



Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69). Edición continua

EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA DE POLIFENOLES A PARTIR DE LAS HOJAS DE CEDRÓN (*Aloysia citrodorae* Paláu), COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO NATURAL

Jaime Orlando Rojas Molina*¹, Ana Maricela Trávez Castellano¹, Edwin Ramiro Cevallos Carvajal¹, Natali Manuela Maldonado Toapanta¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Ambiental, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

*Dirección para correspondencia: jaime.rojas@utc.edu.ec

Fecha de Recepción: 10-05-2022

Fecha de Aceptación: 15-06-2022

Fecha de Publicación: 31-07-2022

Resumen

La planta de cedrón (*Aloysia citrodorae* Paláu) es un arbusto aromático, cuyas infusiones de hojas y tallos son utilizadas en la medicina ancestral para tratamientos de cólicos, diarrea, indigestión, náuseas, ansiedad, insomnio, fiebre y resfriados. Por lo que sus extractos pueden ser utilizados por la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica como ingrediente natural de sus productos. Esta investigación tuvo como objetivo identificar compuestos bioactivos de las hojas de cedrón, mediante la metodología del tamizaje fitoquímico. Además, de optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica de los compuestos químicos presentes en este material vegetal. Para la optimización numérica se empleó un diseño de superficie respuesta IV Óptimo. Los ensayos cualitativos detectaron una mayor presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en los extractos acuoso y alcohólico. Además, se encontró en menor cantidad azúcares reductores, principios amargos, compuestos grasos y triterpenos. El modelo matemático, sugiere que las condiciones óptimas de extracción son de 90 % (v/v) de etanol, 24 horas como tiempo de extracción y 60 °C de temperatura de extracción. Para comprobar el proceso se replicó el experimento obteniendo un contenido de polifenoles totales de 102.13 mg/g y capacidad antioxidante 917.23 µM Fe 2+/g, similares a los obtenidos mediante el método de optimización numérica. Cabe mencionar que el extracto hidroalcohólico tiene una alta capacidad antioxidante y contenido de polifenoles, por lo que puede ser utilizado como un ingrediente natural, para eliminar los radicales libres presentes en los alimentos.

Palabras claves: *Aloysia citrodorae* Paláu, extracción hidroalcohólica, polifenoles totales, capacidad antioxidante.

IDs Orcid:

Jaime Orlando Rojas Molina: <https://orcid.org/0000-0001-5830-796X>

Ana Maricela Trávez Castellano: <https://orcid.org/0000-0001-8962-8897>

Edwin Ramiro Cevallos Carvajal: <https://orcid.org/0000-0001-7773-860X>

Natali Manuela Maldonado Toapanta: <https://orcid.org/0000-0003-0374-2344>

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae* Paláu), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

HYDROALCOHOLIC EXTRACTION OF POLYPHENOLS FROM CEDRON LEAVES (*Aloysia citrodorae* Paláu), AS A NATURAL FOOD INGREDIENT

Abstract

The cedron plant (*Aloysia citrodorae* Paláu) is an aromatic shrub, whose infusions of leaves and stems are used in ancestral medicine for treatments of colic, diarrhea, indigestion, nausea, anxiety, insomnia, fever and colds. So its extracts can be used by the food, cosmetic and pharmaceutical industry as a natural ingredient in their products. This research aimed to identify bioactive compounds of cedar leaves, using the methodology of phytochemical screening. In addition, to optimize the process of hydroalcoholic extraction of the chemical compounds present in this plant material. For numerical optimization, an Optimal IV response surface design was used. Qualitative assays detected an increased presence of phenolic compounds and flavonoids in aqueous and alcoholic extracts. In addition, reducing sugars, bitter principles, fatty compounds and triterpenes were found in smaller quantities. The mathematical model suggests that the optimal extraction conditions are 90% (v/v) of ethanol, 24 hours as extraction time and 60 °C of extraction temperature. To test the process, the experiment was replicated obtaining a total polyphenol content of 102.13 mg/g and antioxidant capacity 917.23 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$, similar to those obtained by the numerical optimization method. It is worth mentioning that the hydroalcoholic extract has a high antioxidant capacity and polyphenol content, so it can be used as a natural ingredient, to eliminate free radicals present in food.

