

Artículo

Valorización de cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) para la elaboración de snacks y suplementos funcionales

Utilisation of jackfruit peel (*Artocarpus heterophyllus*) for the production of snacks and functional supplements

Yosselin Dayana Albán Pacheco ^{1*} y Gabriela Beatriz Arias Palma ²

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Posgrado en Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, San Felipe Latacunga, Ecuador; <https://orcid.org/0009-0007-9387-3845>

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, San Felipe Latacunga, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0003-2648-7999>, gabriela.arias@utc.edu.ec

* Correspondencia: yosselin.alban1462@utc.edu.ec

Cita: Albán Pacheco, . Y. D., & Arias Palma, G. B. (2026). Valorización de cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) para la elaboración de snacks y suplementos funcionales. *Multidisciplinar y Collaborative Journal*, 4(1), 428-446. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/139>.

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/139>

Recibido: 01/02/2026
Revisado: 11/03/2026
Aceptado: 16/03/2026
Publicado: 18/03/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: La generación de residuos agroindustriales derivados del procesamiento de frutas tropicales representa un desafío ambiental y una oportunidad para el desarrollo de ingredientes funcionales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial de valorización de la cáscara de *Artocarpus heterophyllus* para la elaboración de snacks y un suplemento funcional en polvo. La cáscara fue sometida a procesos de selección, secado controlado (60 ± 2 °C), molienda y tamizado, y posteriormente caracterizada mediante análisis proximal, actividad de agua, contenido de fibra dietaria total, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS). A partir de la harina obtenida se formularon tres tratamientos de snack (5 %, 10 % y 15 % de incorporación) y un suplemento constituido por 100 % harina, los cuales fueron evaluados desde el punto de vista fisicoquímico, funcional y sensorial. Los resultados evidenciaron un bajo contenido de humedad ($8,42 \pm 0,18$ %), elevada fibra dietaria total ($21,86 \pm 0,54$ g/100 g ms) y presencia significativa de compuestos fenólicos ($18,74 \pm 0,63$ mg EAG/g ms), con actividad antioxidante moderada. Los productos desarrollados conservaron una fracción relevante de estos compuestos bioactivos, observándose mayor actividad antioxidante en el suplemento debido a la ausencia de dilución en la matriz. La evaluación sensorial mostró aceptabilidad favorable y comportamiento homogéneo entre formulaciones, sin diferencias significativas. En conclusión, la cáscara de *Artocarpus heterophyllus* constituye un subproducto viable para el desarrollo de alimentos funcionales, con potencial aplicación en estrategias de economía circular y aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales.

Palabras clave: *Artocarpus heterophyllus*; residuos agroindustriales; fibra dietaria; compuestos fenólicos; economía circular.

Abstract: The generation of agro-industrial waste derived from the processing of tropical fruits contemplates an environmental challenge and an opportunity for the development of functional ingredients. In this context, the study aimed to evaluate the potential for valorization of the bark of *Artocarpus heterophyllus* for the production of snacks and functional supplements. The peel was subjected to cleaning processes, controlled drying (60 ± 2 °C), grinding and sieving, and subsequently characterized by proximal analysis, water activity, total phenolic compound content and antioxidant capacity (DPPH and ABTS). With the flour obtained, snacks and functional supplements were formulated, which were evaluated from the physicochemical, functional and sensory point of view. The results showed a low moisture content ($8.42 \pm 0.18\%$), high total dietary fiber (21.86 ± 0.54 g/100 g DM) and a significant content of phenolic compounds (18.74 ± 0.63 mg EAG/g DM), with antioxidant capacities of up to 56.89 ± 1.74 μ mol TE/g DM. The products developed retained these functional properties and presented favorable levels of sensory acceptability. In conclusion, the husk of *Artocarpus heterophyllus* is a viable by-product for the development of functional foods, contributing to circular economy strategies and the use of agro-industrial waste.

Keywords: *Artocarpus heterophyllus*; agro-industrial waste; dietary fiber; phenolic compounds; circular economy.

1. Introducción

A nivel mundial, el desperdicio de subproductos agroalimentarios se ha convertido en tema recurrente debido a su impacto ambiental, económico y social. Tanto organismos internacionales como la comunidad científica promueven actualmente la valorización de residuos vegetales como insumos dentro de los modelos de economía circular y seguridad alimentaria (Simran et al., 2025). En América Latina, región caracterizada por su alta biodiversidad y producción de frutas tropicales, una proporción considerable de cáscaras, semillas y pulpas no comercializadas se descarta sin aprovechamiento, pese a su riqueza en compuestos bioactivos (Lucero et al., 2026).

Esta situación, según Calderón et al. (2024), abre oportunidades para transformar residuos agrícolas en ingredientes funcionales, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental como a la innovación en la industria alimentaria. Simran et al. (2025) indican que la creciente generación de residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de frutas tropicales constituye un problema ambiental y productivo que impulsa la búsqueda de estrategias de aprovechamiento sostenible.

Uno de aquellos residuos, según menciona Bravo (2023), es la cáscara de la yaca (*Artocarpus heterophyllus*) constituye entre aproximadamente 35 y 45 % del peso total del fruto, lo que la convierte en uno de los principales subproductos generados durante su procesamiento. Desde el punto de vista estructural, Cherne et al. (2025), expone que está conformada por una matriz compleja de polisacáridos de pared celular, principalmente celulosa, hemicelulosa y

fracciones de pectinas, además de compuestos fenólicos ligados y minerales. Según Fajardo y Lituma, (2020), sostienen que dicha composición confiere a la cáscara una elevada resistencia mecánica y estabilidad, pero también limita su aprovechamiento convencional, razón por la cual suele ser descartada sin un tratamiento previo orientado a su valorización agroindustrial. Esta fracción presenta contenidos apreciables de fibra dietaria total (superiores al 40 % en base seca) y concentraciones relevantes de compuestos fenólicos, con valores reportados en rangos de 15–25 mg EAG/g de materia seca, lo que evidencia su potencial funcional (Ye et al., 2025).

