

# FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LUBRICANTES AMBIENTALMENTE ACEPTABLES (EAL) A BASE DE ACEITE DE RICINO PARA APLICACIONES MARÍTIMAS

Karla Judith Moreno<sup>1</sup>, J. Santos García Miranda<sup>1</sup>, Luis Daniel Aguilera Camacho<sup>1</sup>, Eloy Rodríguez de León<sup>2</sup>, José Eduardo Báez García<sup>3</sup> y María Teresa Hernández-Sierra<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, karla.mb@celaya.tecnm.mx, santos.gm@celaya.tecnm.mx, daniel.gm@celaya.tecnm.mx

<sup>2</sup> Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, eloy.q22@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, jebaez14@yahoo.com.mx, tere.mths@gmail.com

## Introducción

Actualmente, la crisis ambiental es uno de los principales problemas que aquejan a la humanidad. El cuidado del ecosistema marino impulsa la utilización de lubricantes ambientalmente aceptables (EAL por sus siglas en inglés) en toda la maquinaria marítima debido a que gran parte de los lubricantes se pierden inevitablemente durante la operación e ingresan directamente al medio acuático. Un EAL debe de tener alta biodegradabilidad, baja toxicidad, así como baja bioacumulación. Adicionalmente, debe de tener un apropiado rendimiento técnico, es decir, debe ayudar a disminuir la fricción y el desgaste (Battersby, 2005).

El aceite de ricino es uno de los aceites vegetales con gran potencial lubricante (Hernández-Sierra, et al., 2019), y cumple con todas las características necesarias para la formulación de EALs. No obstante, aún se requiere mejorar su rendimiento técnico en condiciones de operación extremas. Por tal motivo, en el presente trabajo se investigó el desempeño operacional de EALs a base de aceite de ricino y xantofilas (Luteína y Zeaxantina), bajo alta presión y a una temperatura de 70°C.

## Desarrollo experimental

La Luteína (L) y Zeaxantina (Z) se obtuvieron a partir del método de síntesis reportado previamente (Rodríguez-deLeón, et al., 2019), mientras que el aceite de ricino (CO) fue adquirido comercialmente. Los EALs se prepararon añadiendo cada aditivo en aceite de ricino a una concentración de 0.001 molal, y disolviéndose mediante agitación magnética a 80 °C durante una hora como se ilustra en la Figura 1.

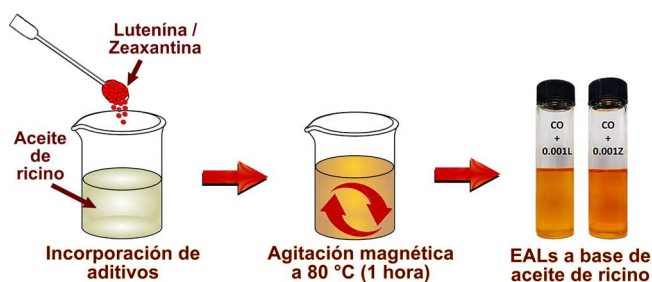


Figura 1. Esquema de la formulación de EALs a base de aceite de ricino.

Para evaluar el potencial lubricante de los EALs se realizaron pruebas mediante el método de perno sobre disco según la norma ASTM G 99. La Figura 2 muestra la configuración general y los tipos de marcas de desgaste en los elementos.

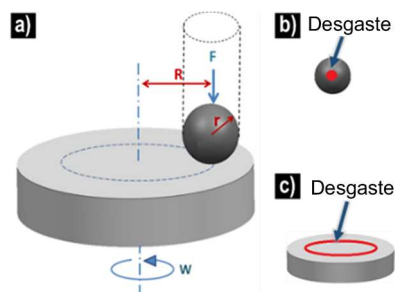


Figura 2. Configuración general de las pruebas de fricción y desgaste (a), y marcas de desgaste generadas en el perno (b) y el disco (c).

Se utilizaron discos de acero de medio carbono (25 mm de diámetro y 5 mm de espesor) y esferas de carburo de tungsteno (1.5 mm de radio ( $r$ )). Se aplicó una carga normal ( $F$ ) de 1 N durante 30,000 ciclos ( $C$ ), a un radio de desgaste de 2 mm, y a una velocidad lineal de 2,5 cm/s. Para cada ensayo se utilizaron 60 ml de cada EAL a 70 °C. El desgaste se

reporta como valores de tasa de desgaste ( $K$ ) de acuerdo con la Ecuación 1, donde ( $d$ ) es el ancho de huella de desgaste del disco.

