

EFFECTO DE SALES POLIVALENTES Y DE LA RELACIÓN AGUA-ACEITE EN LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES AGUA-CRUDO BOSCÁN

Edgar Del Carpio^{1,2}, Belsay Borges², Sandra Rodríguez², Miguel Rondón³, Carolina Chacón¹

¹Grupo de Físico-Química de Hidrocarburos. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José De Sucre”. Barquisimeto, Venezuela

²Laboratorio de Termodinámica Química de Sistemas Dispersos.

Universidad Simón Bolívar. Venezuela

³Tertiary Oil Recovery Project, University of Kansas, Lawrence, Kansas 66045, United States

*edgardelcarpio@gmail.com

RESUMEN: Se estudio el efecto de las sales polivalentes y de la relación agua-aceite en la estabilidad de las emulsiones agua crudo Boscán, al realizar barridos de formulación sistemáticos en donde se varia la concentración de surfactante hidrofílico (agente desemulsionante) y la relación agua aceite, manteniéndose constante la concentración de surfactante lipofílico (asfaltenos) y la salinidad del medio. Los estudios del tipo y de la concentración de sal demostraron que a medida que se incrementa la carga del catión o del anión se obtienen un mayor número de emulsiones inestables, de acuerdo al siguiente orden de inestabilidad creciente para cationes y aniones: ($\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$); ($\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$). También se encontró que el efecto de la relación carga/radio del catión ejerce un importante efecto sobre la estabilidad de las emulsiones obtenidas, a medida que se incrementa dicha relación se obtienen mínimos de estabilidad más pronunciados, siendo necesaria una menor concentración de desemulsionante para alcanzar la zona de formulación óptima y obtener una rápida ruptura de la emulsión. El efecto de la relación agua-aceite modifica de manera significativa la sinergia desemulsionante-glicol-sal a nivel de la interfase, obteniéndose mapas de estabilidad con diferencias significativas, en donde la presencia de sulfato de sodio en el medio es determinante, debido a que permitió obtener emulsiones inestables independientemente del porcentaje de agua inicialmente presente en el sistema, sin embargo, algunos de los resultados obtenidos en esta parte están supeditados debido al exceso volumétrico de alguna de las fases, en donde pudo observarse que a porcentajes de agua mayores al 60%v/v se obtenían emulsiones crudo/agua a pesar de la elevada concentración de asfaltenos con la cual se formulo cada uno de los sistemas.

Palabras Claves: Emulsión, desemulsionante, asfalteno, resina, mapas de estabilidad.

EFFECT OF POLIVALENT SALTS AND THE OIL WATER RELATIONSHIP IN THE STABILITY OF OIL-WATER EMULSIONS

ABSTRACT: It was studied the effect of polyvalent salts and the water-oil relationship in the stability of crude Boscan Emulsions, the systematic formulation where carried out varies the concentration of hydrophilic surfactant (demulsifier agent) and the oil water ratio, keeping constant the concentration of lipophilic surfactant (asphaltenes) and the salinity of the medium. The studies on the type and concentration of salt showed that as the charge of the cations or anions increases is obtained a greater number of emulsions unstable, according to the following order of increasing instability for cations and anions respectively ($\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$), ($\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$). It also was found that the effect of the relation charge/ratio of the cation has a significant effect on the stability of the emulsions obtained, as this ratio increases minimal stability obtained are more pronounced and still needed a lower concentration of demulsifier to achieve optimal formulation area and get a quick breakdown of the emulsion. The water-oil relationship has significantly changed in the synergy of demulsifier-glycol-salt at the interface, stability maps obtained has significant differences, where the presence of sodium sulfate in the medium is critical, because emulsions yielded unstable regardless of the percentage of water initially present in the system, however, some of the results obtained in this part are subject due to the excess volume of any of the phases, where it was concluded that a higher water rates 60% v/v were obtained emulsions oil/water despite the high concentration of asphaltenes which was formulated each of the systems.

