

Estrategia de valorización para la biomasa residual en la producción y transformación del cacao. Cambio de paradigma para el sector

Valorization strategy for the residual biomass generated in cocoa production and processing. Paradigm shift for the sector

Recibido: diciembre 11 de 2022 | Revisado: enero 17 de 2023 | Aceptado: abril 15 de 2023

JESÚS ANTHONY GUTIÉRREZ CHÁVEZ¹
EDDY BARNETT MENDOZA²
LUIS CELI SAAVEDRA³

RESUMEN

La valorización de la biomasa residual (cáscara de la mazorca, exudado del mucílago y cáscara de la semilla) generada durante la producción y transformación del cacao representa una gran oportunidad en nuestro país, para mejorar la sostenibilidad de esta actividad productiva. Sin embargo, la falta de una estructura organizacional de la gestión productiva y administrativa pone en desventaja su viabilidad. Aquí, se ha identificado que los tres componentes de esta biomasa residual, además de ser fuente de nutrientes importantes son ricos en compuestos orgánicos (polifenoles, ácidos orgánicos, metilxantina...). En este sentido, el presente trabajo tiene como propósito sentar las bases de un enfoque ecosistémico basado en la composición química de la biomasa residual del cacao y como esto beneficia al usuario.

Palabras clave: biomasa residual, cáscara de la mazorca de cacao, estrategias de valorización, compuestos bioactivos, desarrollo sostenible

ABSTRACT

The valorization of residual biomass (cob husk, mucilage exudate and seed shell) generated during the production and processing of cocoa represents a great opportunity in our country to improve the sustainability of this productive activity. However, the lack of an organizational structure for the productive and administrative management puts its viability at a disadvantage. Here, it has been identified that the three components of this residual biomass, in addition to being a source of important nutrients, are rich in organic compounds (polyphenols, organic acids, methylxanthine...). In this sense, the purpose of this work is to lay the foundations of an ecosystem approach based on the chemical composition of cocoa residual biomass.

Keywords: residual biomass, cocoa pod husk, valorization strategies, bioactive compounds, sustainable development

¹ Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú

² Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú

³ Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú

Autor para correspondencia E-mail: ebarnettm@usmp.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n35.05>

Introducción

El término “cacao” (*Theobroma cacao* L.) se emplea comúnmente para referirse a las semillas de cacao fermentadas y secas; sin embargo, desde un punto de vista integral y botánico, la definición cacao hace referencia a los frutos que se producen en el árbol y a la misma planta. Con respecto al procesado y generación de la biomasa residual, se inicia con la recogida y abertura de las mazorcas que permiten la extracción de las semillas cubiertas con la pulpa mucilaginosas.

La ejecución de este procesado tiene como resultado la cáscara de la mazorca, primer residuo generado a lo largo de la cadena de valor del cacao. Se estima que representa entre el 67–76% del fruto (Mariatti, Gunjević, Boffa & Cravotto, 2021). Posteriormente, el desarrollo de operaciones primarias (fermentación y secado) y secundarias (tostado, descascarillado, molienda, alcalinizado) permiten la transformación de las semillas en habas de cacao (semillas fermentadas y secas), y por tanto, resultan así las principales características fisicoquímicas que influyen en la elaboración de cada uno de los principales subproductos (manteca, nibs y cacao en polvo).

En cuanto a la fermentación, es el proceso que se inicia por la actividad microbiana que se da en la masa mucilaginosas que recubre a las semillas, dando origen al segundo residuo denominado exudado del mucílago, que se puede definir como el hidrolizado del mucílago o pulpa que drena durante la fermentación. Aproximadamente entre 100-150 litros de pulpa por tonelada de

masa empleada se genera durante esta operación (Soares & Oliveira, 2022). Durante el descascarillado, se puede separar la cáscara del haba tostada, (último residuo que forma parte de la biomasa residual). Esta representa aproximadamente entre el 12-20% del peso total del haba de cacao (Okiyama, Navarro & Rodrigues, 2017).

