

Caracterización Fenólica y Actividad Antioxidante de los Residuos de Cáscara de Cacao con Potencial en Materiales Biofuncionales

Berthel-Lina Lucia ^{a*}, L.P. Tejada-Benítez^b, L.M Úsuga-Manco^b, S. V. Paternina-Ricardo^a

^aGrupo de Investigación Ciencias Biomédicas, Toxicológicas y Ambientales (Biotoxam), Universidad de Cartagena, Zaragocilla Cll 30 # 48-152, Cartagena-Bolívar, Colombia.

^b Grupo de Investigación Ingeniería y Economía Circular, Universidad de Cartagena, Piedra de Bolívar Cll 30 # 39 B-192, Cartagena-Bolívar, Colombia.

ABSTRACT

Cocoa cultivation has been a major concern in recent years due to the socioeconomic and environmental challenges involved in its production. Cocoa husks are the main waste product generated during processing and account for approximately 75% of the total fruit. In Colombia, approximately 559,422 tons of this waste were generated in 2022. This by-product contains phenolic compounds that have gained significant interest due to their multiple advantages, including benefits for human health and as a promising option for obtaining natural bioactive compounds used in various applications, such as food packaging, due to their antioxidant and antibacterial properties. The purpose of this research is to utilize cocoa shell waste for the extraction of phenolic compounds and the evaluation of their antioxidant properties. The extracts were obtained using Ultrasound-Assisted Extraction (UAE). The extraction yield was calculated, and the quantification of total phenolic compounds and the ability to eliminate free radicals was determined by the Folin-Ciocalteu and ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) methods, respectively. Preliminary tests showed that the hydroalcoholic extract had the highest antioxidant capacity with an inhibition value of 29.83 ± 0.56 mgGAE/g (ABTS test) and a total phenol content of 65.63 ± 2.27 mgGAE/g (Folin-Ciocalteu method). Once the complete analysis is finished, it is expected that these data will allow the extraction conditions to be correlated with the bioactive profile of the extracts, strengthening their potential application in the development of biofunctional materials.

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Recibido 20 Octubre, 2025

Revisado 05 Diciembre, 2025

Aceptado 30 Diciembre, 2025

KEYWORDS

Cocoa shell, total phenolic content, antioxidant capacity, Folin-Ciocalteu, ABTS.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos más populares a nivel mundial y es la materia prima de diversos productos a base de cacao asociados a la creciente demanda por naciones densamente pobladas, además que contribuye a la economía mundial.

AUTOR DE CORRESPONDENCIA Lucia Berthel  lberthel@unicartagena.edu.co  Grupo de Investigación Ciencias Biomédicas, Toxicológicas y Ambientales (Biotoxam), Universidad de Cartagena, Zaragocilla Cll 30 # 48-152, Cartagena-Bolívar, Colombia. Se puede acceder a los datos complementarios en línea en <https://doi.org/10.71103/xqa52j21>

© 2026 Los autores. Publicado por la Asociación Mexicana en Ciencias en Soldadura, Metalurgia e Ingeniería, A.C. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), que permite la reutilización, distribución y reproducción sin fines comerciales en cualquier medio, siempre que la obra original esté debidamente citada y no sea alterada, transformada o construida de ninguna manera. Los términos en los que se ha publicado este artículo permiten la publicación del Manuscrito Aceptado en un repositorio por parte del autor o con su consentimiento.

[1]. Los árboles de cacao son cultivados en la región del Ecuador y en zonas climáticas tropicales de países de África occidental, sur de Asia y América del sur [2]. Los principales países productores de cacao en grano son: Costa de Marfil, Ghana, Nigeria, Camerún, Indonesia, Malasia, Brasil, Ecuador y República Dominicana con alrededor del 90% de la producción mundial [2]. En Colombia se produjeron 136.317 toneladas de cacao en 2023 convirtiéndose en una de las actividades agroindustriales más importante en el país por su impacto en el desarrollo social y económico en pequeños agricultores [3].

