

Artículo de Revisión

**VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ PARA
ALIMENTOS FUNCIONALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE SU
POTENCIAL TECNOLÓGICO Y FUNCIONAL**

**VALORIZATION OF COFFEE BY-PRODUCTS FOR FUNCTIONAL FOODS: A
SYSTEMATIC REVIEW OF THEIR TECHNOLOGICAL
AND FUNCTIONAL POTENTIAL**

David Agapito Zambrano Vera¹ <https://orcid.org/0000-0002-2121-0205>
Jessy Paulina Guerrero Rubio¹ <https://orcid.org/0000-0002-4714-3610>
Cristian Santiago Jácome Segovia² <https://orcid.org/0009-0000-2468-4097>
María del Carmen Castelo Naveda¹ <https://orcid.org/0000-0002-3629-881X>
Marlene Patricia Mazón Paredes¹ <https://orcid.org/0000-0002-7028-5465>
Reni Danilo Vinocunga-Pillajo^{3*} <https://orcid.org/0000-0001-6698-7846>

¹ Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador.

² Investigador independiente, Ecuador.

³ Centro Amazónico de Investigación y Publicaciones Científicas (CAIPC), Puyo, Pastaza, Ecuador.

Recibido: Mayo 9, 2026; Revisado: Junio 17, 2026; Aceptado: Julio 10, 2026

RESUMEN

Introducción:

La cadena agroindustrial del café genera subproductos con potencial funcional, cuyo aprovechamiento requiere estabilización, inocuidad y adecuación tecnológica.

Objetivo:

Analizar la valorización de subproductos del café para alimentos funcionales, considerando composición, compuestos bioactivos, aplicaciones y limitaciones tecnológicas.

Materiales y Métodos:

Se realizó una revisión sistemática bajo PRISMA con artículos publicados entre 2020 y 2025 sobre pulpa, cáscara, mucílago, pergamino, película plateada y borra de café. Se identificaron 120, luego del proceso de selección, elegibilidad e inclusión, se incorporaron 28 estudios en la revisión.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Reni D. Vinocunga, Email: danilovinocunga@gmail.com



Resultados y Discusión:

Los subproductos del café aportan fibra, proteínas y compuestos bioactivos con potencial en alimentos funcionales, aunque su uso depende del control tecnológico y sensorial.

Conclusiones:

Los subproductos del café presentan potencial para horneados, bebidas, harinas y recubrimientos, siempre que se controlen dosis, estabilidad, perfil sensorial, secado, tamaño de partícula e inocuidad.

Palabras clave: Subproductos agroindustriales; alimentos funcionales; compuestos bioactivos; economía circular.

ABSTRACT

Introduction:

The coffee agro-industrial chain generates byproducts with functional potential, whose utilization requires stabilization, safety, and technological adaptation

Objective:

To analyze the valorization of coffee byproducts for functional foods, considering composition, bioactive compounds, applications, and technological limitations.

Materials and Methods:

A systematic review was conducted under the PRISMA guidelines, including articles published between 2020 and 2025 on coffee pulp, husk, mucilage, parchment, silverskin, and spent coffee grounds. A total of 120 records were identified, after the selection, eligibility, and inclusion process, 28 studies were incorporated into the review.

Results and Discussion:

Coffee byproducts provide fiber, protein, and bioactive compounds with potential in functional foods, although their use depends on technological and sensory control.

Conclusions:

Coffee byproducts show potential for baking, beverages, flours, and coatings, provided that dosage, stability, sensory profile, drying, particle size, and safety are controlled.

Keywords: Agro-industrial byproducts; functional foods; bioactive compounds; circular economy.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el café ha mostrado un crecimiento sostenido en el mercado internacional. Su demanda aumentó 67,9 %, hecho que lo ubica entre los bienes agrícolas de mayor valor comercial a nivel global (Vinocunga-Pillajo et al., 2025). Además, la producción mundial alcanzó 168,500 millones de sacos de 60 kg (Freitas et al., 2024), mientras que el consumo mundial de café pasó de 165,637 millones de sacos de 60 kg en 2017 a 180 millones de sacos en 2024, el crecimiento también se manifestó en Asia, donde China registró un aumento superior al 15 % e India alcanzó un incremento del 12 % entre 2020 y 2023 (Massrie, 2025).

