



EVALUACION DE BIOPOLIMEROS PARA APLICACION EN PROCESOS DE RECUPERACION MEJORADA DE PETRÓLEO

Laura M. Aguilar Veloz, Ariel Díaz Sanabria

(1) Centro de Investigaciones del Petróleo, Calle Washington No 169, esq. Churruca, Cerro, Ciudad de la Habana, Cuba, E-mail: lav@ceinpet.cupet.cu

RESUMEN

Los procesos de Recuperación Mejorada de Petróleo (RAP) implican el uso de métodos que aseguran el incremento de la producción petrolera, en gran medida a expensas del empleo de fluidos y energía. Con el fin de desarrollar dichas tecnologías, diferentes sustancias son empleadas, entre las que se destacan los polímeros, tanto químicos, como de naturaleza biológica, denominados biopolímeros. Particularmente los exopolisacáridos microbiales, como el xantano, de la bacteria *Xanthomonas campestris*, y el scleroglucano, producido por cepas del hongo *Sclerotium*, cuentan con propiedades físico-químicas atractivas, que los convierte en compuestos de interés para procesos de RAP, y en ocasiones superiores a los derivados de poliacrilamida, tradicionalmente utilizadas en esta rama. Considerando el origen y mecanismo de estos compuestos, podemos plantear que la RAP constituye una aplicación en las fronteras de la industria petrolera con la biotecnología.

Teniendo en cuenta los intereses actuales de la Industria Petrolera cubana y en base a las experiencias prácticas de los especialistas de Ingeniería de Yacimientos (CEINPET), se evidencia la necesidad de continuar los trabajos de recuperación mejorada. En base a ello, el siguiente trabajo está enfocado a los aspectos relacionados con la evaluación de biopolímeros a nivel de laboratorio. Se discuten las características, que determinan su capacidad para ser empleados en las aplicaciones de las tecnologías de RAP. Por otra parte se analizan los factores que influyen en la variabilidad del comportamiento reológico, durante la preparación de las disoluciones de estos compuestos, propiedad determinante para este tipo de aplicación.

ABSTRACT

The processes of Improved Recovery of Petroleum (RAP) imply the use of methods that assure the increment of the oil production, in great measure to expense of the employment of fluids and energy. Different substances are employed with the purpose of developing this technologies, among those stand out the polymers of chemical and biological nature. Particularly the microbial exopolyssacharides, as the xanthan gum of *Xanthomonas* and the scleroglucan, produced by the *Sclerotium* fungal strains, have attractive physico-chemical properties that convert them in compounds of interest for RAP processes. In some opportunities they show a superior behaviour in comparison to those poliacrilamide derivatives, that traditionally are used in this field. Considering the origin and mechanism of these compounds, we can outline that RAP methods constitutes an application in the frontiers of oil and the biotechnology industries.

Keeping in mind the current interests of the Cuban Oil Industry and based on the practical experiences of the CEINPET specialists, the necessity of continuing the works of improved recovery is evidenced. Based on it, the following work is focused to the aspects related with the biopolymers evaluation at laboratory scale. The characteristics that determine their capacity to be employed in application of EOR technologies are discussed. On the other hand the factors that influence in the variability of the rheological behavior, during the preparation of the disolutions of these compounds, are analyzed.

INTRODUCCIÓN

Bajo el nombre de Métodos de Recuperación Mejorada o Asistida de Petróleo (RMP ó RAP) se reúne un conjunto de *métodos de segunda generación* que aseguran la recuperación de petróleo



remanente en capa, luego de resultar inefectiva la aplicación de los métodos de extracción de *primera generación* (Sorbie and Phill, 1991). Su aplicación se basa en una serie de fenómenos químicos, físico-químicos y/o biológicos que ocurren a expensas de la acción de diferentes factores, sustancias y microorganismos, los cuales mejoran la recuperación de petróleo. Considerando el origen y mecanismo de algunos de estos compuestos que se aplican en estas tecnologías, se puede plantear que la RAP constituye una aplicación en las fronteras de la biotecnología y la industria petrolera.