Keywords: *Aloysia citrodorae* Palau, hydroalcoholic extraction, total polyphenols, antioxidant capacity.

1. INTRODUCCIÓN

La *Aloysia citrodorae* Paláu conocida como cedrón, es un arbusto aromático, muy utilizado en el Ecuador por su agradable olor y sabor, además, por su utilización en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Carnat et al., 1999). Esta planta es conocida por sus efectos antipasmódicos, antioxidantes, sedantes, antivirales, antibacterianas, antipalúdicas, antígenotóxicas y citostáticos (Ricco et al., 2011; Thormar, 2010; Bahramsoltani et al., 2010).

De esta planta aromática se pueden extraer líquidos fragantes (aceite esencial), cuya composición química es muy diversa, donde se destaca el citral, (-)-limoneno, (-)-carvona, linalol, geraniol y pineno (Thormar, 2010). Pero la planta también posee varios compuestos secundarios en sus infusiones como: fenoles totales, taninos totales, flavonoides hidroxiladas y ácidos hidroxicinámicos que tienen propiedades antioxidantes (Ricco, 2011; Bahramsoltani et al., 2010). La variación de la concentración de compuestos bioactivos en planta varía en función a factores genéticos, ontogénicos, bióticos y abióticos (Álvarez-Rosales et al., 2019).

Mediante el contacto del material vegetal con disolventes orgánicos e inorgánicos, se puede extraer los principios activos presentes en las plantas, que los solubilizan y forman mezclas complejas (extractos) (Álvarez-Rosales et al., 2019). Para obtener procesos eficientes de extracciones se pueden considerar los siguientes factores: características del material vegetal, tamaño de partícula, tipo de disolvente, temperatura de extracción, agitación, relación masa-disolvente y tiempo de extracción (Álvarez-Rosales et al., 2019; Veléz, 2015). A condiciones de temperatura de 60 °C y 24 horas de extracción, se observó la mayor actividad antioxidante y contenido de polifenoles en muestras vegetales, por lo que la temperatura y el tiempo son factores que determinan la extracción de los compuestos responsables de la actividad antioxidante (Gavilánez, 2020).

Los estudios realizados a extractos vegetales ha permitido emplearlos en calidad de antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes, saborizantes, colorantes, energizantes y enriquecedores del alimento con activos naturales propios de la planta (Pérez, 2018).

En los últimos años el daño oxidativo se ha detectado en enfermedades como el cáncer, la diabetes y el Alzheimer, entre otras. Como una alternativa para la prevención y tratamiento de

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae* Paláu), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

tales enfermedades, se ha propuesto el consumo de antioxidantes, especialmente de fuentes vegetales (Pérez-Jaramillo et al., 2017).

La tendencia a nivel mundial, es la utilización de principios activos de plantas como ingredientes naturales en los procesos alimentarios, debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, colorantes, aromatizantes, saborizantes y energizantes (Chamorro, 2020).

Este trabajo de investigación determina el perfil fitoquímico del cedrón (*Aloysia citrodorae Paláu*) y optimiza el proceso de extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del cedrón en función al contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.

2. METODOLOGÍA

2.1 Recolección y secado del material vegetal

Se recolectó la planta de cedrón antes de la etapa de floración, luego se escogió las hojas libres de alteraciones morfológicas y enfermedades, posteriormente, se secó en una estufa a 40 °C hasta lograr una humedad menor al 5% m/m. A continuación, se trituró el material vegetal con un molino de cuchillas de alta velocidad (15 000 min⁻¹.15 s), hasta obtener un polvo fino (Gaibor et al., 2017).

