

Análisis comparativo de la eficiencia dispersora de asfaltenos de productos a base de aceite de coco (*Cocus nucifera*) como componente activo y dispersantes comerciales aplicados a muestras de petróleo del Campo el Furrial, Estado Monagas, Venezuela

Yunelika Beatriz Bello Velásquez^a, José Rafael Manzano Guzmán^a, Tomás Darío Marín Velásquez^a

^a Departamento de Ingeniería de Petróleo, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Campus Los Guaritos, Av. Universidad, Maturín, Venezuela
tmarin@udo.edu.ve

Resumen. Esta investigación se basó en un análisis comparativo de la eficiencia de dispersión de asfaltenos aplicando productos químicos a base de aceite de coco (*Cocus nucifera*) en diesel y productos comerciales aplicados en pozos del campo El Furrial para evitar la deposición de asfaltenos. Para ello, se caracterizaron dos muestras de crudo provenientes del Campo El Furrial (M1 y M2), en cuanto a su gravedad API, densidad, viscosidad, porcentaje de asfaltenos y porcentaje de AyS mediante ensayos normalizados por la ASTM. Seguidamente, se obtuvo el umbral de floculación de los asfaltenos como la medida del volumen de agente precipitante (n-heptano) necesario para que los flóculos fuesen observables a través de un microscopio óptico al ser aplicado a 10 mL de crudo, luego se utilizó xileno en dosis de 2 μ L para obtener el volumen del mismo donde se observó la dispersión de los flóculos previamente floculados con n-heptano (punto de dispersión). Se utilizaron dos(2) dispersantes comerciales (L1 y L2) y dos formulados a base de aceite de coco en diesel (D1 y D2). Las muestras de crudo fueron dosificadas con los cuatro (4) dispersantes en dosis de 2 μ L, 4 μ L, 8 μ L, 10 μ L y se determinó en cada caso el punto de dispersión con xileno. Una vez obtenidos los puntos de dispersión se calculó la eficiencia de cada producto a cada dosis y mediante un análisis ANOVA y de Mínima Diferencia Significativa de Fisher (MDS) se compararon los resultados con un nivel de confianza estadístico de 95%. Se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa entre la eficiencia de dispersión de los productos elaborados a base de aceite de coco y los productos comerciales, siendo el producto más eficiente el D2 con 93,75% en M1 y 97,22% en M2 ambos a una dosis de 8 μ L.

Palabras Clave: Asfaltenos, *Cocus nucifera*, dispersante, floculación, eficiencia de dispersión

1. Introducción

Los asfaltenos son hidrocarburos sólidos amorfos del alto peso molecular (entre 1000 y 5000 UMA) de núcleo predominantemente aromático y con la presencia dentro de su estructura de cadenas alquílicas, heteroátomos como Azufre, Nitrógeno y Oxígeno y metales como el Vanadio y el Níquel [1]. Los asfaltenos se encuentran suspendidos coloidalmente en el crudo, debido a una capa estabilizante de resinas altamente

polares que actúan como agentes peptizantes rodeando su superficie, con lo cual impiden que los asfaltenos se unan entre sí y precipiten [2]. La estabilidad de los asfaltenos en el petróleo se interpreta como su tendencia a mantenerse dispersos si que lleguen a formar depósitos [3].

La deposición de asfaltenos se refiere al proceso mediante el cual un crudodeterminado, bajo ciertas condiciones de presión, temperatura, composición y régimen de flujo se separa en una o dos fases fluidas de grandes proporciones (gas y/o líquido) y en una fase sólida insoluble de menor tamaño, constituida principalmente por asfaltenos [3]. Los cambios en las variables termodinámicas durante la producción del petróleo inducen a la deposición del material asfalténico, ocasionando tonamientos u obstrucciones que influyen de manera negativa en la producción y en las operaciones de transporte, tratamiento, almacenamiento y procesamiento del petróleo.