Acorde a Rodriguez (2022) argumenta que la liberación y estabilización de estos componentes mediante operaciones de secado, reducción de tamaño y formulación permite transformar la cáscara en un ingrediente con aplicaciones en el desarrollo de alimentos funcionales y suplementos. Según Jurado et al. (2023), contribuye tanto al incremento del valor agregado del cultivo como a la consolidación de estrategias de sostenibilidad y aprovechamiento integral de recursos agroalimentarios; asimismo, Ortega et al. (2025), sostiene que, en la economía circular y producción alimentaria, la valorización de este residuo es una alternativa para reducir el impacto ambiental y generar ingredientes de valor agregado.

La yaca tiene un tamaño considerable, sus medidas oscilan entre 25 y 95 cm de longitud y de 20 a 50 cm de diámetro, presenta una cáscara gruesa, fibrosa, de textura rugosa que representa una fracción significativa de su peso total, que contiene una matriz estructural rica en polisacáridos no digeribles, fibra dietética insoluble, además de compuestos fenólicos, flavonoides y pigmentos naturales (Durazno et al., 2024). Los autores Villalba et al., (2023) señalan que dicha cáscara contiene cantidades apreciables de polifenoles y presenta capacidad antioxidante, eso indica su posible aplicación como ingrediente funcional en productos alimenticios y suplementos nutricionales.

En concordancia con Garcia et al. (2025), también se han identificado minerales y pequeñas cantidades de proteínas y lípidos, lo que le confiere interés desde el punto de vista nutricional y tecnológico. Ortega et al. (2025), añade que sus características físicas, como capacidad de absorción de agua y formación de estructura, la convierten en una materia prima con potencial para aplicaciones en productos alimenticios con valor funcional.

En esencia, Cervantes (2018) los subproductos vegetales pueden incorporarse en matrices alimentarias sin perder sus propiedades bioactivas, contribuyendo al desarrollo de alimentos con beneficios adicionales para la salud, el potencial de las cáscaras de frutas tropicales como fuentes de antioxidantes naturales, fibras funcionales y compuestos con actividad antimicrobiana y antiinflamatoria. Carvajal (2023), argumenta limitaciones en investigación enfocada en la aplicación directa de la cáscara de yaca en el desarrollo de snacks y suplementos funcionales, especialmente en lo relacionado a su estabilidad

durante el procesamiento, su efecto en las propiedades sensoriales y su contribución al perfil nutricional final.

La generación de residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de frutas tropicales, como *A. heterophyllus*, representa un problema ambiental y productivo debido a su disposición inadecuada y a la falta de estrategias de aprovechamiento con enfoque en calidad (Alonso, 2024). En el contexto local, la cáscara de yaca no es valorizada ni utilizada como ingrediente alimentario, a pesar de su potencial funcional. La ausencia de información técnica sobre su caracterización, estabilidad y aceptabilidad limita su incorporación en productos alimentarios seguros y de calidad, como snacks y suplementos funcionales (Bravo, 2023).

En Ecuador, la cáscara de yaca constituye un subproducto agroindustrial que actualmente se desaprovecha y posee un bajo valor comercial, a pesar de su potencial como fuente de compuestos bioactivos y fibra dietética (Bravo, 2023). Esta situación genera varios problemas: la pérdida de una materia prima funcional que podría integrarse en la industria alimentaria, la limitada innovación en la elaboración de snacks y suplementos funcionales, y la escasa información sobre su composición, propiedades funcionales y viabilidad tecnológica, lo que dificulta garantizar productos de calidad.

Asimismo, asegurar la calidad de los alimentos elaborados con harina de cáscara de yaca requiere atender aspectos de inocuidad, estabilidad y consistencia en las características fisicoquímicas, en concordancia con los lineamientos normativos vigentes (Carvajal, 2023). En este sentido, las normas ecuatorianas NTE INEN 1334-1, 1334-2 y 1334-3 establecen criterios para el rotulado y la información nutricional de alimentos procesados, constituyéndose en un marco de referencia fundamental para el desarrollo de alimentos funcionales a partir de materias primas alternativas.

En este contexto, el planteamiento del problema, establece que: la incorporación de cáscara de yaca como materia prima funcional puede mejorar el valor nutricional y bioactivo de snacks y suplementos sin afectar su aceptabilidad sensorial. Aquel subproducto posee compuestos bioactivos y propiedades funcionales capaces de incrementar el valor nutricional de los productos, asegurando al mismo tiempo su calidad conforme a los criterios normativos y las expectativas del consumidor en el ámbito agroindustrial ecuatoriano.

Frente a estos problemas, el objetivo del estudio es evaluar el potencial de valorización de la cáscara de yaca como ingrediente funcional en la elaboración de snacks y suplementos, determinando su composición bioactiva, caracterizando sus propiedades funcionales y asegurando su viabilidad de incorporación en matrices alimentarias de alto valor agregado. Este enfoque permite desarrollar productos que no solo aprovechen un subproducto agroindustrial, sino que también cumplan con estándares de calidad, normativos

y de aceptación sensorial, contribuyendo al fortalecimiento de la industria agroalimentaria ecuatoriana.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo–comparativo y diseño transversal, orientada a la valorización agroindustrial de la cáscara de *A. heterophyllus* para la elaboración de snacks y suplementos funcionales. El estudio corresponde a una investigación aplicada, ya que busca transformar un subproducto agroindustrial en un ingrediente funcional con potencial uso alimentario. Para el sustento teórico y la selección de los procedimientos empleados se consideraron antecedentes científicos relacionados con la valorización de subproductos agroindustriales y el desarrollo de alimentos funcionales.

2.1. Caracterización de la harina de yaca

La recolección de los datos se realizó por etapas, correspondientes a la caracterización de la harina de cáscara de yaca y a la evaluación de las formulaciones desarrolladas, sin seguimiento temporal de las variables, lo que permitió un análisis puntual de las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de los productos obtenidos. La materia prima estuvo constituida por 10 kg de cáscara fresca de yaca, proveniente de frutos maduros y sanos, que fueron obtenidos en el mercado de la parroquia Pucayacu, cantón La Maná.