En América Latina, la generación de subproductos del café se relaciona con el volumen de producción y el tipo de beneficio aplicado. En 2025/2026, Centroamérica y México

alcanzarían 17,6 millones de sacos de 60 kg. En Ecuador, la producción se proyecta en 350 mil sacos, equivalentes a 21 mil toneladas de café verde (USDA-FAS, 2025). A partir de los coeficientes reportados para la cadena cafetera, la pulpa representa 43,58 %, el mucílago 14,86 % y la cascarilla 4,2 % del café beneficiado (Gil-Gómez et al., 2024). Mediante estas proporciones, Ecuador podría generar cerca de 9,2 mil toneladas de pulpa, 3,1 mil toneladas de mucílago y 0,9 mil toneladas de cascarilla por ciclo productivo.

La cadena agroindustrial del café presenta una dificultad asociada al manejo de sus subproductos, debido al alto volumen generado y a la baja transformación en ingredientes alimentarios seguros. Pongsiriyakul et al. (2024), estiman que esta cadena produce entre 10 y 15 millones de toneladas anuales de residuos, entre ellos pulpa, cáscara, mucílago, pergamino, película plateada y borra. Esta situación puede generar contaminación por la elevada humedad, carga orgánica y rápida degradación de varias fracciones (Ulsido et al., 2024). Ali & Bhowmik (2025), señalan que aún existen limitaciones técnicas y regulatorias para cerrar el ciclo de aprovechamiento del café a escala industrial. Por ello, el problema se centra en la generación elevada de subproductos del café y en las dificultades que impiden su transformación segura en alimentos funcionales.

La valorización de subproductos del café es necesaria por su aporte a la sostenibilidad y al desarrollo de alimentos funcionales. Vinocunga-Pillajo & Jiménez, (2025), señalan que los residuos agroindustriales contienen carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y compuestos bioactivos, por ello pueden convertirse en ingredientes con valor nutricional y funcional. En el caso del café, Nemzer et al. (2026), indican que residuos como pulpa, cáscara, película plateada y borra contienen fibra dietética, proteínas, lípidos y compuestos bioactivos con potencial para sistemas alimentarios circulares. De manera complementaria, Oktay et al. (2025), reportan que la pulpa de café puede aprovecharse como ingrediente funcional cuando se controlan factores como madurez, sistema de cultivo y secado. Por lo tanto, se requiere reunir evidencia científica sobre la transformación de subproductos del café en alimentos funcionales con menor impacto ambiental y mayor valor agregado.

A pesar del creciente interés por los subproductos del café, la información científica disponible se encuentra dispersa entre estudios sobre composición química, compuestos bioactivos, aplicaciones alimentarias, inocuidad y economía circular. Esta dispersión dificulta identificar qué fracciones presentan mayor potencial funcional, qué procesos permiten su estabilización y qué limitaciones deben considerarse antes de su uso en alimentos.

Por ello, el objetivo de esta revisión fue analizar la valorización de subproductos del café para alimentos funcionales, considerando composición, compuestos bioactivos, aplicaciones y limitaciones tecnológicas. Se consideraron su composición, compuestos bioactivos y aplicaciones alimentarias. Además, se revisaron las limitaciones tecnológicas y de seguridad para su aprovechamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente revisión sistemática fue desarrollada bajo el enfoque metodológico PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021). Esta metodología permitió reunir estudios relacionados con subproductos del café, composición funcional, compuestos bioactivos y aplicaciones en alimentos funcionales,

manteniendo criterios verificables para aceptar o descartar documentos. El procedimiento se dividió en cuatro fases: identificación, selección, elegibilidad e inclusión (Figura 1).