Para minimizar y controlar los problemas asociados al fenómeno de floculación y deposición de los asfaltenos, se utilizan productos químicos denominados dispersantes, los cuales se formulan a partir de formulaciones a base de mezcla de surfactantes y solventes aromáticos, diseñadas para inhibir y dispersar a los asfaltenos permitiendo la solubilización y estabilización. En el caso de Venezuela, los aditivos necesarios para la formulación de los dispersantes de asfaltenos no se producen en el país, por lo que deben ser importados, lo cual genera costos adicionales en las operaciones de producción de petróleo.

Como una alternativa a los productos comerciales formulados con productos importados, se plantea el uso del aceite de coco (*Cocus nucifera*) el cual está compuesto por ácidos grasos saturados (ácidos carboxílicos) lo que le da propiedades de surfactante no-iónico, entre ellos el ácido láurico, ácido mirfítico, ácido palmítico, ácido caprílico, ácido cáprico y ácido esteárico [4]. Los ácidos láuricos y oleicos son tensoactivos no-iónicos y se presentan como componentes activos de surfactantes comerciales como el Tween 20® en el que el ácido láurico representa de 40 - 60% de la composición total de las especies de ácidos grasos presentes [5]. De esta forma se deduce que el aceite de coco en su forma natural, debido a su composición, mezclado con un solvente de fácil adquisición como el Diesel, puede mostrar actividad como dispersante de asfaltenos y se analizó su comportamiento en comparación con dispersantes comerciales formulados a partir de surfactantes sintéticos, cuya eficiencia está comprobada pues se aplican actualmente en la industria petrolera Venezolana.

2. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos del Departamento de Ingeniería de Petróleo, de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, *Campus* Los Guaritos. Se utilizaron dos (2) muestras de petróleo crudo extraídas del Campo El Furrial en el norte del Estado Monagas, Venezuela; aceite de coco (*Cocus nucifera*) extraído mediante hidrodestilación y combustible Diesel adquirido de un surtidor de combustible de la ciudad de Maturín. Como agente precipitante de asfaltenos se utilizó el N-Heptano grado HPLC de la Merck y como agente dispersante de asfaltenos se utilizó Xileno (mezcla de isómeros) grado reactivo

de la Merck. Los productos químicos dispersantes de asfaltenos fueron aportados por la empresa LIPESA S.A., sede Maturín Estado Monagas.

Análisis Realizados

Las muestras de petróleo crudo fueron caracterizadas mediante los procedimientos establecidos en la normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y las propiedades determinadas fueron la Gravedad API [6], Densidad [7], Viscosidad [8], Porcentaje de Agua y Sedimentos [9]. El Porcentaje de Asfaltenos fue estimado mediante la ecuación de Aliendres, Rendón y Marín [10]. El Umbral de Floculación con n-heptano y el Punto de Dispersión con Xileno originales se determinaron con los procedimientos establecidos en una investigación previa [11]. A las muestras de dispersantes comerciales (L1 y L2) se les determinó el porcentaje de activos, para lo cual se midieron 5 mL de muestra, se vertieron en una cápsula de porcelana previamente pesada y se sometió a una temperatura de 150 °C en un horno por 24 horas, luego de las cuales se llevó la cápsula con el residuo resultante a un desecador y se dejó enfriar, pesándose de nuevo para obtener gravimétricamente el contenido de activos mediante la ecuación:

$$\% \text{Activos} = (\text{masa final} - \text{masa de la cápsula}) / \text{Volumen de muestra (m/V)} \quad (1)$$

Luego se procedió a formular dos productos a base de aceite de coco en Diesel (D1 y D2) con los mismos %Activos obtenidos para los dos dispersantes comerciales. Se caracterizaron los tanto los dispersantes comerciales como los formulados, tomando como propiedades básicas, la densidad, la viscosidad y la apariencia visual. Para establecer la eficiencia de los productos como dispersantes de asfaltenos, se dosificaron las muestras de petróleo crudo con cantidades de 2µL, 4µL, 8µL y 10µL de cada uno de los productos evaluados y se determinaron los nuevos Umbrales de Floculación (UF) y Puntos de Dispersión (PD) [11]. La eficiencia de los productos se determinó tomando como patrón el Punto de Dispersión original, mediante la ecuación:

$$\% \text{Eficiencia} = [(\text{PD original} - \text{PD dosificado}) / \text{PD original}] \times 100 \quad (2)$$

