

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ACEITES VEGETALES PARA LA PRODUCCIÓN
DE BIODIÉSEL MEDIANTE PROPIEDADES MOLECULARES**
**PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF VEGETABLE OILS FOR BIODIESEL
PRODUCTION USING MOLECULAR PROPERTIES**

Autores: ¹Jessica Maribel Guamán Gualancañay, ²Pablo Pérez Londo, ³María Eugenia Ramos Flores y ⁴María Del Cisne Ordoñez Lucín.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-5994-9610>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-7034-3985>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-7985-6019>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7282-1479>

¹E-mail de contacto: jmguanan14@espe.edu.ec

²E-mail de contacto: pablo231994@gmail.com

³E-mail de contacto: mariaeugeniaramosflores@gmail.com

⁴E-mail de contacto: delcisne.ordonezl@docentes.educacion.edu.ec

Afiliación: ^{1*}Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), (Ecuador). ^{2*}Investigador Independiente, (Ecuador). ^{3**4*}Unidad Educativa Nela Martínez Espinosa-MINEDUC, (Ecuador).

Artículo recibido: 1 de Octubre del 2026.

Artículo revisado: 9 de Octubre del 2026.

Artículo aprobado: 9 de Octubre del 2026.

¹Química, graduada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador). Magíster en Metalurgia de la Escuela Politécnica Nacional, (Ecuador).

²Químico, graduado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador). Magíster en Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador).

³Doctora en Química, graduada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador). Magíster en Seguridad Industrial mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

⁴Ingeniera Química, graduada de la Universidad Técnica de Machala, (Ecuador). Máster en Educación del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, (Cuba).

Resumen

El biodiésel constituye una alternativa renovable cuya calidad depende en gran medida de la composición de ácidos grasos de la materia prima. El objetivo fue evaluar comparativamente aceites vegetales de interés latinoamericano para producción de biodiésel mediante indicadores fisicoquímicos derivados de su perfil lipídico. Se analizaron diez aceites: coco, palma, algodón, jatropha, maní, aguacate, maíz, soya, girasol y canola. Los perfiles de ácidos grasos se obtuvieron de fuentes normativas y literatura científica, se normalizaron al cien por ciento y se calcularon grado de insaturación, índice de saponificación, índice de yodo y número de cetano estimado. Además, se aplicaron análisis de componentes principales, agrupamiento jerárquico y un análisis de sensibilidad sobre los intervalos composicionales. El coco presentó la mayor proporción de ácidos grasos saturados, el menor índice de yodo y el mayor número de cetano estimado, mientras que soya y girasol mostraron los perfiles más

poliinsaturados, con mayores índices de yodo y menores números de cetano. Aguacate, canola, maní y jatropha ocuparon posiciones intermedias asociadas con mayor participación de ácidos grasos monoinsaturados. Los dos primeros componentes principales explicaron el 97,8 % de la variabilidad total. El análisis de sensibilidad confirmó la estabilidad de los extremos composicionales y mostró mayor incertidumbre en aceites próximos a umbrales normativos. Se concluye que la idoneidad potencial de los aceites para biodiésel depende del equilibrio entre saturación e insaturación y debe evaluarse mediante múltiples indicadores. **Palabras clave:** Biodiésel, Aceites vegetales, Ácidos grasos, Fisicoquímica, Cetano, Biocombustibles.

Abstract

Biodiesel is a renewable alternative whose quality depends largely on the fatty acid composition of the feedstock. The objective was to comparatively evaluate vegetable oils of Latin American interest for biodiesel

production using physicochemical indicators derived from their lipid profiles. Ten oils were analyzed: coconut, palm, cottonseed, jatropha, peanut, avocado, corn, soybean, sunflower, and canola. Fatty acid profiles were obtained from normative sources and scientific literature, normalized to one hundred percent, and used to calculate degree of unsaturation, saponification value, iodine value, and estimated cetane number. Principal component analysis, hierarchical clustering, and a sensitivity analysis based on compositional ranges were also applied. Coconut oil showed the highest proportion of saturated fatty acids, the lowest iodine value, and the highest estimated cetane number, whereas soybean and sunflower oils showed the most polyunsaturated profiles, with higher iodine values and lower cetane numbers. Avocado, canola, peanut, and jatropha oils occupied intermediate positions associated with a greater proportion of monounsaturated fatty acids. The first two principal components explained 97.8 percent of the total variability. Sensitivity analysis confirmed the stability of the compositional extremes and showed greater uncertainty for oils located close to technical thresholds. It is concluded that the potential suitability of vegetable oils for biodiesel depends on the balance between saturation and unsaturation and should be evaluated using multiple indicators.

Keywords: Biodiesel, Vegetable oils, Fatty acids, Physicochemical properties, Cetane, Biofuels.

