones. El contenido de saturados en las primeras cuatro extracciones tiende a aumentar de 15,5 a 25,3 %, y luego a disminuir a partir de la quinta extracción hasta un 8,10 %, esto posiblemente ocurre debido a la creación y posterior ruptura de mallas intermoleculares a lo largo del núcleo. En el caso de los aromáticos también se observan cambios bruscos donde primero disminuyen de 40,1 a 34,9 %, y luego aumentan hasta alcanzar 66,9 %. Pero, las resinas y asfaltenos tienen el mismo comportamiento que en los experimentos anteriores, es decir, las resinas se mantienen y los asfaltenos disminuyen con él número de extracciones de 9,2 a 1,1 %. En cuanto al núcleo residual no se observa la presencia de compuestos saturados, tiene un bajo contenido de aromáticos y un alto contenido de asfaltenos comparado con el asfalteno calculado de aproximadamente el 22 % adicional (Subramanian et al., 1995),



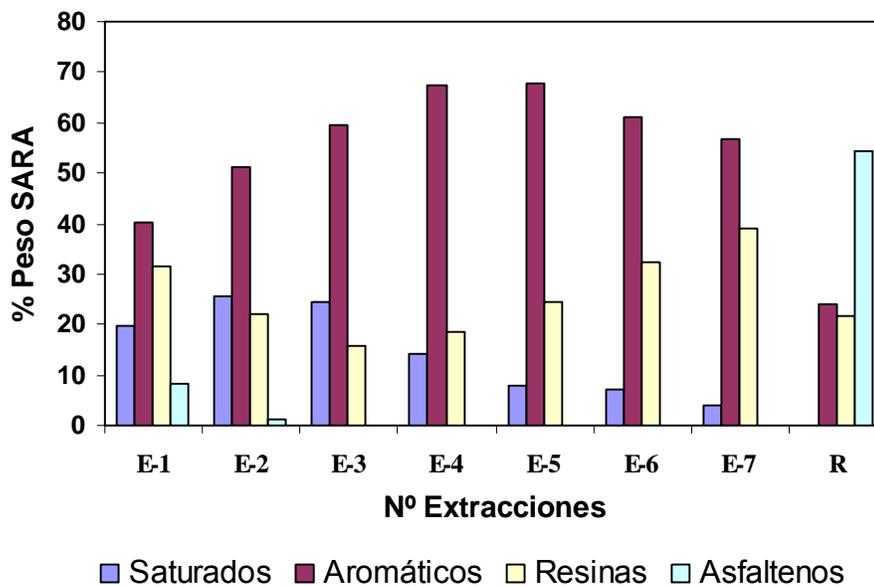
**Figura 11.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con ADBS (ácido dodecil benceno sulfónico) como aditivo.

Para la Figura 12, es decir el experimento realizado con peróxido de dibenzoilo, el desarrollo de cada una de las fracciones es muy similar a otros experimentos. Es decir, las fracciones de saturados y asfaltenos disminuyen, las resinas se mantienen y los aromáticos aumentan con el número de extracciones. En el residuo, también se presenta un elevado contenido de asfaltenos comparado con el asfalteno calculado del 20 % adicional.



