

Extracción de cera del aceite crudo de cachaza de caña para la obtención de biolubricantes

Wax extraction from raw cane cachaza oil to obtain biolubricants

Grisel Rabell-Velázquez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-8145-XXX>

Francisco Lafargue-Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0004-2067-842X>

Vladimir Kukareko² <https://orcid.org/0000-0003-4283-871X>

Claudia Gonzalez-Castillo¹ <https://orcid.org/0000-0003-5420-901X>

Danielkis Vicente-Ávila¹ <https://orcid.org/0009-0007-5575-7552>

¹ Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

² The Joint Institute of Mechanical engineering of the National Academy of Science of Belarus

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: grabellv@gmail.com

RESUMEN

La biodegradabilidad es una propiedad, por la cual los biolubricantes cada día adquieren mayor interés, siendo los aceites vegetales una fuente principal para su obtención y los residuos agroindustriales como: el aceite residual de la cachaza de caña, este consta en su composición de materiales céreos que dificultan el proceso de lubricación; esta investigación, tiene como objetivo realizar la extracción del material céreo presente en el aceite residual de cachaza de caña para su uso futuro en la formulación de biolubricantes; se empleó el etanol en proporción 1:20 con el residuo agroindustrial, se evaluó la influencia de la temperatura de extracción a 30 °C y a 70 °C a través de los porcentajes de cera, de rendimiento de aceite y la concentración de cera en los aceites tratados; el porcentaje de cera extraído a 30 °C fue 8,10 %, mientras que a 70 °C fue de 11,10 %, la concentración de cera en el aceite obtenido mediante el tratamiento a 30 °C fue de 317 mg/mL y de 261 mg/mL a 70°, siendo el tratamiento realizado a 70 °C, el que permitió la mayor disminución del contenido de cera el aceite de cachaza de caña; la extracción de cera

rendimientos favorables de 75,5 % y 68,3 %, sin embargo se prefiere el tratamiento realizado a 70 °C, por la extracción de mayor material céreo y por tanto, una menor concentración de cera remanente en el aceite tratado.

Palabras clave: biolubricantes; extracción de cera; rendimiento de aceite.

ABSTRACT

Biodegradability is a property, for which biolubricants acquire greater interest every day, with vegetable oils being a main source for obtaining them and agro-industrial waste such as: the residual oil from cane cachaza, which consists of waxy materials in its composition. that make the lubrication process difficult; This research aims to extract the waxy material present in the residual sugarcane oil for its future use in the formulation of biolubricants; Ethanol was used in a 1:20 proportion with the agroindustrial residue, the influence of the extraction temperature at 30 °C and 70 °C was evaluated through the percentages of wax, oil yield and wax concentration in treated oils; The percentage of wax extracted at 30 °C was 8,10%, while at 70 °C it was 11,10%, the wax concentration in the oil obtained through treatment at 30 °C was 317 g/ mL and 261 g/mL at 70 , the treatment carried out at 70 °C being the one that allowed the greatest decrease in the wax content of the cane cachaza oil; It was determined that wax extraction using ethanol at temperatures of 30 °C and 70 °C allowed favorable yields of 75,5% and 68,3%, however the treatment carried out at 70 °C is preferred, to achieve less waxy material and therefore a lower concentration of wax remaining in the treated oil.

Keywords: biolubricantes; oil performance; wax extraction.

Recibido: 18/01/2025

Aceptado: 28/04/2025

Introducción

Los lubricantes biodegradables cada día adquieren mayor interés en el mercado internacional por su contribución al cuidado del medioambiente, gracias a su biodegradabilidad y no toxicidad. ⁽¹⁾

Estos poseen propiedades fisicoquímicas únicas, como alta lubricidad, alto índice de viscosidad y alto punto de inflamabilidad, lo que los pone en ventaja frente a los típicos lubricantes de base petróleo, incrementado su interés como

una alternativa medioambiental con gran potencial para la solución de los problemas de contaminación.