Sumário

O biodiesel constitui uma alternativa renovável cuja qualidade depende, em grande medida, da composição de ácidos graxos da matéria-prima. O objetivo foi avaliar comparativamente óleos vegetais de interesse latino-americano para a produção de biodiesel por meio de indicadores físico-químicos derivados de seu perfil lipídico. Foram analisados dez óleos: coco, palma, algodão, jatrofa, amendoim, abacate, milho, soja, girassol e canola. Os perfis de ácidos graxos foram obtidos de fontes normativas e literatura científica, normalizados para cem por cento e utilizados para calcular

grau de insaturação, índice de saponificação, índice de iodo e número de cetano estimado. Também foram aplicadas análise de componentes principais, agrupamento hierárquico e análise de sensibilidade baseada nos intervalos composicionais. O óleo de coco apresentou a maior proporção de ácidos graxos saturados, o menor índice de iodo e o maior número de cetano estimado, enquanto soja e girassol apresentaram os perfis mais poli-insaturados. Abacate, canola, amendoim e jatrofa ocuparam posições intermediárias associadas à maior participação de ácidos graxos monoinsaturados. Os dois primeiros componentes principais explicaram 97,8 por cento da variabilidade total. A análise de sensibilidade confirmou a estabilidade dos extremos composicionais e mostrou maior incerteza nos óleos próximos a limites técnicos. Conclui-se que a adequação potencial dos óleos para biodiesel depende do equilíbrio entre saturação e insaturação e deve ser avaliada por múltiplos indicadores.

Palavras-chave: Biodiesel, Óleos vegetais, Ácidos graxos, Propriedades físico-químicas, Cetano, biocombustíveis.

Introducción

La transición hacia fuentes energéticas renovables ha reforzado el interés por combustibles obtenidos de biomasa. Entre ellos, el biodiésel se produce principalmente a partir de ésteres de ácidos grasos provenientes de aceites y grasas y constituye una alternativa técnica al diésel de origen fósil. Su desarrollo se vincula con la diversificación energética, el aprovechamiento de recursos lipídicos y la reducción de la dependencia de combustibles no renovables (Neupane, 2023; Boichenko et al., 2025). En América Latina, el desarrollo de biocombustibles ha seguido trayectorias heterogéneas entre países, con diferencias en materias primas, políticas, escalas productivas y capacidades tecnológicas (Vega et al., 2024). Desde el punto de vista químico, la aptitud de un aceite vegetal para producir biodiésel no

depende únicamente de su disponibilidad o contenido de aceite. La longitud de las cadenas carbonadas, el número de dobles enlaces y la proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados condicionan propiedades como el número de cetano, la estabilidad oxidativa, el índice de yodo, la viscosidad y el comportamiento a bajas temperaturas (Ramos et al., 2009; Hoekman et al., 2012; Sajjadi et al., 2016). Investigaciones recientes continúan mostrando que el perfil lipídico constituye uno de los determinantes principales del comportamiento fisicoquímico de los ésteres de ácidos grasos (Esipovich et al., 2024; Boichenko et al., 2025).

Esta relación genera compromisos entre propiedades. Una mayor saturación suele favorecer la calidad de ignición y la resistencia a la oxidación, pero puede perjudicar el flujo a bajas temperaturas. Una mayor insaturación puede mejorar determinadas propiedades de fluidez, aunque incrementa la susceptibilidad oxidativa y puede reducir el número de cetano. Por ello, no existe una composición única que optimice simultáneamente todos los atributos del combustible (Longanesi et al., 2022; Maes et al., 2023; Verghese y Saeed, 2025).

La posibilidad de estimar propiedades de biodiésel a partir de la composición de ácidos grasos permite realizar comparaciones preliminares sin sustituir los ensayos normalizados sobre el combustible terminado. Modelos basados en composición se han utilizado para estimar número de cetano y otras propiedades relevantes, y su utilidad aumenta cuando los resultados se interpretan como indicadores de potencial y no como certificación de conformidad (Lin y Wu, 2022; Kumbhar et al., 2022; Ruiz et al., 2026). Para el contexto ecuatoriano y regional, este enfoque resulta pertinente porque permite comparar

materias primas de interés agrícola, alimentario o industrial mediante información pública. En Ecuador se ha demostrado experimentalmente la factibilidad de producir y caracterizar biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado, lo que evidencia capacidades académicas locales en química aplicada y bioenergía (Ramírez et al., 2023). Asimismo, materias primas no alimentarias como *Jatropha curcas* mantienen interés por reducir la competencia directa entre alimentos y energía (Ruatpuia et al., 2024).