En definitiva, podemos observar que grandes volúmenes de biomasa residual se generan en los distintos niveles de procesamiento del cacao. Valadez-Carmona *et al.* (2017) destacaron que por cada tonelada de producto (habas de cacao fermentadas y secas) se genera alrededor de 9-10 toneladas de biomasa residual equivalentes al 90% del fruto total. Para una mejor comprensión del procesado y generación de la biomasa residual del cacao, se incluye un esquema del mismo (Figura 1).

Aunque a la fecha se vienen desarrollando múltiples iniciativas dirigidas a incentivar el aprovechamiento de esta biomasa residual, la falta de una sólida estructura organizacional de la gestión productiva, administrativa y la difusión de la misma, pone en desventaja al cacao frente a su acumulación y desecho durante los procesos productivos, generando contaminación, propagación de plagas y enfermedades que se mantienen cíclicamente en el cultivo (Yapo *et al.*, 2013; Vriesmann *et al.*, 2011; Hansen & Cheong, 2019).

Por lo tanto, en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados en la Agenda 2030, el contenido de este artículo tiene como objetivo difundir la composición química de la

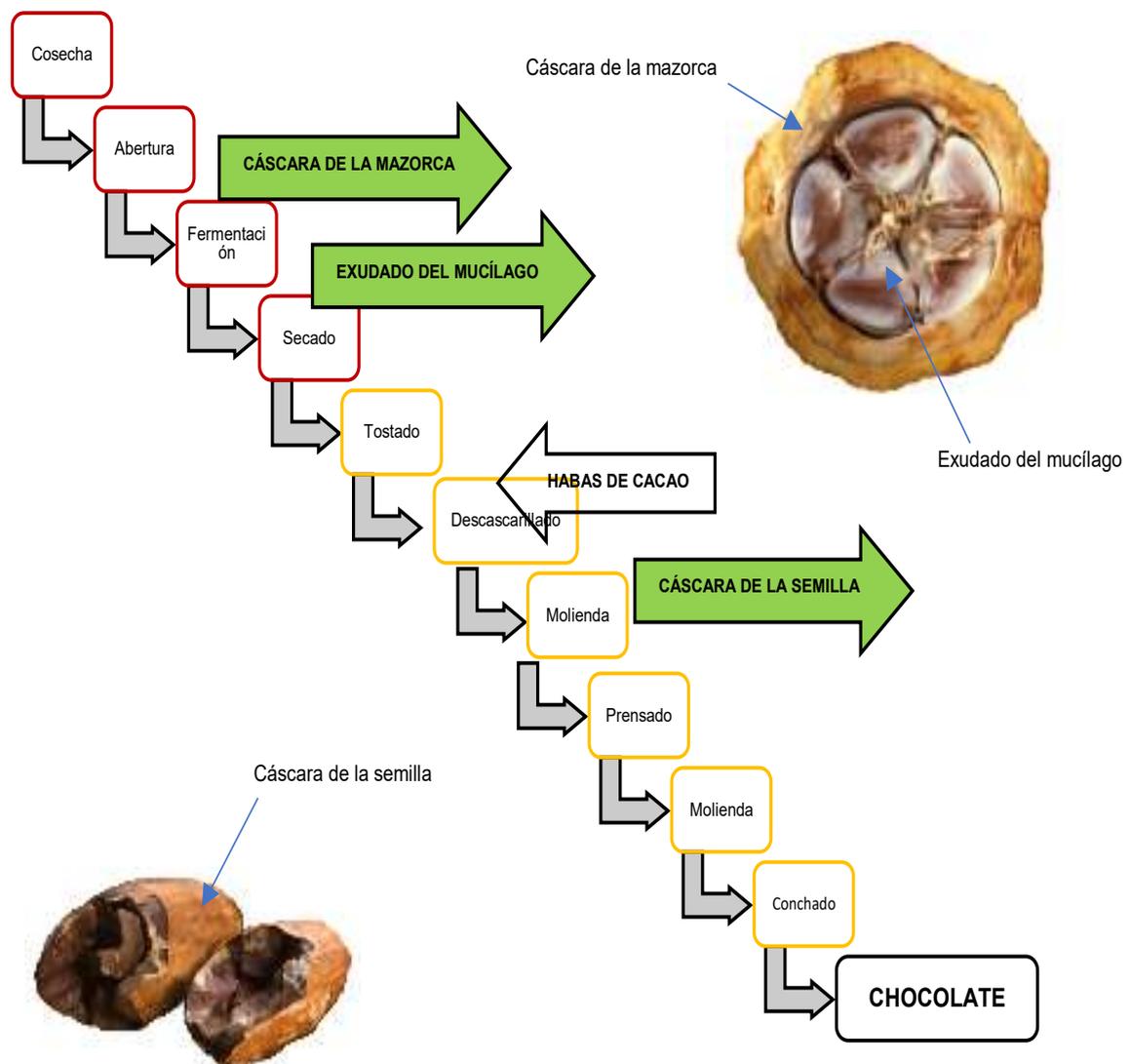
biomasa residual para sentar las bases de un cambio de paradigma en el sector del cacao. Conviene especificar que la información recogida no es una revisión exhaustiva de los diferentes reportes publicados hasta la fecha. Sin embargo, en este artículo se condensa de manera objetiva la composición química para las tres fracciones residuales del cacao.