2.2 Determinación del perfil fitoquímico de hojas de cedrón (*Aloysia citrodorae Paláu*)

Se determinó el perfil fitoquímico en el material vegetal seco, para lo cual se realizó extracciones en tres diferentes disolventes: alcohol etílico (80% v/v), éter de petróleo y agua destilada y se siguió la metodología planteada por Miranda y Cuéllar (2000).

2.3 Optimización del proceso de extracción hidroalcohólico de las hojas de cedrón

La optimización del proceso de extracción hidroalcohólico de los compuestos bioactivos del cedrón, se ejecutó mediante maceración del material vegetal en una relación 1:10 (masa/disolvente), para el diseño experimental y procesamiento de la información se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), esperando que el extracto hidroalcohólico de cedrón obtuviera mayor cantidad de polifenoles totales y capacidad antioxidante reductor del hierro. Para la optimización numérica se empleó un diseño de superficie de respuesta IV Óptimo, el cual generó un modelo matemático que describe el comportamiento de las variables de respuesta (contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante reductora de hierro).

Los factores evaluados fueron la concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura (C). La Tabla 1, muestra las condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos, donde se describen los mínimos y máximos de los factores.

Tabla 1. *Condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos*

Factor	Nomenclatura	Unidad	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Concentración de etanol	A	%	Numérica	Discreta	60	90
Tiempo de extracción	B	horas	Numérica	Discreta	6	24
Temperatura	C	°C	Numérica	Discreta	30	60

Fuente: Maldonado y Reinoso, 2021

Los datos obtenidos del diseño de superficie respuesta son reportados en la matriz experimental presentada en la Tabla 2.

La matriz del diseño experimental (Tabla 2), indica un total de 23 corridas experimentales, entre las que se incluyen cinco réplicas. Estas combinaciones fueron simuladas en los experimentos de laboratorio, donde el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante reductor del hierro fueron las variables de respuesta.

Con el programa Design Expert 8.0.6 se procesó la información, donde se escogió una de las soluciones sugeridas por el modelo matemático, la cual obtuvo una mayor deseabilidad a las condiciones de extracción optimizadas. Para validar la optimización se replicó el experimento a las condiciones optimizadas por el programa y se comparó con los valores predichos generados de la optimización, las variables a evaluar fueron el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante reductora del hierro.

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae Paláu*), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

Tabla 2. Matriz del diseño experimental

Corridas	Etanol (%)	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
1	60	24	30
2	60	6	60
3	60	6	30
4	75	24	60
5	90	6	30
6	60	15	60
7	90	15	30
8	90	15	30
9	75	24	30
10	75	6	30
11	75	15	60
12	75	6	60
13	90	24	30
14	60	24	60
15	60	15	30
16	90	15	60
17	90	15	60
18	90	24	60
19	90	6	60
20	75	24	60
21	75	24	30
22	75	15	30
23	60	6	30

Fuente: Maldonado y Reinoso, 2021

2.4 Determinación de la capacidad antioxidante reductora del hierro

La metodología de evaluación de la actividad antioxidante de extractos de plantas, se fundamenta en determinar la capacidad que tienen los compuestos fitoquímicos para reducir el hierro férrico a ferroso. Mediante disoluciones ácidas se crea un medio para la reacción del

complejo Fe^{3+} -TPTZ, este complejo reacciona con sustancias reductoras produciendo Fe^{2+} -TPTZ, este compuesto posee una coloración azul oscura, que tiene una absorción máxima de radiación a 593 nm y puede ser empleada por la metodología de espectrofotometría (Texeira et al., 2013).

Para la preparación del reactivo FRAP, se pesó 0,0078 g de TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina], a este se le añade 1 mL de HCl (1:1), luego, se coloca 2,5 mL de HCl 40 mM y se agita hasta disolver completamente. Posteriormente, se adicionó 25 mL de buffer acetato y 2,5 mL de disolución 20 mM de FeCl_3 , esta mezcla se incubó a 37 °C por 15 minutos.