Aunque existe abundante literatura sobre materias primas individuales, resulta útil analizar bajo un protocolo homogéneo aceites con perfiles químicos contrastantes y relevancia para la región. El objetivo del presente estudio fue evaluar comparativamente aceites vegetales de interés latinoamericano para la producción de biodiésel mediante el análisis de su composición de ácidos grasos e indicadores fisicoquímicos derivados, complementados con análisis multivariante y de sensibilidad.

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación documental cuantitativa, no experimental, comparativa y transversal, basada en datos secundarios. La unidad de análisis correspondió a aceites vegetales con interés agroindustrial o energético para América Latina y con información pública suficiente sobre composición de ácidos grasos. Se empleó un muestreo intencional de diez aceites: coco, palma, algodón, *jatropha*, maní, aguacate, maíz, soya, girasol y canola. La selección buscó representar perfiles químicos contrastantes y materias primas alimentarias, industriales y no alimentarias. Para coco, palma, algodón, maní, aguacate, maíz, soya, girasol y canola se utilizaron los intervalos de composición de ácidos grasos de la norma CXS 210-1999 del Codex Alimentarius, en su versión vigente con enmiendas hasta 2024

(Codex Alimentarius Commission, 2024). Para *Jatropha curcas* se emplearon datos experimentales de quince genotipos evaluados en Colombia mediante cromatografía de gases (Campuzano-Duque & Cardeño-López, 2020). Se incluyeron fuentes que identificaran inequívocamente el aceite, expresaran la composición como porcentaje del total de ácidos grasos y aportaran información suficiente para los cálculos. Se excluyeron mezclas, aceites químicamente modificados y registros sin composición cuantitativa verificable.

En los aceites descritos mediante intervalos del Codex se calculó un perfil central de referencia utilizando el punto medio de cada intervalo. Los componentes declarados como no detectables se asignaron como cero en el escenario central. Para *jatropha* se conservaron los valores medios reportados por los autores. Posteriormente, los perfiles se normalizaron para que la suma de los componentes fuera igual a 100 %. Estos valores se interpretaron como perfiles centrales de referencia y no como medias poblacionales experimentales.

$$X^*_{ij} = [X_{ij} / \sum X_{ij}] \times 100 \quad (1)$$

Los ácidos grasos se agruparon en saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. El grado de insaturación se calculó como la suma del porcentaje de monoinsaturados más dos veces el porcentaje de poliinsaturados. Para la estimación del índice de saponificación, índice de yodo y número de cetano se utilizaron relaciones empleadas en estudios de cribado de materias primas a partir de la composición de ácidos grasos y de sus ésteres metílicos (Lin y Wu, 2022; Kumbhar et al., 2022; Ruiz et al., 2026). Los resultados se consideraron

estimaciones teóricas y no sustitutos de mediciones normalizadas.

$$GI = AGMI + 2(AGPI) \quad (2)$$

$$IS = \sum [(560 \times P_i) / M_i] \quad (3)$$

$$IY = \sum [(254 \times D_i \times P_i) / M_i] \quad (4)$$

$$NC = 46,3 + (5458/IS) - 0,225(IY) \quad (5)$$

En estas expresiones, GI es el grado de insaturación, AGMI el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados, AGPI el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, P_i el porcentaje del componente i , M_i la masa molecular de su éster metílico y D_i el número de dobles enlaces.

Los valores estimados se compararon de forma indicativa con especificaciones de referencia. ASTM D6751-24 considera un número de cetano mínimo de 47 para biodiésel B100 utilizado como componente de mezcla, mientras que EN 14214:2012+A2:2019 utiliza un mínimo de 51 y un límite de índice de yodo de 120 g de yodo por 100 g. El contraste se empleó únicamente como marco interpretativo, dado que la conformidad normativa requiere múltiples ensayos experimentales adicionales (ASTM International, 2024; European Committee for Standardization, 2019).

Se calcularon estadísticas descriptivas para la composición por clases y los indicadores fisicoquímicos. Seis variables; ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, índice de saponificación, índice de yodo y número de cetano estimado; se estandarizaron mediante puntuaciones z . Se aplicó análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico mediante distancia euclidiana y método de Ward con finalidad descriptiva y exploratoria (Nogales-Delgado, 2026).

