

## Caracterización físico-química, perfil de ácidos grasos y actividad antioxidante del aceite de almendra de *Pourouma cecropiifolia*

Physicochemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of *Pourouma cecropiifolia* almond oil.

Caracterização físico-química, perfil de ácidos gordos e atividade antioxidante do óleo de amêndoa de *Pourouma cecropiifolia*

Reyes-Mera, Jorge Julio  
Universidad Estatal Amazónica

[jreyes@uea.edu.ec](mailto:jreyes@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6435-0649>



Viáfara-Banguera, Derwin  
Universidad Estatal Amazónica

[dviafara@uea.edu.ec](mailto:dviafara@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-1376-1231>



Abreu-Naranjo, Reinier  
Universidad Estatal Amazónica

[rabreu@uea.edu.ec](mailto:rabreu@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-1048-7126>



Luna-Fox, Sting Brayan  
Universidad Estatal Amazónica

[stingfox03@gmail.com](mailto:stingfox03@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6058-7024>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/490>

### Como citar:

Reyes-Mera, J. J., Viáfara-Banguera, D., Abreu-Naranjo, R., & Luna-Fox, S. B. (2024). Caracterización físico-química, perfil de ácidos grasos y actividad antioxidante del aceite de almendra de *Pourouma cecropiifolia*. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E4), 200–214.

**Recibido:** 09/08/2024

**Aceptado:** 06/09/2024

**Publicado:** 30/09/2024

### Resumen

Este estudio se propuso evaluar las características físico-químicas del aceite de almendras de *Pourouma cecropiifolia*, así como su perfil de ácidos grasos, el contenido total de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante. La extracción del aceite se realizó mediante el método Soxhlet utilizando n-hexano como disolvente. Las propiedades físico-químicas fueron determinadas siguiendo los procedimientos establecido por la AOAC. El contenido de ácidos grasos se examinó a través de cromatografía de gases, mientras que los compuestos fenólicos totales se midieron por el método Folin-Ciocalteu. Se emplearon los ensayos DPPH y ABTS para medir la actividad antioxidante. La mayoría de las propiedades físico-químicas analizadas cumplieron con los estándares establecidos por el Código Alimentarius, con la excepción de la materia insaponificable, el índice de yodo y el contenido de humedad. Los ácidos grasos predominantes en el aceite fueron el ácido linoleico (26,78%), ácido behénico (25,11%) y ácido palmítico (20,43%). El contenido total de compuestos fenólicos fue de  $403,66 \pm 0,49$  mg EAG·kg<sup>-1</sup>, mientras que la actividad antioxidante, evaluada a través de los ensayos DPPH y ABTS, fue de  $1,11 \pm 0,10$  y  $2,07 \pm 0,04$  mmol ET·kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palabras clave:** Compuestos fenólicos, cromatografía de gases, Folin-Ciocalteu, uva de monte

### Abstract

This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics of *Pourouma cecropiifolia* almond oil, as well as its fatty acid profile, total phenolic compound content and antioxidant activity. The oil extraction was performed by Soxhlet method using n-hexane as solvent. The physicochemical properties were determined according to AOAC procedures. Fatty acid content was examined by gas chromatography, while total phenolic compounds were measured by the Folin-Ciocalteu method. DPPH and ABTS assays were used to measure antioxidant activity. Most of the physico-chemical properties analysed complied with the standards established by the Codex Alimentarius, with the exception of unsaponifiable matter, iodine value and moisture content. The predominant fatty acids in the oil were linoleic acid (26.78%), behenic acid (25.11%) and palmitic acid (20.43%). The total content of phenolic compounds was  $403.66 \pm 0.49$  mg EAG·kg<sup>-1</sup>, while the antioxidant activity, assessed by DPPH and ABTS assays, was  $1.11 \pm 0.10$  and  $2.07 \pm 0.04$  mmol ET·kg<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** Phenolic compounds, gas chromatography, Folin-Ciocalteu, wild grape.

### Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas do óleo de amêndoa de *Pourouma cecropiifolia*, bem como o seu perfil de ácidos gordos, teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. A extração do óleo foi realizada pelo método Soxhlet, utilizando n-hexano como solvente. As propriedades físico-químicas foram determinadas de acordo com os procedimentos da AOAC. O teor de ácidos gordos foi examinado por cromatografia gasosa, enquanto os compostos fenólicos totais foram medidos pelo método Folin-Ciocalteu. Os ensaios DPPH e ABTS foram utilizados para medir a atividade antioxidante. A maior parte das propriedades físico-químicas analisadas cumpriram as normas estabelecidas pelo Codex Alimentarius, com exceção da matéria insaponificável, do índice de iodo e do teor de humidade. Os ácidos gordos predominantes no óleo foram o ácido linoleico (26,78%), o ácido beénico (25,11%) e o ácido palmítico (20,43%). O teor total de compostos fenólicos foi de  $403,66 \pm 0,49$  mg EAG·kg<sup>-1</sup>, enquanto a atividade antioxidante, avaliada pelos ensaios DPPH e ABTS, foi de  $1,11 \pm 0,10$  e  $2,07 \pm 0,04$  mmol ET·kg<sup>-1</sup>, respetivamente.

