

Estudio experimental de la deshidratación de un crudo mediano usando extractos de hojas de mora y corteza de pino.

Experimental study of the dehydration of a medium crude oil using mulberry leaf and pine bark extracts.

Chuiza Rojas, Marco Raúl^{1*}; Rivera, Yezabel²; Ramírez, John²; Garmendia, Henry²

¹Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

²Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Petróleo y Catálisis, ULA, Mérida, Venezuela

*labpetroleo2018@gmail.com

Resumen

La deshidratación química de crudos medianos se ha estudiado usando agentes deshidratantes provenientes de extractos de hojas y corteza de origen vegetal. Las materias utilizadas son hojas de mora (Morusinignis) y corteza de pino (Pinuscembra). Estos agentes se mezclan con emulsiones sintéticas de crudo Rosa Mediano para evaluar el grado de remoción de agua. La evaluación se realizó a 40°C y 60°C para emulsiones sintéticas de 15%, 30% y 50% W/O. Los agentes deshidratantes utilizados produjeron el rompimiento de la emulsión agua/crudo. Los resultados arrojaron que el extracto de pino muestra una mayor eficiencia con respecto al extracto de hoja de mora. A 60°C se alcanzó un mayor grado de separación de agua del sistema emulsionado.

Palabras clave: emulsiones w/o, crudos, desmulsificantes, pino, mora.

Abstract

The chemical dehydration of medium crudes has been studied using dehydrating agents from leaf and bark extracts of vegetal origin. The materials used are mulberry leaves (Morusinignis) and pine bark (Pinuscembra). These agents mix with synthetic crude oil emulsions Rosa Mediano to evaluate the water removal grade. The evaluation realized to 40°C and 60°C for synthetic emulsions of 15 %, 30 % and 50 % W/O. The dehydrating agents used produced the breakdown of the water/crude emulsion. The results showed that the pine extract shows greater efficiency with respect to the mulberry leaf extract. At 60 ° C a higher degree of water separation of the emulsified system was reached.

Key words: emulsions w/o, crude oil, dehydrating agents, mulberry leaves, pine bark.

1 Introducción

Venezuela cuenta con reservas de crudos medianos en el Occidente y Oriente del país. Una de las principales áreas productoras de petróleo es la Cuenca del Lago de Maracaibo la cual se encuentran al Occidente del país. Dentro de estas áreas se encuentran las unidades de producción de Tía Juana Lago, Rosa Mediano, Urdaneta, Lagunillas Lago, Lagomar, Lagomedio, Centro Sur Lago, Lagocinco y Moporo Lago. La unidad de producción Rosa Mediano pertenece al Distrito Lago de PDVSA Occidente, y está ubicada al Noreste del Lago de Maracaibo, en el campo Tía Juana Lago del campo Costanero Bolívar, compuesta por una superficie de 418 km² (Gómez 2011). Dentro de esta área el crudo Rosa Mediano pasa por una serie de sub-procesos, entre ellos tenemos separación, deshidratación, almacenamiento y bombeo, entre otros. El área que nos concierne es la etapa de deshidratación, donde el sistema cuenta con un proceso térmico que eleva su temperatura de entrada bajo un proceso de transferencia de calor, esto con el fin de lograr una separación más efectiva entre el petróleo y el agua. Al avanzar por el sistema el crudo llega al patio de tanques donde pasa inicialmente a un tanque de separación de petróleo y agua, conocido como tanque de lavado, y de allí a los tanques de almacenamiento.

Generalmente, dentro de la etapa de producción de petróleo las emulsiones agua/crudo se forman y además viene acompañada con agua libre. Una emulsión es una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente (Velazque y col., 2014). Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcialmente o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua y la otra la fase discreta (o dispersa).

Las emulsiones tienen estabilidad que van de unos minutos a años, dependiendo de la naturaleza del petróleo y el contenido de agua. Los surfactantes naturales como los asfaltenos, las resinas, los ácidos carboxílicos y los sólidos como la arcilla y las ceras estabilizan estas emulsiones. Es imprescindible romper estas emulsiones antes del transporte a través de oleoductos y antes de la refinación.