$$z = (x - \bar{x}) / s \quad (6)$$

Para evaluar la robustez del uso de perfiles centrales se efectuó un análisis de sensibilidad por escenarios. Para cada aceite regulado por Codex se generaron 30 000 composiciones mediante muestreo uniforme dentro de los intervalos permitidos para cada ácido graso; se conservaron los escenarios cuya suma previa se encontraba entre 95 y 105 % y luego se renormalizaron a 100 %. Para jatropha se utilizaron los rangos observados en los genotipos colombianos para los principales ácidos grasos y variaciones estrechas alrededor de los componentes minoritarios reportados. Se recalcularon índice de yodo y número de cetano y se resumieron mediante percentiles 2,5, 50 y 97,5. También se estimó la proporción de escenarios que permaneció por encima o por

debajo de los umbrales técnicos empleados como referencia. Debido a que los intervalos de las fuentes no representan distribuciones probabilísticas, estos percentiles se interpretaron como intervalos de sensibilidad y no como intervalos de confianza. Los cálculos se realizaron conservando al menos cuatro cifras decimales y se redondearon a dos decimales para presentación. Se verificó que cada perfil normalizado sumara 100 %. Las mismas ecuaciones y reglas de procesamiento se aplicaron a todas las materias primas. No se realizaron pruebas inferenciales entre aceites porque los datos correspondieron a perfiles de referencia y cálculos derivados, no a réplicas experimentales independientes.

Tabla 1. Aceites evaluados, fuente de composición y característica química principal.

Aceite	Fuente de composición	Perfil dominante	Justificación química
Coco	Codex CXS 210-1999	Saturado	Extremo de elevada saturación y cadenas medias.
Palma	Codex CXS 210-1999	Saturado-monoinsaturado	Alta relevancia agroindustrial regional y contraste químico.
Algodón	Codex CXS 210-1999	Poliinsaturado	Subproducto agroindustrial con elevada fracción linoleica.
Jatropha	Campuzano-Duque y Cardeño-López (2020)	Monoinsaturado-poliinsaturado	Materia prima no alimentaria con interés para biodiésel.
Maní	Codex CXS 210-1999	Monoinsaturado	Perfil oleico-linoleico intermedio.
Aguacate	Codex CXS 210-1999	Monoinsaturado	Materia prima de interés regional con predominio oleico.
Maíz	Codex CXS 210-1999	Poliinsaturado	Aceite agroindustrial de amplia disponibilidad.
Soya	Codex CXS 210-1999	Poliinsaturado	Materia prima ampliamente estudiada para biodiésel.
Girasol	Codex CXS 210-1999	Poliinsaturado	Representa un extremo de alta insaturación.
Canola	Codex CXS 210-1999	Monoinsaturado	Referencia de perfil con elevada proporción de ácido oleico.

Fuente: Elaboración propia.

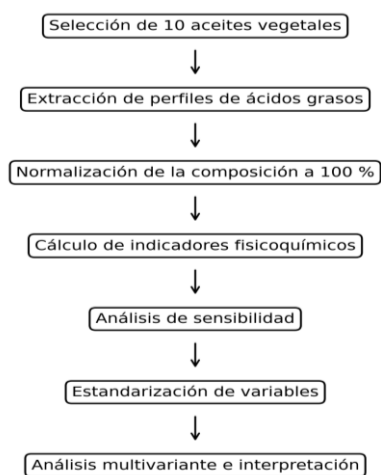


Figura 1. Flujo metodológico de la evaluación fisicoquímica

Resultados y Discusión

Los diez aceites presentaron perfiles lipídicos claramente diferenciados. La distribución por clases mostró un continuo desde materias primas altamente saturadas hasta matrices predominantemente poliinsaturadas, con un grupo intermedio de aceites ricos en monoinsaturados. Esta diversidad composicional es relevante porque la estructura de los ácidos grasos condiciona las propiedades de los ésteres derivados y explica parte importante de las diferencias de calidad potencial del biodiésel (Ramos et al., 2009; Esipovich et al., 2024; Boichenko et al., 2025).

Tabla 2. Distribución de ácidos grasos e índice global de insaturación.

Aceite	Saturados (%)	Monoinsaturados (%)	Poliinsaturados (%)	Grado de insaturación
Coco	90,88	7,34	1,79	10,91
Palma	49,56	39,86	10,58	61,02
Algodón	28,24	19,04	52,72	124,49
Jatropha	20,36	45,45	34,19	113,84
Maní	19,66	53,01	27,32	107,66
Aguacate	19,38	66,52	14,10	94,72
Maíz	15,94	32,44	51,62	135,69
Soya	15,45	23,82	60,72	145,27
Girasol	12,40	28,54	59,06	146,65
Canola	7,70	61,58	30,72	123,01

Fuente: Elaboración propia.