**Palavras-chave:** Compostos fenólicos, cromatografia gasosa, Folin-Ciocalteu, uva brava.

## Introducción

La Amazonia ecuatoriana es considerada una de las áreas con más diversidad en el mundo. Su inmensa variedad de plantas ha propiciado constantes investigaciones en los campos alimentario, cosmético y farmacéutico. Entre las especies de interés se encuentra la *Pourouma cecropiifolia*, denominada en quichua como uva silvestre (Monroy, 2021). Este fruto, distinguido por su dulzor, se caracteriza por una pulpa suave y color blanco cristalino, envuelta en una piel gruesa de color morado oscuro cuando madura (Ordoñez et al., 2019). Se cultiva en los territorios amazónicos, caracterizados por climas tropicales, y es tanto conocido como comercializado por los habitantes locales.

*P. cecropiifolia*, es un árbol frutal que puede alcanzar entre 12 y 15 metros de altura, con un tronco cilíndrico y delgado, y hojas alternas profundamente lobuladas (Ordoñez et al., 2019). Crece en áreas húmedas que no se inundan, donde la precipitación por año fluctúa de 1,000 a 3,400 mm. y temperaturas entre 17 y 25 °C (Monroy, 2021).

Investigaciones previas han indicado que la almendra de *P. cecropiifolia* contiene taninos compuestos fenólicos, triterpenoides, flavonoides, y cumarinas (Lenin et al., 2023). Los compuestos fenólicos destacan por su elevado potencial antioxidante y con frecuencia se encuentran en forma de derivados como glucósidos, éteres y ésteres. Los antioxidantes son compuestos que evitan la generación de radicales libres o bloquean sus interacciones con estructuras celulares, incluyendo carbohidratos, lípidos y proteínas. (Virgilio-Cedeño, 2024). Estas propiedades hacen que la caracterización de ácidos grasos y potencial antioxidante del aceite de almendras de *P. cecropiifolia* sea de gran interés.

El potencial del material lipídico de las frutas y sus subproductos es enorme y debería ser investigado. La aplicación del aceite con fines nutricionales, industriales y farmacéuticos está determinada por su composición de ácidos grasos. Ningún aceite de una sola materia prima es adecuado para todos los propósitos, ya que los aceites de diversos recursos naturales tienen diferentes perfiles de lípidos. En los aceites vegetales se encuentran ácidos grasos, los cuales también están presentes en fosfolípidos y lipoproteínas de la membrana celular (Mann et al., 2024). La falta de ácidos grasos esenciales puede provocar síntomas como dermatitis, escamación y deshidratación de la piel, mientras que su suplementación puede revertir estos problemas (Mann et al., 2024). Debido a esto, en el ámbito de la cosmética y la dermofarmacia, se emplean ácidos grasos como el ácido esteárico, linoleico, oleico y linolénico como emolientes que hidratan, suavizan, mejoran la elasticidad de la piel y contribuyen a la reparación de la epidermis (Liao et al., 2024).

Los aceites vegetales pueden extraerse mediante diferentes métodos, como el prensado en caliente o en frío, o utilizando disolventes para maximizar la extracción del producto. Los disolventes más usados por diversos investigadores se encuentran el ciclohexano, etanol, isopropanol, xileno, metanol, tolueno, éter etílico, acetato de etilo hexano y acetona (Ferraz & Silva, 2024).

Por otro lado, el análisis físico-químico de un aceite vegetal es fundamental para garantizar su calidad, pureza, estabilidad y adecuación a diversas aplicaciones. Permite determinar si el aceite cumple con los estándares requeridos en industrias cosméticas, alimentarias y farmacéutica, asegurando que sea seguro y efectivo (Liao et al., 2024). Además, ayuda a detectar adulterantes o contaminantes, evaluando la autenticidad del producto y protegiendo a los consumidores. Conocer la composición de ácidos grasos y otros componentes bioactivos es crucial para valorar sus características nutritivas y beneficios para la salud. Estos análisis también indican la estabilidad oxidativa del aceite, crucial para su vida útil y almacenamiento. Asimismo, aseguran el cumplimiento de normativas locales e internacionales, facilitando la comercialización en diferentes mercados y evitando sanciones legales (Ye & Lu, 2022). Finalmente, son esenciales en el desarrollo productos innovadores y en la optimización de procesos de extracción y refinación, permitiendo mejorar y adaptar las propiedades del aceite para aplicaciones específicas.

Actualmente, no existe información reportada en la literatura sobre el aceite de almendra de *P. cecropiifolia*. A pesar de su uso tradicional en la Amazonia y su potencial en aplicaciones nutricionales, cosméticas e industriales, pocos estudios han explorado su perfil químico y de ácidos grasos. Esta falta de datos limita el desarrollo de productos derivados y resalta la necesidad de investigaciones detalladas para aprovechar plenamente el potencial de esta planta. El estudio tuvo como objetivo determinar las características físico-químicas del aceite de almendras de *Pourouma cecropiifolia*, así como su perfil de ácidos grasos, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante.