El uso de aceites bases vegetales para aceites lubricantes presenta varias ventajas sobre las mucho más extendidas bases minerales, constituyendo el aceite de cachaza libre de cera una fuente para la formulación de biolubricantes. ⁽²⁾

La producción de cera de caña a partir de la torta de los filtros de jugo de caña de azúcar o cachaza, reviste particular importancia para la industria, la cera cruda compuesta fundamentalmente por una fracción líquida (aceite), cera e impurezas (resinas), es purificada industrialmente mediante procesos de extracción con solventes y así despojarla de su contenido de aceite y resina. La determinación de los mejores solventes orgánicos que solubilizan las diversas fracciones de la cera cruda es de vital importancia para el perfeccionamiento de las tecnologías de extracción y refinación, así como para el desarrollo de técnicas analíticas más confiables para su caracterización. ⁽³⁾

Como resultado de la extracción de la cera, a partir de la cachaza de caña, se genera un residual que contiene aceite de cachaza de caña, cera y sus derivados, lo cual constituyó la materia prima en esta investigación, motivada por el siguiente problema:

Existe la necesidad de extraer la cera del aceite crudo de cachaza de caña para obtener un aceite útil para la formulación de biolubricantes.

El presente trabajo tiene como objetivo: diseñar una metodología que permita la extracción de cera a partir del aceite residual de la cachaza de caña, a fin de disponer del aceite con menor contenido de cera.

Fundamentación teórica

La grasa lubricante es un material semifluido formado por varios componentes como: agente espesante, un aceite base y aditivos. La naturaleza y porcentajes de los componentes de la grasa dependen mucho de las aplicaciones para las cuales va a estar destinada, siendo el aceite quien va a ejercer la labor de lubricación y el mayor constituyente de una grasa (75-96%), por lo que influye mucho en sus características y comportamiento. ^(4, 5)

Una de las fuentes principales para la obtención y producción de lubricantes biodegradables son los aceites vegetales extraídos de las semillas de plantas oleaginosas y residuos agroindustriales como la cachaza proveniente de la

producción azucarera, por su composición química y bajo precio, la cachaza resulta muy atractiva como materia prima en la industria de procesos, por lo que constituye uno de los subproductos con mayores perspectivas para su aprovechamiento industrial. ^(6, 7, 8)

El uso de aceites bases vegetales, para aceites lubricantes presenta varias ventajas sobre las bases minerales, constituyendo el aceite de cachaza libre de cera una fuente para la formulación de biolubricantes. ⁽⁸⁾

El aceite de la cachaza de caña, ha sido probado para diferentes productos entre los que se encuentra la elaboración de medios de protección temporal contra la corrosión, la producción de jabones y agente para la activación de la vulcanización de gomas. Estos intentos de empleo de esta materia prima se pudieron realizar, debido a que se realizó previamente la extracción de la cera. Estos productos tienen mucho valor para la economía nacional. ⁽⁹⁾

La presencia de cera en la composición de aceites vegetales incrementa su viscosidad y dificulta el proceso de lubricación formando depósitos que pueden obstruir los filtros y entorpecer la circulación de biolubricantes, por lo que se hace necesario implementar métodos que logren la separación y cuantificación de la cera en los aceites tratados, con la finalidad de disponer de un aceite con rendimientos favorables, para su uso en la obtención de biolubricantes.

Entre los métodos más empleados para la cuantificación de cera, se encuentra la espectrofluorimetría y hay dos razones principales para su uso extensivo. La primera, es el alto nivel de sensibilidad y el amplio rango dinámico que pueden realizarse. En segundo lugar, la instrumentación requerida es conveniente y para la mayoría de propósitos puede adquirirse por un costo no muy elevado. ⁽¹⁰⁾

Se conoce que la cera como producto principal, puede extraerse a partir de la caña, la cachaza, el bagazo o la vinaza, debido a, que es un residuo natural del proceso de fabricación de azúcar, para lo cual son aplicados procesos de extracción, empleando varios solventes como: "Etanol 96 GL a 70 C o heptano entre 65-70 C", "tricloroetileno, éter, tolueno a 80-100 °C, además del ciclohexano y el hexano. Según varios autores del proceso de extracción se separan tres fracciones principales: cera (55–62 %), aceite (25–31 %) y resina (10–13 %), además otras fracciones: volátiles (0,8–2 %) e insolubles (0,7-0,8 %), corroborado más tarde por otros autores. ^(7, 11,12, 13)