Composición química

Conocer la composición química de esta biomasa es imprescindible para poder proponer futuras vías de aprovechamiento. En la Tabla 1 se recoge la información relativa a las tres fracciones residuales de los procesos mencionado en la sección de introducción.

Figura 1

Biomasa residual generada durante el procesamiento del cacao



Nota. Chávez, Baviera & Pérez-Esteve, 2022

Tabla 1*Composición química de la biomasa residual del cacao (g/100 g de materia seca)*

	Cáscara de la mazorca	Exudado del mucílago	Cáscara de la semilla
Carbohidratos	29.04-32.30	10.70-68.35	17.80-23.17
Celulosa	24.24-35.00	20.80-57.50	15.10
Hemicelulosa	8.72-11.00	7.00-17.00	-
Lignina	14.60-26.38	12.00-14.60	32.41
Proteína total	4.21-10.74	0.41-5.56	15.79-18.10
Lípidos	1.50-2.24	1.91-3.54	2.02-6.87
Pectina	6.10-9.20	0.57-1.50	4.7-6.0
Cenizas	6.70-10.02	3.70-7.68	5.96-11.42
Fibra dietética total	36.60-56.10	16.89	18.60-60.60
Ácidos orgánicos total	-	17.52	-
Fenólicos total	4.60-6.90	-	1.32-5.78
Antocianinas	-	-	0.40
Teobromina	0.34	-	1.30
Cafeína	-	-	0.10
Taninos	5.20	-	3.30-4.46
Flavonoles	-	-	1.50
Minerales (mg/100g)	3230.85	1297.07	56.75-312.57

Nota. Vásquez et al., 2019

Método

Revisamos la información necesaria que contribuyó a contextualizar el motivo de la investigación, y por otro lado fortalecer el progreso de nuevas estrategias de valorización para la cáscara de la mazorca como nuevo modelo de desarrollo sostenible.

Resultados

Producción nacional

Por lo que refiere el Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI), el cultivo y producción de las plantaciones de cacao tienen un buen comportamiento productivo en diversas

zonas geográficas del Perú. Además, su cadena de suministro representa una variante influyente en los indicadores económicos y sociales del país. Es decir, constituye una actividad fundamental para el desarrollo e incremento de la calidad de vida de la población de las principales zonas productoras. Prueba de ello son los registros de la producción a nivel nacional, donde se ha identificado que durante el 2019 su actividad agrícola generó alrededor de 11 millones de jornales y ha beneficiado de manera directa a más de 90 mil familias, e indirecta a 450,000 mil personas en las zonas altamente productoras que se encuentran, principalmente, en la selva peruana (MIDAGRI, 2020).