Keywords: Emulsion, demulsifier, asphaltene, resin, stability maps

NOMENCLATURA

W/O: Emulsión Agua en Crudo
O/W: Emulsión Crudo en Agua
 C_D : Concentración de desemulsionante en ppm (mg/L)
 C_A : Concentración de asfaltenos en ppm (mg/L)
 C_T : Concentración total (desemulsionante + glicol) en ppm (mg/L)
HLB: Balance Hidrofílico-Lipofílico
WOR: Relación Agua-Aceite
Z: Número atómico

1. INTRODUCCIÓN

Durante las distintas etapas de producción en la industria petrolera se enfrentan diferentes problemas operacionales. Uno de los más frecuentes es la producción simultánea de agua cuando se extrae el petróleo del subsuelo. Esta mezcla bifásica, al pasar por bombas, válvulas, codos y diversos accesorios de tubería en donde se produce la suficiente agitación mecánica, se convierte en una dispersión de gotas de agua en el crudo, emulsiones, las cuales son estabilizadas por algunos componentes del crudo, como los asfaltenos y las resinas; aumentando la estabilidad de las emulsiones de agua en crudo causando grandes inconvenientes en la industria petrolera incremento de los costos en la etapa de bombeo, transporte, almacenamiento y refinación [1].

Generalmente las emulsiones formadas son indeseables en la industria petrolera, debido a que las especificaciones comerciales para la venta son estrictas y la presencia de sales, lodos y arenas disueltas en la fase acuosa puede ocasionar la corrosión de equipos, así como la disminución de la gravedad °API [2]. La deshidratación de crudos se puede definir como un proceso el cual permite reducir el contenido de agua asociada al crudo, ya sea en forma emulsionada o libre hasta un porcentaje menor o igual al 1% v/v [2,3]. En la actualidad, existen diferentes tecnologías que se basan en la incorporación de aditivos químicos, así como en el empleo de energía mecánica, térmica y/o eléctrica [2].

En el presente trabajo, los procesos de deshidratación vía química son los de mayor interés, y los mismos consisten en variar la formulación físico-química del sistema mediante la adición de un agente deshidratante o desemulsionante (surfactante hidrofílico disuelto en agua), de manera de generar una emulsión inestable, para la cual la coalescencia de las gotas de la fase dispersa ocurre de manera acelerada, disminuyendo el tiempo en el cual sus fases constituyentes se separan bajo la acción de la gravedad. Los agentes deshidratantes adicionados al sistema debilitan y/o inhiben la formación de la película interfacial y cambian la formulación físico-química del sistema, desplazándolo a la zona de formulación óptima, en donde ocurre la ruptura de las emulsiones, la deshidratación del crudo, la solubilización en microemulsión y la recuperación mejorada del

petróleo [4,5]. En la zona de formulación óptima, la estabilidad de las emulsiones obtenidas es mínima y las emulsiones se separan como si no existiese surfactante en el medio, debido a que se generan microemulsiones bicontinuas en donde existe la presencia tanto de micelas directas e inversas y el sistema no presenta curvatura interfacial definida [6].

Experimentalmente la formulación óptima de un sistema se consigue realizando barridos de formulación, a través de pruebas de botella, estas pruebas son ensayos que consisten en cambiar sistemáticamente una variable de formulación mientras el resto de variables se mantienen constantes [3]. El objetivo de este trabajo consiste en estudiar los procesos de deshidratación vía química del crudo Boscán; crudo de fácil emulsificación, mediante la adición de un surfactante no-iónico nonilfenol polietoxilado, así como otros aditivos químicos tales como sales mono y polivalentes, además de estudiar el efecto de la relación agua-aceite, de manera de cambiar el ambiente físico-químico del sistema. La variación sistemática de la concentración de estos aditivos permite la obtención de mapas formulación-composición que muestran el tipo y la estabilidad de las emulsiones obtenidas. Esto permite identificar las condiciones más adecuadas para lograr la deshidratación del crudo de manera rápida y eficiente.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Materiales y Métodos

Para evaluar la estabilidad de las emulsiones agua/crudo Boscán de los sistemas formulados se prepararon soluciones para cada una de las fases, tomando en cuenta las siguientes consideraciones generales.

2.1.1 Consideraciones Generales

Fase Oleosa (Fase Aceite o Fase Orgánica): La fase oleosa se encuentra conformada por soluciones de crudo Boscán disuelto en ciclohexano (P.A.). El crudo, cuya concentración de asfaltenos es conocida, se mezcla con el solvente de manera tal de diluirlo hasta conseguir concentraciones de asfaltenos de 2000 y 5000ppm.