La cáscara fue sometida a selección para eliminar material deteriorado, seguida de lavado, desinfección y acondicionamiento físico. Posteriormente, se realizó un secado controlado, molienda y tamizado, hasta la obtención de una harina homogénea, con un rendimiento aproximado del 23 % en base seca. En una primera etapa, la harina de cáscara de yaca fue caracterizada mediante análisis fisicoquímicos, que incluyeron la determinación de humedad, pH, cenizas, actividad de agua y análisis proximal (proteína, grasa y carbohidratos), realizados conforme a metodologías estandarizadas AOAC.

Asimismo, se efectuaron análisis funcionales, que comprendieron la determinación del contenido de fibra dietaria total, el contenido de compuestos fenólicos totales mediante el método de Folin–Ciocalteu y la evaluación de la capacidad antioxidante a través de los ensayos in vitro DPPH y ABTS. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, empleando muestras previamente homogenizadas.

En la Tabla 1, se expone la formulación de los snacks funcionales establecidos en base porcentual (p/p), considerando la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de yaca en niveles del 5 %, 10 % y 15 %, correspondientes a los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. En todas las formulaciones se mantuvieron constantes las proporciones de agua, aceite vegetal y sal, con el fin de evaluar exclusivamente el efecto del nivel de incorporación del ingrediente

funcional sobre las propiedades del producto final. Adicionalmente, se consideró una muestra constituida por harina de cáscara de yaca al 100 %, presentada como suplemento funcional en polvo y evaluada de manera independiente con fines comparativos.

Tabla 1. Formulación porcentual de los snacks

Ingrediente	T1 (5 %)	T2 (10 %)	T3 (15 %)
Harina de trigo	55 %	50 %	45 %
Harina de cáscara de yaca	5 %	10 %	15 %
Agua	25 %	25 %	25 %
Aceite vegetal	10 %	10 %	10 %
Sal	5 %	5 %	5 %
Total	100 %	100 %	100 %

Nota: Las formulaciones se expresan en base porcentual (p/p). T1, T2 y T3 corresponden a sustituciones del 5 %, 10 % y 15 % de harina de trigo por harina de cáscara de yaca. La harina al 100 % fue evaluada como suplemento funcional de manera independiente.

Las formulaciones obtenidas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos y funcionales, aplicando los mismos criterios metodológicos utilizados para la harina base, con el fin de evaluar el efecto de la incorporación del ingrediente funcional sobre las características del producto final. A continuación, se detalla el proceso de elaboración de los snacks:

2.2. Proceso productivo

La secuencia de operaciones incluyó etapas de selección y saneamiento, acondicionamiento físico, secado convectivo y reducción de tamaño, hasta la obtención de una harina apta para su formulación y posteriormente los snacks. La representación esquemática del proceso se muestra en la Tabla 2, facilitando la comprensión y reproducibilidad del procedimiento.

Tabla 2. Proceso de elaboración de los snacks

Etapas	Operación unitaria	Descripción técnica	Condiciones operativas	Resultado esperado
1	Selección	Clasificación manual de cáscaras sanas, sin daño mecánico ni contaminación visible	—	Materia prima apta para procesamiento
2	Lavado	Remoción de impurezas y residuos de pulpa con agua potable	2–3 bar / 3 min	Superficie limpia
3	Desinfección	Inmersión en solución de hipoclorito de sodio	100 ppm / 5 min	Reducción de carga microbiana
4	Corte y acondicionamiento	Troceado para uniformizar tamaño y favorecer secado	Fragmentos de 2–3 cm	Transferencia térmica uniforme
5	Secado convectivo	Deshidratación para reducción de humedad	60 ± 2 °C / 10–12 h	Humedad < 10 %
6	Molienda	Reducción de tamaño de partícula	Molino de cuchillas	Polvo fino
7	Tamizado	Estandarización granulométrica	Malla 250 µm	Harina homogénea
8	Formulación	Incorporación de harina de cáscara en mezcla base (harina de trigo, agua, aceite, sal)	5 %, 10 % y 15 % (p/p)	Mezcla funcional

9	Mezclado y amasado	Homogeneización e integración de ingredientes	10–15 min	Masa uniforme
10	Moldeado	Formación de unidades individuales	Espesor aprox. 5 mm	Piezas uniformes
11	Horneado	Cocción térmica para desarrollo de textura y color	160–180 °C / 15–25 min	Snack crujiente
12	Enfriado	Estabilización del producto final	Temp. ambiente / 20–30 min	Producto listo para evaluación

Nota. La tabla muestra en forma sintética el proceso de elaboración de los snacks a partir de la cáscara de yaca.

2.2.1. Elaboración de harina

La cáscara de *A. heterophyllum* utilizada en el estudio provino de frutos maduros y sanos. Se trabajó con una masa inicial de 10 kg de cáscara fresca, la cual fue sometida a una selección manual, eliminando material deteriorado, con presencia de daños mecánicos o contaminación visible. Posteriormente, la materia prima seleccionada fue lavada con agua potable a presión moderada (2–3 bar) durante aproximadamente 3 minutos, con el objetivo de remover residuos de pulpa adherida, suciedad superficial y contaminantes físicos.

Luego del saneamiento, la cáscara fue sometida a desinfección mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración aproximada de 100 ppm, durante 5 minutos, seguida de un enjuague con agua para eliminar residuos del agente desinfectante. Esta etapa permitió asegurar condiciones sanitarias adecuadas para el procesamiento agroindustrial del subproducto. La cáscara desinfectada fue sometida a acondicionamiento físico mediante corte controlado, obteniéndose fragmentos con dimensiones aproximadas de 2–3 cm, con el fin de favorecer una transferencia de calor uniforme durante la etapa de secado.

El control del tamaño de partícula inicial permitió reducir gradientes térmicos y evitar zonas con humedad residual elevada que pudieran comprometer la estabilidad del material. El material acondicionado fue sometido a secado convectivo con circulación de aire caliente, empleando una temperatura controlada de 60 ± 2 °C, durante un período de 10 a 12 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 10 % y valores de actividad de agua cercanos a 0,52, consistentes con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica.