Según Bancroft (1913), la estabilidad de cualquier emulsión se debe en gran parte a la naturaleza de la película interfacial que se forma. La estabilidad de esta película depende fuertemente de la cinética de adsorción-desorción del surfactante, solubilidad y propiedades reológicas interfaciales como elasticidad, gradiente de tensión interfacial y viscosidad interfacial (Kwak 1998). Se requiere un crudo libre del agua para enviarlo por oleoducto y procesarlo en la refinación. Por este motivo, la desmulsificación química es la etapa más importante en el rompimiento de emulsiones de agua en petróleo.

La desmulsificación es un proceso que involucra la floculación, coalescencia y separación de dos fases inmiscibles. La desmulsificación química es un proceso en

el cual la velocidad de adelgazamiento de la película es mejorada y la estabilidad de la película es reducida por un químico desmulsificante. Se ha establecido que el papel del desmulsificante es cambiar las propiedades reológicas interfaciales y desestabilizar o romper las películas de las emulsiones estabilizadas por surfactantes (Radeva 2001).

Los desmulsificantes son todos surfactantes poliméricos capaces de adsorber en el interfaz crudo-agua y desplazar la película interfacial formada. Los asfaltenos en el crudo poseen un número suficiente de grupos funcionales para formar una capa interfacial de gran fuerza mecánica. La desmulsificación puede ocurrir solamente cuando un agente químico rompe la capa interfacial cuya actividad superficial es superior a la de los asfaltenos. Varios factores afectan el proceso de desmulsificación, algunos de ellos dependen de la característica de la fase continua, como la viscosidad, y el contenido de asfaltenos, otros dependen de la modificación estructural de las moléculas del desmulsificador.

Los desmulsificadores comerciales son surfactantes poliméricos tales como los polioxietileno y los polipropileno de diversas sustancias tensoactivos (diferentes números de moles). Estos desmulsificadores son agentes tensoactivos y desarrollan altas presiones superficiales en la interfase crudo/agua (Al-Sabagh 1998, Shick y col., 1963). Esta alta presión interfacial causa el reemplazo de películas rígidas de surfactantes naturales del crudo por una película que permite el proceso de coalescencia de las gotas de agua. La eficacia con la cual un tensoactivo actúa como desmulsificador depende de muchos factores relacionados con la estructura del surfactante. Tales factores comprenden a la distribución del desmulsificador a través del seno volumétrico de la emulsión, el reparto del desmulsificador entre las fases, y la temperatura, el pH, y el contenido de sal en la fase acuosa. Otros factores de importancia son el modo de inyección del desmulsificador, el tipo de solvente transportador, la cantidad de agua en la emulsión, y el añejamiento de la emulsión (Shick y col., 1962).

En el presente trabajo, el primer objetivo es investigar los extractos de hojas de mora y corteza de pino como agentes desmulsificantes y evaluar la eficiencia de separación de agua en emulsiones sintéticas W/O del crudo Rosa Mediano. El segundo objetivo es estudiar el efecto de la temperatura para tratar las emulsiones W/O del crudo Rosa Mediano.

2 Materiales y Métodos

2.1 Obtención de los Extractos Naturales

Material Vegetal

Hojas de Mora: Las hojas de *Morus insignis* se recolectaron en la zona andina productora de esta fruta. Las muestras se seleccionaron con las siguientes características libres de hongos o enfermedades, retirándolas con un cuchillo de acero inoxidable, evitando cortes de madera;

rotulando con fecha, número, variedad y posición geográfica. Una vez clasificadas, se transportaron al laboratorio donde se pesaron (Mettler 2000) y secaron durante 8 h a 40°C (Estufa L-C Oven Lab Line). Las hojas secas (HS) fueron molida a un tamaño de partícula 0,5 mm para finalmente ser empacadas y almacenadas.

Corteza de Pino: Las cortezas de *Pinus* se recolectaron en la reservación de pinos de la zona andina. Las muestras se tomaron de ramas libres de hongos o enfermedades, retirándolas con un cuchillo de acero inoxidable, evitando cortes de madera; rotulando con fecha, número, variedad y posición geográfica. Una vez clasificadas, se transportaron al laboratorio donde se pesaron (Mettler PC 2000) y secaron durante 32 h a 50°C (Estufa L-C Oven Lab Line). La corteza seca (CS) fue molida a un tamaño de partícula 2 mm para finalmente ser empacadas y almacenadas.