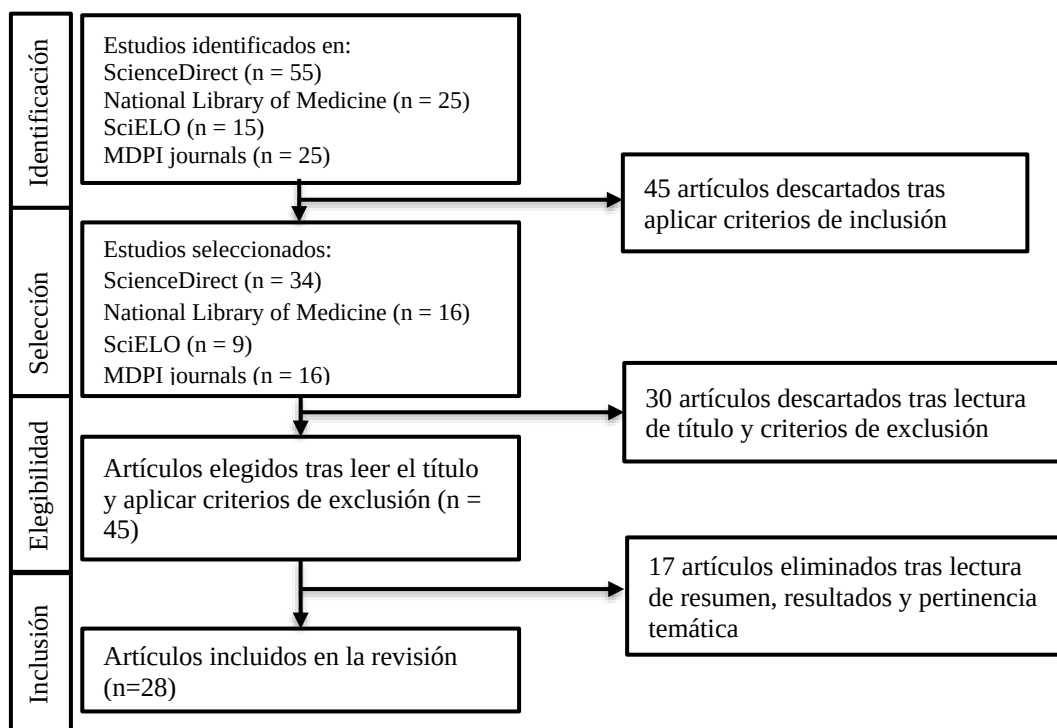


Figura 1. Etapas de la metodología PRISMA

La búsqueda bibliográfica se realizó en *ScienceDirect*, *National Library of Medicine*, *SciELO* y *MDPI journals*, considerando artículos publicados entre 2020 y 2025. Se emplearon operadores booleanos AND y OR, con términos en español e inglés como *coffee by-products*, *coffee pulp*, *coffee husk*, *coffee silverskin*, *spent coffee grounds*, *coffee mucilage*, *functional foods*, *bioactive compounds*, *dietary fiber*, *antioxidant activity*, *food applications* y *edible films*. Se identificaron 120 registros; luego de aplicar los criterios de inclusión se seleccionaron 75 artículos.

La lectura del título y la aplicación de los criterios de exclusión redujeron el conjunto a 45 artículos. Finalmente, tras revisar resumen, resultados y pertinencia temática, se incluyeron 28 estudios en la revisión sistemática. Se aceptaron artículos con revisión por pares relacionados con composición nutricional, compuestos bioactivos, alimentos, bebidas, productos horneados, recubrimientos comestibles, inocuidad y valorización agroindustrial; se descartaron duplicados, publicaciones sin revisión por pares y trabajos centrados en usos no alimentarios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Principales subproductos generados durante el procesamiento del café

Rebollo-Hernanz et al. (2023), separan los subproductos del café según la etapa del proceso: pulpa y mucílago en el beneficio húmedo, cáscara en el beneficio seco, pergamino en la trilla, película plateada en el tostado y borra después de la preparación de la bebida. Gil-Gómez et al. (2024), coinciden con esta clasificación, pero amplían el análisis hacia rutas industriales de aprovechamiento. La diferencia entre los trabajos permite establecer que la etapa donde se genera cada subproducto determina su manejo

posterior: los residuos húmedos requieren estabilización inmediata, mientras los residuos secos permiten almacenamiento y transporte con menor riesgo.

Tabla 1. Principales subproductos generados durante el procesamiento del café

<i>Subproducto</i>	<i>Etapas de generación</i>	<i>Cifras reportadas</i>	<i>Condición tecnológica</i>	<i>Posible ruta de aprovechamiento</i>
Cáscara o <i>husk</i> seco	Beneficio seco y descascarado	Aproximadamente 40 kg por cada 100 kg de café verde; cerca del 45 % de la cereza	Residuo seco, fibroso y de textura rígida	Infusiones, harinas, mezclas con fibra y extracción de fracciones útiles
Pulpa de café	Despulpado en beneficio húmedo	Humedad cercana al 78 %; puede representar una fracción elevada del fruto fresco	Residuo húmedo, perecedero y de rápida fermentación	Secado, estabilización, molienda y transformación en ingredientes alimentarios
Mucílago	Fermentación y lavado	Se remueve durante fermentación natural de 24 a 72 h	Material viscoso, húmedo y fermentable	Fermentación controlada, bebidas, jarabes o sustratos biotecnológicos
Pergamino	Trilla del café seco	Cerca del 6 % del peso seco de la cereza; 39 kg por cada 100 kg de cerezas frescas	Residuo seco, rígido y lignocelulósico	Molienda, extracción, fibra tratada o matrices procesadas
Película plateada	Tostado del grano	Cerca del 4 % del café verde; 4 t de café pueden generar alrededor de 30 kg	Residuo seco, ligero y más estable	Ingrediente seco para productos horneados, barras o mezclas alimentarias
Borra de café	Preparación de la bebida	Residuo posterior a la extracción de la bebida	Residuo húmedo, oscuro y susceptible a deterioro	Secado, estabilización y uso en productos con perfil sensorial de café