Análisis Estadístico

Con la finalidad de establecer si existía diferencia estadística significativa entre las eficiencias calculadas se analizaron los resultados mediante una prueba ANOVA y de Mínima Diferencia Significativa de Fisher (MDS) utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1, con un nivel de confianza de 95%.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la caracterización de las dos muestras de petróleo crudo utilizadas en la investigación se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de las muestras de petróleo crudo

Propiedad	Unidad	Muestra 1	Muestra 2
Gravedad API	Adm	22,70	21,80
Densidad a 24 °C	g/mL	0,91	0,91
Viscosidad	cPs	107,83	148,20
Asfaltenos	%	5,20	5,65
Agua y Sedimentos	%	1,5	1,6

Se observa que las dos muestras de petróleo crudo son clasificadas como medianas, según lo establecido por la American Petroleum Institute (API), la cual indica que cuando el petróleo tiene una Gravedad API entre 20,00 y 29,90 es de tipo mediano. Las muestras poseen igual densidad, pero la muestra 2 es más viscosa, lo que significa que presenta una mayor resistencia al flujo, además contiene más asfaltenos, lo que concuerda con su mayor viscosidad debido a su mayor contenido de compuestos pesados. Los porcentajes de agua y sedimentos fueron similares, si se toma en cuenta que el instrumento utilizado tiene un error de apreciación de $\pm 0,1$ se puede decir que poseen el mismo %AyS.

Los Umbrales de Floculación y Puntos de Dispersión originales de las muestras de petróleo crudo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Umbrales de Floculación y Puntos de Dispersión obtenidos para las dos muestras de Petróleo Crudo

Propiedad	Unidad	Muestra 1	Muestra 2
Umbral de Floculación	mL de Heptano	8,0	12,5
Punto de Dispersión	μ L de Xileno	160,0	180,0

El Umbral de Floculación es la cantidad de n-heptano necesaria para que los flóculos de asfaltenos sea visible a través de un microscopio óptico y el Punto de Dispersión es la cantidad de Xileno necesaria para volver a dispersar los asfaltenos una vez floculados, en la figura 1, se pueden observar las microfotografías de estas dos propiedades para las muestras 1 y 2. Se observa como son visibles a través del microscopio óptico con ocular 40X, los flóculo o agregados de asfaltenos al adicionar el agente precipitante y luego al agregar el agente dispersante, los mismos se redisuelven o resuspenden en el petróleo.

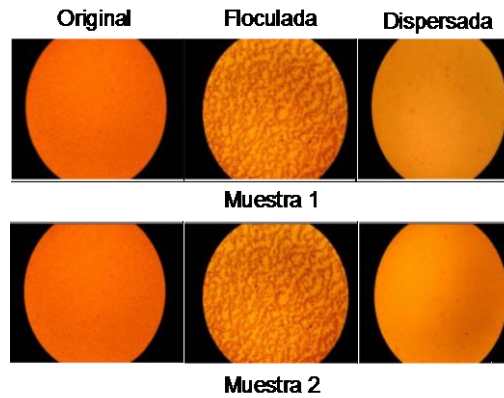


Fig.1. Microfotografías de las muestras de petróleo crudo al ser tratadas con los agentes precipitante y dispersante.