En tubos de ensayo de 10 mL, se colocó 50 μL del extracto de la muestra y de los estándares de la curva de calibración. Luego, se añadió 1.5 mL del reactivo FRAP. Se dejó reposar a 37°C durante 30 minutos. Posteriormente, con un espectrofotómetro se midió la absorbancia a 593 nm (Nanasombat y Wimuttigosol, 2011). Para la curva de calibración de Fe^{2+} se empleó una sal de Mohr [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] como patrón primario. Los resultados se expresaron como $\mu\text{mol Fe}^{2+} / \text{g}$ (Texeira et al., 2013; Nanasombat y Wimuttigosol, 2011).

2.5 Determinación de polifenoles totales

Para la cuantificación de polifenoles totales se empleó el reactivo de Folin-Ciocalteu. Los compuestos fenólicos reaccionan con este reactivo en medio básico, dando una coloración azul intensa que tiene una máxima absorción a los 764 nm. Para preparar la muestra se pesó 1 g del material vegetal y se le colocó 10 mL del disolvente, luego, se homogenizó y centrifugó (MLW modelo T 52, Alemania) durante 10 minutos a 3500 min^{-1} . Se tomó 1 mL del sobrenadante y se diluyó hasta que ingrese en la curva de calibración para la cuantificación. En tubos de ensayo de 10 mL se colocó 50 μL de la muestra y de los estándares de la curva de calibración, luego, se adicionó 2.5 mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu. La disolución se agitó y se dejó en reposo durante 5 minutos, posteriormente se añadió 2 mL de una disolución al 7.5% (m/v) de Na_2CO_3 , se agitó hasta alcanzar una mezcla homogénea, se dejó reposar durante 2 horas y se leyó la absorbancia a 765 nm. Para la elaboración de la curva de calibración se utilizó ácido gálico como patrón. Los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico /100 g de muestra (Singleton et al., 1999).

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae Paláu*), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

2.6 Caracterización del extracto hidroalcohólico optimizado

La caracterización del extracto hidroalcohólico optimizado de cedrón, se lo realizó en función a la capacidad antioxidante reductora de hierro, contenido de polifenoles totales, sólidos solubles refractométricos (NTE INEN-ISO 2173, 2013), determinación de sólidos totales por gravimetría (AOAC 925.105/90., 2010), pH (NTE INEN-ISO 1842, 2013), acidez valorable (NTE INEN-ISO 750, 2013) y turbidez (NTE INEN-ISO 7027, 2013).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Perfil fitoquímico de hojas de cedrón (*Aloysia citrodora Paláu*)

Mediante pruebas cualitativas, se detectaron la presencia o ausencia de metabolitos secundarios en las hojas de cedrón. La Tabla 3, muestra la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en los extractos acuoso y alcohólico, por lo que es viable la extracción con estos disolventes. Vélez et al. (2019), manifiesta que los compuestos flavonoides e hidroxiladas son solubles en disolventes acuosos, alcohólicos e hidroalcohólicos. Además, se encontró azúcares reductores, principios amargos, compuestos grasos y triterpenos. En menor cantidad se halló alcaloides y grupos lactónicos.

Tabla 3. Perfil fitoquímico del cedrón (*Aloysia citrodora paláu*)

Metabolito	Ensayo	Extracto Etéreo	Extracto Etanólico	Extracto Acuoso
Compuestos grasos	Sudan	+++		
Alcaloides	Drangendorff	+-	+	-
Agrupamiento lactónico	Baljet	+-	+-	
Triterpenos / esteroides	Lieberman B.	+++	+++	
Catequinas	Catequinas		+++	
Resinas	Resinas		-	
Azúcares reductores	Fehling		-	+++
Saponina	Espuma		+++	+++
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)		+++	+++
Aminoácidos libres/ aminos	Nihidrina		-	
Quinonas/ benzoquinonas	Bortranger		+++	
Flavonoides	Shinoda		+++	+++
Glucósidos cardiotónicos	Kedde		-	
Mucilagos	Mucilagos			+++
Principios amargos	Principios amargos			+++
+: Presencia +-: Regular -: Ausencia				