Composición química

La matriz alimentaria de la cáscara de la mazorca está constituida principalmente, por fibra dietética. Yapo, Besson, Koubala & Koffi (2013) precisaron que alrededor del 59% de su composición es fibra dietética, la cual incluye fibra dietética soluble y fibra dietética insoluble, 11 y 48% respectivamente. Esta a su vez está formada por oligosacáridos, β -glucano, hemicelulosa, lignina, pectina y celulosa.

Para la caracterización de los metabolitos primarios presentes en la cáscara de la mazorca, Nieto-Figueroa *et al.* (2020) identificaron el contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos, reportando valores que oscilan entre 74.7-78.9%, 6.3-7.2% y 0.2-0.7%, respectivamente. Por otra parte, la cáscara de la mazorca también es una fuente rica de minerales esenciales, como el K (2.8-3.8%), Ca (II) (0.25-0.46%), Mg (II) (0.11-0.25%) y P (III) (0.19%) (Lu *et al.*, 2018).

Beneficios para salud

Se describe a continuación, de manera muy objetiva el estado de la información que asocia los componentes más representativos con sus potenciales beneficios para la salud. Para la cáscara de la mazorca se ha estudiado que debido a su alto contenido de fibra posee un gran potencial para prevenir enfermedades cardíacas y respiratorias, posee una fuerte actividad inhibidora contra el cáncer y conserva las principales funciones vitales de las matrices celulares (Campos-Vega *et al.*, 2018; Mariatti *et al.*, 2021). Del mismo modo, la presencia de compuestos fenólicos le otorga fuertes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

Bondia- Pons *et al.* (2009) y Rojo-Poveda *et al.* (2020) precisaron en sus estudios que estas propiedades juegan un rol importante en la prevención de muchas enfermedades crónicas.

Mercado global

De acuerdo con el portal Markets and Markets (2021a), el mercado de fibra dietética (soluble e insoluble) viene en constante crecimiento. Se ha reportado que en el año 2020 su mercado generó USD 5.3 billones y se proyecta que para el 2025 su demanda aumentará hasta los USD 9.6 billones. Para el mercado global de polifenoles se ha estimado que para el 2025 generará transacciones por USD 2.08 billones. Análogamente, su tasa de crecimiento anual fue de 7.2 %. Su demanda confirma la biodisponibilidad de este componente para el tratamiento de enfermedades tales como la diabetes, cáncer, colesterol y sus diversas aplicaciones en la industria de alimentos y bebidas.