Estas condiciones de secado fueron seleccionadas para reducir la carga microbiana y garantizar la estabilidad del producto intermedio, minimizando simultáneamente la degradación térmica de compuestos bioactivos, especialmente polifenoles. Una vez finalizado el secado, la cáscara deshidratada fue sometida a molienda mecánica, utilizando un molino convencional de cuchillas, hasta obtener un polvo fino. Posteriormente, el material molido fue sometido a tamizado, empleando una malla de 250 μm , con el objetivo de estandarizar el tamaño de partícula y eliminar fracciones de mayor granulometría. Este procedimiento permitió obtener una harina homogénea,

adecuada para su incorporación en matrices alimentarias y con propiedades tecnológicas favorables. A partir del proceso de secado y molienda, se obtuvo un rendimiento aproximado del 23 % en base seca, equivalente a 2,3 kg de harina a partir de los 10 kg iniciales de cáscara fresca, valor consistente con subproductos de naturaleza lignocelulósica provenientes de frutas tropicales.

La harina de cáscara de yaca obtenida es fraccionada, en porciones estandarizadas y acondicionado en envases herméticos, de polietileno, protegidos de la luz y almacenados a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y humedad relativa controlada, con el fin de minimizar la absorción de humedad y la exposición a agentes externos, garantizando la estabilidad físico-química y funcional del suplemento durante su almacenamiento y posterior evaluación; dicha harina es utilizada en la elaboración de snacks.

2.2.2. Elaboración de los snacks

Para la elaboración de los snacks, la harina de cáscara de yaca fue incorporada en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % (p/p) dentro de formulaciones sólidas, en combinación con ingredientes estructurantes y aglutinantes de uso alimentario. Las mezclas fueron homogeneizadas de manera manual y posteriormente sometidas a un proceso térmico de horneado a 160 ± 5 °C durante 15–20 minutos, hasta la obtención de productos sólidos con textura crujiente y estabilidad estructural. Estas formulaciones permitieron evaluar el efecto de la concentración de harina de cáscara sobre el comportamiento tecnológico y sensorial del producto final.

En el caso del suplemento funcional, la harina de cáscara de yaca fue utilizada como ingrediente principal, en una proporción del 100 %, obteniéndose un producto en forma de polvo fino, que fue acondicionado en envases herméticos y evaluado directamente en términos de estabilidad fisicoquímica, contenido de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y aceptabilidad sensorial.

La evaluación sensoria se realizó mediante un panel semientrenado. Las muestras correspondientes a las distintas formulaciones fueron codificadas y presentadas de manera aleatoria, bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura, garantizando la imparcialidad del proceso. Cada tratamiento valorado individualmente, utilizando una escala hedónica estructurada de nueve puntos para los atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global, lo que permitió comparar el desempeño sensorial de los productos elaborados.

2.3. Diseño de la investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA) de tipo unifactorial, donde el factor de estudio correspondió al nivel de incorporación de harina de cáscara de *A. heterophyllus* en las formulaciones de: 5%, 10%, 15% y 100% para el suplemento. Cada tratamiento fue evaluado por triplicado ($n = 3$), permitiendo analizar el efecto de la concentración del

ingrediente funcional sobre las variables fisicoquímicas, funcionales y sensoriales determinadas.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el software SPSS, aplicando análisis estadísticos descriptivos y comparación de medias cuando fue necesario. Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar ($\bar{x} \pm DE$). Previamente se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$ para determinar diferencias estadísticas entre formulaciones. Este procedimiento permitió evaluar la variabilidad de los datos y asegurar la consistencia y reproducibilidad de los resultados.

3. Resultados

Resultados de la caracterización y evaluación funcional de la cáscara de yaca

A través de la Tabla 3, se observan los resultados de la caracterización fisicoquímica muestran que la cáscara de yaca procesada presentó un contenido de humedad inferior al 10%, lo que evidencia la efectividad del proceso de secado y favorece la estabilidad del material durante su almacenamiento. El valor de pH ligeramente ácido indica condiciones adecuadas para su incorporación en formulaciones alimentarias, mientras que el contenido de cenizas refleja una fracción mineral apreciable, característica de subproductos vegetales, lo que respalda su potencial como ingrediente de valor agregado.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de yaca procesada

Parámetro	Valor medio \pm DE
Humedad (%)	8,42 \pm 0,18
pH	5,63 \pm 0,07
Cenizas (%)	6,85 \pm 0,22
Actividad de agua (aw)	0,52 \pm 0,01

Nota: Los valores corresponden al promedio de tres determinaciones realizadas sobre muestra seca.

Composición nutricional y contenido de fibra

La composición nutricional evidenciada en la Tabla 4 confirma que la cáscara de yaca presenta un perfil compatible con su uso como ingrediente funcional en matrices alimentarias. El contenido de carbohidratos (64,37 \pm 0,85 g/100 g ms) constituye la fracción mayoritaria, asociada principalmente a polisacáridos estructurales y no estructurales propios de tejidos vegetales, lo que contribuye tanto a la funcionalidad tecnológica como al aporte energético moderado del material. Este comportamiento es característico de subproductos lignocelulósicos provenientes de frutas tropicales y resulta favorable para aplicaciones donde se requiere capacidad estructurante y estabilidad física.

El contenido de fibra dietaria total (21,86 \pm 0,54 g/100 g ms) representa el componente de mayor interés funcional, situando a la cáscara de yaca dentro de la categoría de ingredientes ricos en fibra. Esta fracción fibrosa está compuesta

principalmente por celulosa, hemicelulosa y pectinas, las cuales desempeñan un rol clave en propiedades tecnológicas como la capacidad de retención de agua, viscosidad y formación de estructura. Desde el punto de vista nutricional, este nivel de fibra favorece aplicaciones orientadas a productos funcionales asociados a salud digestiva y control metabólico.

Tabla 4. Composición nutricional y contenido de fibra de la cáscara de yaca

Componente	Contenido (g/100 g de muestra seca)
Proteína	6,12 ± 0,15
Grasa	2,04 ± 0,09
Carbohidratos	64,37 ± 0,85
Fibra dietaria total	21,86 ± 0,54
Valor energético (kcal/100 g)	302,5 ± 4,1

Nota: Resultados expresados en base seca. La fibra dietaria representa el principal componente funcional.