TABLA 1. Propiedades Físico-Químicas del Crudo Boscán [7,8]

Características	Crudo Venezolano
	Boscán
Ubicación	Estado Zulia (Campo Boscán)
Tipo de crudo	Pesado
Gravedad °API	10,2
Densidad (g/mL a 15 °C)	0,9984
Índice de Acidez (mg KOH/g crudo)	0,8
Contenido de Agua (%m/m)	0,45%

Fase Acuosa: La fase acuosa se encuentra conformada por soluciones de desemulsionante + sal + etilenglicol, en agua destilada. El desemulsionante se emplea en concentraciones entre los 4 y los 1000ppm. Para los estudios con sales mono y polivalentes se utilizan concentraciones entre el 1 y el 10 %m/V; empleándose como sales monovalentes cloruro de litio (LiCl), cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de potasio (KCl); mientras que como sales polivalentes se utilizó cloruro de magnesio (MgCl₂), cloruro férrico (FeCl₃), sulfato de sodio (Na₂SO₄) y fosfato de sodio (Na₃PO₄).

Desemulsionante: Como agente desemulsionante se emplea un surfactante hidrofílico, como el nonilfenol con once unidades de etoxilación (NFE 11), el cual es un surfactante hidrofílico no-iónico conformado por un polímero de polióxido de etileno, el cual posee un HLB de 13,8 y una masa molecular de 705 g/mol.

Formulación de Sistemas: Una vez preparadas las fases acuosa y oleosa, empleando las relaciones agua/aceite deseadas hasta completar un volumen de 10 mL, cada tubo centrífuga se agitó levemente y se dejó reposar por al menos 8 horas con la finalidad de que el sistema alcanzara un estado de pre-equilibrio y evitar de esta manera fenómenos de transferencia de masa durante la etapa de ruptura de la emulsión. Transcurrido el tiempo de equilibrio, el sistema se emulsionó agitándose a una velocidad constante 2400 rpm por 30 segundos, empleando una herramienta rotatoria con una turbina de agitación de geometría adecuada.

Mediciones de Estabilidad: A las emulsiones formuladas se les midió la estabilidad. La estabilidad de las emulsiones corresponde al tiempo requerido para que la mitad del volumen de agua inicialmente en cada sistema se observe.

2.2 Mapas C_D Vs Salinidad del Sistema: Con la finalidad de determinar las condiciones experimentales a trabajar, se realizó el mapa de estabilidad, de concentración de desemulsionante (C_D) en función de la salinidad del sistema empleando como sales cloruro de sodio y de sulfato de sodio. Los mapas de estabilidad fueron construidos a una concentración de asfalto (C_A) fija de 2000ppm variándose la concentración de desemulsionante entre los 20 y los 1000ppm; mientras que la salinidad del medio se varió entre el 1 y el 10 %m/V manteniéndose la relación agua-aceite (WOR) constante e igual a la unidad.

2.3 Efecto de la Carga del Catión y del Anión: Para estudiar el efecto de la carga del catión se emplearon sales de cloro con cationes mono, di y trivalentes, como cloruro de sodio (NaCl), cloruro de magnesio (MgCl₂) y cloruro férrico (FeCl₃); mientras que para estudiar el efecto de la carga del anión se emplearon sales de sodio con aniones mono, di y trivalentes como cloruro de sodio, sulfato de sodio y fosfato de sodio, en ambos estudios se determinó la mínima concentración de desemulsionante necesaria para obtener emulsiones

inestables a una salinidad fija de 3,5 %m/V, manteniéndose constante la concentración de asfaltenos en 2000 ppm y la relación agua-aceite igual a la unidad.

2.4 Efecto del Radio Atómico del Cation: El efecto del radio atómico del catión se estudió empleando sales de cloro de los metales alcalino, como cloruro de litio (LiCl), cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de potasio (KCl). Los experimentos fueron llevados a cabo manteniendo constante la salinidad y la concentración de asfaltenos en 3,5 %m/V y en 2000ppm respectivamente; mientras que la concentración de desemulsionante se varió entre los 20 y los 1000 ppm.