## Metodología

### Tratamiento de la muestra y obtención de aceite

Los frutos de *P. cecropiifolia* fueron comprados maduros, físicamente intactos y de tamaño uniforme, en el mercado local de la ciudad de Puyo, localizado en las coordenadas 1.4837° S 78.0026° O. Se separó manualmente la almendra y se secó en estufa a 45°C durante 48 h, el contenido de humedad se determinó por diferencia de peso (Castillo-Cohaila et al.,

2020), según la ecuación (1). Después, las almendras fueron trituradas en un molino hasta alcanzar un tamaño de partícula de 1 mm, utilizando un conjunto de tamices de malla Tyler.

$$\%H = 100 - \frac{ms}{mf} * 100 \quad (1)$$

Donde: ms, indica la masa seca (g) y mf la masa de la muestra fresca.

Para la obtención del aceite, se empleó la técnica de extracción por Soxhlet empleando n-hexano como disolvente, según el procedimiento descrito por Gómez, (2023). Para cada extracción, se pesó 30 g de la almendra molida y seca en cartuchos de celulosa, los cuales fueron colocados en el equipo Soxhlet. Se agregaron 250 mL de disolvente y el sistema de extracción se calentó hasta alcanzar el punto de ebullición manteniendo el reflujo por 4 h. Al finalizar la extracción, el disolvente fue eliminado en un rotaevaporador al vacío (marca YAMATO, Modelo: RE200A, Japón) a 60°C y 500 mm Hg. El rendimiento de la extracción se calculó como el cociente entre la masa de aceite obtenido y la masa de la almendra utilizada. El aceite obtenido fue almacenado en recipientes ámbar a  $-5 \pm 2$  °C hasta su posterior análisis.

### Caracterización físico-química del aceite de almendras de *P. cecropifolia*

Las determinaciones físico-químicas se llevaron a cabo según los procedimientos establecidos por la AOAC, (2023). La tabla 1, muestra los estándares usados para cada análisis.

**Tabla 1.**

*Análisis físico-químicos según la AOAC*

Análisis	Estándar
Densidad (25°C)	AOCS Cc 10c-95 (09)
Índice de refracción (25°C)	AOCS Cc 7-25 (09)
Índice de acidez	AOCS Cd 3d-63 (09)
Ácidos grasos libres	AOCS Ca 5a-40 (09)
Índice de saponificación	AOCS Cd 3-25 (11)
Materia Insaponificable	AOCS Ca-40 (11)
Índice de peróxido	AOCS Cd 8b-90 (11)
Índice de yodo	AOCS Cd 1-25 (93)
Humedad	AOCS Ca 2f-93 (09)

*Nota:* Autores (2024).

### Esterificación del aceite

Se realizó según la metodología de AOCS Cd 12b-92. A 200 mg de aceite se le agregaron 0,5 mL de KOH a 2M preparado en metanol, y 4 mL de n-hexano grado HPLC, la mezcla se agitó en vórtex durante 30 s y finalmente las muestras se centrifugaron a 4000 rpm por 5 min a 30°C. El n-hexano de la capa superior, se recolectó y se filtró para su posterior análisis.

### Identificación de ácidos grasos

Las muestras se analizaron utilizando un sistema de cromatografía GC-MS modelo QP2020 NX (Shimadzu). Las condiciones operativas para el análisis del aceite se establecieron utilizando una columna marca Thermo Scientific, grosor de 0,5  $\mu\text{m}$ , 0,32 mm de diámetro interior, 30 m de longitud, volumen de inyección de 1  $\mu\text{L}$ , temperatura del inyector de 250  $^{\circ}\text{C}$ , modo Split splitter 25:1, la temperatura del horno desde 50 $^{\circ}\text{C}$  por 4 min con un incremento de 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta 220 $^{\circ}\text{C}$ . Los espectros de masa identificados en las muestras fueron corroborados empleando la biblioteca Wiley integrada en el software del equipo.

### Extracción de compuestos antioxidantes

Se realizó mediante una extracción líquido-líquido usando como disolvente metanol, según la metodología descrita por Liu et al., (2022). A 3 g de aceite se le añadieron 2 mL de una disolución metanol: agua en proporción 70:30 v/v y 2 mL de hexano, la mezcla se agitó en vórtex por 10 min. La fase hidroalcohólica que contenía los compuestos antioxidantes se separó de la fase oleosa mediante centrifugación (6000 rpm, 10 min, 40 $^{\circ}\text{C}$ ), después se recogieron las fases hidroalcohólicas y se sometieron a otra centrifugación (13000 rpm, 4 min a temperatura ambiente). Finalmente, los extractos hidroalcohólicos se filtraron mediante un filtro de nailon de 0,45  $\mu\text{m}$  antes de los análisis.

### Análisis de contenido de compuestos fenólicos totales (CFT)

Los CFT se determinaron mediante la técnica colorimétrica de Folin Ciocalteu (Dini et al., 2020). A 0,1 mL de extracto hidroalcohólico se le añadió 0,5 mL del reactivo Folin Ciocalteu, seguidamente se agregaron 7 mL de agua destilada y la mezcla se dejó reposar en ausencia de luz durante 5 min a condiciones normales de temperatura. A continuación, se adicionaron 1,5 mL de carbonato de sodio (20%) y la mezcla se dejó en reposo durante 2 h a temperatura ambiente. La lectura de la muestra se registró a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 800). El contenido de CFT se calculó mediante el modelo matemático de la curva de calibrado de ácido gálico (0,1875-0,75 mM;  $y=1,6958x+0,9094$ ;  $R^2=0,9979$ ). Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico por kilogramo de aceite ( $\text{mg EAG}\cdot\text{kg}^{-1}$  de aceite).