Fuente: Maldonado y Reinoso, 2021

3.2 Optimización del proceso de extracción hidroalcohólico de las hojas de cedrón

La Tabla 4, muestra los modelos codificados de las variables respuesta contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante reductor de hierro.

Para el modelo matemático de la variable dependiente de contenido de polifenoles totales, se observa que se adaptó a un modelo lineal, resultó significativo con un nivel de confianza del 95,0%, mostrando que existió una relación estadísticamente significativa a los factores de concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C). El R² indicó que el modelo ajustado explica el 98.97% de la variabilidad del contenido de polifenoles.

Tabla 4. Parámetros de los modelos codificados de contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante reductor del hierro

Indicador	Contenido Polifenoles totales (mg/g)	Capacidad antioxidante reductor del hierro (µM Fe 2+/g muestra)
Intercepto	80.97	806.51*
A	16.09*	102.32*
B	2.00*	17.49*
C	1.18*	24.92*
AB	-	0.41
AC	-	-10.46*
BC	-	0.65
A ²	-	-25.52*
B ²	-	0.61
R ²	0.9911	0.9862
R ² ajustado	0.9897	0.9782
R ² predicho	0.9860	0.9543
F modelo	708.06*	124.65
F falta de ajuste	6.35	1.03
Precisión adecuada	69.26	33.35

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae Paláu*), como ingrediente alimentario natural

Nota: A: concentración de etanol; B: tiempo de extracción; C: temperatura de extracción. *Valor significativo para $p \leq 0,05$. **Fuente:** Maldonado y Reinoso, 2021

Para el modelo matemático de la variable dependiente de contenido de polifenoles totales, se observa que se adaptó a un modelo lineal, resultó significativo con un nivel de confianza del 95.0%, mostrando que existió una relación estadísticamente significativa a los factores de concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C). El R2 indicó que el modelo ajustado explica el 98.97 % de la variabilidad del contenido de polifenoles.

En función a los coeficientes, se observa que el término concentración de etanol (16.09) y temperatura de extracción (2.00) tuvieron mayor influencia sobre el modelo de contenido de polifenoles, seguido del tiempo de extracción (1.18). En la Tabla 4, se observa el signo positivo de los coeficientes, lo que quiere decir que el contenido de polifenoles totales aumenta a medida que aumenta la concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C), y viceversa. La influencia de estos factores sobre el contenido de polifenoles totales se observa en la figura 1.