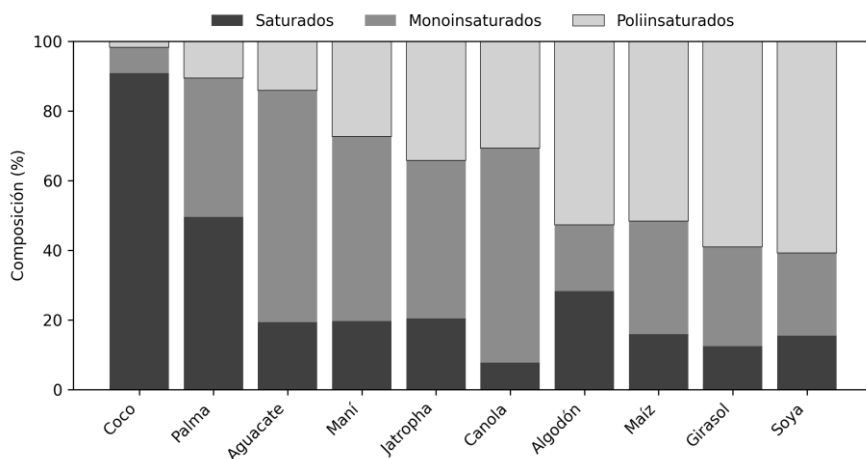


Figura 2. Distribución de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados

Fuente: elaboración propia.

El coco constituyó el extremo de mayor saturación, con 90,88 %, mientras que soya y girasol superaron 59 % de ácidos grasos poliinsaturados. Aguacate y canola destacaron por su fracción monoinsaturada, con 66,52 % y 61,58 %, respectivamente. Estos patrones confirman que la selección incluye materias primas químicamente heterogéneas y aptas para evaluar relaciones entre composición y propiedades. El índice de yodo aumentó de manera coherente con el grado de insaturación.

Soya y girasol presentaron los valores más altos, mientras que coco y palma ocuparon el extremo opuesto. La tendencia inversa se observó en el número de cetano: coco alcanzó 65,85 y palma 62,12, frente a 45,14 para soya y 46,54 para girasol. Este comportamiento coincide con la relación conocida entre mayor insaturación, menor calidad de ignición y mayor susceptibilidad oxidativa (Lin & Wu, 2022; Kumbhar et al., 2022; Longanesi et al., 2022).

Tabla 3. Indicadores físicoquímicos estimados de los aceites evaluados.

Aceite	Índice de saponificación	Índice de yodo	Número de cetano estimado
Coco	251,86	9,44	65,85
Palma	197,34	52,63	62,12
Aguacate	194,13	83,29	55,68
Maní	189,15	92,55	54,33
Jatropha	191,60	98,18	52,70
Algodón	194,15	107,45	50,24
Canola	189,31	113,44	49,61
Maíz	191,66	117,70	48,29
Girasol	190,28	126,40	46,54
Soya	191,39	131,89	45,14

Fuente: Elaboración propia.

El contraste indicativo con especificaciones mostró que coco, palma, aguacate, maní y jatropha superaron el valor de 51 utilizado como referencia en EN 14214, mientras que algodón, canola y maíz quedaron por encima de 47 pero por debajo de 51. Soya y girasol presentaron valores inferiores a 47. Respecto del índice de yodo, soya y girasol superaron 120 en el perfil central, mientras que los restantes aceites permanecieron por debajo de ese valor. Estas comparaciones no equivalen a certificación de cumplimiento, porque el biodiésel terminado debe satisfacer múltiples parámetros adicionales (ASTM International, 2024; European Committee for Standardization, 2019).

Coco y palma mostraron perfiles favorables para número de cetano y baja insaturación. Sin embargo, una mayor proporción de ésteres saturados puede incrementar las temperaturas de cristalización y deteriorar el comportamiento a bajas temperaturas. En el extremo contrario, soya, girasol, maíz y algodón mostraron mayor poliinsaturación; esta condición puede favorecer determinadas propiedades de flujo, pero incrementa la susceptibilidad a procesos oxidativos. La literatura reciente confirma que la estabilidad oxidativa depende del conjunto composicional y no de un único ácido graso (Maes et al., 2023; Verghese y Saeed, 2025).

Aguacate, maní, jatropha y canola ocuparon posiciones intermedias con participación importante de ácidos grasos monoinsaturados. Estos perfiles evitan simultáneamente el extremo de saturación del coco y la elevada poliinsaturación de soya y girasol. Jatropha conserva además interés como materia prima no alimentaria, y los datos colombianos confirman su carácter oleico-linoleico (Campuzano-Duque y Cardeño, 2020; Ruatpuia et al., 2024).

El análisis de sensibilidad mostró que las conclusiones asociadas con los extremos composicionales fueron estables frente a la variación permitida por las fuentes. En los 30 000 escenarios simulados por aceite, coco mantuvo siempre el menor índice de yodo y el mayor número de cetano del conjunto, mientras que soya concentró la mayor proporción de escenarios con índice de yodo elevado y número de cetano bajo. Palma, aguacate y jatropha permanecieron por encima de 51 en número de cetano y por debajo de 120 en índice de yodo en todos los escenarios. Maní mostró el mismo comportamiento en prácticamente todos los escenarios para número de cetano. Por el contrario, maíz, canola y girasol presentaron mayor sensibilidad por su proximidad a los umbrales utilizados como referencia.