### Análisis del potencial antioxidante por DPPH

Se determinó mediante el ensayo del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) según lo reportado por Thaipong et al., (2006). 1,5 mL del extracto hidroalcohólico se mezcló con 1,5 mL de una disolución metanólica de DPPH a 0,2 mM. La mezcla se dejó en reposo por 30 min a 25 $^{\circ}\text{C}$ . La absorbancia de la muestra se midió a 515 nm en un espectrofotómetro UV-

visible (Marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 800). La actividad eliminadora de radicales libres se calculó mediante una curva de calibración preparada con TROLOX (5-50  $\mu\text{M}$ ;  $y=0,2221x+0,0043$ ;  $R^2=0,944$ ). Los resultados se expresaron en mmol equivalente a TROLOX por kilogramo de aceite ( $\text{mmol ET}\cdot\text{kg}^{-1}$  de aceite).

### **Análisis del potencial antioxidante por ABTS**

Se determinó según la metodología establecida por Wołosiak et al., (2021). Se preparó una disolución de ácido 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) a 0,0074 M y se mezcló con otra disolución de  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  a una concentración de 0,0026 M. Esta mezcla se dejó en reposo por 12 h para lograr el reactivo patrón de ABTS. Seguidamente se elaboró una disolución de trabajo mezclando metanol (60 mL) con el reactivo ABTS (1 mL) y la absorbancia se ajustó entre 0,73-0,76 a 734 nm en un espectrofotómetro UV-visible. La cuantificación se realizó mediante el modelo matemático de la curva de calibrado usando como estándar a Trolox ( $25\text{-}780 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $y=-8,40507\cdot 10^{-4}x - 0,1503893$ ;  $R^2=0,9969$ ). Se tomaron 150  $\mu\text{L}$  de muestra en un matraz de 10 mL y se adicionó 2,85 mL del reactivo ABTS. Finalmente, la mezcla se dejó en reposo por 2 h y la absorbancia se midió a una longitud de onda de 734 nm. Los resultados se expresaron en mmol equivalente a TROLOX por kilogramo de aceite ( $\text{mmol ET}\cdot\text{kg}^{-1}$  de aceite).

### **Evaluación de resultados**

Los experimentos se realizaron por triplicado, con el objetivo de reducir los errores experimentales. Los resultados se expresaron como valores medios  $\pm$  desviación estándar (DE) para tres mediciones ( $n=3$ ), para ello se utilizó el software Origin 2021 (Orji et al., 2022).

## **Resultados**

### **Rendimiento de extracción del aceite**

La extracción del aceite a partir de las almendras de *P. cecropiifolia* mediante el método Soxhlet resultó en un rendimiento de  $20,26 \pm 3,39\%$  (m/m). Este porcentaje indicó la proporción de aceite extraído en relación con el peso total de las almendras procesadas.

### **Análisis físico-químico del aceite de almendra de *P. cecropiifolia***

La caracterización físico-química del aceite de almendra de *P. cecropiifolia* (Tabla 1) se comparó con los estándares del Codex Alimentarius para aceites vegetales comestibles. La mayoría de los análisis físico-químicos cumplieron con los requisitos establecidos por esta

normativa, con excepción de la materia insaponificable, índice de yodo y contenido de humedad.

**Tabla 2.**

*Propiedades físico-químicas del aceite de almendra de P. cecropiifolia*

Análisis	Valor $\pm$ DE
Densidad ( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ a $25^\circ\text{C}$ )	0,893 $\pm$ 0,0
Índice de refracción ( $25^\circ\text{C}$ )	1,452 $\pm$ 0,0
Índice de acidez ( $\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$ )	1,117 $\pm$ 0,0
Ácidos grasos libres ( $\text{g Ac. palmítico}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	0,883 $\pm$ 0,0
Índice de saponificación ( $\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$ )	249,484 $\pm$ 0,0
Materia Insaponificable (% peso seco)	8,235 $\pm$ 0,0
Índice de peróxido ( $\text{meq peróxido}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	4,539 $\pm$ 0,014
Índice de yodo ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	14,647 $\pm$ 0,5
Humedad (%)	3,55 $\pm$ 0,08

Nota: Autores (2024).

### Perfil de ácidos grasos

La caracterización cromatográfica del aceite (Tabla 2) identificó al ácido linoleico como componente mayoritario con un valor de 26,78 $\pm$ 1,05%, seguido del ácido behénico (25,11 $\pm$ 0,05%) y en tercer lugar el ácido palmítico (20,43 $\pm$ 0,75%). En conjunto, estos tres ácidos grasos representaron el 72,32% del aceite de *P. cecropiifolia*.

