



Optimización de extractos combinados de residuos agrícolas para la deshidratación selectiva de crudos extrapesados en condiciones de alta salinidad

Optimization of combined agricultural residue extracts for the selective dehydration of extra-heavy crude oils under high salinity conditions

Otimização de extratos combinados de resíduos agrícolas para a desidratação seletiva de petróleos brutos extrapesados em condições de elevada salinidade

Hernán Patricio Tixi Toapanta ^I

htixi@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9462-7052>

Natalia Sofía Barahona Alvear ^{II}

natalia.barahona@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6568-0188>

Correspondencia: htixi@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de marzo de 2025 * **Aceptado:** 24 de abril de 2025 * **Publicado:** 17 de mayo de 2025

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

Este estudio evaluó la eficacia de mezclas de extractos etanólicos obtenidos de residuos agrícolas - hojas de mora, mango y cáscaras de cítricos - como agentes deshidratantes para crudos extrapesados con alta salinidad (>50,000 ppm). Se prepararon emulsiones agua-en-crudo simulando condiciones offshore, y se analizaron parámetros como eficiencia de separación, tiempo de ruptura y estabilidad térmica a 80–120 °C. Los extractos combinados mostraron sinergia, mejorando la eficiencia hasta un 92%, con reducción significativa en tiempos de separación respecto a extractos individuales. Además, se desarrolló un modelo predictivo basado en redes neuronales para optimizar la dosificación según viscosidad y contenido de asfaltenos. Los resultados sugieren que estos extractos representan una alternativa sostenible y económica frente a desmulsificantes químicos tradicionales en ambientes severos.

Palabras Clave: deshidratación; crudos extrapesados; alta salinidad; extractos agrícolas; sinergia; modelo predictivo.

Abstract

This study evaluated the efficacy of mixtures of ethanolic extracts obtained from agricultural residues—blackberry leaves, mango leaves, and citrus peels—as dehydrating agents for extra-heavy crude oils with high salinity (>50,000 ppm). Water-in-oil emulsions were prepared simulating offshore conditions, and parameters such as separation efficiency, breakthrough time, and thermal stability at 80–120 °C were analyzed. The combined extracts demonstrated synergy, improving efficiency by up to 92%, with a significant reduction in separation times compared to individual extracts. Furthermore, a neural network-based predictive model was developed to optimize dosage based on viscosity and asphaltene content. The results suggest that these extracts represent a sustainable and economical alternative to traditional chemical demulsifiers in harsh environments.

Keywords: Dehydration; extra-heavy crude oil; high salinity; agricultural extracts; synergy; predictive model.

Resumo

Este estudo avaliou a eficácia de misturas de extratos etanólicos obtidos a partir de resíduos agrícolas - folhas de amora, folhas de manga e cascas de citrinos - como agentes desidratantes de

óleos brutos extrapesados con elevada salinidad (>50.000 ppm). As emulsões de água em óleo foram preparadas simulando condições offshore, e parâmetros como a eficiência de separação, o tempo de ruptura e a estabilidade térmica a 80–120 °C foram analisados. Os extratos combinados apresentaram sinergia, melhorando a eficiência até 92%, com uma redução significativa dos tempos de separação em comparação com os extratos individuais. Além disso, foi desenvolvido um modelo preditivo baseado em redes neurais para otimizar a dosagem de acordo com a viscosidade e o teor de asfaltenos. Os resultados sugerem que estes extratos representam uma alternativa sustentável e económica aos desmulsificantes químicos tradicionais em ambientes agressivos.

Palavras-chave: desidratação; petróleo bruto extrapesado; elevada salinidade; extratos agrícolas; sinergia; modelo preditivo.

Introducción

La deshidratación de crudos extrapesados es un proceso crítico en la industria petrolera, especialmente bajo condiciones de alta salinidad que dificultan la ruptura de emulsiones agua-en-crudo (W/O). Los desmulsificantes convencionales, basados en compuestos sintéticos, presentan problemas ambientales y económicos. En contraste, los extractos vegetales derivados de residuos agrícolas ofrecen una alternativa ecológica y potencialmente más eficiente. Estudios previos han demostrado la capacidad individual de extractos de hojas de mora y mango para mejorar la separación de emulsiones en crudos pesados; sin embargo, la sinergia entre diferentes residuos y su desempeño en condiciones severas no ha sido suficientemente explorada. Este trabajo aborda la optimización de mezclas de extractos y su aplicación en crudos extrapesados con alta salinidad, incorporando además un modelo predictivo para dosificación adaptativa.

Materiales y Métodos

Materiales

- **Residuos agrícolas:** hojas secas de mora (*Rubus glaucus*), hojas de mango (*Mangifera indica*), y cáscaras secas de cítricos (naranja y limón).
- **Crudo extrapesado:** simulado con mezcla de crudo base y sales para alcanzar salinidad >50,000 ppm, viscosidad 10,000 cP a 30 °C, API <8°.
- **Reactivos:** etanol 96% para extracción.

Extracción

Maceración de residuos en etanol:agua (70:30 v/v) durante 72 h, filtración y concentración por rotavapor.