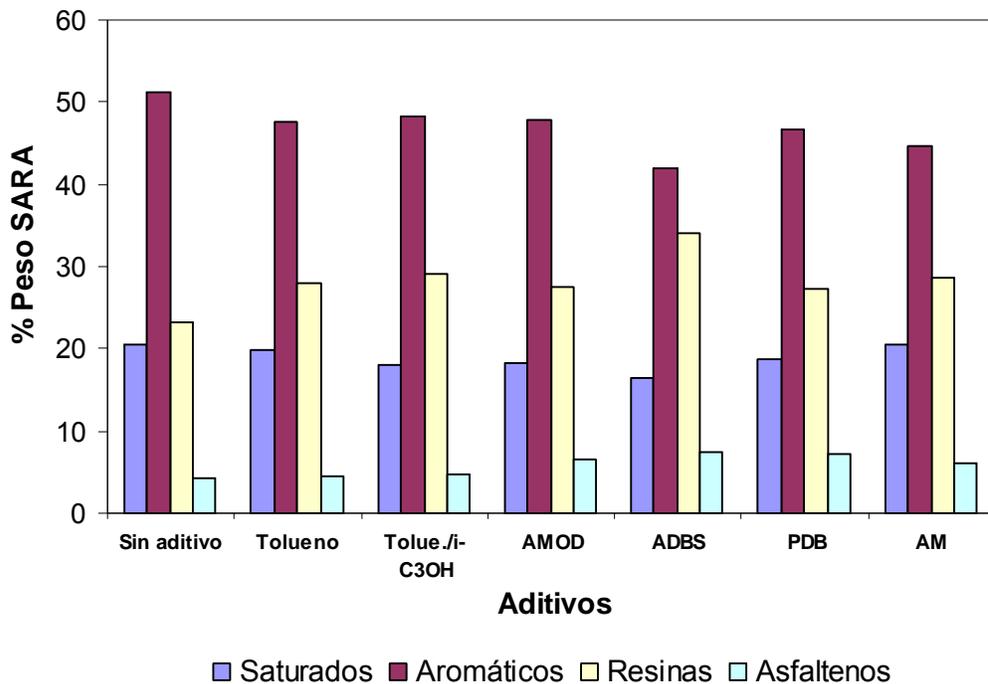
**Figura 12.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con PDB (peróxido de dibenzoilo) como aditivo.

Otro de los aditivos empleados fue el anhídrido maléico (AM), el cual es el monómero del aditivo polimérico AMOD. En la Figura 13, se tiene una representación del comportamiento que presentan cada una de las fracciones SARA, donde la tendencia de los saturados es a disminuir (de 19,60 a 4 %) al igual que para los asfaltenos (de 8,30 a 0 %), mientras que la de los aromáticos y resinas muestran comportamientos opuestos entre sí. Por otro lado, en el núcleo residual se presenta, al igual que en experimentos anteriores, un contenido de asfaltenos mucho más alto que el calculado con el resto de los aditivos, es decir del 30 % adicional. Esto posiblemente como producto de la extracción de componentes cosolubilizantes los cuales se encargan de mantener en suspensión los asfaltenos según lo publicado por Subramanian *et al.*, 1995.



**Figura 13.** Rendimientos SARA obtenidos de la extracción de crudo Hamaca con AM (anhídrido maléico) como aditivo.

A partir de un balance de materiales en cada una de las extracciones se obtiene un rendimiento SARA total del crudo extraído con cada uno de los aditivos, tal como se muestra en la Figura 14 (los valores se reportan en el Apéndice D). Se observa con los excipientes tolueno y tolueno/isopropanol, un ligero incremento en el contenido de asfaltenos con respecto al propano no aditivado de 0,22 y 0,55 %, respectivamente. En todos los casos donde se utilizaron aditivos, el contenido de asfaltenos resultó mayor con respecto al propano sólo, es decir, para los aditivos AMOD, ADBS y PDB el incremento fue de aproximadamente el 3 % mientras que el AM tuvo 1,84 %. Sin embargo, es importante señalar que, con todos los aditivos, se presenta un incremento en la desasfaltación relativa del orden de 30-60 % en comparación con el contenido de asfaltenos del crudo original (10,5 %). Finalmente, con el empleo de AMOD y PDB se puede afirmar que se lograron elevados rendimientos de extracción, a expensas de un ligero incremento en el contenido de asfaltenos.



**Figura 14.** Rendimientos SARA total obtenidos de un balance de materiales de la extracción de crudo Hamaca con cada uno de los extractos para los diferentes aditivos (Tolue/iC<sub>3</sub>OH: tolueno/isopropanol; AMOD: anhídrido maleico 1-octadeceno; ADBS: ácido dodecil benceno sulfónico; PDB: peróxido de dibenzoilo; AM: anhídrido maleico).