Materiales y métodos

Se conoce que la eficiencia de la extracción con el empleo de solventes, depende de la influencia de variables tales como: selectividad del solvente, temperatura de extracción y tiempo de extracción; ⁽¹⁴⁾ se decidió en esta investigación evaluar la influencia de dos temperaturas (tabla 1), atendiendo a que se conoce que esta constituye un factor crítico en la extracción de cera, por lo cual se realizó un primer tratamiento a 30 °C (temperatura aproximada del laboratorio) y un segundo tratamiento a 70 °C próximo a la temperatura de ebullición del solvente, se aplicó el tiempo de extracción de 4 h en ambas condiciones y se mantuvo la agitación con el uso de un agitador y barras magnéticas; posteriormente se realizó la selección de las mejores condiciones de extracción de cera evaluando el porcentaje de cera extraído y el porcentaje de rendimiento de aceite obtenido para identificar el mejor tratamiento aplicado. ^(15, 16)

Tabla 1- Tratamientos aplicados.

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Solvente empleado	Etanol 96%	
Proporción de extracción Aceite residual de cachaza de caña: Solvente	1:20	
Temperatura del aceite Residual (°C)	70	
Temperatura de extracción (°C)	30	
Tiempo de extracción (h)	4 h	
Velocidad de rotación (rpm)	700	

Para llevar a cabo la extracción de cera a partir del aceite crudo de cachaza se desarrollaron tres etapas: acondicionamiento, extracción de cera, separación del solvente.

Acondicionamiento

Para el acondicionamiento del residual de cachaza de caña, se utilizó una estufa marca DHC-9146^a, para garantizar la temperatura próxima a la ebullición del solvente aplicado, fijándola a 70 °C.

El acondicionamiento se efectuó por 20 min, hasta observar el cambio de consistencia del material tratado.

Extracción

En la etapa de extracción de cera, se aplicaron los tratamientos con el objetivo de seleccionar las condiciones de extracción de cera idóneas, empleando el etanol como solvente, para la obtención del mayor rendimiento de aceite de cachaza de caña con menor porcentaje de cera.

La mezcla de extracción se preparó en la proporción 1:20, con el empleo de la balanza técnica (SARTORIUS BS 2202S), para mantener la agitación se utilizaron agitadores magnéticos (IKARH basic 1) para los tratamientos 1 y 2, sin calentamiento y con plancha de calentamiento respectivamente, en ambos casos el recipiente utilizado fue un vaso de precipitado de 500 mL, empleando dos tiempos de extracción empleando el etanol como solvente.

Separación

En la etapa de separación transcurrió, la sedimentación del material céreo (cera y derivados) empleando un período de reposo a la temperatura de 2-8 °C, durante 72 h; previo al almacenamiento el producto, este se vertió en tubos de centrífuga de 50 mL para su centrifugación, una vez transcurrido el reposo y posteriormente se decantó todo el material líquido (aceite-solvente) contenido en los tubos de centrífuga.

Una vez realizada la decantación se almacenó en reposo el líquido separado de 2-8°C, para observar la presencia de restos de cera (precipitado) y transcurridas 24 h, se volvió a realizar la centrifugación y decantación para obtener el aceite libre del mayor contenido de cera.

Por último se realizó la recuperación del solvente empleado mediante el uso de un rota-evaporador marca *Heidolph* y se obtuvo el aceite.

Determinación del porciento de material extraído y rendimiento de aceite

El porcentaje de cera extraído se calculó mediante la ecuación 1, donde la masa 2 (m_2) y masa 1 (m_1), se determinaron con el uso de la balanza digital. Mientras que el rendimiento de aceite se determinó por la ecuación 2, donde se tomó como m_1 la masa del residual del aceite de cachaza de caña.

$$\% Ext = \frac{m2 \text{ (cera extraída)}}{m1 \text{ (mezcla (aceite + cera))}} * 100 \quad (1)$$

$$\% R = \frac{m2 \text{ (aceite libre de cera)}}{m1 \text{ (aceite crudo)}} * 100 \quad (2)$$