2.5 Efecto de la Relación Agua-Aceite: Para estudiar el efecto de la relación agua-aceite se construyeron mapas de estabilidad de concentración total (C_T) (desemulsionante + glicol) en función del porcentaje de agua presente en el sistema. Con tal finalidad, la concentración total se varió entre los 100 y los 2000 ppm, el porcentaje de agua en el sistema se varió entre el 20 y el 80 %v/v; mientras que se mantuvieron constantes: La concentración de sal en 3,5 %m/V, de asfaltenos en 5000ppm y el porcentaje de glicol en la mezcla de desemulsionante en 50 %m/m. Las sales empleadas para este estudio fueron: Cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbonato de sodio y fosfato de sodio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Mapas C_D Vs Salinidad del Sistema: Los mapas de concentración de desemulsionante (C_D) Vs la salinidad de la fase acuosa fueron obtenidos empleando sales de sodio con aniones mono y di-valentes como cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de sodio (Na_2SO_4). Los resultados se muestran en la Figura 1.

En la Figura 1 se observa que los mapas de estabilidad consisten en una representación superficial de dos variables X e Y cualesquiera, en donde las emulsiones se agrupan en diferentes regiones de acuerdo a su estabilidad. Cada una de estas regiones viene delimitada por curvas de iso-estabilidad, las cuales se representan en diferentes escalas de grises. Para determinada combinación de concentración de sal y desemulsionante se obtuvieron emulsiones inestables que se separan en tiempos menores o iguales a 20 minutos representada por la zona de color blanco y emulsiones muy estables con tiempos de separación mayores a los 140 minutos representada por la zona de color negro.

En ambos mapas se observa una línea punteada o discontinua que corresponden a la unión de los valores de mínima estabilidad obtenidos al variar la concentración de agente desemulsionante a salinidad constante. Esta línea también se encuentra asociada con la línea de inversión de la emulsión, ya que, sistemas con elevadas concentraciones de agente desemulsionante poseen un elevado carácter hidrofílico obteniéndose emulsiones de

crudo en agua (O/W); mientras que para bajas concentraciones de desemulsionante la interfase tendrá un carácter lipofílico, obteniéndose emulsiones de agua en crudo (W/O). Por otra parte, se evidencia que en ambos mapas existe una línea continua que representa los mínimos de estabilidad obtenidos al variar la salinidad del sistema cuando se mantiene la concentración de desemulsionante constante. Ambas líneas se cruzan en el punto indicado con un círculo blanco que corresponde al punto óptimo en donde se obtiene la máxima sinergia desemulsionante-sal. Si se considera que el efecto ejercido por los iones sodio es el mismo en ambos sistemas, la diferencia entre ambos mapas de estabilidad presentados en la Figura 1 viene dada por las características del anión (carga y tamaño).

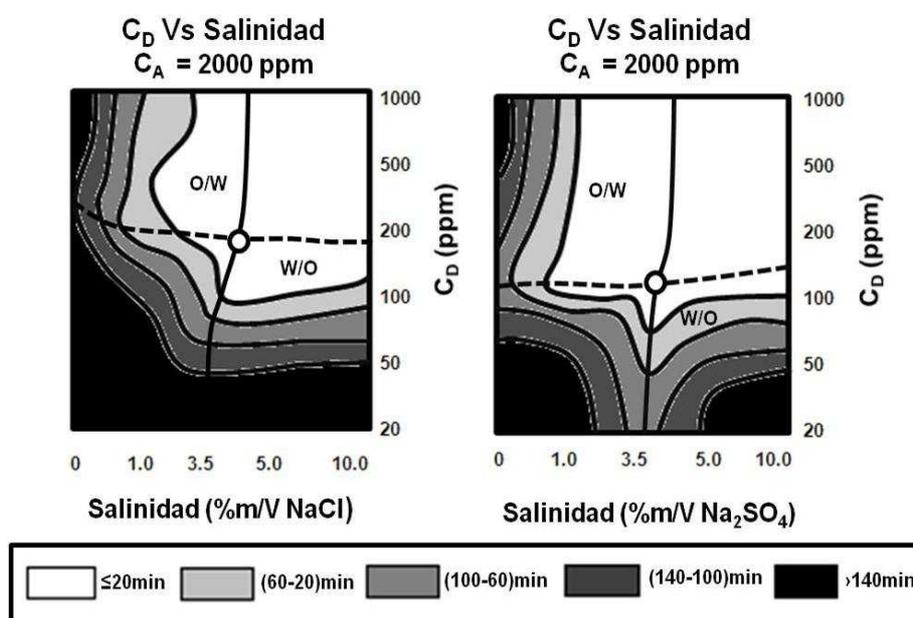


FIGURA 1. Mapas de estabilidad de C_D en función de la salinidad de la fase acuosa