## Conclusiones

En cuanto a la calidad del crudo producido y su residuo en un proceso de extracción de crudo Hamaca sin aditivos y con aditivos químicos se puede concluir:

1. En cada uno de estos experimentos efectuados con tiempo variable de digestión, muestran comportamientos muy similares. Lo primero que se observa para todas las muestras es una desasfaltación con respecto al crudo original; el contenido de saturados va disminuyendo en cada extracción, mientras los aromáticos aumentan y resinas se mantienen, se puede observar que el núcleo residual no detecta la presencia de saturados, debido a que estos, por ser más ligeros, son removidos durante las extracciones sucesivas realizadas en cada experimento.
2. El rendimiento SARA total obtenido del balance de materiales de todos los extractos para diferentes tiempos de digestión, se observa que ocurre desasfaltación para todos los tiempos de digestión siendo ligeramente mayor para 15 horas, los

aromáticos mantienen su concentración mientras que, los saturados y resinas sufren ligeras variaciones.

3. En cuanto a los aditivos empleados, se observa para cada uno de los experimentos con propano aditivado que ocurre desasfaltación al compararlo con el contenido de asfaltenos del crudo original, siendo mayor el % asfaltenos para el AMOD y el PDB. Sin embargo, con el uso aditivos el contenido de asfaltenos es mayor respecto al propano sólo.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo de la Universidad de Carabobo y a INTEVEP por haberme brindado la oportunidad de realizar en sus instalaciones esta investigación para optar al Título de Magíster.

### Referencias Bibliográficas

- DEO, M. D., HWANG, J. and HANSON, F. V. "Dynamic behaviour of supercritical fluid extractions of crude oil and its vacuum residue", FUEL Vol. 75, N° 13, pp. 1591 – 1595, 1996.
- HWANG, R.J. and ORTIZ, J. "Mitigation of asphaltics deposition during CO<sub>2</sub> flood by enhancing CO<sub>2</sub> solvency with chemical modifiers", Organic Geochemistry, Vol. 31, pp. 1451 – 1462, 2000.
- MONIN, J.C., BARTH, D., PERRUT, M. y DURAND, B. "Extraction of hydrocarbons from sedimentary rocks by supercritical carbon dioxide", Org. Geochem. 13, 4-6, 1079-1086, 1987.
- PILLON, L. "Effect of dispersants and flocculants on the colloidal stability of asphaltenes". Petroleum Science and Technology, pp. 863-873, Canada, 2001.
- RAMIREZ, D., OVALLES, C., "Efecto de la presencia de aditivos químicos en la extracción de crudos extrapesados con propano", Revista Electrónica Facultad de Ingeniería UVM, Vol 3, Número 1 Enr/Jun, Año, 2009.
- RENGEL, P. "Efecto de iniciadores de radicales libres en reacciones de mejoramiento de crudos a baja severidad", Tesis de Grado para optar al título de Licenciado en Química ante la Universidad Simón Bolívar, Julio 2002.
- ROSE, J. L., SVRCEK, W. Y., MONNERY, W. D. and CHONG, K. "Fractionation of Peace River Bitumen using supercritical ethane and carbón dioxide", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 39, N° 10, pp. 3875 – 3883, 2000.

SOL, B., ROMERO, E., CARBOGNANI, L., SANCHEZ, V. and SUCRE, L. “An alternative technique for hydrocarbon class-type (SARA) separation”. Revista Técnica Intevp, Vol. 5, pp. 39-43, Enero 1985.

SUBRAMANIAN, M., DEO, M.D. y HANSON F. V. “Supercritical fluid extraction of UINTA basin bitumens”. University of Utah, Department of Chemical and Fuels Engineering, Vol. 2, pp. 193-204, 1995.

### **Reseña curricular**

**D.Ramírez.** Profesora instructor de la Universidad de Los Andes, adscrita al Departamento de Biología y Química y miembro del grupo de investigación Química Ambiental, Venezuela. Magíster en Ingeniería de Procesos.