Cuantificación de cera en el aceite obtenido

Para la cuantificación de cera en el aceite tratado, se realizó una curva de calibración de cera empleando una muestra de cera cruda, proporcionada por la UEB Antonio Guiteras de la Provincia de las Tunas, mediante espectrofotometría, con el empleo del espectrofotómetro uv-vis marca *Genesys 10S UV-VIS*; se preparó la solución patrón en etanol 96° GL con una concentración de 0,087 5 mg/mL, a partir de la cual, se prepararon las soluciones de concentración conocida: 0,001 25; 0,002 5; 0,003 75; 0,005; 0,006 25; 0,007 5 (mg/mL).

Resultados y discusión

Análisis de extracción de cera

En esta etapa de la investigación se evaluaron los tratamientos aplicados para identificar la influencia de la temperatura en la extracción de cera del aceite crudo de cachaza de caña, con la finalidad de disponer de un aceite libre de cera, con rendimientos favorables.

En la tabla 2 se muestra el efecto de la temperatura en las variables porciento de material extraído y de rendimiento de aceite, obtenidos en cada replica de los tratamientos aplicados.

Tabla 2- Análisis del efecto de la temperatura en la extracción de cera.

variables de estudio	tratamiento 1			tratamiento 2		
	1	2	3	4	5	6
% material céreo extraído	7,69	8,12	8,46	10,39	11,85	11,04
% Rendimiento de aceite	75	71	80	65	70	70
variables de estudio	tratamiento 1			tratamiento 2		
	desv.			desv.		
	promedio	Estd.	cv	promedio	Estd.	cv
% material céreo extraído	8,1	0,4	4,8	11,1	0,7	6,6
%Rendimiento de aceite	75,5	4,5	6,0	68,3	2,9	4,2

Análisis del efecto de la temperatura en los tratamientos 1 y 2

Se realizaron tres replicas por tratamientos y se observó que el valor promedio del % de material céreo extraído fue mayor en el tratamiento 2, la figura 1 muestra el porciento de cera extraído en los tratamientos 1 y 2, apreciándose el efecto de la temperatura en la extracción con etanol 96 GL, nótese que en el tratamiento aplicado a 70° C se obtuvo un mayor por ciento de material extractable (cera y derivados) para un 11,1 %, mientras en el tratamiento aplicado a temperatura ambiente el porciento extraído fue de 8,29 %, esto indica que el proceso de extracción realizado durante 4horas, se vio más favorecido a la temperatura de 70 °C, cercana a la temperatura de ebullición del solvente, debido a que se conoce que el efecto de la temperatura siempre es un factor favorecedor del proceso para la velocidad de extracción.

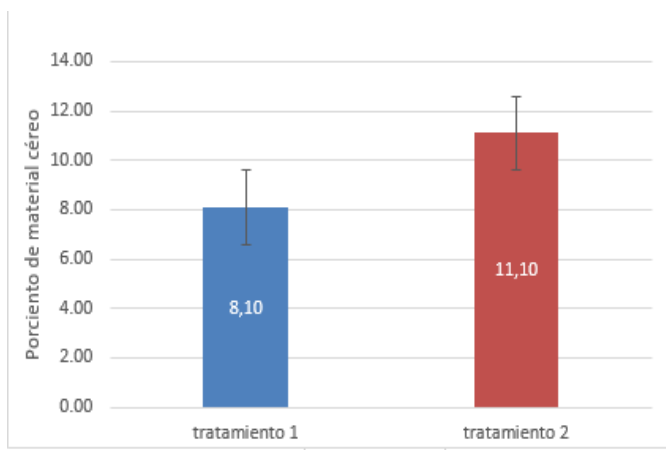


Fig. 1- Porcentaje de extracción de material céreo por tratamiento

En el análisis del porcentaje de rendimiento de aceite, se identificó que ambos tratamientos lograron rendimientos favorables, teniendo en cuenta que la materia prima constituye un residual (figura 2); se realizó el análisis estadístico a través del programa Stargrafic centurión versión XV, que mostró, que no hay diferencias significativas entre las medias, ni entre las desviaciones estándar de los datos de ambas muestras, con un nivel de confianza del 95 %.