En el mapa C_D Vs $\%Na_2SO_4$ se observa un incremento de la región de baja estabilidad y una disminución de la región de alta estabilidad o persistencia de las emulsiones; esto puede explicarse, debido a que en presencia de un anión divalente como el sulfato, disminuye la barrera de potencial (V_m) y las interacciones desemulsionante-agua debido a un mayor efecto hidrófobo, lo que impulsa la migración del agente desemulsionante a la interfase.

3.2 Efecto de la Carga del Catión y del Anión: Para estudiar el efecto de la carga del catión y del anión en la estabilidad de las emulsiones, se estudió la interacción desemulsionante-sal. Los análisis de resultados presentados son realizados basándose en la suposición de que el efecto del contraión sodio o cloruro es el

mismo, a pesar de los diferentes equilibrios de disociación de cada una de las sales empleadas. Los resultados obtenidos son presentados en la Figuras 2 y 3.

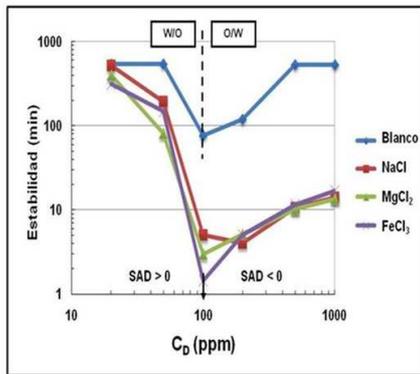


FIGURA 2. Estabilidad de las Emulsiones Vs C_D [Sal]=3.5% m/V, CA= 2000 ppm, WOR=1 (**Efecto de la Carga del Cation**)

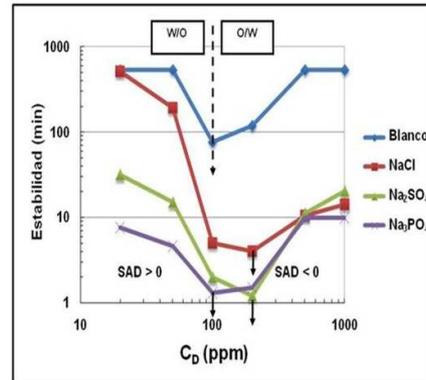


FIGURA 3. Estabilidad de las Emulsiones Vs C_D [Sal]=3.5% m/V, CA= 2000 ppm, WOR=1 (**Efecto de la Carga del Anión**)

Las Figura 2 y 3 muestran como varían la estabilidad de las emulsiones en función de la concentración y de la naturaleza del catión y del anión respectivamente, en donde la curva del blanco; corresponde a ensayos realizados en ausencia de sales en el medio, esta curva es incluida para poder realizar el estudio comparativo del efecto ejercido por los diferentes cationes. Las escalas presentadas en ambas gráficas son logarítmicas para poder abarcar varios órdenes de magnitud en cuanto a las variables que se relacionan. Se evidencia como la presencia de electrolitos en el medio ejerce un importante efecto en la estabilidad de las emulsiones. Así en presencia de las sales se observan tiempos de separación menores a los obtenidos en ausencia de ellas. Sin embargo, todas las curvas mostradas en la Figura 2, presentan un mínimo de estabilidad al variar la concentración de desemulsionante alrededor de los 100 ppm. Este mínimo es más pronunciado a medida que se incrementa la carga del catión ($\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$). Con respecto al efecto de la carga del anión, en la Figura 3, se evidencia como a medida que se incrementa la carga del anión se obtienen mínimos de estabilidad más pronunciados a menor concentración de desemulsionante. La presencia de un anión trivalente como fosfato (PO_4^{3-}) produce emulsiones inestables en todo el rango de concentración de desemulsionante estudiado, obteniéndose el siguiente orden creciente de inestabilidad dependiendo de la carga del anión ($\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$).