Tabla 4. Sensibilidad de índice de yodo y número de cetano a los intervalos composicionales.

Aceite	IY central	IY P2,5–P97,5	NC central	NC P2,5–P97,5	Escenarios NC ≥ 51 (%)	Escenarios IY ≤ 120 (%)
Coco	9,44	6,93–11,94	65,85	65,40–66,37	100,0	100,0
Palma	52,63	48,97–56,39	62,12	61,34–62,87	100,0	100,0
Algodón	107,45	102,06–112,75	50,24	49,09–51,40	12,7	100,0
Maíz	117,70	104,89–130,88	48,29	45,38–51,13	3,3	58,0
Maní	92,55	78,87–106,15	54,33	51,25–57,43	98,8	100,0
Canola	113,44	102,93–123,00	49,61	47,43–51,98	15,2	90,8
Soya	131,89	123,64–140,22	45,14	43,29–46,98	0,0	0,1
Girasol	126,40	114,92–138,21	46,54	43,86–49,14	0,0	21,8
Aguacate	83,29	74,08–92,20	55,68	53,75–57,59	100,0	100,0
Jatropha	98,18	94,84–100,49	52,70	52,19–53,43	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Los dos primeros componentes principales explicaron conjuntamente el 97,8 % de la

variabilidad: 74,0 % correspondió al primer componente y 23,7 % al segundo. El primer

componente representó principalmente un gradiente saturación-insaturación, con cargas positivas para poliinsaturados e índice de yodo y negativas para saturados, índice de saponificación y número de cetano. El segundo componente estuvo dominado por la fracción

monoinsaturada. Esta estructura separó al coco en el extremo de mayor saturación, a soya y girasol en el extremo poliinsaturado y a aguacate, canola, maní y jatropha por su mayor participación monoinsaturada.

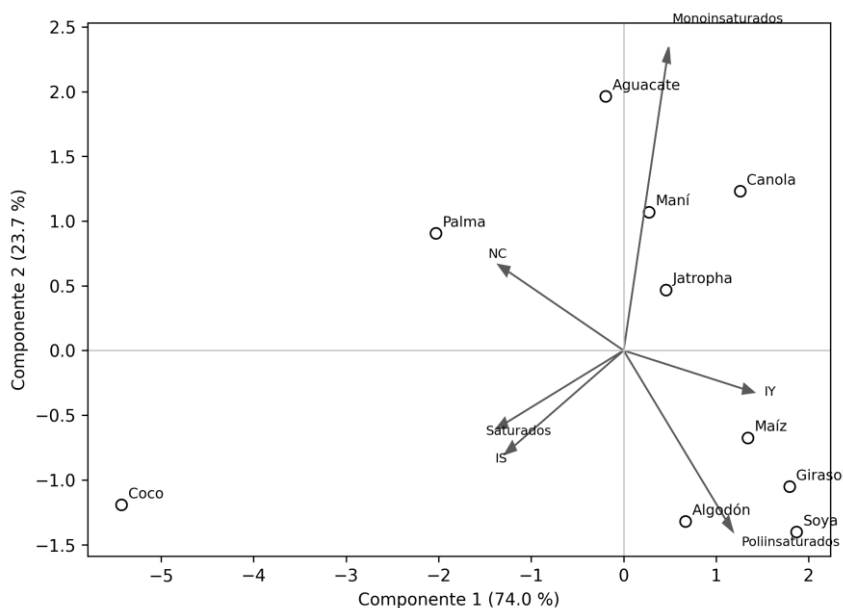


Figura 3. *Análisis de componentes principales de los perfiles fisicoquímicos*

Fuente: Elaboración propia.