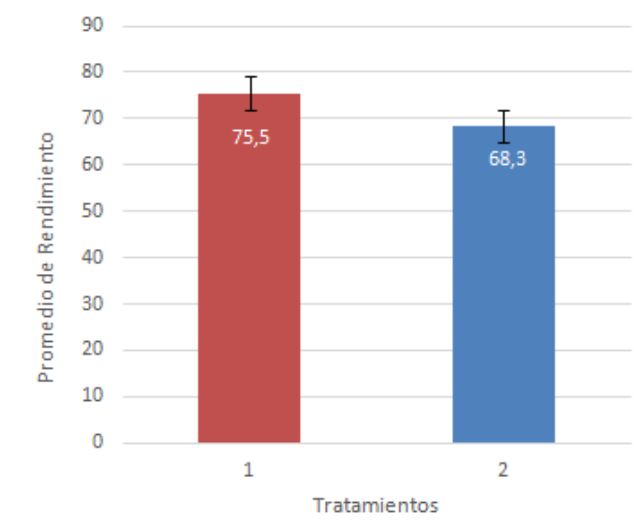


Fig. 2- Porcentaje de rendimiento de aceite con menor contenido de cera y derivados

La selección del tratamiento idóneo, para lograr la extracción del mayor contenido de cera y derivados a partir del aceite crudo de cachaza de caña, fue realizada en favor del mayor porcentaje extraído del material residual, guardando relación con otros resultados obtenidos. ^(12, 15)

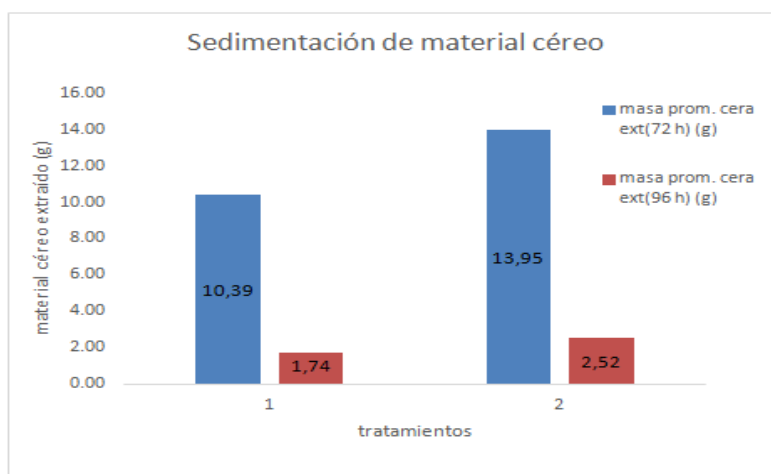


Fig. 3- Extracción de material céreo

En la figura 3 se representa, la masa de material céreo obtenida en la etapa de sedimentación, una vez transcurridas 72 h y 96 h en almacenamiento, posterior a la extracción; se pudo identificar que una vez siendo sometido el material crudo a la extracción con etanol a 70°C (tratamiento 2), en ambos tiempos de observación (72 h y 96 h), se logró como mayor efectividad la extracción de la cera y derivados, con respecto al tratamiento realizado a 30 °C (tratamiento 1).

Análisis cuantitativo de cera

En la figura 4, se representa el comportamiento de la curva control de cera, de Absorbancia vs concentración de 6 muestras, tomando los valores de absorbancia a 205 nm en espectrofotómetro ultravioleta; se obtuvo una gráfica y ecuación de la recta con valor de R² en correspondencia con una curva lineal; en la tabla 3 se muestran los valores de absorbancia promedios, los cuales se mantuvieron en el rango de valores de la curva control, los valores de la desviación y el coeficiente de variación entre las réplicas se obtuvo en rangos adecuados, por lo que se realizó el cálculo de la concentración empleando los valores promedio a partir de la ecuación de la recta, aplicando la corrección del factor de dilución (100).