Extracción

Se instaló el equipo de extracción soxhlet y en el dedal se colocó una cantidad de materia seca molida (150 g), se sometió a extracción líquido/sólido en la unidad (500 mL), usando como extractante una mezcla 70:30 v/v de etanol/H₂O (500mL x 8 h) para la obtención del extracto total, que fue concentrado a 100 mL en un rotavapor (Büchi 461), luego fue filtrado colocado en frascos ámbar, con posterior almacenamiento a 4°C y protegidos de la luz.

2.2 Preparación de Emulsiones sintéticas W/O

Caracterización del petróleo: La muestra de petróleo utilizado en este estudio fue Rosa Mediano proveniente de la zona oriental del Lago de Maracaibo. La muestra se caracterizó por los siguientes procedimientos estándar: gravedad API (ASTM D-287), viscosidad dinámica (ASTM D789), contenido de agua (ASTM D4006), contenido de asfaltenos (ASTM D6560), contenido de carbón Conradson (ASTM D189) y destilación atmosférica (ASTM D-86).

Emulsión Sintética (W/O): Se formularon las emulsiones sintéticas de agua en crudo mediano (W/O), utilizando agua destilada y/o agua salada (para simular el agua de yacimiento) y un crudo mediano (Rosa Mediano) deshidratado de 24,6 API. Las emulsiones W/O formuladas fueron: (1) de 85% v/v crudo y 15% v/v agua, (2) de 70% v/v crudo y 30% v/v agua y (3) 50% v/v crudo y 50% v/v agua. Las emulsiones se agitaron a 400 rpm y por 60 min. Las emulsiones obtenidas se procedió a rotularla, fecha y relación W/O v/v.

2.3 Deshidratación del Crudo

Una vez obtenida la emulsión W/O y el agente deshidratante, se procedió a realizar las pruebas de eficiencia de rompimiento o deshidratación, mejor conocidas como pruebas de botella, con la finalidad de

evaluar la eficacia de deshidratación. La técnica utilizada para verificar la eficacia de deshidratante del extracto obtenido es la ASTM D96 titulada “Determinación del contenido de agua y sedimentos en petróleo crudo por centrifugación”.

Esta consiste en mezclar volúmenes equivalentes de petróleo y solvente (Tolueno), en el solvente se agrega un volumen del agente desmulsificante (μL de extracto obtenido) en un tubo de forma cónica para centrifugación y se calienta a 40°C y 60°C. Luego de la centrifugación, se lee el volumen de agua y sedimento separada en el fondo del tubo cónico.

Variables móviles

- Las emulsiones W/O preparadas (1) de 85% v/v crudo 15% v/v agua, (2) de 70% v/v crudo y 30% v/v agua y 50% v/v crudo y 50% v/v agua.
- La cantidad de microlitro (μL) de agente deshidratante (Extracto obtenido)

Variables obtenidas

- El porcentaje de separación de agua y sedimento (% AyS).
- El cálculo de eficacia de deshidratación.

En la Figura 1 se muestra un breve esquema de la metodología utilizada.

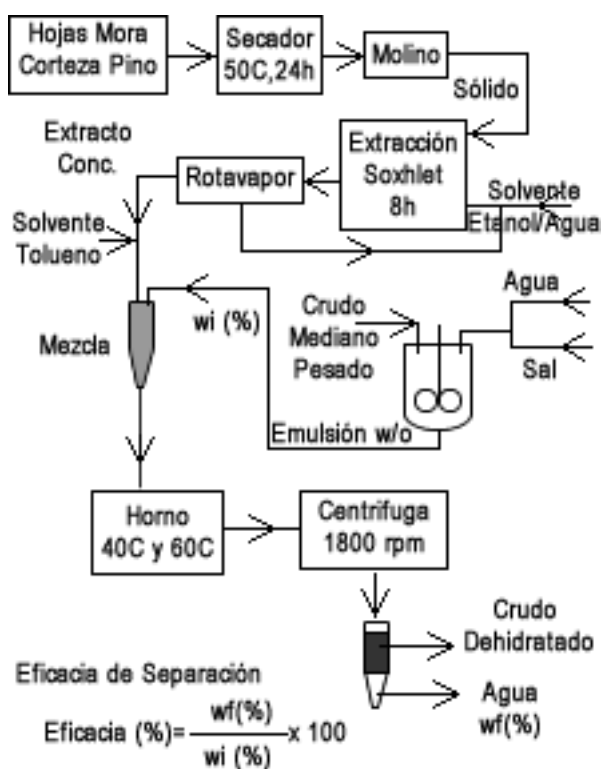


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada.