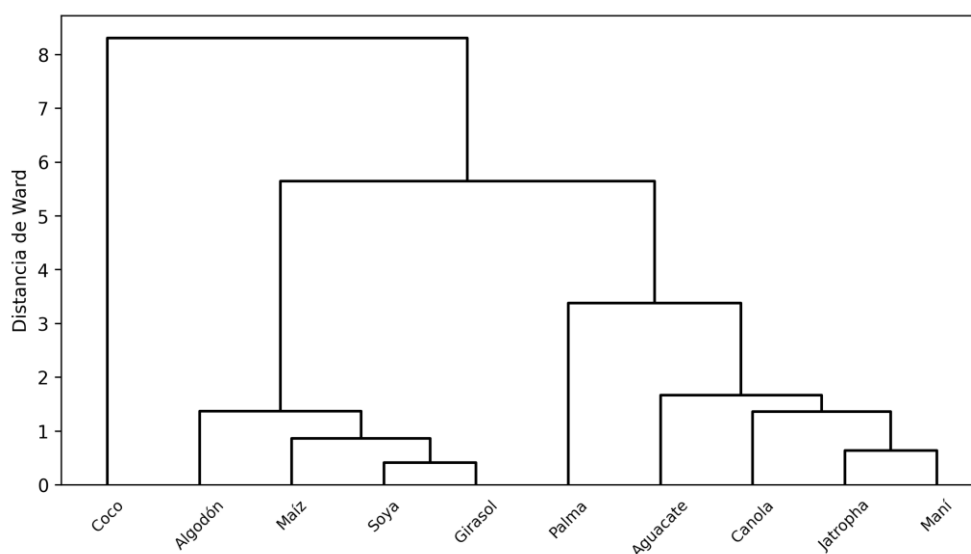


Figura 4. *Agrupamiento jerárquico de los aceites evaluados*

Fuente: Elaboración propia.

El agrupamiento jerárquico confirmó una organización semejante. Soya y girasol formaron una asociación próxima dentro del grupo poliinsaturado; maíz y algodón se integraron a ese conjunto a mayor distancia. Maní y jatropha mostraron perfiles cercanos, mientras que canola y aguacate se relacionaron con el sector de mayor monoinsaturación. Palma formó una rama diferenciada y coco fue la materia prima más distante. Esta clasificación surge de los datos y evita imponer categorías arbitrarias de mejor o peor aceite.

La disponibilidad de materias primas y el desarrollo de biocombustibles varían entre países latinoamericanos, por lo que la selección tecnológica no puede extrapolarse únicamente desde propiedades químicas (Vega et al., 2024). No obstante, la comparación muestra que aceites de interés regional ocupan posiciones fisicoquímicas muy distintas. Para Ecuador, antecedentes experimentales con aceite vegetal reciclado confirman que la producción y caracterización de biodiésel es viable en el ámbito universitario y puede complementarse con estudios basados en composición y modelación (Ramírez et al., 2023).

El estudio presenta limitaciones inherentes al empleo de datos secundarios y perfiles centrales de referencia. Los valores de índice de saponificación, índice de yodo y número de cetano fueron calculados y no corresponden a mediciones experimentales sobre biodiésel producido en laboratorio. La composición real puede variar por cultivar, condiciones ambientales, madurez, extracción, refinación y almacenamiento. Tampoco se determinaron viscosidad, densidad, estabilidad oxidativa, punto de nube, punto de fluidez ni otros parámetros exigidos por las normas. El análisis de sensibilidad reduce el riesgo de sobreinterpretar los puntos medios, pero los

intervalos de Codex no constituyen distribuciones probabilísticas conjuntas. Finalmente, el análisis de componentes principales incluyó variables derivadas matemáticamente de la composición; por ello, se interpretó únicamente como herramienta exploratoria de síntesis y visualización.

Conclusiones

Los diez aceites evaluados presentaron diferencias fisicoquímicas sustanciales explicadas principalmente por el balance entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Por otro lado, el coco mostró el perfil más saturado, el menor índice de yodo y el mayor número de cetano estimado, mientras que soya y girasol ocuparon el extremo poliinsaturado, con índices de yodo más altos y números de cetano más bajos.

Aguacate, maní, jatropha y canola presentaron perfiles intermedios con mayor participación monoinsaturada, lo que evidencia compromisos distintos entre calidad de ignición, insaturación y comportamiento potencial del combustible. El análisis de sensibilidad confirmó que las conclusiones asociadas con los extremos composicionales fueron robustas y mostró que maíz, canola y girasol requieren interpretación más cautelosa por su proximidad a umbrales técnicos. El análisis multivariante confirmó grupos composicionalmente coherentes y mostró que la idoneidad potencial de una materia prima debe evaluarse mediante el conjunto de su composición y propiedades fisicoquímicas derivadas, no mediante un único indicador.

Referencias Bibliográficas

ASTM International. (2024). ASTM D6751-24: Standard specification for biodiesel fuel blendstock (B100) for middle distillate fuels. <https://doi.org/10.1520/D6751-24>