Las propiedades de los productos evaluados en esta investigación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades determinadas para los dispersantes evaluados

Propiedad	Unidad	L1	L2	D1	D2
Activos	% m/V	59,00	66,00	59,00	66,00
Densidad a 24 °C	g/mL	0,87	0,87	0,88	0,88
Viscosidad a 24 °C	cPs	14,22	14,66	35,85	36,80

El contenido de activos de un producto químico dispersante se refiere a la cantidad de compuestos activos, los cuales son los principales responsables de la dispersión de las partículas de asfaltenos. La determinación de la cantidad de activos de los dispersantes comerciales se determinó para formular dos dispersantes a base de aceite de coco equivalentes en cuanto a este parámetro, por lo que el porcentaje de activo en los productos formulados indica la proporción de aceite de coco en la solución donde el disolvente es el Diesel. La densidad de los productos formulados fue mayor a la de los productos comerciales, pero un análisis ANOVA mostró que no existe diferencia significativa en esta propiedad ya que el p-Valor obtenido fue de 0,28 que es superior a 0,05 que denota el grado de significancia de 95%, por lo tanto se puede afirmar que todos los dispersantes poseen la misma densidad. La viscosidad de los productos formulados fue mayor que la de los dispersantes comerciales, superando el D1 a su

equivalente L1 en 152,11% y el D2 a su equivalente L1 en 151,02%. La comparación estadística indicó que a pesar de que no se observa mucha diferencia entre las viscosidades de los dispersantes comerciales, éstas son estadísticamente diferentes ya que el p-Valor del ANOVA fue de $0,004 < 0,05$ y para los dispersantes formulados el p-Valor del ANOVA fue de $0,0004 < 0,05$.

El valor mayor de viscosidad de los productos formulados a base de aceite de coco puede ser un factor negativo al momento de estudiar su factibilidad de uso en campo, ya que afectaría los sistemas de bombeo del producto, los cuales están diseñados para manejar una viscosidad acorde con la de los productos comerciales, sin embargo para efectos del estudio a nivel de laboratorio y tomando en cuenta que el parámetro de comparación que se tomó como premisa fue el porcentaje de activos se decidió utilizar los mismos a pesar de esta diferencia.

En la tabla 4 se observan los resultados obtenidos una vez realizadas las pruebas de dispersión aplicando cada uno de los productos dispersantes a las muestras de petróleo crudo en dosis de 2 μ L, 4 μ L, 8 μ L y 10 μ L.

Tabla 4. Puntos de dispersión determinados para las muestras de petróleo crudo dosificadas con los productos dispersantes

Dosis Aplicada (μ L)	PD (μ L) Muestra 1				PD (μ L) Muestra 2			
	L1	L2	D1	D2	L1	L2	D1	D2
2	90	105	20	45	80	70	10	10
4	95	115	55	60	55	65	45	40
8	105	115	10	10	75	55	45	5
10	85	100	40	35	70	66	15	25

Se observa como con la aplicación de los productos dispersantes, el punto de dispersión (PD) disminuye respecto al determinado para las muestras originales (160 μ L para la Muestra 1 y 180 μ L para la Muestra 2), es decir se utiliza menos Xileno para alcanzar la redispersión de los flóculos de asfaltenos cuando se dosifica con los dispersantes. Lo anterior demuestra el efecto que los productos ejercen sobre la estabilidad de los asfaltenos en el petróleo, notándose como los productos formulados con el aceite de coco como componente activo disminuyeron en mayor proporción el PD. No se observa una aparente correlación entre la cantidad de dosis aplicada y la disminución del PD, ya que en algunos casos como para el L1 en la Muestra 1, el PD aumenta de 90 μ L a una dosis de 2 μ L hasta 105 μ L a una dosis de 8 μ L para luego disminuir a 85 μ L a la dosis de 10 μ L, este mismo comportamiento se observa en L1 aplicado a la Muestra 2 y L2 aplicado a la Muestra 1; los productos D1 y D2 tampoco mostraron una tendencia definida que relacione la dosis con el PD, en la Muestra 1 el

D1 aumenta de 20 μL a 55 μL al pasar de una dosis de 2 μL a 4 μL para luego disminuir a la dosis de 8 μL a 10 μL y luego aumentar de nuevo hasta 40 μL a la dosis de 10 μL . El comportamiento anterior se observa igualmente D1 aplicado a la Muestra 2 y D2 en ambas Muestras, lo que indica que los productos formulados se comportan diferente a los comerciales.