El contenido proteico ($6,12 \pm 0,15$ g/100 g ms), aunque moderado, resulta relevante considerando que se trata de un subproducto agroindustrial tradicionalmente descartado. Esta fracción proteica puede contribuir al valor nutricional del producto final, especialmente en formulaciones donde la harina de cáscara de yaca se combina con otras fuentes proteicas. Por otro lado, el bajo contenido de grasa ($2,04 \pm 0,09$ g/100 g ms) constituye una ventaja tecnológica y nutricional, ya que reduce la susceptibilidad a procesos de oxidación lipídica y prolonga la estabilidad durante el almacenamiento.

El valor energético estimado ($302,5 \pm 4,1$ kcal/100 g ms) refleja un balance adecuado entre aporte calórico y densidad funcional, lo que posiciona a la cáscara de yaca como un ingrediente viable para el desarrollo de snacks y suplementos con perfil nutricional controlado. En conjunto, dichos resultados de evidencian que este subproducto no solo aporta fibra dietaria en concentraciones relevantes, sino que también presenta una composición equilibrada que respalda su valorización agroindustrial y su incorporación en formulaciones orientadas a alimentos funcionales de valor agregado.

Rendimiento del proceso de obtención de harina

En la Tabla 5 se presenta el comportamiento del proceso de obtención de harina de cáscara de yaca. A partir de la masa inicial de cáscara fresca, las etapas de secado y molienda permitieron alcanzar un rendimiento aproximado del 23 % en base seca, lo que evidencia una adecuada eficiencia del esquema de valorización aplicado.

Este resultado es consistente con los valores reportados para la transformación de subproductos lignocelulósicos provenientes de frutas tropicales, caracterizados por su alto contenido inicial de humedad. La reducción significativa de agua durante el secado favorece la estabilidad del material y facilita la posterior etapa de molienda, permitiendo obtener una harina con propiedades físicas apropiadas para su aprovechamiento.

Tabla 5. Rendimiento del proceso de obtención de harina de cáscara de yaca

Parámetro	Valor
Cáscara fresca inicial (kg)	10,0
Harina obtenida (kg, base seca)	2,3
Rendimiento del proceso (%)	23,0

Nota. El rendimiento se calculó en base seca tras el secado y la molienda.

Análisis de compuestos bioactivos

En la Tabla 6 se expone el análisis de compuestos bioactivos, el cual evidencia la presencia de un contenido relevante de compuestos fenólicos totales, acompañado de una capacidad antioxidante medible mediante los ensayos DPPH y ABTS. Estos resultados evidencian que, a pesar de tratarse de un subproducto, la cáscara de yaca conserva compuestos con actividad antioxidante, lo que contribuye al carácter funcional de los snacks y suplementos elaborados a partir de este material.

Tabla 6. Contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

Parámetro funcional	Valor medio \pm DE
Fenoles totales (mg EAG/g ms)	18,74 \pm 0,63
Capacidad antioxidante DPPH (μ mol TE/g ms)	42,15 \pm 1,28
Capacidad antioxidante ABTS (μ mol TE/g ms)	56,89 \pm 1,74

Nota: La tabla indica una actividad antioxidante moderada asociada al contenido de compuestos fenólicos.

La evaluación tecnológica de las formulaciones elaboradas con diferentes proporciones de cáscara de yaca, expuesta en la Tabla 7, evidenció un comportamiento adecuado del polvo como ingrediente funcional. Las formulaciones con menores concentraciones mostraron mejor homogeneidad y textura, mientras que concentraciones más elevadas generaron productos con mayor compactación, aunque dentro de rangos aceptables.

Adicionalmente, la harina de cáscara de yaca al 100 % fue considerada como suplemento funcional en polvo, debido a su alta concentración de compuestos bioactivos y fibra dietaria, siendo evaluada bajo los mismos parámetros fisicoquímicos y funcionales con fines comparativos respecto a las formulaciones tipo snack. El polvo presentó estabilidad y granulometría homogénea, lo que facilita su uso como ingrediente o producto final.

Tabla 7. Formulación y evaluación tecnológica de snacks y suplemento (harina al 100%)

Producto	Proporción de cáscara (%)	Comportamiento tecnológico
Snack T1	5 %	Buena homogeneidad y textura crujiente
Snack T2	10 %	Adecuada estabilidad, ligera dureza
Snack T3	15 %	Textura más compacta, aceptable
Suplemento	100 %	Polvo fino, estable y homogéneo

Nota: Las formulaciones mostraron comportamiento tecnológico adecuado para su aplicación alimentaria.

Contenido de compuestos bioactivos en los productos elaborados

En la Tabla 8, se presentan los valores de compuestos fenólicos totales determinados en las formulaciones elaboradas. Se observa un incremento progresivo en el contenido fenólico a medida que aumenta el nivel de incorporación de harina de cáscara de yaca en los snacks, registrándose $14,6 \pm 0,7$ mg EAG/g ms para el tratamiento T1 (5 %), $15,8 \pm 0,6$ mg EAG/g ms para T2 (10 %) y $16,7 \pm 0,9$ mg EAG/g ms para T3 (15 %).

La harina al 100 % presentó el valor más elevado ($18,1 \pm 0,8$ mg EAG/g ms), lo que confirma su mayor concentración de compuestos bioactivos en comparación con las formulaciones tipo snack. Estos resultados evidencian que el contenido fenólico está directamente influenciado por el nivel de incorporación del ingrediente funcional y por el efecto de dilución generado por los demás componentes de la matriz alimentaria.

Tabla 8. Compuestos fenólicos totales en snacks y suplemento de cáscara de yaca

Muestra	Nivel de incorporación de harina de cáscara de yaca	Contenido fenólico total (mg EAG/g ms)
Snack T1	5 %	$14,6 \pm 0,7$
Snack T2	10 %	$15,8 \pm 0,6$
Snack T3	15 %	$16,7 \pm 0,9$
Harina 100 % (muestra base comparativa)	100 %	$18,74 \pm 0,63$

Nota. Los valores se expresan como media \pm desviación estándar ($\bar{x} \pm DE$), obtenidos a partir de análisis por triplicado ($n = 3$). Se determinó mediante el método de Folin–Ciocalteu y se expresó como equivalentes de ácido gálico (EAG) en base seca.