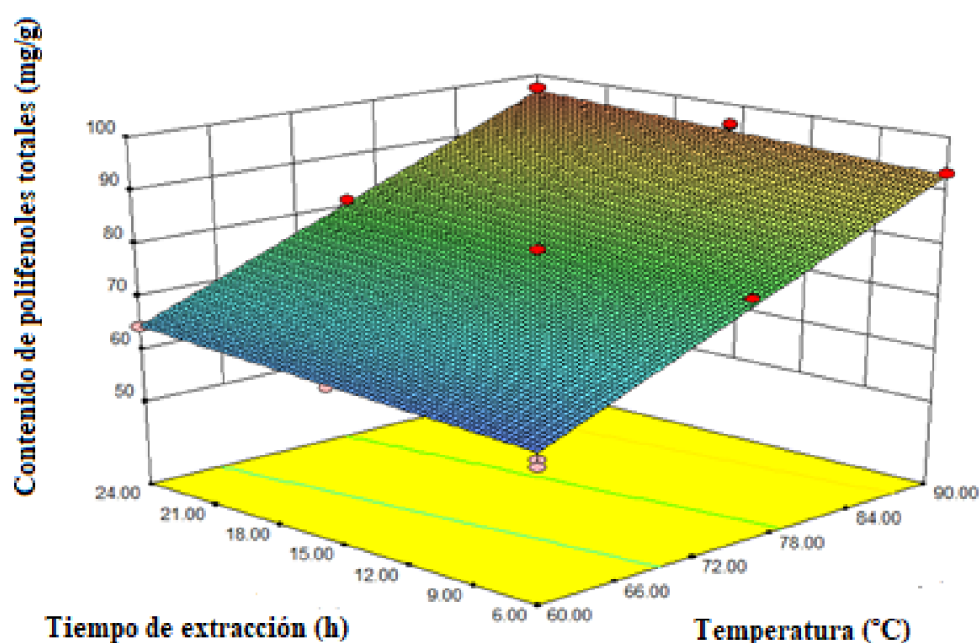
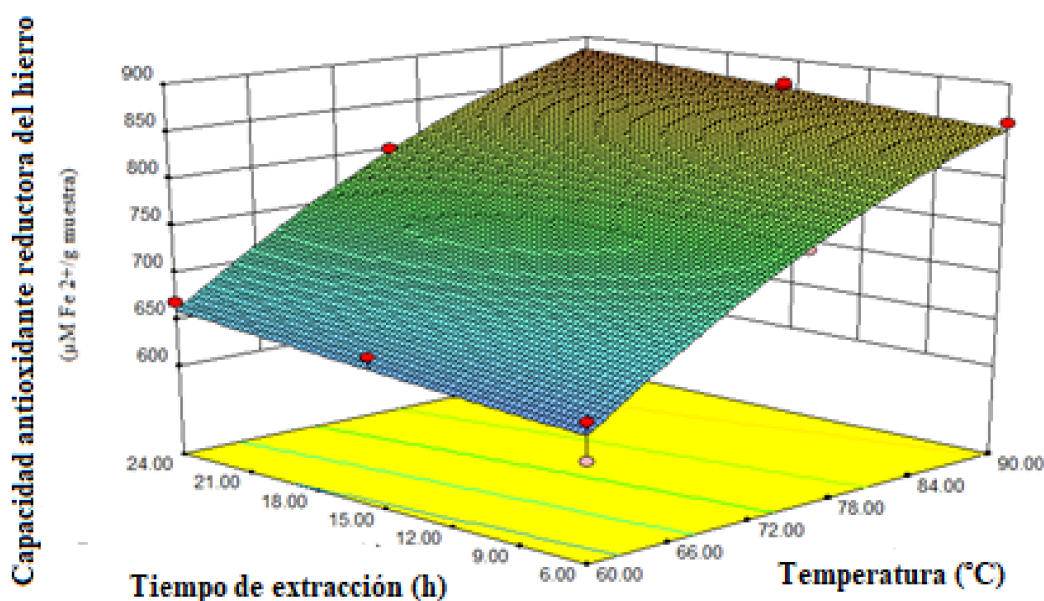


Figura 1 Influencia de la concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C) en el contenido de polifenoles totales (mg/g) del extracto hidroalcohólico de cedrón.

Para el modelo matemático de la variable dependiente capacidad antioxidante reductora del hierro, se observa que el modelo cuadrático resultó significativo para un nivel de confianza del 95.0%. De acuerdo a los resultados, existió una relación estadísticamente significativa a los factores de concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C).

El R^2 indicó que el modelo ajustado explica el 97.82% de la variabilidad en la capacidad antioxidante. En función a los coeficientes, se observa que el término concentración de etanol (102.32) y temperatura de extracción (24.92) tuvieron mayor influencia sobre el modelo de capacidad antioxidante, seguido del tiempo de extracción (17.49). El signo positivo de los coeficientes que se muestra la Tabla 4, indica que al aumentar la concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C), aumenta la capacidad antioxidante reductora del hierro y viceversa. La influencia de estos factores sobre la capacidad antioxidante se observa en la figura 2.