Fuente: elaboración propia con base en (Rebollo-Hernanz et al., 2023), (Franca et al., 2024) y (Wardana et al., 2025).

La pulpa y el mucílago presentan mayor dificultad operativa frente a la cáscara y el pergamino. Rebollo-Hernanz et al. (2023), reportan que la pulpa posee alta humedad y aparece durante el despulpado, por esa razón su manejo exige secado rápido o transformación inmediata. Machado et al. (2023), analizaron diferentes subproductos del café, entre ellos pulpa, cáscara, pergamino y película plateada, y evidenciaron que no

todos presentan igual comportamiento físico ni igual potencial de procesamiento. Esta comparación permite interpretar que la pulpa puede tener una valorización más rápida, pero también mayor riesgo de deterioro frente a materiales más secos.

La cáscara y el pergamino se diferencian por su rigidez y por la etapa donde se separan. Rebollo-Hernanz et al. (2023), describe al pergamino como una fracción seca separada durante la trilla, con estructura más resistente. Gil-Gómez et al. (2024), lo integra dentro de las alternativas de economía circular, aunque su aplicación requiere tratamientos previos. Estos residuos tienen mayor estabilidad que la pulpa, pero menor facilidad de incorporación directa en alimentos, debido a su textura dura y necesidad de reducción de tamaño, molienda o extracción.

La película plateada presenta una ventaja tecnológica frente a los residuos generados en el beneficio húmedo. Rebollo-Hernanz et al. (2023), la ubica en la etapa de tostado, donde se desprende como una fracción seca y ligera. Franca et al. (2024), la estudian como ingrediente potencial para alimentos funcionales, con un caso aplicado en cake de chocolate. Estos resultados permiten observar que su origen seco favorece la formulación alimentaria, ya que requiere menos estabilización que la pulpa o el mucílago, aunque su color y sabor tostado deben controlarse en la formulación final.

La borra de café pertenece a una etapa distinta, porque no se obtiene durante el beneficio agrícola ni el tostado, sino después de preparar la bebida. Wardana et al. (2025), incluyen la borra, la cáscara, la pulpa y la película plateada dentro de los subproductos con potencial para materiales sostenibles. Gil-Gómez et al. (2024), considera a la borra dentro de las rutas industriales asociadas a economía circular. Al comparar ambos estudios, la borra aparece como un residuo abundante y cercano al consumidor, pero con una limitación tecnológica clara, su humedad posterior a la extracción exige secado y control de almacenamiento antes de cualquier uso alimentario.

3.2.Composición funcional y compuestos bioactivos

Los subproductos del café presentan una composición funcional variable según la fracción evaluada. Machado et al. (2023), reportaron que la fibra dietética insoluble fue la fracción dominante en pulpa, cáscara, pergamino y película plateada, mientras que la fibra soluble varió desde 0,6 % en pergamino hasta 9,1 % en pulpa, aspecto relevante para diferenciar su posible efecto tecnológico y fisiológico. Rebollo-Hernanz et al. (2023), indicaron que la pulpa puede contener 8–17 % de proteína, 58–85 % de carbohidratos, 1,5 % de fenoles y 1,3 % de cafeína, mientras que la película plateada puede alcanzar 52–70 % de fibra dietética, 8–20 % de proteína y 62–67 % de carbohidratos. En concordancia, Iriondo-DeHond et al. (2020), describieron que estos subproductos conservan fracciones nutricionales y bioactivas expresadas en materia seca, con diferencias marcadas entre residuos húmedos, fracciones lignocelulósicas y residuos del tostado. Esta comparación evidencia que la pulpa y la película plateada poseen mayor interés como ingredientes funcionales por su balance entre fibra, proteína y compuestos extraíbles, mientras el pergamino tiene menor aporte soluble y mayor restricción tecnológica por su matriz rígida (Figura 2).