En los momentos actuales, en base a la necesidad de disponer de mayores recursos energéticos y aprovechar mejor las fuentes ya existentes, los estudios relacionados con la recuperación mejorada continúan siendo una línea de interés. El siguiente trabajo está enfocado a los aspectos relacionados con la producción de biopolímeros que determinan su capacidad para ser empleados en las técnicas de RAP, particularmente de, exopolisacáridos microbiales (EPS), que cuentan con una diversidad de propiedades atractivas y pueden ser obtenidos por vía biotecnológica.

DESARROLLO

Alrededor de 80 reactivos diferentes, emulsiones, solventes, geles y mejoradores son empleados para el desarrollo de las diferentes tecnologías de RAP (Sorbie and Phill, 1991). Entre ellos se destacan los polímeros, tanto químicos como de origen microbiano (biopolímeros).

Bajo el concepto de *biopolímeros* se incluyen aquellas sustancias macromoleculares que se sintetizan producto del metabolismo de organismos vivos (microorganismos, plantas o animales superiores) y que pueden ser transformadas por métodos químicos, físicos o biológicos para formar otros tipos de biopolímeros (proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, polisacáridos y poliácidos). Cuando la literatura emplea el término de *biopolímeros* relacionado con las aplicaciones de RAP, específicamente se trata de polisacáridos microbianos (EPS) (Aguilar y Almazán, 2004; Sorbie and Phill, 1991).

Los EPS microbiales, entre los que se destacan el xantano, producido por la bacteria *Xanthomonas campestris* y el scleroglucano, del hongo *Sclerotium* están determinados por una serie de características estructurales que garantizan sus propiedades físico-químicas y aseguran un comportamiento superior de estos en los procesos de RAP en comparación con las poli(acrilamidas-co-acrilatos) tradicionalmente usadas (Galindo, 1990; Kulicke y otros, 1990).

Entre los requisitos más importantes que debe cumplir un EPS y que se deben tener en cuenta para ser aplicado en RAP, en forma de solución o de gel, se enumeran:

- Capacidad de reducir permeabilidad del agua en mayor medida que la permeabilidad del crudo.
- Propiedades reológicas adecuadas según las condiciones de aplicación y propiedades de fluidos del yacimiento (inyectabilidad, movilidad).
- Compatibilidad química en dependencia de la composición de las mezclas aplicadas y del contenido de minerales del pozo.
- Estabilidad química y biológica (gases (H₂S, CO₂); pH, temperatura, presión, microflora del yacimiento).
- Viabilidad económica (disponibilidad, precios).
- Compatibilidad medio ambiental.

La evaluación de estos biopolímeros para ser aplicados en métodos de RAP requiere de una serie de pasos, entre los que se incluyen:



- Caracterización físico-química (propiedades reológicas vs. temperatura, pH, fuerza iónica; factor de resistencia; absorción y retención, etc.)
- Pruebas en medio poroso. Simulación en condiciones de yacencia (a temperatura y presión del yacimiento).
- Aplicación en pozos seleccionados. Pruebas pilotos.
- Análisis de factibilidad.
- Generalización de los resultados.

En general, la caracterización de biopolímeros para aplicaciones de RAP exige el conocimiento de sus propiedades estructurales para lo que se estudia el *comportamiento de movilidad* (a través del poder viscosificante) y la *capacidad de inyectabilidad* (dependiente de la formación de agregados), a través del estudio de régimen de flujo a bajas concentraciones y bajos gradientes de velocidad, semejantes a las condiciones de yacencia. En dependencia de la variedad de factores que influyen sobre las propiedades reológicas de los biopolímeros, la comparación de resultados debe ser cuidadosa considerando que estos comportamientos varían de un producto a otro, en dependencia del productor e incluso entre partidas de un mismo origen (Aguilar y Almazán, 2004)

En la literatura de las últimas décadas, se reportan viscosidades intrínsecas para el xantano de 2-280 L /g y pesos moleculares de 4.2×10^4 - 12.2×10^7 (Kulicke y otros, 1990). Entre los factores que influyen en la variabilidad del comportamiento reológico en régimen diluido de las disoluciones de estos biopolímeros se incluyen:

- Variedad de cepas productoras y de procesos de fermentación y recuperación (“downstream”).
- Aplicación de diversos tratamientos de purificación (calentamiento, filtración, centrifugación, diálisis, etc) previos a las determinaciones viscosimétricas.
- Diversidad de condiciones para la preparación de muestras (ej: uso de diferentes sales y valores de fuerza iónica).
- Empleo de diferentes equipos y técnicas de medición (intervalo newtoniano o no newtoniano).