El cultivo del cacao es uno de los sectores de mayor crecimiento y con él crece la generación de residuos, la cáscara es el principal residuo, y representa aproximadamente el 75% del total del fruto [4]. En Colombia se generaron aproximadamente 559.422 toneladas de cáscara de cacao en 2022 [3],[4]. Este subproducto contiene compuestos fenólicos que han ganado un interés significativo en los últimos años por sus múltiples ventajas entre ellas; los beneficios para la salud humana, y también como una opción prometedora para la obtención de compuestos naturales bioactivos usados en diversas aplicaciones por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas [5],[6]. Por lo anterior, el aprovechamiento de este residuo agroindustrial representa una oportunidad para generar valor agregado a este subproducto de la industria cacaotera. En esta investigación se extrajeron los compuestos fenólicos de la cáscara de cacao por EAU y se determinaron sus propiedades antioxidantes mediante el contenido total de fenoles (método Folin-Ciocalteu) y el poder antioxidante *in vitro* a través del ensayo [ABTS](#) (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico).

Metodología

Los residuos de cáscara de cacao fueron suministrados por una empresa ubicada sobre la Sierra Nevada de Santa Marta, en la costa Caribe de Colombia. Las cáscaras de cacao se lavaron para eliminar cualquier impureza y fueron secadas a temperatura ambiente. Luego se tritularon para disminuir el tamaño de partícula, y posteriormente se realizaron las extracciones de los compuestos fenólicos mediante EAU evaluando tres sistemas solventes (acuoso, hidroalcohólico y etanólico). El rendimiento se calculó mediante la Ecuación 1.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{g \text{ muestra seca}}{g \text{ muestra inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Los extractos obtenidos se caracterizaron para determinar su contenido fenólico total por el método de Folin-Ciocalteu que se basa en la reacción colorimétrica de oxidación/reducción del fenol. El poder antioxidante *in vitro* se determinó mediante el ensayo ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico). Este ensayo mide la capacidad relativa de los extractos para eliminar los radicales libres ABTS [7]. La absorbancia fue medida a 760 nm y 734 nm para el análisis de Contenido Total de Fenoles y ABTS respectivamente en un lector de microplacas Varioskan™ LUX de Thermo Scientific™. Las curvas de calibración fueron preparadas con ácido gálico (AG) y los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca (mg GAE/g muestra).

Resultados

Después de evaluar los tres sistemas solventes los resultados preliminares indicaron que el extracto hidroalcohólico fue el de mayor rendimiento con un valor de 19,85%. La determinación de las propiedades antioxidantes indicó que el extracto hidroalcohólico presentó la mayor capacidad antioxidante con un valor de inhibición de $29,83 \pm 0,56$ mgGAE/g (ensayo ABTS) como se puede evidenciar en la figura 1, y un Contenido Total de Fenoles de $65,63 \pm 2,27$ mgGAE/g (método Folin-Ciocalteu) como lo indica la Figura 2.

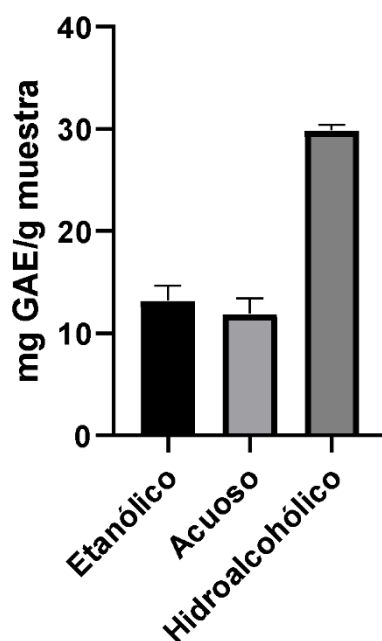


Figura 1. Porcentaje de inhibición ensayo ABTS extracto etanólico (A), acuoso (B) e hidroalcohólico (C) de residuos de cáscara de cacao. Los datos representan la media $\pm$ SD (n=3). se utilizó ANOVA con post test Tukey. Las diferentes letras representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