3.3 Efecto del Radio Atómico del Cation: El efecto del radio atómico del catión fue estudiado empleando sales de cloro de metales alcalinos. En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos.

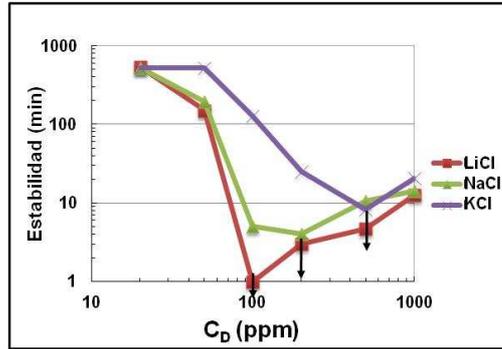


FIGURA 4. Estabilidad de emulsiones Vs C_D para sales de cloro de metales alcalinos

El efecto del radio atómico del catión es claramente apreciable en la magnitud de los mínimos de estabilidad obtenidos. Sales con cationes de radio atómico más pequeños [$Li^+(Z=3)$, $Na^+(Z=11)$ y $K^+(Z=19)$] producen emulsiones más inestables en la formulación óptima, y se requiere menor concentración de demulsionante para alcanzar el mínimo de estabilidad, este hecho se debe al efecto de la relación carga/radio, cationes pequeños como el litio, poseerán sobre su nube electrónica una mayor densidad de carga positiva que cationes más grandes como el sodio o el potasio, incrementándose de esta manera las interacciones ión-dipolo permanente entre el catión y las moléculas de agua, lo que impulsa al demulsionante a la interfase favoreciendo la coalescencia de las gotas.

3.4 Efecto de la Relación Agua-Aceite: Con la finalidad de estudiar el efecto de la relación agua-aceite, se construyeron curvas de iso-estabilidad en donde se varía la concentración total en función del porcentaje de agua presente en el sistema. En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos.

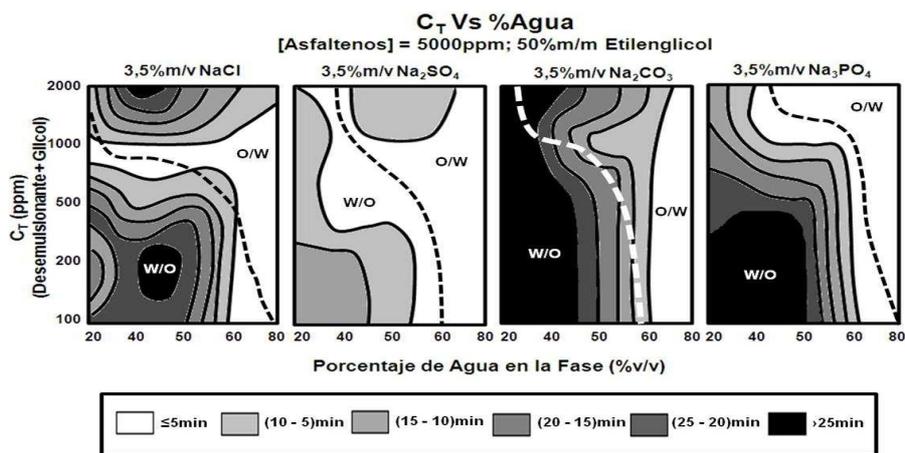


FIGURA 5. Mapas de estabilidad de concentración total en función del porcentaje de agua

Como se puede observar mediante los resultados obtenidos, se evidencia como el efecto de la relación agua-aceite modifica los procesos físico-químicos ocurridos a nivel de la interfase. La línea punteada mostrada en cada uno de los mapas corresponde a la línea de inversión que separa las emulsiones W/O de las emulsiones de aceite en agua O/W. De manera general se observa, que cuando existe una baja proporción volumétrica de fase acuosa y baja concentración de desemulsionante en la mezcla, predominan las emulsiones W/O; mientras que a alta proporción volumétrica de fase acuosa y elevadas concentraciones desemulsionante en la mezcla, predominan las emulsiones de O/W. Por otra parte, la dificultad física de incorporar grandes fracciones de fase interna o dispersa impone el resultado observado a muy altas o muy bajas fracciones volumétricas de fases que solo presentan el tipo de emulsión que posee como fase continua la que esté presente en mucho mayor proporción sin importar la concentración de mezcla de desemulsionante.