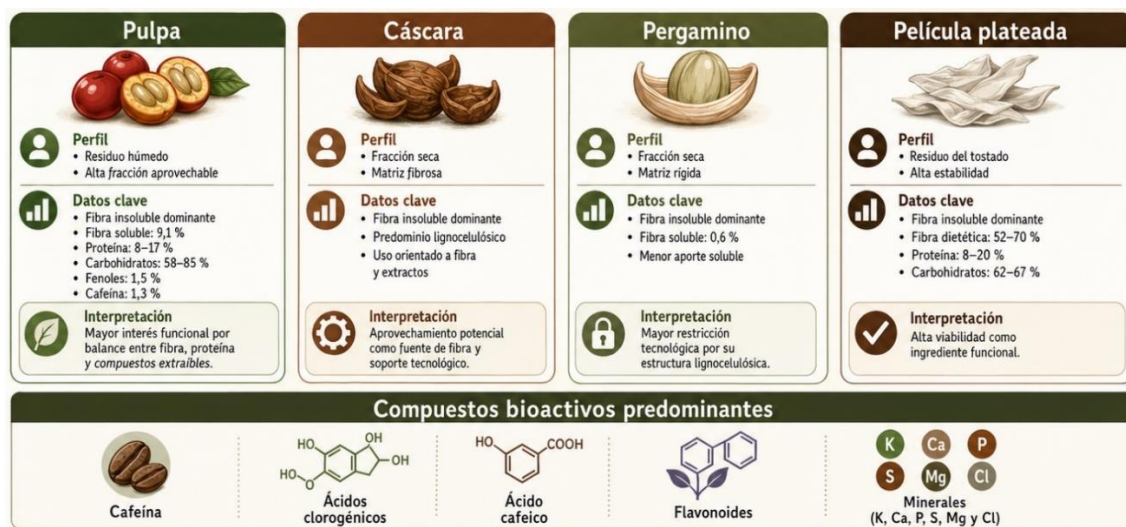


Figura 2. Integración funcional de subproductos del café y su potencial como ingredientes
Fuente: Elaboración propia a partir de Machado et al. (2023); Rebollo-Hernanz et al. (2023); Iriondo-DeHond et al. (2020); Bojórquez-Quintal et al. (2024).

La presencia de cafeína, ácidos clorogénicos, ácido cafeico, flavonoides y minerales explica parte del interés funcional de estos subproductos (Figura 2). Machado et al. (2023) identificaron cafeína y ácidos clorogénicos en todos los subproductos analizados, con predominio del 5-cafeoilquínico, reportado en el rango de 5,36 a 127,55 mg/100 g de materia seca, según el tipo de residuo. Wardana et al. (2025), relacionaron los compuestos como ácido clorogénico, ácido cafeico y flavonoides con actividad antioxidante, antifúngica y antibacteriana, especialmente para matrices comestibles y recubrimientos. Bojórquez-Quintal et al. (2024), también identificaron cafeína, ácidos clorogénicos y minerales como K, Ca, P, S, Mg y Cl, con mayor presencia de potasio en cáscara seca y café verde, y mayor proporción relativa de calcio en película plateada.

La composición química y aplicación alimentaria muestra una relación directa entre matriz, proceso y dosis de incorporación. Machado et al. (2023) y Rebollo-Hernanz et al. (2023), permiten distinguir subproductos con mayor facilidad de uso, como la película plateada, frente a fracciones húmedas como pulpa y mucílago. Esta diferencia tecnológica explica por qué los estudios alimentarios avanzan con mayor rapidez en matrices horneadas o bebidas ácidas, donde el color, el sabor y la fibra del café pueden integrarse sin afectar de manera severa la estructura del producto.

Desde una lectura funcional, la evidencia no permite asumir beneficios uniformes para todos los subproductos. Iriondo-DeHond et al. (2020) y Bojórquez-Quintal et al. (2024) muestran variación entre fibra, minerales y compuestos fenólicos según origen y procesamiento. Por esta razón, cada ingrediente derivado del café debe caracterizarse antes de su uso, con mediciones de humedad, fibra, cafeína, fenoles, actividad antioxidante y posibles contaminantes, ya que la denominación general de subproducto no garantiza un comportamiento nutricional o tecnológico equivalente (Adoyo et al., 2025).