De las 6 soluciones optimizadas propuestas para el proceso de extracción hidroalcohólica de las hojas de cedrón, se seleccionó la de mayor conveniencia estadística (0.995), con una concentración de etanol del 90% v/v, tiempo de extracción de 24 horas y temperatura de extracción de 60°C, que correspondió con un contenido de polifenoles totales de 101.24 mg/g y capacidad antioxidante de 916.92 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$.



Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodorae Paláu*), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

Figura 2. *Influencia de la concentración de etanol (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C) en la capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra) del extracto hidroalcohólico de cedrón.*

3.3 Caracterización del extracto hidroalcohólico optimizado

Para comprobar la validez de la optimización del diseño, se replicó el experimento a las condiciones de concentración de etanol del 90% v/v, tiempo de extracción de 24 horas y temperatura de extracción de 60°C. En la Tabla 5, se observa que el extracto presentó valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante, similares a los obtenidos a través de la optimización numérica, lo que confirmó la validez de los modelos obtenidos para el proceso de extracción. Además, se caracterizó el extracto en sólidos totales, sólidos solubles, acidez valorable, pH y turbidez.

Tabla 5. *Caracterización física y química del extracto hidroalcohólico de cedrón optimizado*

Parámetro	Media
Capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra)	917.23 \pm 3.03
Contenido Polifenoles totales (mg/g)	102.13 \pm 0.3
Sólidos totales (%)	4.5 \pm 0.3
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0.15 \pm 0.02
Sólidos solubles (°Brix)	15.2 \pm 0.4
pH	6.98 \pm 0.4

Fuente: Maldonado y Reinoso, 2021

4. CONCLUSIONES

Las hojas de cedrón, presentaron una mayor presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en los extractos acuoso y alcohólico. Además, las condiciones óptimas de extracción correspondieron a 90% (v/v) de etanol, 24 h como tiempo de extracción y 60°C como temperatura de extracción. El contenido de polifenoles totales de 102.13 mg/g y capacidad

antioxidante de 917.23 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ fueron similares a los estimados mediante la optimización numérica del proceso.

Al aumentar los factores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), concentración de etanol%(v/v) y el tiempo de extracción (h), se incrementaron el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de las hojas de cedrón.

El extracto hidroalcohólico tiene una alta capacidad antioxidante y contenido de polifenoles, por lo que puede ser utilizado como un antioxidante natural, en formulaciones de productos alimentarios.

5. REFERENCIAS

- Álvarez-Rosales, J.D., Gaytán-Mares, D.L., Sosa-Morales, M.E., Baltazar-Vera, J.C., Cerón-García, A. (2019). Estimación de biocomponentes, color y pH en extractos etanólicos de tallos y hojas de cedrón (*Aloysia citrodora*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 4, 352-358. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/3/47.pdf>
- AOAC 925.105/90. (2000). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Bahramsoltani R., Rostamiasrabadi P., Shahpiri Z., Marques A., Rahimi R., (2018). *Aloysia citrodora* Paláu (Lemon verbena): a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 222, 34–51. 10.1016/j.jep.2018.04.021
- Carnat, A., Carnat, A., Fraisse, D., Lamaison, J. (1999). The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. *Fitoterapia*, 70(1), 40-49. 10.1016/S0367-326X(98)00016-1
- Chamorro, J. (2020). *Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos preparados con diferentes solventes de las hojas de Ambrosia arborescens*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/ae565b5-8775-4a88-a181-29d0b15d2a31>
- Gaibor, F., Rodríguez, R., García, M., Casariego, A. (2017). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la pulpa de cerezo negro (*Syzygiumcumini* L. Skeels). *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 27(2), 51-59. <https://revcitecal.iiia.edu.ec/revista/index.php/RCTA/article/view/148/126>
- Gavilánez S. (2020). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (Origanum vulgare L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6690>
- Maldonado N., Reinoso O. (2021). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del cedrón (Aloysia citrodora Paláu) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/jspui/handle/27000/10484?mode=full>
- Miranda, M., Cuéllar, A. (2000). Manual de prácticas de laboratorio. *Farmacognosia y productos naturales. Cuba: La Habana, Universitaria*, 21(4). 70-110. https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=NzZrFskAAAAJ&citation_for_view=NzZrFskAAAAJ:u9iWguZQMMsC