- Boichenko, S., Yakovlieva, A., Zubenko, S., & Shkilniuk, I. (2025). Physical, chemical, and performance properties of biodiesel fuels: A comparative study of lipid-based feedstocks. *Energies*, 18(16), 4274. <https://doi.org/10.3390/en18164274>
- Campuzano, L., & Cardeño F. (2020). Fatty acids composition of genotypes of *Jatropha curcas* L., in Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 95–104. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37574>
- Codex Alimentarius Commission. (2024). Standard for named vegetable oils (CXS 210-1999, amended 2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization.
- Esipovich, A. L., Kanakov, E. A., Charykova, T. A., & Otopkova, K. V. (2024). A comprehensive study on physicochemical properties of fatty acid esters derived from different vegetable oils and alcohols and their potential application. *Energies*, 17(24), 6407. <https://doi.org/10.3390/en17246407>
- European Committee for Standardization. (2019). EN 14214:2012+A2:2019. Liquid petroleum products—Fatty acid methyl esters for use in diesel engines and heating applications—Requirements and test methods. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/7a9ffb73-b5a9-4fbb-b2e4-3fe30a094ee2/download>
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 143–169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>
- Kumbhar, V., Pandey, A., Sonawane, C. R., El-Shafay, A. S., Panchal, H., & Chamkha, A. J. (2022). Statistical analysis on prediction of biodiesel properties from its fatty acid composition. *Case Studies in Thermal Engineering*, 30, 101775. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101775>
- Lin, C.-Y., & Wu, X.-E. (2022). Determination of cetane number from fatty acid compositions and structures of biodiesel. *Processes*, 10(8), 1502. <https://doi.org/10.3390/pr10081502>
- Longanesi, L., Pereira, A. P., Johnston, N., & Chuck, C. J. (2022). Oxidative stability of biodiesel: Recent insights. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(1), 265–289. <https://doi.org/10.1002/bbb.2306>
- Maes, R., Potters, G., Fransen, E., Geuens, J., Van Schaeren, R., & Lenaerts, S. (2023). Can we find an optimal fatty acid composition of biodiesel in order to improve oxidation stability? *Sustainability*, 15(13), 10310. <https://doi.org/10.3390/su151310310>
- Neupane, D. (2023). Biofuels from renewable sources, a potential option for biodiesel production. *Bioengineering*, 10(1), 29. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10010029>
- Nogales-Delgado, S. (2026). Multivariate insights into structure–property relationships in biodiesel and biolubricants from vegetable oils. *Applied Sciences*, 16(12), 6049. <https://doi.org/10.3390/app16126049>
- Ramírez, J., Buestán, L., López-Maldonado, E. A., & Pinos-Vélez, V. (2023). Preparation and physicochemical characterization of biodiesel from recycled vegetable oil in Cuenca, Ecuador by transesterification catalyzed by KOH and NaOH. *Eng*, 4(1), 954–963. <https://doi.org/10.3390/eng4010056>
- Ramos, M. J., Fernández, C. M., Casas, A., Rodríguez, L., & Pérez, Á. (2009). Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource Technology*, 100(1), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.039>
- Ruatpuia, J. V. L., Halder, G., Vanlalchhandama, M., Lalsangpuui, F., Boddula, R., Al-Qahtani, N., Niju, S., Mathimani, T., & Rokhum, S. L. (2024). *Jatropha curcas* oil a potential feedstock for biodiesel production: A critical review. *Fuel*, 370, 131829. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131829>
- Ruiz-Marin, A., Aguilar-Ucan, C. A., Anguebes-Franceschi, F., Robles-Heredia, J.

C., & Salinas-Padilla, H. A. (2026). FAME productivity and biodiesel potential based on fatty acid composition of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus obliquus* cultivated in urban wastewater under mixotrophic and nitrogen-limited conditions. *Fuels*, 7(3), 61. <https://doi.org/10.3390/fuels7030061>

Sajjadi, B., Abdul Raman, A. A., & Arandiyán, H. (2016). A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel: Composition, specifications and prediction models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 62–92. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.035>

Vega, L, Bautista, K. T., Campos, H., Daza, S., & Vargas, G. (2024). Biofuel production in

Latin America: A review for Argentina, Brazil, Mexico, Chile, Costa Rica and Colombia. *Energy Reports*, 11, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.060>

Vergheze, G., & Saeed, K. (2025). Advances in the measurements of the biodiesel oxidative stability. *Biofuels*, 16(3), 307–332. <https://doi.org/10.1080/17597269.2024.2428024>.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Jessica Maribel Guamán Gualancañay, Pablo Pérez Londo, María Eugenia Ramos Flores y María Del Cisne Ordoñez Lucín.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo
Contribución de los autores (Taxonomía CRediT). Jessica Maribel Guamán Gualancañay: Conceptualización, metodología, análisis formal, supervisión, administración del proyecto, redacción del borrador original y revisión y edición del manuscrito. Pablo Pérez Londo: Investigación, curación de datos, validación, análisis formal, visualización y revisión y edición del manuscrito. María Eugenia Ramos Flores: Investigación, metodología, recursos, validación, curación de datos y revisión y edición del manuscrito. María Del Cisne Ordoñez Lucín: Software, análisis formal, visualización, validación, curación de datos y revisión y edición del manuscrito.
Declaración de conflicto de intereses Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.
Declaración de financiamiento La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.
Declaración del editor El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.
Declaración de los revisores Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.
Declaración ética de la investigación Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.
Declaración sobre el uso de inteligencia artificial Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.
Disponibilidad de datos Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