3 Resultados

3.1 Caracterización del crudo mediano Rosa Mediano

En la Tabla 1 se muestran los parámetros fisicoquímicos obtenidos de la caracterización del Crudo Rosa Mediano utilizado para preparar las emulsiones W/O.

Como puede verse en la Tabla 1, el crudo de acuerdo a su gravedad API se clasifica como Crudo Mediano.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura. Como se observa, la viscosidad disminuye a medida que incrementa la temperatura en una forma lineal. Más adelante este efecto tiene una importancia marcada en la deshidratación, ya que la reducción de la viscosidad en el rango de temperatura es de aproximadamente un 70%, este hecho mejora el proceso de deshidratación.

Estas variables medibles son responsables de aumentar la velocidad de sedimentación o coalescencia de las gotas de agua en el seno del crudo Rosa Mediano.

Tabla 1 Caracterización del Crudo Rosa Mediano

Parámetros	Valores
^o API	24,64
Densidad (a 25 ^o C) (g/mL)	0,8943
Viscosidad (cP)	
30 ^o C	230
40 ^o C	185
50 ^o C	126
60 ^o C	105
70 ^o C	66,8
Contenido de Asfaltenos (% en masa)	8,9
Contenido CCR (% en masa)	5,87
Destilación (ASTM D-86)	
0 % Vol	106,4 ^o C
10 %	143,9 ^o C
20 %	208,9 ^o C
30 %	239,5 ^o C
40 %	254,3 ^o C
50 %	276,9 ^o C

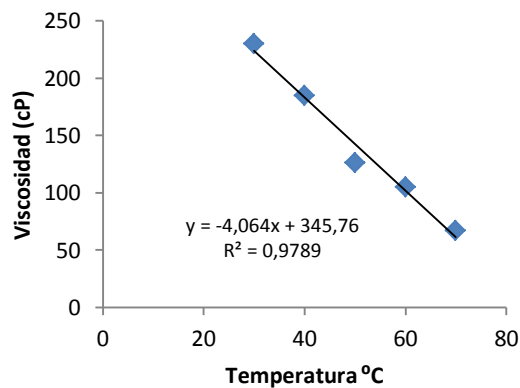


Figura 2 Viscosidad en función de la temperatura

3.2 Evaluación de los Agentes deshidratantes o desmulsificantes

La desmulsificación con el uso de químicos es un fenómeno muy complejo y la efectividad del desmulsificador se puede ver afectado por diferentes parámetros del crudo y la emulsión (por ejemplo, composición del crudo, salinidad, contaminantes, contenido de sólido, pH, temperatura, etc). Sin embargo, desde nuestro punto de vista, de acuerdo con esa consideración, varios parámetros (por ejemplo, composición, salmuera y temperatura) se deben controlar para obtener la formulación óptima del nuevo desmulsificante y es difícil hallar un compromiso entre los parámetros para obtener las mejores condiciones de rompimiento de las emulsiones en la práctica.

Una vez que se realizaron los formulados de mora y pino como agentes deshidratantes se procedió a evaluar las diferentes emulsiones preparadas con el crudo Rosa Mediano y a continuación se analizan los resultados obtenidos.

3.2.1 Caso estudio extracto de hojas de mora

El contenido de agua en la emulsión w/o es uno de los factores importantes que afectan la eficiencia desmulsificación o la estabilidad de una emulsión en general. Las emulsiones estables no sólo dependen del asfaltenos, de la resina y de la parafina sino también del contenido en agua. De los datos de las tablas 2 y3, y de las ilustraciones de las figuras 3 y4, está claro que la eficiencia desmulsificación aumenta con el aumento del contenido de agua del 15% al 50% para el desmulsificante de extracto de hojas de mora investigado.

Tabla 2. Eficiencia desmulsificación de emulsiones de crudo tratado (con contenido de agua de 15%, 30% y 50%) con diferentes concentraciones para extractos de hojas de mora desmulsificantes a 40 ^oC.