En la Tabla 9 se presentan los valores de capacidad antioxidante determinados mediante el método DPPH. Se observa un incremento progresivo conforme aumenta el nivel de incorporación de harina de cáscara de yaca en los snacks, registrándose $18,6 \pm 1,2$ $\mu\text{mol TE/g ms}$ para el tratamiento T1 (5 %), $21,4 \pm 1,5$ $\mu\text{mol TE/g ms}$ para T2 (10 %) y $32,8 \pm 2,1$ $\mu\text{mol TE/g ms}$ para T3 (15 %). La harina al 100% presentó el valor más elevado ($35,6 \pm 2,4$ $\mu\text{mol TE/g ms}$), evidenciando su mayor concentración de compuestos con actividad antioxidante. Estos resultados confirman que la capacidad antioxidante está directamente influenciada por el nivel de incorporación del ingrediente funcional en la matriz alimentaria.

Tabla 9. Capacidad antioxidante de snacks y suplemento de cáscara de yaca

Muestra	Nivel de incorporación	Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/g ms}$)
Snack T1	5 %	$18,6 \pm 1,2$
Snack T2	10 %	$21,4 \pm 1,5$
Snack T3	15 %	$32,8 \pm 2,1$
Harina 100 % (muestra base comparativa)	100 %	$35,6 \pm 2,4$

Nota. Los valores se expresan como media \pm desviación estándar ($\bar{x} \pm DE$), obtenidos por triplicado ($n = 3$). La capacidad antioxidante fue determinada mediante el método DPPH y se expresó como micromoles equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra seca.

Evaluación sensorial de los productos elaborados

Los resultados de la evaluación sensorial, expuestos en la tabla 10, evidencian que las tres formulaciones de snack y el suplemento a base de harina de cáscara de yaca presentaron niveles de aceptabilidad global comprendidos entre 6,6 y

7,0 en la escala hedónica de nueve puntos, lo que indica una percepción favorable por parte del panel evaluador. En los snacks, la Formulación A registró la mayor puntuación en textura ($7,3 \pm 0,7$), lo que sugiere un comportamiento estructural más adecuado a menores niveles de incorporación, mientras que las formulaciones con mayor proporción mostraron ligera variación en dureza sin comprometer la aceptabilidad.

En el caso del suplemento (100% harina), los atributos de aroma y sabor alcanzaron valores cercanos a 7,0, evidenciando que, pese a tratarse de un producto sin matriz estructurante adicional, mantiene características organolépticas aceptables. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), lo que confirma que el incremento en la proporción de harina de cáscara no genera un impacto sensorial adverso relevante.

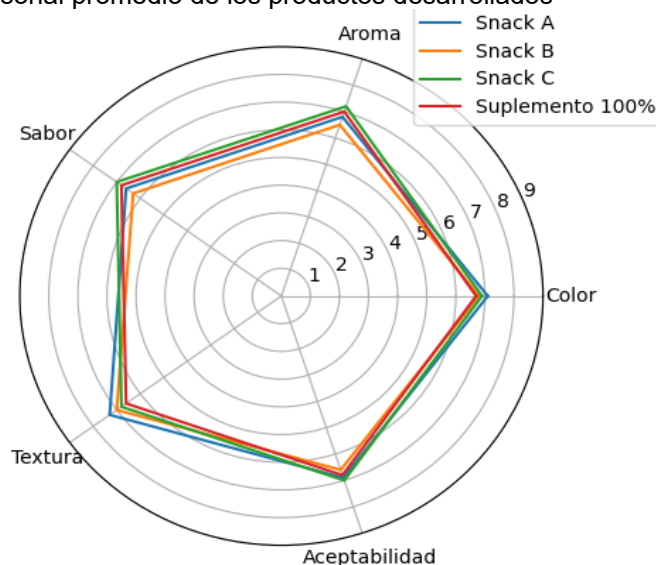
Tabla 10. Evaluación sensorial de snacks y suplementos funcionales

Producto	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación global
Snack T1	$7,1 \pm 0,8^a$	$6,8 \pm 0,9^a$	$6,6 \pm 1,0^a$	$7,3 \pm 0,7^a$	$6,9 \pm 0,8^a$
Snack T2	$6,8 \pm 0,9^a$	$6,5 \pm 1,0^a$	$6,3 \pm 1,1^a$	$7,0 \pm 0,8^a$	$6,6 \pm 0,9^a$
Snack T3	$6,9 \pm 0,8^a$	$7,2 \pm 0,7^a$	$7,0 \pm 0,8^a$	$6,8 \pm 0,9^a$	$7,0 \pm 0,7^a$
Harina 100 % (muestra base comparativa)	$6,7 \pm 0,9^a$	$7,0 \pm 0,8^a$	$6,8 \pm 0,9^a$	$6,6 \pm 1,0^a$	$6,8 \pm 0,8^a$

Nota. Los resultados corresponden a datos experimentales expresados en unidades del Sistema Internacional (SI), reportados como $\bar{x} \pm DE$ ($n = 3$).

La Figura 1 presenta el perfil sensorial comparativo de los tres tratamientos de snack y del suplemento (harina de cáscara de yaca al 100 %). Se observa un comportamiento equilibrado entre las formulaciones, evidenciando una aceptación general favorable en todos los atributos evaluados. En los snacks, la textura y el color muestran una ligera tendencia a mejor desempeño en las formulaciones con menor nivel de incorporación, mientras que el suplemento mantiene una percepción sensorial estable en aroma y sabor.

Figura 1. Perfil sensorial promedio de los productos desarrollados



Nota. Perfil sensorial mediante escala hedónica estructurada de 9 puntos, evaluando los atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global.

Se observa una tendencia a mayores calificaciones en los atributos de textura y color, lo que sugiere que la incorporación de harina de cáscara de *A. heterophyllum* no compromete las características estructurales ni visuales del producto, aspectos clave en la percepción inicial del consumidor. Asimismo, las barras de error indican una variabilidad moderada entre las respuestas del panel, lo que denota consistencia en la evaluación sensorial.