La eficiencias calculadas para los productos dispersantes en relación a la muestra original, aplicando la ecuación 2 se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Eficiencias de los Dispersantes evaluados respecto al Xileno (patrón)

Dosis Aplicada (μL)	Muestra 1 %Eficiencia				Muestra 2 %Eficiencia			
	L1	L2	D1	D2	L1	L2	D1	D2
2	43,33	33,33	87,50	71,87	55,65	61,11	94,44	94,44
4	40,00	26,67	65,63	62,50	69,44	63,88	75,00	77,77
8	33,33	26,67	93,75	93,75	58,33	69,44	75,00	97,22
10	46,66	36,67	75,00	78,13	61,11	66,66	91,66	86,11

La eficiencia de los productos formulados a base de aceite de coco en todos los casos superó la de sus equivalentes comerciales. La eficiencia calculada al estar en función a el comportamiento del Xileno como dispersante patrón, indica cual es el porcentaje de aumento de la capacidad dispersora al dosificar la muestra con el producto químico. En la Muestra 1 el producto D1 fue eficiente en un rango entre 75,00 y 93,73%, superando al L1 el cual tuvo un rango de eficiencia de 33,33 a 46,66%. De los productos comerciales el más eficiente fue el L2 aplicado a la Muestra 2 con un rango de eficiencia entre 61,11 y 69,44%, pero fue superado por su equivalente D2 aplicado a la misma muestra con un rango entre 77,77 y 97,22% de eficiencia. Los resultados mostrados en la tabla 5 demuestran que el aceite de coco utilizado como agente activo en la formulación de productos dispersantes de asfaltenos es eficiente y que incluso puede llegar a superar a productos dispersantes comerciales que se usan comúnmente en los campos petroleros.

En la figura 2 se muestra una representación gráfica del resultado obtenido luego de realizar el análisis estadístico por prueba de Mínima Diferencia Significativa de Fisher (MDS) tomando como parámetro el Punto de Dispersión de cada uno de los productos aplicados a la Muestra 1, el cual arrojó un valor 8,33 μL , es decir esta es la mínima diferencia para que dos valores sean estadísticamente iguales. Los resultados que se muestran con la misma letra son los que no presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza de 95%

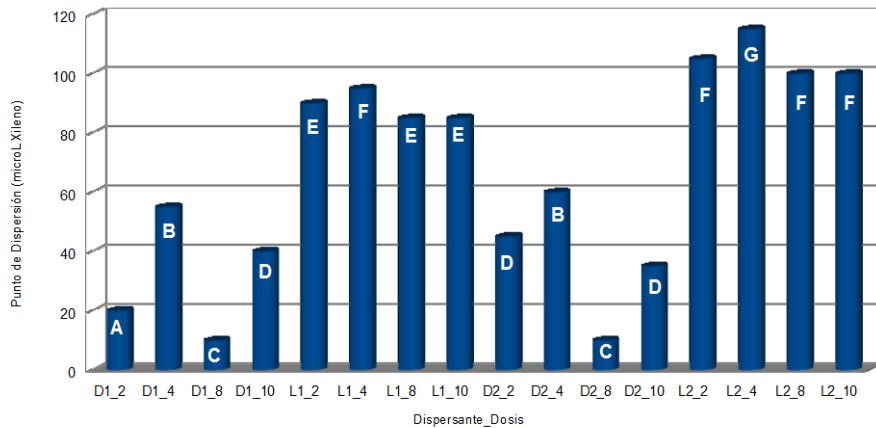


Fig.2. Gráfico representativo del resultado del análisis por MDS de los Puntos de Dispersión de los productos evaluados aplicados a la Muestra 1.