Concentración (ppm)	Contenido Agua (%)	%H ₂ O removida	Eficiencia Desmulsificación (%)
20	15	0,2	8
	30	0,2	5,3
	50	2,5	16
40	15	0,2	8
	30	0,2	5,3
	50	2,5	18
60	15	0,2	8
	30	0,2	5,3
	50	3	18
80	15	0,2	8
	30	0,2	6,7
	50	3,5	20
100	15	0,3	10,7
	30	0,2	6,7
	50	3,5	20
120	15	0,3	10,7
	30	0,3	10
	50	3,5	22

Tabla 3. Eficiencia desmulsificación de emulsiones de crudo tratado (con contenido de agua de 15%, 30% y 50%) con diferentes concentraciones para extractos de hojas de mora desmulsificantes a 60 °C.

Concentración (ppm)	Contenido Agua (%)	% H ₂ O removida	Eficiencia Desmulsificación (%)
20	15	2	40
	30	5	40
	50	12	48
40	15	2	40
	30	5	43
	50	14	56
60	15	2,5	40
	30	5	47
	50	15	60
80	15	3,5	53
	30	7	53
	50	15	64
100	15	4	53
	30	8	57
	50	12	48
120	15	4	60
	30	9	67
	50	10	40

La eficiencia de desmulsificación (%) o la cantidad de separación de agua se traza en función con la concentración del agente deshidratante extracto de hojas de mora para los diferentes contenidos de agua en las emulsiones de crudo a dos temperaturas 40°C y 60°C respectivamente.

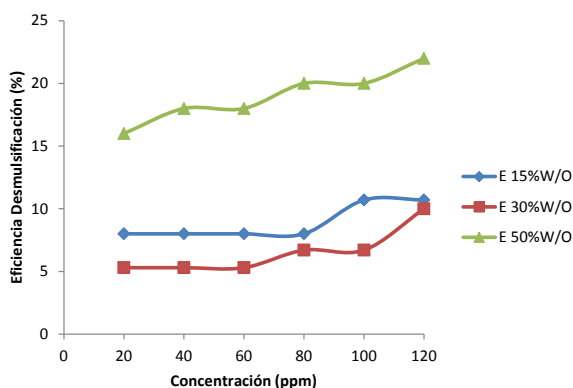


Figura 3. Eficiencia de formulado de mora en crudo Rosa Mediano a 40°C

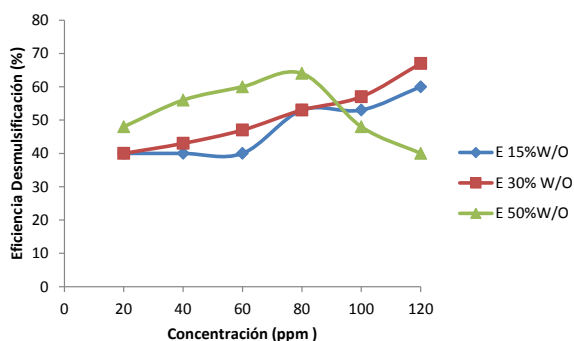


Figura 4. Eficiencia de formulado de mora en crudo Rosa Mediano a 60°C

Durante la finalización del proceso de centrifugación se observó que algunas muestras contenía una pequeña cantidad de agua coalescida, mientras que el resto aparece atrapada en una especie de lodo espeso y estable.

Estos resultados indican que la temperatura de 60 °C se ve favorecida para la separación del agua y las dosis de desmulsificado requeridas fueron incrementándose generalmente observándose un aumento del contenido en agua para todos los desmulsificantes.

En la figura 4 se observa que para las emulsiones de 30% y 50% W/O a medida que aumenta la concentración de formulado agregado la eficiencia se incrementa hasta llegar a un valor máximo, siendo 64% para la emulsión 50% W/O y a una dosis de 80 ppm de formulado; mientras que para emulsión 30% W/O la eficiencia es 67% para una dosis de 120 ppm, para valores superiores a ésta la eficiencia descende. Para las emulsiones 15% W/O la eficiencia aumenta con el incremento de la concentración de formulado llegándose a 60% pero con 120 ppm de formulado. Se observa que para dosis bajas de formulado las eficiencias son mayores para emulsiones 50% W/O comparada con las eficiencias obtenidas en emulsiones 15% y 30% W/O.

En el diagrama eficiencia contra concentración de formulado de mora en ppm, representado en la figura 3, se observa que las eficiencias aumentan con la dosis de formulado añadido, los valores de eficiencia obtenidos en las emulsiones 50% W/O son más elevadas que las alcanzadas en las emulsiones 15% W/O siendo éstas ligeramente superiores a las de 30% W/O.