**Tabla 3.**

*Ácidos grasos presentes en aceite de almendras de P. cecropiifolia*

Ácido graso	Concentración $\pm$ DE (%)
Mirístico (C14:0)	0,07 $\pm$ 0,01
Palmitoleico (C16:1)	0,79 $\pm$ 0,25
Palmítico (C16:0)	20,43 $\pm$ 0,75
Margárico (C17:0)	0,16 $\pm$ 0,08
Linoleico (C18:2)	26,78 $\pm$ 1,05
Eláidico (C18:1)	7,72 $\pm$ 0,14
Esteárico (C18:0)	4,76 $\pm$ 0,55
Eicosenoico (C20:1)	3,64 $\pm$ 0,07
Araquídico (C20:0)	5,53 $\pm$ 0,14
Heneicosanoico (C21:0)	0,94 $\pm$ 0,01
cis-10-nonadecenoico (C19:1)	1,28 $\pm$ 0,08
Behénico (C22:0)	25,11 $\pm$ 0,05
Tricosanoico (C23:0)	0,37 $\pm$ 0,01
Lignocérico (C24:0)	2,42 $\pm$ 0,04

Nota: Autores (2024).

### Contenido total de fenoles y actividad antioxidante

Los resultados obtenidos en el análisis del aceite de almendra de *P. cecropiifolia* indicaron un contenido de polifenoles totales, 403,66 $\pm$ 0,49 mg EAG $\cdot\text{kg}^{-1}$  (Tabla 3). Por otro lado, la actividad antioxidante del aceite de almendra de *P. cecropiifolia*, evaluada mediante

los ensayos DPPH y ABTS, alcanzó valores de 1,11 mmol ET·kg<sup>-1</sup> y 2,07 mmol ET·kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos resultados son indicativos de una fuerte capacidad antioxidante, la cual se correlaciona positivamente con el contenido fenólico presente en el aceite.

#### Tabla 4.

*Compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en aceite de semilla de P. cecropiifolia*

Ensayo	Valor± DE
CFT (mg EAG·kg <sup>-1</sup> )	403,66±0,49
DPPH (mmol ET·kg <sup>-1</sup> )	1,11±0,10
ABTS (mmol ET·kg <sup>-1</sup> )	2,07±0,04

Nota: Autores (2024).

## Discusión

Estudios previos también utilizaron el método Soxhlet para la extracción de aceite en diferentes semillas. Por ejemplo, Palacios-González et al., (2018) obtuvieron un rendimiento del 26,03% en *Jatropha curcas* utilizando n-hexano como disolvente. Valencia et al., (2020) utilizaron cloroformo en la extracción de aceite en semillas de Mezquite obteniendo un rendimiento de 5,06%. En el estudio desarrollado por Wisnu, (2023) utilizaron n-hexano para evaluar el rendimiento de extracción del aceite obtenido en semillas de *Helianthus annuus* indicando un valor de 51,6%. Según diferentes autores (Ahangari et al., 2021; Anuanwen, 2020; Dong et al., 2021) el rendimiento de extracción de aceites vegetales puede verse afectado por varios factores, incluyendo el método de extracción empleado, el tipo de disolvente, características del material vegetal, las condiciones de procesamiento (temperatura y presión), el tamaño de partícula del material, y su contenido de humedad. Además, el tiempo de extracción, las condiciones ambientales y el pretratamiento del material también afectan la eficiencia. La calidad del material vegetal, incluyendo su frescura y estado general, juegan un papel crucial al momento de determinar la cantidad y calidad del aceite extraído.

El índice de acidez fue de 1,117 mg KOH·g<sup>-1</sup>, este valor es menor al límite máximo establecido por el CODEX STAN 210 (10 mg KOH·g<sup>-1</sup>). Según Souza-Andrada et al., (2024) el índice de acidez en un aceite es un parámetro esencial de calidad, el cual está relacionado con la presencia de ácidos grasos libres, que son producto de la descomposición de los triglicéridos. Además, los valores densidad, índice de refracción, ácidos grasos libres, saponificación e índice de peróxido se encuentran razonablemente dentro de los requisitos

establecidos por el Codex Stan 210: 0,891–0,899 g·mL<sup>-1</sup>, 1,454– 1,456, < 2g Ac. palmítico·100g<sup>-1</sup>, 245-256 mg KOH·g<sup>-1</sup>, <15 meq peróxido·kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Por otro lado, la materia insaponificable, índice de yodo y contenido de humedad no cumplieron con lo establecido en la normativa Codex Stan 210. La materia insaponificable fue de 8,2% superando significativamente el 1,2% establecido por la normativa. Según Seo et al., (2024) valores altos de materia insaponificable podría ser indicativo de problemas en el proceso de extracción o de almacenamiento. El valor de yodo fue inferior a 50-55 g·100g<sup>-1</sup>, que es el intervalo reportado para el aceite de palma. Un índice de yodo bajo indica una menor cantidad de enlaces dobles en los ácidos grasos, lo que generalmente sugiere una mayor proporción de ácidos grasos saturados (Souza-Andrada et al., 2024). Así mismo, se encontró que el contenido de humedad del aceite en la almendra de *P. cecropiifolia* fue del 3,55%, lo cual excede el límite máximo del 0,1% permitido para los aceites vírgenes de palma. Investigaciones previas (Orjuela et al., 2022;Rubalya, 2021 y Abedigamba et al., 2023) han mencionado que, una elevada humedad en aceite vegetales puede afectar su conservación, ya que favorece el crecimiento de microorganismos y puede provocar procesos de oxidación más acelerados. Esto puede traducirse en una menor vida útil del producto y una disminución en sus propiedades organolépticas. Además, Das (2024) ha indicado que la presencia de agua en aceites vegetales puede influir negativamente en la calidad sensorial del aceite, alterando su sabor y aroma.