3.3 Aplicaciones en alimentos funcionales

Los subproductos del café han mostrado mayor aplicación en productos horneados, especialmente galletas, cakes, panes y matrices similares, debido a que estas

formulaciones toleran fibra, color oscuro y notas tostadas. Papageorgiou et al. (2024), incorporaron borra de café seca y desgrasada en galletas al 4 y 7 %, con aumento de fibra dietética hasta 4,6 %, compuestos fenólicos hasta 1017 ppm y una vida útil estimada de 471 días a 25 °C en la formulación con 7 %, frente a 359 días en el control. Chen et al. (2025), evaluaron pulpa de café en galletas entre 2,5 y 10 %; el tratamiento con 5 % presentó mejor aceptación sensorial, mientras que el contenido fenólico aumentó de 0,54 a 2,56 mg GAE/g y la capacidad ABTS de 2,56 a 12,46 μ mol Trolox/g con 10 % de pulpa. Franca et al. (2024), aplicaron película plateada en cake de chocolate y reportaron aumento de fibra dietética, fenoles y capacidad antioxidante, con aceptación favorable en niveles de 2,6 y 3,6 %, aunque 4,6 % redujo la preferencia sensorial. Estos resultados permiten interpretar que la borra, pulpa y película plateada pueden incorporarse como ingredientes funcionales, siempre que la dosis se ajuste para conservar textura, sabor y aceptación.

Las bebidas, harinas enriquecidas y recubrimientos comestibles amplían el campo de aplicación de estos subproductos. Maulida et al. (2024), desarrollaron una bebida funcional con 55 % de cascara, 25 % de flor de Jamaica y 20 % de jengibre rojo, con pH de 3,83, fenoles totales de 15,53 mg GAE/g, antocianinas de 11,79 mg/100 g y actividad antioxidante de 91,38 %, valores que respaldan el uso de la cáscara seca en bebidas ácidas con perfil frutal. Ahanchi et al. (2024), señalan que la borra de café puede mejorar fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en productos de panadería y pastas, aunque su nivel de inclusión debe controlarse para evitar cambios negativos en dureza, volumen, color y palatabilidad. Wardana et al. (2025), destacan que la película plateada, cáscara y borra también pueden incorporarse en películas o recubrimientos comestibles con función antioxidante, antimicrobiana y de barrera frente a gases, vapor de agua y luz UV. Por tanto, las aplicaciones más viables se concentran en matrices donde el sabor a café, el color marrón y el aporte de fibra sean compatibles con el producto final.

Los estudios revisados también evidencian un límite práctico en la formulación: el aumento de compuestos bioactivos no siempre coincide con mayor aceptación sensorial. Chen et al. (2025) y Franca et al. (2024), reportan mejoras en fenoles y capacidad antioxidante, aunque los niveles superiores reducen la preferencia del consumidor. Esta respuesta confirma que la valorización de subproductos del café no debe evaluarse solo por el incremento de fibra o antioxidantes, debido a que textura, color, aroma, amargor y dureza condicionan la posibilidad real de transferencia hacia productos comerciales. Koay et al. (2023), demostraron que la incorporación de borra de café en galletas tipo *shortbread* incrementa fibra, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, aunque también modifica atributos sensoriales y físicos como aroma y dureza, factores relacionados con la aceptación del producto final.

3.4 Limitaciones tecnológicas y seguridad alimentaria

El uso alimentario de subproductos del café requiere controlar variables que pueden afectar estabilidad, inocuidad y aceptación sensorial. En la borra de café, Choe (2025) señalan que las principales preocupaciones se relacionan con formación de acrilamida, posible contaminación por metales pesados y aceptabilidad del consumidor, mientras que en productos horneados el exceso de fibra puede alterar estructura, retención de gas y textura final. En película plateada, Zoccatelli & Ciulu, (2025), destacan su potencial como

ingrediente funcional y prebiótico, aunque su aplicación demanda estandarización por origen, grado de tostado y composición. Mesárošová et al. (2025), agregan que la presencia de ocratoxina A representa una preocupación para su uso como ingrediente, por esa razón se requieren controles de materia prima, almacenamiento seco, análisis de contaminantes y dosificación adecuada. En la cáscara, la Turck et al. (2022), consideró seguro su uso bajo condiciones evaluadas, pero advirtió sobre el aporte de cafeína en infusiones. Por ello, la aplicación comercial debe incorporar principios de Codex Alimentarius, ISO 22000, Reglamento (UE) 2023/915, Reglamento (UE) 2017/2158 y FDA 21 CFR Part 117, mediante trazabilidad, análisis de contaminantes, control microbiológico, dosificación adecuada, validación de vida útil y pruebas sensoriales.