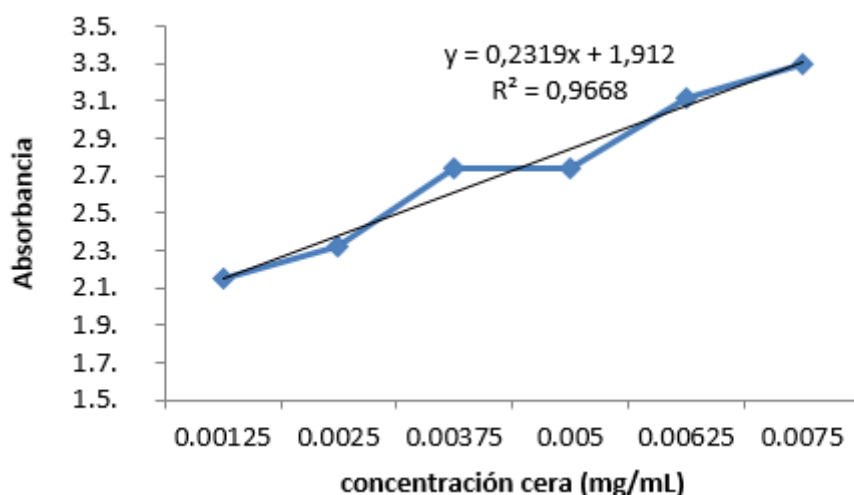


Fig. 4- Curva de calibración de cera

Tabla 3- Cuantificación de cera en los aceites tratados.

muestra	Dilución	Absorbancia promedio	Conc. final (mg/mL)
Trat. 1.1	100	2,633	310,9
Trat. 1.2		2,645	316,0
Trat. 1.3		2,668	326,0
Trat. 2.1	100	2,518	261,3
Trat. 2.2		2,519	261,7
Trat. 2.3		2,521	262,6

En el análisis de cuantificación de cera en los aceites, posterior a la etapa de extracción con etanol 96 GL, mediante dos tratamientos de temperaturas 30 °C y 70 °C, se identificó, que mediante el tratamiento realizado a 30 °C se logró la extracción de cera para una concentración final en el aceite de 317 mg/mL, sin embargo mediante el tratamiento realizado a 70 °C, se logró una mayor extracción con una concentración final de cera de 261 mg/mL, valores que mostraron diferencias significativas entre las medias de ambos tratamientos, con intervalos de confianza del 95,0 %.

Mediante el tratamiento a 70°C se logró un rendimiento de aceite de 68,3 %, lo cual nos permite disponer de un aceite de cachaza de caña con menor contenido de cera, facilitándose la realización de modificaciones químicas, para

su posterior uso en la formulación de biolubricantes; quedando seleccionado como el más favorable para la extracción de cera del aceite residual de la cachaza de caña, mediante el cual se logró 1,2 veces menor cantidad de cera respecto al tratamiento a 30 °C.

Conclusiones

1. Mediante esta metodología se logró la extracción de cera del aceite residual de la cachaza de caña con etanol, a las temperaturas de 30 °C y de 70 °C, con rendimientos de aceite favorables de 75,5 % y 68,3 % respectivamente.
2. Se logró la extracción de 8,1% y de 11,1% del material céreo, a partir del aceite residual de la cachaza de caña, con etanol a las temperaturas de 30 °C y 70 °C, respectivamente.
3. La temperatura de 70 °C con etanol 96 GL, permitió la mayor extracción de cera del aceite residual de la cachaza de caña, con una concentración final de cera de 261 mg/mL, equivalente a 1,2 veces menor que con el tratamiento de 30 °C.

Agradecimientos

La investigación que da origen a los resultados presentados recibió fondos de la Oficina de Gestión de Fondos y Proyectos Internacionales bajo el código PN211LH005-047

Referencias bibliográficas

1. PONS GELZA Alba. Aceites vegetales hacia una producción sostenible. *El hombre y la máquina*. **46**, enero-junio, 2015, pp 9-19. Universidad Autónoma de occidente Cali, Colombia. ISSN: 0121-0777
2. RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, C. et al. Determinación de las propiedades físicas y carga crítica del aceite vegetal *Jatropha curcas* L. *Ingeniería Mecánica*, 2012, **15**, (3), p. 170-175. ISSN 1815-5944.
3. DÍAZ DE LOS RÍOS, M; HERNÁNDEZ RAMOS, E. Determinación de los parámetros de hansen que caracterizan el aceite de cachaza de la caña de azúcar. *Diversificación* 2019, septiembre, 2021. <http://www.icidca.azcuba.cu>; <http://www.researchgate.net/profile/Manuel-Diaz-De-Los-Rios/publication/335665236>.