Estudios realizados con otras especies vegetales, también reportaron al ácido linoleico como componente mayoritario. Carpio-Jiménez et al., (2022) reportaron que el aceite de *Amaranthus caudatus* contenía un 38,09% de ácido linoleico, además; el mismo estudio encontró en el aceite de *Chenopodium quinoa* un valor de ácido linoleico del 50,99%. Este ácido graso esencial de la familia omega-6, ofrece una variedad de beneficios que son fundamentales para la salud. En el estudio desarrollado por Kim et al., (2016) demostraron que contribuye a la salud cardiovascular al disminuir los niveles de colesterol, lo que puede ayudar a mantener una presión arterial saludable. Además, su capacidad para ejercer propiedades antiinflamatorias es relevante, ya que puede aliviar condiciones inflamatorias como la artritis. En la investigación de Evert et al., (2014) demostraron que la ingesta de ácido linoleico disminuyó hasta en un 43% el riesgo de diabétes. En otra investigación desarrollada por Moreira et al., (2017), demostraron que la ingesta de ácido linoleico en 60 personas redujo significativamente los niveles de colesterol de lipoproteínas de alta densidad (c-HDL).

Por otro lado, el ácido behénico es un ácido graso saturado que se encuentra en diversas fuentes naturales. Los niveles de ácido behénico detectados en las almendras de *P. cecropiifolia*

fueron significativamente más altos que los reportados por Frančáková et al., (2015), quien encontró un valor de 0,23% en el aceite de *Brassica napus*. En un estudio realizado con 24 ratas por Moreira et al., (2017), se demostró que la ingesta de ácido behénico ayuda a prevenir la obesidad. Además, Lemaitre et al., (2015) realizaron una investigación en Estados Unidos con un total de 3,179 personas con edad media de 75 años, donde se encontró que el consumo de ácido behénico redujo en un 33% el riesgo de desarrollar diabetes.

El ácido palmítico, fue el tercer componente mayoritario en el aceite de almendras de *P. cecropiifolia*. Se han reportado valores de ácido palmítico superiores a los encontrados en este estudio. En el aceite de *Elaeis guineensis* se encontró un valor de 38,84% según el estudio de González-Gross et al., (2018). A sí mismo Ye & Lu, (2022) encontraron un 29,80% de ácido palmítico en aceite de *Oryza sativa* L. Los beneficios del ácido palmítico han sido investigados por diversos autores. En la investigación desarrollada por Zhu et al., (2021), se indicó que el ácido palmítico suprimió significativamente el crecimiento de células de cáncer de próstata en condiciones in vitro. Asimismo, otra investigación demostró que el consumo de ácido palmítico previno de manera significativa el aumento en la generación de sustancias reactivas de oxígeno (Palomino et al., 2022).

Los niveles de CPT reportados en este estudio supera notablemente el contenido encontrado en otros aceites vegetales, como el aceite de *Brassica napus*, que presenta 7,14 mg EAG·kg<sup>-1</sup> (Zeb, 2021), y el aceite de semillas de *Vitis vinifera*, que contiene 153 mg EAG·kg<sup>-1</sup> (Mikołajczak et al., 2021). Además, se encontró que el aceite de *Elaeis guineensis* tuvo un contenido de polifenoles de 303 mg EAG·kg<sup>-1</sup> (Mikołajczak et al., 2021). En contraste, Fanali et al., (2018) encontró valores superiores de polifenoles en el aceite de *Persea americana* con 573,2 mg EAG·kg<sup>-1</sup>.

## Conclusión

Los parámetros físico-químicos evaluados en el aceite de almendras de *P. cecropiifolia* cumplieron en su mayoría con las normas alimentarias internacionales del Códex Alimentarius. Sin embargo, se observaron excepciones en el caso de la materia insaponificable, índice de yodo y contenido de humedad, que no alcanzaron los estándares requeridos.

El perfil de ácidos grasos analizado mediante cromatografía de gases indicó como componentes principales al ácido linoleico, ácido behénico y ácido palmítico. Estos hallazgos destacan la composición lipídica del aceite de *P. cecropiifolia*, sugiriendo su potencial para

ofrecer beneficios nutricionales y funcionales debido a la presencia de estos ácidos grasos clave.