3.2.2 Caso estudio extracto de corteza de pino

Las figuras 5 y 6 se presentan la variación de la concentración de agente deshidratante de extracto de corteza de pino para las diferentes emulsiones w/o formuladas contra la eficiencia de deshidratación. Se observa que a ambas temperatura este agente desmulsificante realiza su función de romper la emulsión agua-crudo.

La figura 5 representa el comportamiento de desmulsificación del crudo Rosa Mediano a la temperatura de 60°C.

Al retirar los tubos de la estufa se observó que parte del agua emulsionada ya ha coalescido en las emulsiones 30% y 50% W/O. Luego de la centrifugación el agua coalescida no presenta sólidos suspendidos y es traslúcida para las emulsiones 30% y 50% W/O y para la emulsión 15% W/O hay una parte de agua traslúcida y otra turbia. En la figura 5 se observa que para las emulsiones 50% W/O la eficiencia disminuye al aumentar la concentración de formulado empleada, mientras que para las emulsiones 15% y 30% W/O la eficiencia aumenta al incrementar la cantidad de formulado. A dosis bajas, hasta de 50 ppm de formulado la

eficiencia deshidratante en las emulsiones 50% W/O es mayor que en las emulsiones 15% y 30% W/O.

En la figura 6 se muestra el diagrama eficiencia de deshidratación en función de la concentración del formulado de pino en ppm a 40°C para las tres emulsiones preparadas.

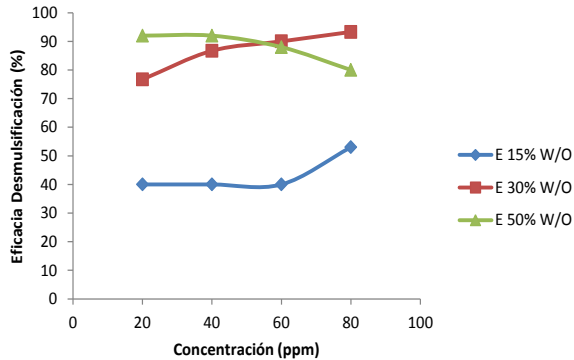


Figura 5. Eficiencia de formulado de pino en crudo Rosa Mediano a 60°C

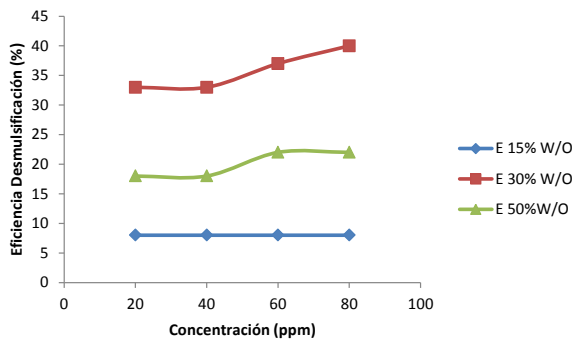


Figura 6. Eficiencia de formulado de pino en crudo Rosa Mediano a 40°C

Se observa que la eficiencia desmulsificante para las emulsiones 15% w/o permanece constante, este hecho se debe a que existe una mayor resistencia en la película que rodea las gotas de agua para lograr el rompimiento y coalescencia de las gotas de agua, mientras que para las emulsiones 50% w/o el rompimiento de esta película es mayor por lo que aumenta la separación del agua.

3.2.3 Comparación de los agentes deshidratantes para una emulsión 50% W/O

En la figura 7 se muestra la eficiencia deshidratante en función de concentración añadida del formulado de pino a la emulsión 50% W/O del crudo Rosa Mediano a diferentes temperaturas, observándose que a una temperatura de 40 °C la eficiencia se incrementa levemente al aumentar la concentración de formulado en el sistema, alcanzando un máximo de 26% para 80 ppm de formulado de pino mientras que a 60°C la eficiencia permanece constante a un

valor de 92% hasta una concentración de formulado de 50 ppm a partir del cual comienza a disminuir.