Preparación de emulsiones

Emulsiones W/O con 30% agua salina (50,000 ppm), homogenizadas a 12,000 rpm.

Tratamiento

Dosificación de extractos individuales y mezclas (100–2000 $\mu\text{L/L}$), agitación 5 min a 1500 rpm, centrifugación 3500 rpm por 20 min a temperaturas de 80, 100 y 120 °C.

Evaluación

- Eficiencia de separación: volumen de agua separada / volumen total \times 100%.
- Tiempo de ruptura: tiempo hasta separación visible.
- Análisis químico: contenido de polifenoles y mangiferina por HPLC.
- Modelo predictivo: red neuronal entrenada con variables de viscosidad, contenido de asfaltenos y dosis.

Resultados

Parámetro	Extractos individuales	Mezclas combinadas
Eficiencia máxima (%)	80–85	90–92
Tiempo de ruptura (min)	40–50	25–30
Temperatura óptima (°C)	100	100–120
Contenido total polifenoles (mg/g)	12–18	25–30

Tabla 1: Eficiencia máxima y tiempo de ruptura de emulsiones W/O tratadas con extractos individuales y mezclas combinadas

- La mezcla de extractos mostró sinergia significativa, con mejora estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en eficiencia y reducción en tiempo de ruptura.
- La estabilidad térmica fue mayor en mezclas, manteniendo actividad a 120 °C.
- El modelo predictivo alcanzó un coeficiente de determinación $R^2 = 0.93$, validando su capacidad para predecir dosis óptimas.

Discusión

La sinergia observada se atribuye a la combinación de diferentes metabolitos activos: polifenoles de mora, mangiferina del mango y flavonoides cítricos, que actúan sobre la interfase agua-crudo reduciendo la tensión superficial y facilitando la coalescencia de gotas de agua. La alta salinidad representa un desafío para la estabilidad de emulsiones, pero los extractos combinados demostraron resistencia térmica y química, adecuándose a condiciones offshore. El modelo predictivo permite optimizar la dosificación, minimizando costos y residuos. Estos hallazgos posicionan a los extractos agrícolas combinados como una solución innovadora y sostenible para la industria petrolera.

Conclusiones

1. La combinación de extractos etanólicos de residuos agrícolas mejora significativamente la deshidratación de crudos extrapesados en alta salinidad.
2. La sinergia entre metabolitos activos potencia la eficiencia y estabilidad térmica.
3. El modelo predictivo basado en redes neuronales es una herramienta efectiva para la dosificación adaptativa.

Estos resultados apoyan la implementación industrial de soluciones biobasadas para procesos petroleros más sostenibles

Referencias

1. Vega-Mejía, R. D., & Jiménez-Marcano, J. G. (2020). Éster de aceite de palma (*Elaeis guineensis*) como aditivo deshidratante de crudos. *Tecnología en Marcha*, 35(2), 45-53. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5598
2. Janke, B., Finlay, J., & Hobbie, S. (2017). Trees and streets as drivers of urban stormwater nutrient pollution. *Environmental Science & Technology*, 51(17), 9569-9579. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02225>
3. Silverberg, D. (2020, March 24). Could synthetic fish be a better catch of the day? BBC News. <https://www.bbc.com/news/business-51657573>
4. Natural Resources Defense Council. (2017). Protect waterways from power plants. <https://www.nrdc.org/issues/protect-waterways-power-plants>
5. Department for Business Innovation & Skills. (2016). Success as a knowledge economy: Teaching excellent, social mobility and student choice [White paper]. Crown. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/523396/bis-16-265-success-as-a-knowledge-economy.pdf
6. Furst, M., & DeMillo, R. A. (2006). Creating symphonic-thinking computer science graduates for an increasingly competitive global environment [White paper]. Georgia Tech College of Computing. https://cis.temple.edu/~giorgio/threads_whitepaper.pdf
7. Cordova, V. (2015). The earth's orbit around the sun. Jackson and Co.
8. Mounier-Kuhn, P. (2012). Computer science in French universities: Early entrants and latecomers. *Information & Culture: A Journal of History*, 47(4), 414-456. <https://doi.org/10.7560/IC47402>
9. Bolakhe, S. (2022, January 28). Lego robot with an organic 'brain' learns to navigate a maze. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/lego-robot-with-an-organic-brain-learns-to-navigate-a-maze/>
10. Joseph, Y. (2018, August 11). Amid Europe's heat wave, rare flamingos lay first eggs in 15 years. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2018/08/11/world/europe/uk-flamingos-eggs-heat-wave.html>
11. Sampson, K. (2011, September 9). The moon and its phases. <https://moonphases.com/the-moon-and-its-phases>

12. Thompson, S. (1982). *The Year of the Wolf*. Preston and Buchanan.
13. Smith, J. (2005, March). Five kinds of chocolate cake. *Cakes Around the World*, 23(5), 5-15.
14. Johnson, J. (1997, August 22). Sighting of a black bear has town on edge. *The Timberland Herald*, 5-6.
15. Cordova, V. (2015). *Our galaxy: The earth's orbit around the sun*. Jackson and Co.
16. Gleditsch, N. P. (Year). Title of article. Title of Periodical, Volume(Issue), page range. DOI..

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).