4. CONCLUSIONES

1. Los subproductos del café presentan potencial como ingredientes funcionales por su contenido de fibra dietética, proteínas, minerales, cafeína, ácidos clorogénicos y otros compuestos fenólicos, con variaciones marcadas según la fracción y la etapa de procesamiento.
2. La película plateada, la pulpa, la cáscara y la borra mostraron mayor evidencia de aplicación alimentaria en productos horneados, bebidas, harinas enriquecidas y recubrimientos comestibles, aunque su uso depende de la dosis, el perfil sensorial y la estabilidad durante el almacenamiento.
3. Las fracciones húmedas, como pulpa, mucílago y borra, requieren secado, estabilización y control microbiológico antes de su incorporación en alimentos, mientras que residuos secos como cáscara, pergamino y película plateada demandan molienda, extracción o adecuación de tamaño de partícula.
4. La seguridad alimentaria representa una condición prioritaria para la valorización, debido a la posible presencia de ocratoxina A, acrilamida, metales pesados, cafeína elevada y carga microbiana, factores que deben controlarse mediante análisis de materia prima y formulación.

REFERENCIAS

- Adoyo, G. O., Owino, W. O., Wafula, E. N., Engelsens, S. B., Abong, G. O., & Nyonje, W. A. (2025). Biochemical and microbiological characterization of *Coffea arabica* sidestreams for food ingredient applications. *Discover Sustainability*, 7(1), 71. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02293-4>
- Ahanchi, M., Sugianto, E. C., Chau, A., & Khoddami, A. (2024). Quality properties of bakery products and pasta containing spent coffee grounds (SCGs): A review. *Foods*, 13(22), 3576. <https://doi.org/10.3390/foods13223576>
- Ali, M. A., & Bhowmik, S. (2025). Bioactive compounds in coffee husk: extraction, functional properties, applications, and sustainable approach in circular economy. *RSC Sustainability*, 3(10), 4410-4425. <https://doi.org/10.1039/D5SU00531K>
- Bojórquez-Quintal, E., Xotlanihua-Flores, D., Bacchetta, L., Diretto, G., Maccioni, O., Frusciante, S., Rojas-Abarca, L. M., & Sánchez-Rodríguez, E. (2024). Bioactive compounds and valorization of coffee by-products from the origin: a circular economy model from local practices in Zongolica, Mexico. *Plants*, 13(19), 2741.
-

<https://doi.org/10.3390/plants13192741>

- Chen, D., Lu, T., Huang, Y., He, R., & Chen, X. (2025). Coffee pulp as a flour substitute in biscuits: The effects on physicochemical properties, sensory quality, and flavor characteristics. *LWT*, 230, 118305. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118305>
- Choe, U. (2025). Valorization of spent coffee grounds and their applications in food science. *Curr Res Food Sci*, 10, 101010. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101010>
- Franca, A. S., Basílio, E. P., Resende, L. M., Fante, C. A., & Oliveira, L. S. (2024). Coffee silverskin as a potential ingredient for functional foods: Recent advances and a case study with chocolate cake. *Foods*, 13(23), 3935. <https://doi.org/10.3390/foods13233935>
- Freitas, V. V., Borges, L. L. R., Vidigal, M. C. T. R., dos Santos, M. H., & Stringheta, P. C. (2024). Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends in Food Science & Technology*, 146, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>
- Gil-Gómez, J. A., Florez-Pardo, L. M., & Leguizamón-Vargas, Y. C. (2024). Valorization of coffee by-products in the industry, a vision towards circular economy. *Discover Applied Sciences*, 6(9), 480. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06085-9>
- Iriondo-DeHond, A., Iriondo-DeHond, M., & del Castillo, M. D. (2020). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules*, 10(9), 1219. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>
- Koay, H. Y., Azman, A. T., Mohd Zin, Z., Portman, K. L., Hasmadi, M., Rusli, N. D., Aidat, O., & Zainol, M. K. (2023). Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. *Future Foods*, 8, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100245>
- Machado, M., Espírito, L., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., Oliveira, M. B. P. P., Ferreira, H., & Alves, R. C. (2023). Bioactive potential and chemical composition of coffee by-products: From pulp to silverskin. *Foods*, 12(12), 2354. <https://doi.org/10.3390/foods12122354>
- Massrie, K. D. (2025). Why is the price of coffee rising globally? Future prospects for Ethiopian coffee [Mini Review]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1545168. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1545168>
- Maulida, I. D., Al Marsam, M. R., Purnama, I., & Mutamima, A. (2024). A novel beverage with functional potential incorporating cascara (*Coffea arabica*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*), and red ginger (*Zingiber officinale* Rosc. var. *rubrum*) extracts: chemical properties and sensory evaluation. *Discover Food*, 4(1), 94. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00180-x>
- Mesárošová, A., Jurčaga, L., Bobková, A., Krocko, M., Demianová, A., Poláková, K., Lidiková, J., Mendelová, A., Švecová, T., Baluch, M., & Bobko, M. (2025). Coffee Silverskin: nontraditional natural antioxidant for the meat industry. *Applied Food Research*, 5, 101185. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101185>
- Nemzer, B., Al-Taher, F., Abshiru, N., & de Mejia, E. (2026). Coffee and coffee by-products as multifunctional foods and ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 17, 133-154. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-052924-114847>
- Oktay, N., Ozkan, G., Sakarya, F. B., & Capanoglu, E. (2025). Valorization of coffee