Se observa que el producto D1 a la dosis de 2 μL presentó un valor de Punto de Dispersión diferente a todos los demás y que los resultados entre los productos formulados y los comerciales no fueron iguales para ningún producto en ninguna de las dosis aplicadas. Los productos formulados presentaron valores iguales en algunas de las dosis aplicadas, tal fue el caso de D1 y D2 a la dosis de 4 μL , D1 y D2 a la dosis de 8 μL y de D1 a una dosis de 10 μL que fue estadísticamente igual a D2 a las dosis de 2 μL y 10 μL . En cuanto a los productos comerciales, su comportamiento fue estadísticamente similar, observándose que L1 presentó Puntos de Dispersión iguales en las dosis de 2 μL , 8 μL y 10 μL ; la aplicación de L1 en la dosis de 4 μL arrojó resultados estadísticamente iguales a los obtenidos al aplicar el producto L2 a las dosis de 2 μL , 8 μL y 10 μL ; sólo la dosis de 4 μL para el producto L2 fue estadísticamente diferente a las demás. Lo anterior demuestra como los dispersantes comerciales se comportan de una manera similar, con Puntos de Dispersión que no presentan mucha diferencia estadística al ser aplicados a la Muestra 1.

En la figura 3 se muestra una representación gráfica del resultado obtenido luego de realizar el análisis estadístico por prueba de Mínima Diferencia Significativa de Fisher (MDS) tomando como parámetro el Punto de Dispersión de cada uno de los productos aplicados a la Muestra 2, el cual arrojó un valor 8,31 μL , es decir esta es la mínima diferencia para que dos valores sean estadísticamente iguales. Los resultados que se muestran con la misma letra son los que no presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza de 95%

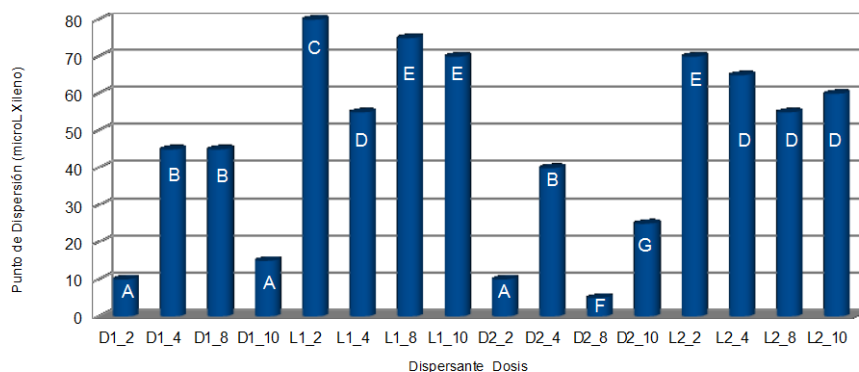


Fig.3. Gráfico representativo del resultado del análisis por MDS de los Puntos de Dispersión de los productos evaluados aplicados a la Muestra 2.

Al igual que para la Muestra 1, se puede observar que los productos formulados a base de aceite de coco (D1 y D2) presentaron Puntos de Dispersión estadísticamente diferentes a los de los productos comerciales (L1 y L2) en la Muestra 2. El comportamiento del producto D1 a la dosis de 2 μL fue estadísticamente igual a los de las muestras D1 a la dosis de 10 μL y D2 a la dosis de 2 μL , también se observa como las dosis de 4 μL y 8 μL del producto D1 no presentaron diferencia significativa con la dosis de 4 μL del producto D2. El producto D2 presentó dos Puntos de Dispersión que presentaron diferencias significativas respecto a todos los demás, que fueron los obtenidos a las dosis de 8 μL y 10 μL , siendo la primera de estas dosis la que reportó el menor valor de Punto de Dispersión y por ende la mayor eficiencia que fue de 97,22%. Respecto a los productos comerciales, su comportamiento en cuanto a los Puntos de Dispersión fue bastante similar, observándose que sólo la dosis de 2 μL del producto L1 presentó diferencia estadísticamente significativa respecto a las otras dosis aplicadas para ambos productos. Los Puntos de Dispersión de los productos L1 y L2 no presentaron diferencias significativas a las dosis de 4 μL , 8 μL y 10 μL por lo que se puede decir que su eficiencia a estas dosis fue la misma. Igualmente sucede con las dosis de 8 μL y 10 μL de L1 que fueron iguales a la dosis de 2 μL de L2, lo que corrobora aun más que los dos dispersantes comerciales tienen un comportamiento similar en esta muestra, pero con eficiencias menores que las de los dispersantes formulados a base de aceite de coco.