El análisis del contenido fenólico y la actividad antioxidante del aceite de almendras de *P. cecropiifolia* demostró su riqueza en compuestos fenólicos, lo que resalta su notable potencial para aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética, así como en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

### Referencias bibliográficas

- Abedigamba, O., Mndeme, F., Mawire, A., & Bahadur, I. (2023). Thermo-physical properties and thermal energy storage performance of two vegetable oils. *Journal of Energy Storage*, *61*, 106774. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2023.106774>
- Ahangari, H., King, J. W., Ehsani, A., & Yousefi, M. (2021). Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends. *Trends in Food Science & Technology*, *111*, 249–260. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.02.066>
- AOAC, M. oficiales. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Carpio-Jiménez, C., Tapia-Delgado, P., & Molleda-Gutierrez, R. (2022). Contenido de ácidos grasos, propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de los aceites de *Chenopodium quinoa* Willd y *Amaranthus caudatus* extraídos por fluidos supercríticos. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *88*(1), 39–51. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V88I1.374>
- Castillo-Cohaila, M. A., Avendaño-Cáceres, E. Ó., Castillo-Cohaila, M. A., & Avendaño-Cáceres, E. Ó. (2020). Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleifera* lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río sama. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *86*(1), 47–57. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V86I1.272>
- Das, A. (2024). Shedding Light on Insulation: Probing the Varied Effects of Illumination and Storage Temperatures on Vegetable Oil Quality. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2024.3400765>
- Dini, I., Seccia, S., Senatore, A., Coppola, D., & Morelli, E. (2020). Development and Validation of an Analytical Method for Total Polyphenols Quantification in Extra Virgin Olive Oils. *Food Analytical Methods*, *13*(2), 457–464. <https://doi.org/10.1007/S12161-019-01657-7/METRICS>
- Dong, W., Chen, Q., Wei, C., Hu, R., Long, Y., Zong, Y., & Chu, Z. (2021). Comparison of the effect of extraction methods on the quality of green coffee oil from Arabica coffee beans: Lipid yield, fatty acid composition, bioactive components, and antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, *74*, 105578. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2021.105578>
- Evert, A. B., Boucher, J. L., Cypress, M., Dunbar, S. A., Franz, M. J., Mayer-Davis, E. J., Neumiller, J. J., Nwankwo, R., Verdi, C. L., Urbanski, P., & Yancy, W. S. (2014).

- Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care*, 37 Suppl 1(SUPPL.1). <https://doi.org/10.2337/DC14-S120>
- Fanali, C., Della-Posta, S., Vilmercati, A., Dugo, L., Russo, M., Petitti, T., & Mondello, L. (2018). Extraction, Analysis, and Antioxidant Activity Evaluation of Phenolic Compounds in Different Italian Extra-Virgin Olive Oils. *Molecules* 2018, Vol. 23, Page 3249, 23(12), 3249. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23123249>
- Ferraz, L., & Silva, E. (2024). Pulsed electric field-assisted extraction techniques for obtaining vegetable oils and essential oils: Recent progress and opportunities for the food industry. *Separation and Purification Technology*, 354, 128833. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2024.128833>
- Frančáková, H., Ivanišová, E., Dráb, Š., Krajčovič, T., Tokár, M., Mareček, J., & Musilová, J. (2015). Composition of fatty acids in selected vegetable oils. *Potravinárstvo*, 9(1), 538. <https://doi.org/10.5219/556>
- Gómez, M. (2023). Evaluación fisicoquímica del aceite obtenido de la borra de café (Coffea arabica) empleando diferentes métodos de extracción para su potencial uso en la producción de biodiesel. *UNIPAZ*, 15(25), 10–15. <https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/345>
- González-Gross, M., Gesteiro, E., & Galera-Gordo, J. (2018). Nutrición Hospitalaria Correspondencia: Aceite de palma y salud cardiovascular: consideraciones para valorar la literatura Palm oil and cardiovascular health: considerations to evaluate the literature critically. *Nutr Hosp*, 35(5), 1229–1242. <https://doi.org/10.20960/nh.1970>
- Kim, J. H., Kim, Y., Kim, Y. J., & Park, Y. (2016). Conjugated Linoleic Acid: Potential Health Benefits as a Functional Food Ingredient. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7(Volume 7, 2016), 221–244. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-FOOD-041715-033028/CITE/REFWORKS>
- Lemaitre, R., Fretts, A., Sitlani, C., Biggs, M., Mukamal, K., King, I., Song, X., Djoussé, L., Siscovick, D., McKnight, B., Sotoodehnia, N., Kizer, J. R., & Mozaffarian, D. (2015). Plasma phospholipid very-long-chain saturated fatty acids and incident diabetes in older adults: the Cardiovascular Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(5), 1047–1054. <https://doi.org/10.3945/AJCN.114.101857>
- Lenin, J., Martínez, R., Maribel, J., & Arízaga, M. (2023). Evaluación de la capacidad inhibitoria del dolor de un hidroal Extracto alcohólico de uva amazónica (Pourouma Cecropiifolia). *Revista de Zoología Avanzada*, 44(S1), 210–216. <https://doi.org/10.53555/jaz.v44iS1.290>
- Liao, Z., Yeoh, Y., Parumasivam, T., Koh, W., Alrosan, M., Alu'datt, M., & Tan, T. (2024). Medium-chain dicarboxylic acids: chemistry, pharmacological properties, and applications in modern pharmaceutical and cosmetics industries. *RSC Advances*, 14(24), 17008–17021. <https://doi.org/10.1039/D4RA02598A>
- Liu, G., Zhu, W., Zhang, J., Song, D., Zhuang, L., Ma, Q., Yang, X., Liu, X., Zhang, J., Zhang, H., Wang, J., Liang, L., & Xu, X. (2022). Antioxidant capacity of phenolic compounds separated from tea seed oil in vitro and in vivo. *Food Chemistry*, 371, 131122. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131122>