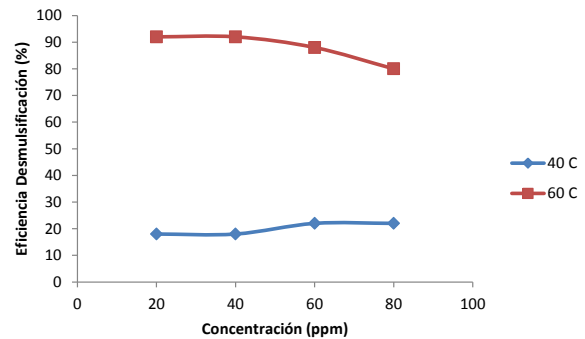


Figura 7 Eficiencia formulado de pino en emulsión 50% W/O crudo Rosa Mediano

Para el formulado de pino en emulsión 50% W/O del crudo Rosa Mediano se evidencia que la eficiencia es mayor a 60 °C.

El comportamiento de la eficiencia del formulado de mora sobre emulsiones 50% W/O de crudo Rosa Mediano a 40 y 60 °C se observa en la figura 8. Para 40 °C la eficiencia del formulado aumenta a medida que sube la concentración de formulado añadida al sistema llegándose a 22% con 120 ppm de formulado, por otro lado a 60 °C la eficiencia se incrementa desde 40% con 10 ppm hasta un valor máximo de 64% con 50 ppm de formulado de mora. Así mismo se obtienen eficiencias más altas a 60 °C.

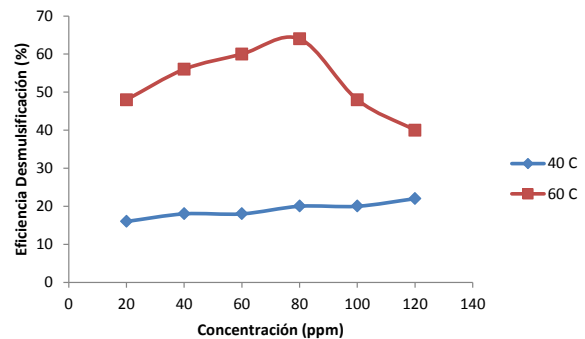


Figura 8. Eficiencia del formulado de mora en emulsión 50% W/O crudo Rosa Mediano

El comportamiento que se observa a la temperatura de 60°C en ambos extractos de disminuir la eficiencia de deshidratación cuando se aumenta el agente deshidratante, se debe a que aumenta la fase aceite, la cual hace que se vuelva emulsionar algunas gotas de agua en la fase continua.

La manera como varía el poder deshidratante de formulados al variar la naturaleza de ellos se estudia a continuación para emulsión 50% W/O del crudo Rosa Mediano a 60 °C de temperatura.

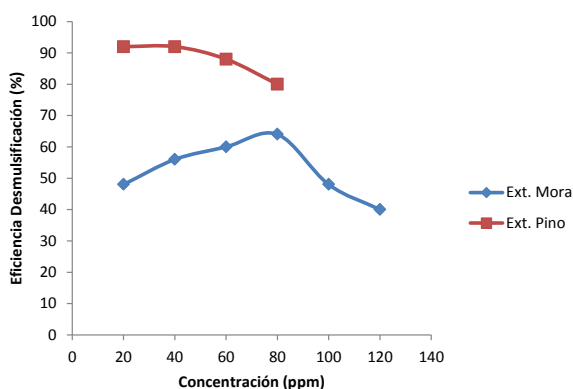


Figura 9. Eficiencia de diferentes formulados en emulsión 50% W/O crudo Rosa Mediano, a 60°C.

En la Figura 9 se representa la eficiencia deshidratante vs concentración de formulados de pino y mora utilizados. Las eficiencias del formulado de pino son superiores a las del de mora para todas las concentraciones aplicadas. Para el formulado de pino la eficiencia se mantiene constante en un valor de 92% hasta 50ppm luego desciende a 80%. El formulado de mora muestra menores eficiencias que las del pino, sin embargo muestra una tendencia ascendente al incrementar la concentración de formulado llegando a un máximo de 64% para 80 ppm posteriormente empieza a descender hasta 40% con 120 ppm de formulado.

Se puede resumir el comportamiento de los agentes deshidratante formulados a base de extractos de hojas de mora y de corteza de pino sobre la eficacia de desmulsificación con respecto al contenido de agua en dos hechos:

Esto se puede atribuir al contenido de agua en la emulsión de w/o porque la repulsión de la interfaz de w/o depende de la presión de las fases internas (agua) y externas (del aceite), de modo que en un contenido de agua bajo, la presión interna de una gota del agua sea más baja que la presión externa de una gota de aceite. Esto conduce a un aumento en la estabilidad mecánica de la interfaz de w/o y de la rigidez de la película.