4. MARTÍN ALFONSO, J. E. et al. Uso de polímeros reciclados y convencionales como modificadores de las propiedades reológicas de grasas lubricantes. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva. 2011. ISBN 978-84-92944-34-7
5. ARROYO FABARS, J. M. VELÁZQUEZ DÍAZ, M., LAFARGUE PÉREZ, F. Formulación de grasas lubricantes utilizando como medio dispersante aceite de *Jatropha curcas* L. *Tecnología Química*, 2015, **35** (1), p. 73-80. ISSN 2224-6185.
6. CÓRDOVA M., MENDOZA, C. H. Revisión de literatura sobre el aprovechamiento de la semilla de mango para la extracción de aceite y sus potenciales aplicaciones en diversas industrias. *Ingeniería Industrial*, 2021, **41**, pp. 223-253. ISSN 2523-6326.
7. ACOSTA, C. E. Extracción etanólica de aceite de semillas de Moringa oleífera. *Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura*, 2021, 2 (1) e17 ISSN: 2307-471X
8. REINOSA E, O. El aceite de cera de cachaza de la caña de azúcar como fuente de sustancias naturales o precursoras de ellas. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, **35**, (1, enero-abril, 2004, pp. 29-31 ISSN: 1015-8553
9. CHAVEZ, Eduard Vilcarromero; MUÑOZ, Segundo Víctor Olivares. Propiedades fisicoquímicas de aceites provenientes de *Salvia hispanica* L., *Linum usitatissimum* y *Plukenetia volubilis* L. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2020, **3**(3), p. 42-48. ISSN 2414-8822 / ISSN(e) 2520-0356.
10. ALBANI, J. R. Principles and applications of fluorescence spectroscopy. John Wiley & Sons, 2008. ISBN 978-1-4051-3891-8.
11. GONZÁLEZ, M. Aliaño J., et al. Empleo de disolventes eutécticos profundos como alternativas para la extracción de polifenoles presentes en la madera de poda de diferentes especies/subespecies de "Vitis". En XLIV Jornadas de viticultura y enología de la Tierra de Barros; IV Congreso Agroalimentario de Extremadura: Almendralejo, 3 al 6 de mayo de 2022. *Centro Universitario Santa Ana*, 2023. pp. 319-336. ISBN: 978-84-7930-112-0
12. SAN ANASTACIO REBOLLAR, I. M.; BALTÁ GARCÍA, J. G., VILLANUEVA RAMOS, G. Aislamiento de materia insaponificable a partir de cachaza

utilizando etanol como solvente. *Centro Azúcar*, 2016, **43** (3), p. 94-100. ISSN: 2223-4861

13. HERNANDEZ RAMOS, E., et al. Mejoras al proceso de refinado de cera de caña de azúcar. *Anales de la ACC[online]*. 2023, 13(4), ISSN 2304-0106.

14. MATOS y col. Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (*Prunus persica*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2010, **1** (1). ISSN 2218-3310

15. SAN ANASTACIO-REBOLLAR, I. M., et al. Extracción de cera a partir de cachaza con etanol 96 °GL a escala de laboratorio. *Chemical Technology*, 2017, **37** (1), p 159-171, e-ISSN: 2224-6185.

16. Y.DÍAZ A, et al. Phenomenological model for the prediction of Moringa oleifera extracted oil using a laboratory Soxhlet apparatus. *GRASAS Y ACEITES* **72** (3) July-September 2021, e422 ISSN-L: 0017-3495.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de interés

Contribución de los autores

Grisel Rabell Velázquez: concepción de la investigación y confección del manuscrito.

Francisco Lafargue Pérez: concepción de la investigación.

Vladimir Kukareko: concepción de la investigación.

Claudia Gonzales Castillo: realización de la parte experimental.

Danielkis Vicente Dávila: realización de la parte experimental.