$$K = \frac{d^3}{12rFC} \quad (1)$$

## Resultados y discusión

La Figura 3a ilustra la evolución del coeficiente de fricción cinético ( $\mu_k$ ) obtenido con los EALs a base de aceite de ricino. Se puede ver que el EAL con Zeaxantina, al obtener un coeficiente de fricción promedio de 0.113, ayudó a reducir la fricción hasta un 16% en comparación con el aceite de ricino puro. Por otro lado, el EAL adicionado con Luteína aumentó el coeficiente de fricción promedio a 0.151. Asimismo, este último EAL exhibió una ligera tendencia a incrementar el coeficiente de fricción conforme se incrementa el número de ciclos, similar a la producida por el aceite de ricino sin aditivos.

En la Figura 3b se muestra la respuesta al desgaste de los EALs a base de aceite de ricino. En primer lugar, se puede ver que los discos de acero mostraron un desgaste evidente debido a las condiciones límite alcanzadas, donde el ancho de huella varió de 170.5 a 194.2  $\mu\text{m}$ . Los resultados evidenciaron un efecto favorecedor en el EAL adicionado con Luteína, logrando un valor de tasa de desgaste promedio de  $9.3 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$  el cual es hasta un 32% menor a la obtenida con aceite de ricino sin aditivos. Asimismo, mostraron que no existe una contribución significativa de la adición de Zeaxantina en el aceite de ricino en términos de rendimiento antidesgaste.

## Conclusiones

El EAL a base de aceite de ricino con Zeaxantina exhibió resultados preeminentes en el comportamiento de fricción sin afectar la respuesta al desgaste. No obstante, el EAL adicionado con Luteína reveló el mejor comportamiento antidesgaste. Considerando lo anterior, se demostró que el rendimiento técnico del aceite de ricino se ve mejorado significativamente con la incorporación de aditivos naturales, lo que potencia su uso como EAL para diversas aplicaciones marítimas.

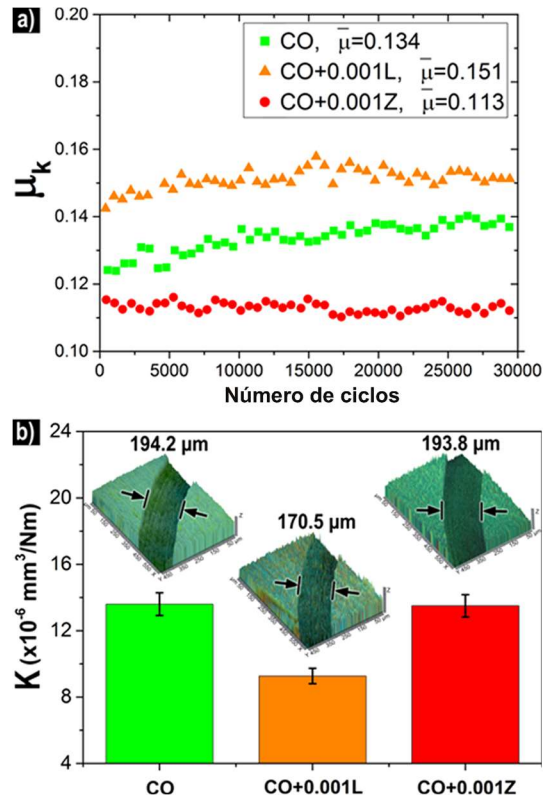


Figura 3. Rendimiento técnico en fricción (a) y desgaste (b) de los EALs a base de aceite de ricino.

## Agradecimientos

M.T.H.S. agradece el apoyo de CONACyT (México) por la beca de Posdoctorado 2020-2021 recibida.

## Referencias

Battersby, N.S. (2005). Environmentally Acceptable Lubricants: Current Status and Future Opportunities. *Proceedings of World Tribology Congress, WTC2005-63503*.

Hernández-Sierra, M.T., Bravo-Sánchez, M.G., Báez, J.E., Aguilera-Camacho, L.D. García-Miranda, J.S., Moreno, K.J. (2019). Improvement Effect of Green Lubricants on the Tribological and Mechanical Performance of 4140 Steel. *Applied Sciences*, 9: 4896.

Rodríguez-deLeón, E., Jiménez-Halla, J.O.C., Báez, J.E., Bah, M.M. (2019). A Simple and Efficient Method for the Partial Synthesis of Pure (3R,3'S)-Astaxanthin from (3R,3'R,6'R)-Lutein and Lutein Esters via (3R,3'S)-Zeaxanthin and Theoretical Study of Their Formation Mechanisms. *Molecules*, 24: 1386.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**