- Mann, E., Lam, Y., & Uhlig, H. (2024). Short-chain fatty acids: linking diet, the microbiome and immunity. *Nature Reviews Immunology* 2024 24:8, 24(8), 577–595. <https://doi.org/10.1038/s41577-024-01014-8>
- Mikołajczak, N., Tańska, M., & Ogrodowska, D. (2021). Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 110–138. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.04.046>
- Monroy, B. (2021). COMPONENTES BIOACTIVOS Y USOS POTENCIALES DE LA UVA SILVESTRE (POUROUMA CECROPIIFOLIA) EN LA AGROINDUSTRIA, UNA REVISIÓN. *RECIENA*, 1(I(II)), 36–44. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/622>
- Moreira, D., Santos, P. S., Gambero, A., & Macedo, G. A. (2017). Evaluation of structured lipids with behenic acid in the prevention of obesity. *Food Research International*, 95, 52–58. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.03.005>
- Nde, D. B., & Anuanwen, C. F. (2020). Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. *Processes* 2020, Vol. 8, Page 209, 8(2), 209. <https://doi.org/10.3390/PR8020209>
- Ordoñez, E., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 175–183. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2019.02.02>
- Orji, E. I., Ugwu, A. C., Ugwuanyi, C. M., Cyril, M., Uwakwe, C., Elejere, U. C., Omeke, N. E., & Ugwuanyi, C. S. (2022). Reducing Errors In Slope In Physics Graphs Using Origin Lab Software. 19(3), 115. <http://www.webology.org>
- Orjuela, Á., Bohórquez, M., Díaz, M., & Narváez, P. (2022). Polioles grasos: producción, retos y oportunidades para el sector del aceite de palma. *Polioles Grasos: Producción, Retos y Oportunidades Para El Sector Del Aceite de Palma*. <https://doi.org/10.56866/9789588360935>
- Palacios-González, J. R., Ramón-Valencia, J. A., & Saavedra-Rincon, S. (2018). Análisis del rendimiento en la extracción de aceite de *Jatropha curcas* L. Por los métodos de extracción química y ultrasonido. *Avances: Investigacion En Ingenieria*, 15(1), 171–179. <https://doi.org/10.18041/avances.v15i1>
- Palomino, O., Giordani, V., Chowen, J., Alfonso, S., & Goya, L. (2022). Physiological Doses of Oleic and Palmitic Acids Protect Human Endothelial Cells from Oxidative Stress. *Molecules* 2022, Vol. 27, Page 5217, 27(16), 5217. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27165217>
- Rubalya, S. (2021). Measurement of dielectric constant: A recent trend in quality analysis of vegetable oil - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.04.026>
- Seo, D., Kim, N., Jeon, A., Kwon, J., Baek, I. H., Shin, E. C., Lee, J., & Kim, Y. (2024). Hypoglycemic and hypolipidemic effects of unsaponifiable matter from okra seed in diabetic rats. *Nutrition Research and Practice*, 18(3), 345. <https://doi.org/10.4162/NRP.2024.18.3.345>

- Souza-Andrada, A., Fonseca, J., & Nuñez, C. (2024). A digital image-based colorimetric method for measuring free acidity in edible vegetable oils. *Food Chemistry*, 443, 138555. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.138555>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2006.01.003>
- Valencia, D., Rueda-Puente, E. O., Leyva-Peralta, M. A., Mazón-López, S. R., & Ortega-García, J. (2020). Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis* spp). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(1), 50–59. <https://doi.org/10.37527/2020.70.1.006>
- Virgilio-Cedeño, M. (2024). Características químicas y antioxidantes en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la maduración de cosecha. *Dominio de Las Ciencias*, 10(2), 44–59. <https://doi.org/10.23857/DC.V10I2.3790>
- Wisnu, B. (2023). Optimización de la extracción de aceite de semilla de girasol (*Helianthus annuus*) mediante un experimento de diseño factorial con el método de soxhletación | *Shabrina aplicada*. Journal of Vocational Studies on Applied Research. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14710/jvsar.v5i1.17105>
- Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Worobiej, E., & Pakosz, P. (2021). Verification of the Conditions for Determination of Antioxidant Activity by ABTS and DPPH Assays. A Practical Approach. *Molecules* 2022, Vol. 27, Page 50, 27(1), 50. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27010050>
- Ye, S., & Lu, H. (2022). Determination of Fatty Acids in Rice Oil by Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) with Geographic and Varietal Discrimination by Supervised Orthogonal Partial Least Squares Discriminant Analysis (OPLS-DA). *Analytical Letters*, 55(5), 675–687. <https://doi.org/10.1080/00032719.2021.1960361>
- Zeb, A. (2021). A comprehensive review on different classes of polyphenolic compounds present in edible oils. *Food Research International*, 143, 110312. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110312>
- Zhu, S., Jiao, W., Xu, Y., Hou, L., Li, H., Shao, J., Zhang, X., Wang, R., & Kong, D. (2021). Palmitic acid inhibits prostate cancer cell proliferation and metastasis by suppressing the PI3K/Akt pathway. *Life Sciences*, 286, 120046. <https://doi.org/10.1016/J.LFS.2021.120046>