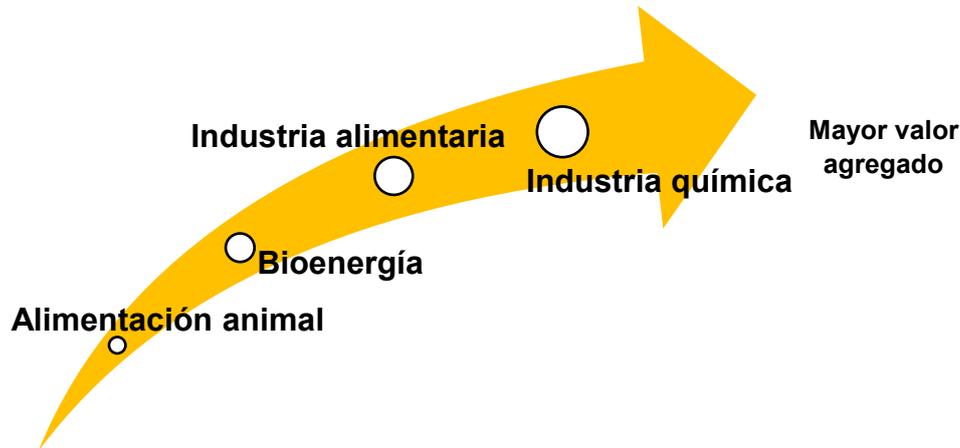
Estrategias de valorización

Mencionaremos aquí las estrategias más viables con el propósito de sensibilizar tanto a los productores como a las industrias sobre la diversidad de alternativas existentes, de manera que la cáscara de la mazorca deje de ser considerada un subproducto sin valor. En ese sentido, para comprender mejor las diferentes alternativas, las vías de aprovechamiento se dividieron en tres grupos: uso directo después de una transformación física o química mínima; biotransformación en otros productos; materia prima para la extracción de compuestos de interés nutricional, funcional o tecnológico (Figura 2).

Es importante mencionar que, con el fin de obtener los mejores rendimientos, la técnica empleada se debe adaptar a las peculiaridades de la matriz alimentaria. Incluso cuando se sabe que se puede emplear una técnica para extraer un

componente químico en particular de cualquier otro residuo vegetal, las condiciones de extracción para la cáscara de la mazorca deben optimizarse para obtener la mayor cantidad, calidad y pureza del componente químico a extraer.

Figura 2
Categorías industriales para su implementación



Discusión

La cáscara de la mazorca de cacao está considerada como un residuo con potenciales características tecnológicas y comerciales que permiten su aplicación en distintos niveles y categorías industriales. Sin embargo, en la actualidad, la falta de un manejo adecuado y el alto grado de contaminación que representa para el medio ambiente están generando graves problemas y limitaciones para la mejora de la industria del cacao a nivel nacional y mundial.

En la composición química de la cáscara de la mazorca, se aprecia que su matriz está constituida principalmente por fibra dietética y compuestos fenólicos. Este resultado parece, particularmente, interesante para la industria de alimentos. Prueba de ello, se destaca en el desarrollo de alimentos potenciados con fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de

la mazorca, ya que resulta una excelente alternativa para aquellos consumidores que lo requieran, su consumo brinda potenciales beneficios para la salud, como reducir la absorción de la glucosa en el sistema digestivo e incremento de los niveles de satisfacción después de comer (Quiles et al., 2018).

Del mismo modo, para los polifenoles se reconoce que actualmente es un compuesto bioactivo que forma una parte esencial de la dieta humana. Los resultados documentados ratificaron que la cáscara de la mazorca es fuente de polifenoles con relevantes efectos beneficiosos para salud y que puede ser empleada tanto a nivel alimentario, farmacéutico y cosmético (De Filippis, 2015).

En cuanto al mercado global de sus principales componentes químicos, se confirma que la extracción química

es la vía de aprovechamiento más factible a nivel técnico, económico y social-ambiental. Este resultado muestra similitudes con lo encontrado por Villamizar-Jaimes & López-Giraldo (2017) quienes sostienen que comercialmente es factible construir una planta para la extracción y comercialización de polifenoles y fibra total, registrando márgenes brutos de 68,84% y un retorno de la inversión de 22,16%, en un tiempo de recuperación de cinco años.

Es importante destacar que nuestro país cuenta con la materia prima y el conocimiento para su implantación en la cadena de valor del cacao; por contrapartida, el equipamiento tecnológico para poner en marcha los métodos, procedimientos y fabricación de los productos finales requiere de una gestión más eficiente.

Respecto al funcionamiento ambiental del proceso se reportan estudios que la implementación de las PML redujo el consumo de electricidad, agua y residuos generado con valores de 13,2%, 18% y 99,7%, respectivamente. Este contexto pone en evidencia que pequeñas modificaciones pueden convertir a los procesos más ecoeficientes. En este contexto, las distintas estrategias propuestas cumplen con los principios de la sostenibilidad. Sin embargo, existe

un gran vacío en términos de factibilidad a nivel industrial, regulaciones legales y efectos ecológicos generados en los procesos que limitan la fabricación de productos con mayor valor añadido.

Conclusiones

Se reporta que en nuestro país se generan volúmenes considerables de biomasa residual en fase de producción y transformación de cacao que no son tratados adecuadamente, y que constituyen en un problema medio ambiental en las áreas de producción.