Con el fin de garantizar la viabilidad comercial y el cumplimiento regulatorio de los productos desarrollados, se realizó una verificación comparativa entre la composición nutricional obtenida y los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana vigente para rotulado de alimentos procesados, particularmente las normas NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3, los resultados se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Verificación del cumplimiento normativo según INEN

Parámetro	Resultado (base seca)	Criterio INEN	
Fibra dietaria total	21,86 g/100 g	≥ 6 g/100 g para declarar "alto en fibra"	Sí
Grasa total	2,04 g/100 g	≤ 3 g/100 g para declarar "bajo en grasa"	Sí
Valor energético	302,5 kcal/100 g	Declaración obligatoria en rotulado nutricional	Sí
Proteína	6,12 g/100 g	Declaración obligatoria en tabla nutricional	Sí

Nota. Los criterios corresponden a los lineamientos establecidos en las normas ecuatorianas para rotulado de alimentos procesados, específicamente NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

Este análisis permitió determinar que la harina de cáscara de *A. heterophyllum* cumple con los parámetros requeridos para su declaración como alimento alto en fibra y bajo en grasa, además de presentar información nutricional cuantificable conforme a los lineamientos obligatorios de etiquetado.

4. Discusión

4.1. Propiedades fisicoquímicas y composición de la cáscara de yaca

Los resultados de caracterización fisicoquímica obtenidos para la harina de cáscara de *A. heterophyllum* evidencian condiciones adecuadas para su estabilidad y aplicación tecnológica. El contenido de humedad inferior al 10 % y la actividad de agua reducida concuerdan con lo reportado por Durazno et al. (2024), quienes describen valores similares en subproductos deshidratados de yaca, destacando que estos parámetros son determinantes para garantizar estabilidad microbiológica y prolongar la vida útil.

Asimismo, García et al. (2025) señalan que harinas derivadas de cáscara de yaca presentan comportamientos fisicoquímicos comparables cuando son sometidas a secado convectivo controlado, lo que respalda la efectividad del proceso aplicado en este estudio. En cuanto a la composición nutricional, el elevado contenido de fibra dietaria total posiciona a la cáscara de yaca como un ingrediente funcional relevante. Estos hallazgos son consistentes con lo

reportado por Villalba et al. (2023), quienes indican concentraciones superiores al 20 % en base seca en subproductos de esta especie.

4.2. Compuestos bioactivos y comportamiento funcional de los productos

La presencia predominante de polisacáridos estructurales, como celulosa y hemicelulosa, explica el comportamiento tecnológico observado en las formulaciones de snack, particularmente la mayor compactación en los tratamientos con mayor proporción de harina, fenómeno también descrito por Jurado et al. (2023) al incorporar residuos vegetales ricos en fibra en matrices alimentarias.

Respecto al contenido de compuestos bioactivos, los valores de fenólicos totales obtenidos se encuentran dentro del rango señalado por Villalba et al. (2023), quienes reportan concentraciones similares en cáscara de yaca fresca y deshidratada. La capacidad antioxidante medida mediante DPPH y ABTS confirma la presencia de metabolitos con actividad funcional, coincidiendo con lo descrito por Rodríguez (2022), quien destaca que la fracción fenólica de la cáscara conserva actividad antioxidante incluso tras procesos térmicos moderados. En este sentido, el uso de temperaturas controladas durante el secado podría haber favorecido la preservación parcial de dichos compuestos, evitando su degradación significativa.

En los productos elaborados, se observó una relación directa entre el nivel de incorporación de harina y el contenido fenólico en los snacks, mientras que el suplemento formulado con 100 % harina presentó la mayor actividad antioxidante. Este comportamiento coincide con lo señalado por Ortega et al. (2025), quienes sostienen que la concentración del ingrediente funcional influye proporcionalmente en la expresión de propiedades bioactivas en el producto final. La ausencia de dilución en el suplemento explica los valores superiores observados en comparación con los snacks.

4.3. Evaluación y aceptación sensorial de los productos elaborados

Desde el punto de vista sensorial, los resultados evidencian que la incorporación progresiva de harina de cáscara no generó diferencias significativas en la aceptabilidad global, aquel hallazgo coincide con lo reportado por Arias y Villalba (2022), quienes observaron niveles favorables de aceptación en snacks enriquecidos con subproductos vegetales deshidratados. Si bien se registró una ligera tendencia a mayor firmeza en tratamientos con mayor proporción de fibra, esta no afectó de manera determinante la percepción global del producto, lo que respalda la viabilidad sensorial de la formulación.

En efecto, los resultados obtenidos se alinean con la literatura científica que posiciona a la cáscara de *A. heterophyllus* como una fuente potencial de fibra dietaria y compuestos antioxidantes con aplicabilidad en alimentos funcionales. El estudio aporta evidencia experimental que confirma su factibilidad tecnológica

y sensorial en matrices tipo snack y en presentaciones en polvo, contribuyendo a estrategias de valorización de residuos agroindustriales bajo un enfoque de economía circular.

5. Conclusiones

La cáscara de *A. heterophyllus* presenta un perfil fisicoquímico y funcional adecuado para su valorización como ingrediente alimentario, evidenciado por su bajo contenido de humedad ($8,42 \pm 0,18$ %), reducida actividad de agua ($0,52 \pm 0,01$) y elevada proporción de fibra dietaria total ($21,86 \pm 0,54$ g/100 g ms), lo que garantiza estabilidad durante el almacenamiento y aporta propiedades tecnológicas favorables en matrices alimentarias. Asimismo, su contenido de compuestos fenólicos totales ($18,74 \pm 0,63$ mg EAG/g ms) y capacidad antioxidante (hasta $56,89 \pm 1,74$ μ mol TE/g ms por ABTS) confirman que este subproducto conserva metabolitos bioactivos con potencial funcional relevante.

La incorporación de harina de cáscara de *A. heterophyllus* en la formulación de snacks y suplementos funcionales es tecnológicamente viable y permite transferir de manera efectiva sus propiedades bioactivas al producto final, alcanzando contenidos fenólicos de hasta $18,1 \pm 0,8$ mg EAG/g ms y capacidades antioxidantes superiores a $35,6 \pm 2,4$ μ mol TE/g ms en suplementos. Estos niveles funcionales se logran sin afectar negativamente la aceptabilidad sensorial, la cual se mantiene dentro de rangos favorables (6,6–7,0 en escala hedónica de nueve puntos), lo que respalda el potencial de este subproducto como alternativa sostenible para el desarrollo de alimentos funcionales y estrategias de economía circular.