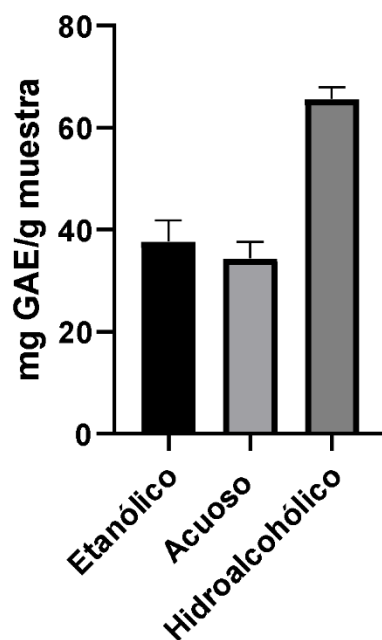


Figura 2. Contenido Total de Fenoles por el método Folin-Ciocalteu; extracto etanólico (A), acuoso (B) e hidroalcohólico (C) de residuos de cáscara de cacao. Los datos representan la media $\pm$ SD (n=3). se utilizó ANOVA con post test Tukey. Las diferentes letras representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Conclusiones

Los resultados indicaron que el extracto hidroalcohólico fue el de mayor rendimiento con un valor de 19,85%, y que el extracto obtenido en el sistema solvente agua: etanol fue el más apropiado debido a que presentó la mayor capacidad antioxidante con un valor de inhibición de $29,83 \pm 0,56$ mgGAE/g muestra (ensayo ABTS), y un Contenido Total de Fenoles de $65,63 \pm 2,27$ mgGAE/g muestra (método Folin-Ciocalteu). Este estudio permitió una valorización de los residuos de cáscara de cacao para su potencial uso como agente bioactivo minimizando el impacto ambiental debido al aprovechamiento de este subproducto de la industria cacaotera. Se espera que, una vez finalizado el análisis completo, estos datos permitan correlacionar las condiciones de extracción con el perfil bioactivo de los extractos, lo que fortalecerá su potencial de aplicación en el desarrollo de materiales biofuncionales.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no informaron ningún posible conflicto de intereses relacionado a esta publicación

Referencias

- [1] V. Barišić, N. C. Icyer, S. Akyil, O. S. Toker, I. Flanjak, and D. Ačkar, "Cocoa based beverages – Composition, nutritional value, processing, quality problems and new perspectives," Feb. 01, 2023, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.tifs.2022.12.011.
- [2] E. O. Afoakwa, J. Quao, J. Takrama, A. S. Budu, and F. K. Saalia, "Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation," *J Food Sci Technol*, vol. 50, no. 6, pp. 1097–1105, Dec. 2013, doi: 10.1007/s13197-011-0446-5.
- [3] A. M. Tovar, L. F. Valencia, and A. L. Villa, "Life cycle assessment of Colombian cocoa pod husk transformation into value-added products," *Bioresour Technol Rep*, vol. 25, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.biteb.2024.101772.
- [4] A. E. K. Afedzi, F. Obeng-Boateng, M. S. Aduama-Larbi, X. Zhou, and Y. Xu, "Valorization of Ghanaian cocoa processing residues as extractives for value-added functional food and animal feed additives – A review," Sep. 01, 2023, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.bcab.2023.102835.
- [5] T. P. C. Ezeorba, E. S. Okeke, M. H. Mayel, C. O. Nwuche, and T. C. Ezike, "Recent advances in biotechnological valorization of agro-food wastes (AFW): Optimizing integrated approaches for sustainable biorefinery and circular bioeconomy," Jun. 01, 2024, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.biteb.2024.101823.
- [6] E. Espinosa, E. Rincón, R. Morcillo-Martín, L. Rabasco-Vílchez, and A. Rodríguez, "Orange peel waste biorefinery in multi-component cascade approach: Polyphenolic compounds and nanocellulose for food packaging," *Ind Crops Prod*, vol. 187, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.indcrop.2022.115413.
- [7] O. Folin and V. Ciocalteu, "ON TYROSINE AND TRYPTOPHANE DETERMINATIONS IN PROTEINS." [Online]. Available: www.jbc.org