Estudios en la composición química de la cáscara de la mazorca de cacao reportan que su matriz está constituida, principalmente, por fibra dietética y compuestos fenólicos, que podrían ser orientados para su uso tanto a nivel alimentario, farmacéutico como cosmético.

Respecto al mercado global de sus principales componentes químicos, se reporta que la extracción química es la vía de aprovechamiento más factible a nivel técnico, económico y social-ambiental.

Con referencia al funcionamiento ambiental del proceso, se obtiene evidencia que pequeñas modificaciones pueden convertir a estos en procesos más ecoeficientes.

Referencias

- Bondia-Pons, I., Aura, A. M., Vuorela, S., Kolehmainen, M., Mykkänen, H., & Poutanen, K. (2009). Rye phenolics in nutrition and health. *Journal of cereal science*, 49(3), 323-336.
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (Theobroma cacao L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 172-184.

- Chávez, J. A. G., Baviera, J. M. B., & Pérez-Esteve, É. (2022). Valuation Strategies for the Biomass Generated While Producing and Transforming Cocoa into Chocolate. *Trends in Sustainable Chocolate Production*, 325-350.
- De Filippis, L. F. (2015). Plant secondary metabolites: From molecular biology to health products. *Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress*, 1 (1), 263–300.
- Hansen, C. L., & Cheong, D. Y. (2019). Agricultural waste management in food processing. In *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering* (pp. 673-716). Academic Press.
- Lu, F., Rodríguez-García, J., Van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S. & Charalampopoulos, D. (2018). Valorization strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14, 80-88.
- Markets and Markets (2021a). Dietary Fibers Market worth \$9.6 billion by 2025 Direction URL: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/dietary-fibers.asp>
- Mariatti, F., Gunjević, V., Boffa, L., & Cravotto, G. (2021). Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 102601.
- MIDAGRI (2020). Producción nacional de cacao en grano. Dirección URL: < <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/305143-produccion-nacional-de-cacao-en-grano-crecio-en-la-ultima-decada-a-un-promedio-de-12-6-al-ano>>.
- Nieto-Figueroa, K. H., Mendoza-García, N. V., Gaytán-Martínez, M., Wall-Medrano, A., Loarca-Piña, M. G. F., & Campos-Vega, R. (2020). Effect of drying methods on the gastrointestinal fate and bioactivity of phytochemicals from cocoa pod husk: In vitro and in silico approaches. *Food Research International*, 137, 109725.
- Okiyama, D. C., Soares, I. D., Toda, T. A., Oliveira, A. L., & Rodrigues, C. E. (2019). Effect of the temperature on the kinetics of cocoa bean shell fat extraction using pressurized ethanol and evaluation of the lipid fraction and defatted meal. *Industrial Crops and Products*, 130, 96-103.
- Soares, T. F., & Oliveira, M. B. P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*, 27(5), 1625.
- Quiles, A., Campbell, G. M., Struck, S., Rohm, H., & Hernando, I. (2018). Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products. *Food Review International*, 34(2), 162-181.
- Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C. P., Hernández-Ortega, M., Hernández-Navarro, M.

- D., Villarreal, F., Necochea-Mondragón, H., ... & Ceballos-Reyes, G. (2017). Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 378-386.
- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V., Vandenberghe, L. P., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., ... & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste management*, 90, 72-83.
- Villamizar-Jaimes, A. R., & López-Giraldo, L. J. (2017). Cáscara de cacao fuente depolifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. *Respuestas*, 22(1), 75-83.
- Vriesmann, L. C., Amboni, R. D. D. M. C., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2011). Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 1173-1181.
- Yapo, B. M., Besson, V., Koubala, B. B., & Koffi, K. L. (2013). Adding value to cacao pod husks as a potential antioxidant-dietary fiber source. *American Journal of Food and Nutrition*, 1(3), 38-46.