- silver skin as a functional ingredient in muffins: In vitro bioaccessibility of bioactive compounds. *Food Chemistry Advances*, 8, 101083. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101083>
 - Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
 - Papageorgiou, C., Dermesonlouoglou, E., Tsimogiannis, D., & Taoukis, P. (2024). Enrichment of bakery products with antioxidant and dietary fiber ingredients obtained from spent coffee ground. *Applied Sciences*, 14(16), 6863. <https://doi.org/10.3390/app14166863>
 - Pongsiriyakul, K., Wongsurakul, P., Kiatkittipong, W., Premashtira, A., Kuldilok, K., Najdanovic-Visak, V., Adhikari, S., Cognet, P., Kida, T., & Assabumrungrat, S. (2024). Upcycling coffee waste: Key industrial activities for advancing circular economy and overcoming commercialization challenges. *Processes*, 12(12), 2851. <https://doi.org/10.3390/pr12122851>
 - Rebollo-Hernanz, M., Aguilera, Y., Gil-Ramírez, A., Benítez, V., Cañas, S., Braojos, C., & Martín-Cabrejas, M. A. (2023). Biorefinery and stepwise strategies for valorizing coffee by-products as bioactive food ingredients and nutraceuticals. *Applied Sciences*, 13(14), 8326. <https://doi.org/10.3390/app13148326>
 - Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhaus-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J., van Loveren, H., Ververis, E., & Knutsen, H. K. (2022). Safety of dried coffee husk (cascara) from *Coffea arabica* L. as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20(2), e07085. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7085>
 - Ulsido, M. D., Geleto, M.-Z., & Berego, Y. S. (2024). Waste water management in wet coffee processing mills and their impact on the water quality status of gidabo river and its tributaries, Southern Ethiopia. *Environmental Health Insights*, 18, 11. <https://doi.org/10.1177/11786302241260953>
 - USDA-FAS. (2025). *United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Coffee: World markets and trade*. (24 de junio 2026). Recuperado de: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>
 - Vinocunga-Pillajo, D. R., & Jiménez, F. M. (2025). Análisis de las propiedades funcionales de productos a partir de subproductos agroindustriales: Revisión sistemática. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 10(1), 1-19. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v10n01ep01-0153>
 - Vinocunga-Pillajo, D. R., Jiménez, F. M., Pico, J. P., Sarabia-Guevara, D. A., Guardado, E., & Pérez-Martínez, A. (2025). Análisis de la producción y consumo de café en Ecuador. *Agroindustrial Science*, 14(3), 283-293. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2025.03.09>
-

- Wardana, A. A., Febrianto, N. A., Marcellino, V., Wigati, L. P., Nkede, F. N., Tanaka, F., & Tanaka, F. (2025). Potency of coffee by-products as sustainable added material in bio/edible film development [Perspective]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1667255. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1667255>
- Zoccatelli, G., & Ciulu, M. (2025). Perspectives on the use of coffee silverskin in food formulations. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, 101975. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101975>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. David Agapito Zambrano Vera. Investigación, redacción - primera redacción.
 - M.Sc. Jessy Paulina Guerrero Rubio. Investigación, metodología.
 - M.Sc. Cristian Santiago Jácome Segovia. Redacción - revisión y edición.
 - M.Sc. María del Carmen Castelo Naveda. Investigación, metodología.
 - M.Sc. Marlene Patricia Mazón Paredes. Redacción - revisión y edición.
 - M.Sc. Reni Danilo Vinocunga-Pillajo. Conceptualización, supervisión, redacción - revisión y edición.
-