La rigidez de las películas de w/o, por otra parte, disminuye con el aumento del contenido de agua en la emulsión hasta que la presión interna se hace mayor que la presión externa. En ese momento, una ruptura rápida de la interfaz de w/o ocurre, y la coalescencia de gotas de agua aumenta.

4 Conclusiones

Los resultados demostraron que los agentes deshidratante de extracto de mora y corteza de pino tiene la afinidad de romper emulsiones agua en crudo W/O.

El extracto de corteza de pino presenta una mayor actividad para desmulsificar el crudo Rosa Mediano.

La temperatura de 60°C se ve favorecida para lograr una mayor eficiencia de remoción de agua.

Los parámetros de concentración del agente deshidratante de extracto de hoja de mora y corteza de pino y temperatura de 60°C representan dos variables a tomar en cuenta a la hora de evaluar en campo su eficiencia.

La separación de agua en crudos medianos considerando el efecto térmico en conjunto con el efecto químico se debe tener cuidado que a temperaturas altas puede haber volatilización de livianos, es por lo que el extracto de mora presenta una buena opción para estos casos.

Para el crudo Rosa Mediano la eficiencia deshidratante del formulado de pino aumenta mientras mayor es el contenido de agua de la emulsión a la temperatura de 60°C, pero en cambio la eficiencia disminuye con el aumento de agua en la emulsión a 40°C.

Al aplicar el formulado de mora, en el crudo Rosa Mediano, la eficiencia de la separación de agua aumenta ligeramente con el contenido de agua en la emulsión para las dos temperaturas consideradas.

El formulado de mora resulta más eficiente en crudo Rosa Mediano para emulsiones 50% W/O y en menor grado para las de 15% W/O; esta tendencia se invierte para emulsiones 30% W/O.

El formulado de pino mostró mayor eficiencia deshidratante que el formulado de mora tanto al ser aplicado en el crudo Rosa Mediano.

Las altas temperaturas favorecen la ruptura de las emulsiones W/O, obteniéndose eficiencias del orden de 92% para 60 °C y más bajas para 40 °C.

Referencias

- Al-Sabagh A, 1998, Surface and thermodynamic properties of p-alkylbenzenepolyethoxylated and glyceratedsulfonate derivative surfactants, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* Vol. 134, No.3, pp. 313-320.
- Bancroft W, 1913, *The Theory of Emulsification*, J. Physical Chemistry, Vol. 17, No. 6, pp. 501-519.
- Gómez J, 2011, *Metodología para la evaluación económica en la rehabilitación de pozos petroleros*, Tesis de Maestría Universidad del Zulia.
- Kwak J, 1998, *Polymer-Surfactant Systems*, Surfactant Science Series, Vol. 77, Marcel Dekker, New York.
- Radeva T, 2001, *Physical Chemistry of Polyelectrolytes*, Surfactant Science Series, Vol. 9, Marcel Dekker, New York.
- Schick M, Beyer E, 1963, Foaming properties of nonionic detergents, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 40, No. 2, pp. 66-68.
- Schick M, Altas S, Eirich F, 1962, Micellar structure of non-ionic detergents, *The Journal of Physical Chemistry*, Vol. 66, No. 7, pp. 1326-1333.

Velazque I, Pereira J, 2014, Emulsiones de agua en crudo. Aspectos Generales. Revista de Ingeniería UC, Vol. 21, No. 3, pp. 45-54.

Recibido: 20 de noviembre de 2017

Aceptado: 23 de julio de 2018

Chuiza, Marcos: M.Sc en Ingeniería Química, ULA, Mérida, Venezuela. Prof. Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Rivera, Yezabel: M.Sc en Ingeniería Química, ULA, Mérida, Venezuela. Correo electrónico: rjohn8865@gmail.com

Ramírez, John: MSc en Ingeniería Química, ULA, Mérida, Venezuela. Correo electrónico: rjohn8865@gmail.com

Garmendía, Henry: Ingeniero Químico, ULA, Mérida, Venezuela. Correo electrónico: labpetroleo2018@gmail.com