A nivel internacional durante las últimas décadas las investigaciones relacionadas con la biosíntesis de EPS empleados en la Industria Petrolera han estado encaminadas fundamentalmente a los métodos de control de la composición y del peso molecular del biopolímero, bajo la influencia de las condiciones de cultivo; al desarrollo de las técnicas de Ingeniería Genética; así como al diseño de reactores con capacidades incrementadas de transferencia de masa y calor, a altas concentraciones del producto (Galindo, 1990; García-Ochoa y otros, 2000)

Entre los principales resultados obtenidos por nuestro Laboratorio en esta dirección y como punto de la colaboración con el ICIDCA durante experiencias desarrolladas en los años 90', con muestras de xantano producido por esa institución (caldos fermentados 11S-1), que avalaron la posibilidad de emplear este polisacárido en pruebas de RAP. Entre varios polímeros evaluados: Drispac Superlo, Dextrana, Xantano Kelco y caldo Xantano 11S-1 ICIDCA, este último mostró los mejores resultados de compatibilidad con las aguas de capa del yacimiento Pina, buenas características pseudoplásticas, buena estabilidad ante temperatura, salinidad y pH (4.6-9) y adecuadas propiedades de filtración (Díaz y otros, 1999)

Entre los resultados obtenidos a nivel de campo en los últimos años con la aplicación de técnicas de RAP, se encuentran los del yacimiento Cristales. En este sentido, la propuesta de inyectar el agua residual del yacimiento con adición de polímeros (químicos o biopolímeros), resulta atractiva desde el punto de vista técnico y productivo y permitiría el desarrollo de esta línea de investigación.



CONCLUSIONES

La aplicación de métodos de RAP, teniendo en cuenta los intereses de la Industria Petrolera Cubana mediante el uso de biopolímeros (exopolisacáridos) requiere:

- Continuar los estudios de recuperación mejorada desde nivel de laboratorio, mediante el empleo de una mayor diversidad de productos nacionales y/o comerciales para garantizar una adecuada caracterización físico-química, antes de pasar a las pruebas de campo, con vistas a hacer la mejor selección del mismo.
- Garantizar la adquisición de equipamiento que garantice una adecuada caracterización de los sistemas para las aplicaciones de RAP.
- Valorar la factibilidad técnico-económica de desarrollar una tecnología propia de producción de EPS.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, L y O., Almazán. 2004. "Exopolisacáridos Microbiales: Teoría y Práctica". Monografía, Archivos ICIDCA, Cuba.
- Díaz, A.M.; A.S. Díaz; O.F. Pascual; L.G. Lesmes y otros, 1999. Proyecto 2121 Etapa 5. Simulación física de la recuperación mejorada del yacimiento Pina. Informe Interno, Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET).
- Galindo, E. 1990. La goma xantana: Estado del Arte en tecnología de mercado. Informe de Centro de Investigaciones sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), UNAM, México, pp. 9-47.
- García-Ochoa, F.; V.E. Santos; J.A. Casas; E. Gómez. 2000. Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotechnol. Advances*. V.18, N. 7, pp. 549-579.
- Kulicke, W.M. ; R. Oertel; M. Otto; W. Klenitz, Littmann. 1990. Characterization of xanthan solutions for applications in E.O.R. *Erdol & Kohle Erdgas Petrochemie, Hydrocarbon Technology*. v.43, N.12, pp.471-476.
- Sorbie, K.S., D. Phill, 1991. *Recuperación Mejorada de Petróleo por polímeros*. Publisher in the USA and Canada, ISBN 0-216-92693-9.