4. Conclusiones

Luego de la investigación realizada se concluyó que:

- El aceite de coco (*Cocos nucifera*) resultó ser más eficiente como componente activo en la formulación de productos dispersantes de asfaltos mezclados con Diesel, al compararlo con productos dispersantes comerciales utilizados en la industria petrolera venezolana.

- Se demostró que los dos dispersantes comerciales evaluados presentaron comportamientos estadísticamente similares al ser aplicados a las dos muestras de petróleo utilizadas en la investigación, respecto al análisis de los Puntos de Dispersión.
- Se observó que los productos dispersantes formulados presentaron comportamientos de Puntos de Dispersión con diferencias estadísticamente significativas respecto a los productos comerciales, para todas las dosis aplicadas en las dos muestras de petróleo utilizadas en la investigación.
- No existió una correlación entre las dosis aplicadas y la eficiencia de dispersión para ninguno de los productos evaluados, lo que indica que la eficiencia de un producto no depende sólo de la dosis aplicada, sino de la interacción entre este y el petróleo, siendo fundamental la composición del mismo.
- El aceite de coco (Cocos nucifera) se presenta, según los resultados obtenidos como una alternativa eficiente para su uso como componente activo de productos dispersantes de asfaltenos en la industria petrolera.

5. Agradecimientos

Los autores del trabajo quieren manifestar su agradecimiento al Departamento de Ingeniería de Petróleo de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la UDO Monagas por haber prestado las instalaciones de los laboratorios de Yacimiento y Procesamiento de Hidrocarburos para la realización de esta investigación.

6. Referencias

- [1]. Delgado, J. Asfaltenos, composición, agregación, precipitación. Cuaderno FIRP S369-A. Módulo de enseñanza de fenómenos interfaciales. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela (2006)
- [2]. Leontaritis, K. Asphaltenes Deposition: A Thermodynamic – Colloidal Model, Ph.D. Dissertation. University of Illinois, Chicago, USA (1988)
- [3]. Alayón, M. Asfaltenos, ocurrencia y floculación. Cuaderno FIRP S369-PP. Módulo de enseñanza de fenómenos interfaciales. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela (2004)
- [4]. Composición del Aceite de Coco. Página Web en línea. Disponible en http://www.botanical-online.com/aceite_de_coco_composicion.htm
- [5]. Ruiz, L. Actividad Superficial de Mezclas de Soluciones de Surfactantes No- Iónicos Tween 20® y Tween 80® en Interfaz Líquido-Aire. Informe de pasantía, Universidad de Carabobo, Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología, Departamento de Química, Valencia, Venezuela. (2009)
- [6]. ASTM D287. Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method), ASTM International, West Conshohocken. (2012)
- [7]. ASTM D891. Standard Test Methods for Specific Gravity, Apparent, of Liquid Industrial Chemicals, ASTM International, West Conshohocken. (2009)

- [8]. ASTM D2196. Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer, ASTM International, West Conshohocken. (2015)
- [9]. ASTM D4007. Standard Test Method for Water and Sediment in Crude Oil by the Centrifuge Method (Laboratory Procedure), ASTM International, West Conshohocken. (2011)
- [10]. Aliendres, M., Rendón, M. y Marín, T. Modelo matemático para la estimación del porcentaje de asfaltenos en crudo en función de la gravedad API, la temperatura y el índice de refracción. Revista RITI UDO: Vol 1, No 1; 52 – 62 (2012)
- [11]. García, C. y Moreno, S. Diseño de un Equipo para la Medición de la Precipitación de Asfaltenos y la Evaluación de Productos Químicos Inhibidores/Dispersantes Bajo Condiciones de Operación. Trabajo de grado para Ingeniero de Petróleo. Escuela de Ingeniería de Petróleo. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela. (2005)