Contribución de los autores: Conceptualización, YDA-P.; metodología, YDA-P.; software YDA-P.; validación, YDA-P.; análisis formal, YDA-P.; investigación, YDA-P. YDA-P.; recursos, YDA-P.; redacción del borrador original, KDZ-B.; redacción, revisión y edición YDA-P.; visualización, YDA-P.; supervisión, GBA-P. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa.

Agradecimientos: Expreso un profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mis amados padres por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional, ustedes han sido parte fundamental de mi vida y para alcanzar cada uno de mis logros académicos. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, particularmente a cada uno de los docentes de posgrado por compartir su experticia y conocimientos durante este enriquecedor proceso académico de maestría.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: yosselin.alban1462@utc.edu.ec

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, G. (2024). Evaluación de las propiedades físico-químicas y fitoquímica de la cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus*). Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/9923/1/ALONSO%20MENDOZA%20GEORGINA.pdf>
- Arias, H., & Villalta, C. (2022). Elaboración de snacks deshidratados a base de tubérculos y hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha, zanahoria) y sus análisis sensorial y bromatológico. Tesis de pregrado: Universidad Dr. José Matías Delgado. Obtenido de <http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/5108/1/0003005-ADTESAE.pdf>
- Brahma, R., & Ray, S. (2022). Análisis en profundidad sobre las posibles aplicaciones de los residuos de cáscara de yaca: un enfoque sistemático. *Avances en la química alimentaria*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100119>
- Bravo, R. (2023). Optimización del secado de *Artocarpus altilis* "Pan de Árbol" mediante la utilización. Tesis de pregrado: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8150/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, C., Calderón, M., & Ragazzo, J. (2024). Subproductos del cultivo de yaca en México: fuente de metabolitos secundarios y proteína. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 2(2), 183-197. Obtenido de <https://revistaenfoques.ciatej.mx/index.php/revistaenfoques/article/view/46/45>
- Carvajal, N. (2023). Estudio de las aplicaciones de los residuos agroindustriales de origen vegetal en la. Tesis de pregrado: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/648bf645-dcbc-48bb-858c-8893a77c5e4c/content>
- Cervantes, J. (2018). La cadena de valor de Yaca (*Artocarpus Heterophyllus*) en el. Tesis de pregrado: Universidad Autónoma de Nayarit. Obtenido de <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2014/1/La%20cadena%20de%20valor%20de%20yaca%20artocarpus%20heterophyllus%20en%20el%20municipio%20de%20san%20blas%2C%20nayarit%2C%202018.pdf>
- Cherne, G., Arguello, J., & Revilla, K. (2025). Aprovechamiento de residuos (cáscara y semilla) de la fruta de pan (*Artocarpus Altilis*) para la obtención de harina. *InvestiGo*, 6(15), 295-205. <https://doi.org/10.56519/s1bc5p80>

- Durazno, L., Espinoza, J., Vásquez, L., Vallejo, C., Rivadeneira, C., Vera, J., & Rodríguez, S. (2024). Caracterización química y nutricional de la cascarilla a partir de la yaca (*Artocarpus Heterophyllus*) para la obtención de una infusión. *Investigo Revista Científica*, 5(9). <https://doi.org/10.56519/re6ekg54>
- Fajardo, S., & Lituma, V. (2020). Elaboración de pellets usando la cáscara de la fruta de pan (*Artocarpus Altilis*) para ser utilizado como un biocombustible. *Revista Ingeniería Química y Desarrollo*, 2(2), 21-33. Obtenido de <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/es/article/view/1753/4112>
- Garcia, M., Villalobos, J., Velázquez, D., Alonso, G., & Hernández, C. (2025). Caracterización de las Propiedades Físicas de Harinas de Pulpa, Cáscara y Semilla de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) para la Valorización de Subproductos Alimentarios. *Ciencia Latina*, 9(6), 95-115. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.20818
- Jimenez, A. (2024). Efecto de la incorporación de harina sustentable de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) En la producción de carne para hamburguesa. Tesis de pregrado: Universidad Autónoma de Hidalgo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/6609>
- Jurado, D., Tulcán, Y., & Rojas, A. (2023). Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), 1-22. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3016
- Larios, M. (2019). EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE UNA BEBIDA TIPO JUGO, FORMULADA A BASE DE FRUTO DE JACA. Tesis de grado: Universidad San Carlos de Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12894/1/Trabajo%20de%20Graduaci%C3%B3n%20-%20Mar%20C3%ADa%20de%20los%20Angeles%20Larios.pdf>
- Lucero, J., Solorzano, A., & Taco, J. (2026). Caracterización físicoquímicas de la cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) para la obtención de un snack innovador. *Generando*, 7(1), 443 -472. Obtenido de <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/925/956>
- Ortega, L., Ayala, M., Nava, G., & Hernández, H. (2025). Uso de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) como residuo agroindustrial en la alimentación animal: Revisión sistemática. *Agronomía Mesoamericana*, 36(1). <https://doi.org/10.15517/am.2025.60851>
- Rodriguez, E. (2022). Evaluación funcional e invitro de la pulpa, semilla, cáscara y hojas de *Artocarpus heterophyllus* (Yaca) en tres estados de madurez.

Tesis de pregrado: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31651>

- Simran, H., Ziphorah, N., Sharma, S., & Jaiswal, A. (2025). Una revisión completa sobre la composición nutricional, los beneficios para la salud y las aplicaciones industriales de las semillas de yaca. *Revista de investigación agrícola y alimentaria*, 19(1). <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101692>
- Tharani, S., & Divakar, S. (2022). Composición nutricional y química de la harina de cáscara de yaca. *Revista asiática de investigación sobre productos lácteos y alimentos*, 1(4), 1-14. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1898>
- Villalba, V., Gama, M., Salmerón, B., & Galindo, G. (2023). Evaluación química, actividad antioxidante y cuantificación de flavonoides de la semilla y cáscara de yaca. *Ciencia Latina*. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4973
- Ye, S., Osman, A., Yadav, D., Moore, C., & Suleri, H. (2025). Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): perfil nutricional, análisis de polisacáridos y oportunidades para el desarrollo de productos. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 60(1), 1-44. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf091>