En los mapas obtenidos, se evidencia que bajo las condiciones estudiadas, la presencia de sulfato de sodio proporciona un amplio rango de composición del sistema en el cual, las emulsiones obtenidas se separan en un intervalo de tiempo menor o igual a 5 minutos. Este resultado tiene mayor significancia particularmente debido a la elevada concentración de asfaltenos (5000ppm) en la fase aceite. En presencia de carbonato y de fosfato de sodio, se observan un amplio rango para el cual se obtienen emulsiones de agua en aceite (W/O) muy estables este comportamiento es posible explicarlo por la alcalinidad que proporciona a la fase acuosa esta sal, lo que incrementa la producción *in-situ* de especies hidrófobas interfacialmente activas que potencian la cualidad estabilizante de emulsiones inherente a los asfaltenos.

4. CONCLUSIONES

Los mapas de estabilidad C_D Vs %Salinidad muestran que la presencia de sal en el medio tiene considerables efectos sobre la estabilidad de las emulsiones, observándose amplios rangos de composición que presentan rápida separación de fases. El efecto de la carga del catión y del anión ejerce un importante efecto sobre los sistemas formulados, incrementándose la cinética de separación de fases a medida que se incrementa la carga del ión. Los estudios de la relación carga/radio demostraron que iones pequeños permiten obtener emulsiones menos estables y en rangos de salinidad más amplios; mientras que la relación agua-aceite modifica de manera significativa la estabilidad de las emulsiones. La presencia de un anión di-valente con el sulfato, demostró ser particularmente efectiva en acelerar la separación de fases de la emulsión independientemente del porcentaje de agua.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Termodinámica Química de Sistemas Dispersos de la Universidad Simón Bolívar, al Decanato de Investigación y Desarrollo (DID) de la Universidad Simón Bolívar por su financiamiento económico para poder llevar a cabo este trabajo de investigación (Proyecto S1N/2005DI-CB-013-05)

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mullins, O.; Sheu, E.; Hammami, A.; Marshall, A. *Asphaltenes, Heavy Oils and Petroleomics*. New York-USA, Springer, 2007, Pp: 549-587.
- [2] Marfisi, S.; Salager, J. L. *Deshidratación de Crudos. Principios y Aplicaciones*. Cuaderno FIRP S853-PP. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela, 2004, Pp: 1-37.
- [3] Kilpatrick, P. K.; Spiecker, P. M. *Encyclopedia of Emulsion Technology: Asphaltene Emulsions*. New York-USA, Ed. Dekker, 2001. Capítulo 30, Pp: 707-730.
- [4] Rondón; M. Pereira, J. C.; Bouriati, P.; Graciaa, A. ; Lachaise, J. ; Salager, J. L. Breaking of Water-in-Crude-Oil Emulsions. 2. Influence of Asphaltene Concentration and Diluent Nature on Demulsifier Action. *Energy & Fuels*, 22, 2008, Pp: 702-707.
- [5] Borges, B.; Rondón, M.; Sereno, O.; Asuaje, J. Breaking of Water in Crude Oil Emulsions. 3. Influence of Salinity and Water-Oil Ratio on Demulsifier Action. *Energy & Fuels*, 23 (3), 2009, Pp: 1568-1574.
- [6] Salager, J. L. *Formulación, Composición y Fabricación de Emulsiones para Obtener las Propiedades Deseadas. Estado del Arte, Parte C*. Cuaderno FIRP S747-C. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela, 1999, Pp: 1-22.
- [7] Gutierrez, L.; Ranaudo, M. A.; Méndez, B.; Acevedo, S. Fractionation of Asphaltene by Complex Formation with p-Nitrophenol. A Method for Structural Studies and Stability of Asphaltene Colloids. *Energy & Fuels*. 15, 2001, Pp: 624-628.
- [8] Carnahan, N. F.; Salager, J. L.; Antón, R.; Dávila, A. Properties of Resins Extracted from Boscan Crude Oil and Their Effect on the Stability of Asphaltenes in Boscan and Hamaca Crude Oils. *Energy & Fuels*, 13, 1999, Pp: 309-314.