Artículo científico: Extracción Hidroalcohólica de Polifenoles a partir de las hojas de Cedrón (*Aloysia Citrodora Paláu*), como ingrediente alimentario natural

Publicación Semestral. Vol. 1, No. 2, julio-diciembre 2022, Ecuador (p. 56-69)

- Nanasombat S. y Wimuttigosol P. (2011). Antimicrobial and Antioxidant Activity of Spice Essential Oils. *Food Sci. Biotechnology*, 20(1), 45-53. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-011-0007-8>
- NTE INEN-ISO 1842. (2013). *Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH. Ecuador.* <https://www.studocu.com/ph/document/university-of-st-la-salle/agriculture/inen-1842-productos-vegetales-y-de-frutas-determinacion-de-p-h-idt/65958580>
- NTE INEN-ISO 2173. (2013). *Productos vegetales y de frutas determinación de sólidos solubles método refractométrico. Ecuador.* <https://es.scribd.com/document/484709438/silo-tips-quito-ecuador-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-iso-21732013-extracto>
- NTE INEN-ISO 7027:2013. (2013). *Calidad del Agua. Determinación de turbidez. Ecuador.* <https://es.scribd.com/document/715855893/nte-inen-iso-7027-CALIDAD-DE-AGUA-DETERMINACION-DE-TURBIEDAD>
- Pérez, V. (2018). *Estructura química de algunos componentes del extracto etanólico del fruto bunchosia armeniaca (cansa boca) con actividad antioxidante y antimicrobiana.* [tesis de pregrado, Universidad Inca Garcilazo de la Vega]. Repositorio Institucional. <http://intra.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2041>
- Pérez-Jaramillo, C. C., Sánchez-Peralta, W. F., Murillo-Arango, W., & Méndez-Arteaga, J. J. (2017). Acción antioxidante conjunta de extractos etanólicos de *Mollinedia lanceolata*, *Croton leptostachyus* y *Siparuna sessiliflora*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 64-70. <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/425>
- Ramírez, J., Jaiméz, J., Añorve, J., Salazar, V., Castañeda, O., González, G., Contreras, E. (2016). Determinación de actividad antioxidante en extractos acuosos de cedrón (*Aloysia triphylla*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 824-829. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/9/143.pdf
- Ricco, R. A., Wagner, M. L., & Gurni, A. Á. (2011). Dinámica de polifenoles de "Cedrón" (*Aloysia citrodora* Palau-Verbenaceae-) en relación al desarrollo foliar. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 10(1), 67-74. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/856/85618182008.pdf
- Singleton, V.L., Orthofor, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299. 152-178. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0076687999990171>
- Texeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., Neng, N., Nogueira, J., Saraiva, J., Nunes, M. (2013). Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture SCI*, 93(11), 2707-2714. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6089>
- Thormar, H. (2011). *Lipids and Essential Oils as Antimicrobiological Agents*. Chichester. 10.1002/9780470976623
- Veléz, A. (2015). *Análisis farmacognóstico de los órganos botánicos del cedrón.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Digital de la UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2797>
- Vélez, E., Armas, H., Jaramillo, C., Echavarría, A., Isitua, C. (2019). Fitoquímica de *Lippia Citriodora* K cultivada en Ecuador y su actividad biológica. *Ciencia UNEMI*, 12(29): 9-19. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss29.2019pp9-19p>