

Vol. 1, No. 5 (agosto 2026)

REVISTA ATHENA LATINHO-AMERICANA

**MARKETING VERDE Y BIOECONOMÍA CIRCULAR PARA LA
VALORIZACIÓN COMERCIAL DE LA CÁSCARA DE CAFÉ COMO
BIOMASA ENERGÉTICA: una revisión sistemática con desarrollo
de un modelo conceptual**

**GREEN MARKETING AND CIRCULAR BIOECONOMY FOR THE
COMMERCIAL VALORIZATION OF COFFEE HUSK AS ENERGY
BIOMASS: A Systematic Review with the Development of a
Conceptual Model**

Martin Luther Jones Grinard¹

Revista Athena Latino-Americana

DOI: 10.69720/3086-5182.2026.000055

ISSN: [3086-5182](https://doi.org/10.69720/3086-5182)

¹Doctor en Gerencia con orientación en Marketing y profesor Universitario de la Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad de la Universidad de Panamá. Posee formación de posgrado en marketing y docencia Superior. Desarrolla investigación en marketing verde, economía circular y comportamiento del consumidor desarrollo sostenible, con publicaciones en revistas científicas regionales e internacionales.

Lates: martin.jones0963@gmail.com

E-mail: <https://orcid.org/0000-0001-8722-8742>



MARKETING VERDE Y BIOECONOMÍA CIRCULAR PARA LA VALORIZACIÓN COMERCIAL DE LA CÁSCARA DE CAFÉ COMO BIOMASA ENERGÉTICA: una revisión sistemática con desarrollo de un modelo conceptual

GREEN MARKETING AND CIRCULAR BIOECONOMY FOR THE COMMERCIAL VALORIZATION OF COFFEE HUSK AS ENERGY BIOMASS: A Systematic Review with the Development of a Conceptual Model

Martin Luther Jones Grinard



PERIÓDICO CIENTÍFICO INDEXADO INTERNACIONALMENTE

ISSN
International Standard Serial Number
3086-5182
www.athena-latino-americana.com

Editora e Revista
Athena Latino-Americana
CPF: 639.619.621-20
Naviraí – Mato Grosso do Sul
Rua: Botocudos, 365 – Centro
CEP: 79950-000

RESUMO

A casca de café constitui um dos principais resíduos agroindustriais com potencial para a produção de biocombustíveis e o fortalecimento da bioeconomia circular. O objetivo desta pesquisa foi analisar as evidências científicas publicadas entre 2020 e 2026 sobre sua valorização comercial como biomassa energética e propor um modelo conceitual integrador orientado ao marketing verde e à competitividade sustentável. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura seguindo as diretrizes PRISMA 2020, por meio de buscas nas bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Emerald Insight e Google Scholar. Os estudos selecionados foram submetidos à análise comparativa, síntese temática e integração conceitual. Os resultados evidenciam que a pesquisa tem se concentrado principalmente em tecnologias de conversão energética, como briquetes, pellets, biochar e biogás, enquanto a criação de valor, o marketing verde e a aceitação do mercado têm recebido menor atenção. Como principal contribuição, desenvolve-se um modelo conceitual que integra a valorização tecnológica, a bioeconomia circular, o marketing verde, a criação de valor, a aceitação do mercado e a competitividade sustentável como dimensões interdependentes. Conclui-se que o sucesso comercial dos biocombustíveis derivados da casca de café depende da articulação entre inovação tecnológica, sustentabilidade e estratégias de comercialização, contribuindo para o desenvolvimento de cadeias agroindustriais mais competitivas e sustentáveis.

Palavras-chave: Bioeconomia circular; Biomassa energética; Marketing verde; Valorização comercial; Competitividade sustentável.

ABSTRACT

The increasing generation of agro-industrial residues has intensified the search for sustainable alternatives capable of transforming agricultural by-products into resources with economic, environmental, and social value. In this context, coffee husk represents a promising biomass for biofuel production and the promotion of circular bioeconomy models. The objective of this study was to critically analyze the scientific evidence published between 2020 and 2026 regarding the valorization of coffee husk as an energy biomass and to integrate the main findings into a conceptual model focused on sustainable commercialization. A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, using Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Emerald Insight, and Google Scholar as the primary information sources. The selected studies were examined through comparative analysis, thematic synthesis, and conceptual integration. The results indicate that current scientific research is predominantly focused on energy conversion technologies, including briquettes, pellets, biochar, and biogas, whereas green marketing, value creation, and market acceptance remain underexplored. Based on the integration of the reviewed evidence, a conceptual model is proposed that links technological valorization, circular bioeconomy, green marketing, value creation, and sustainable competitiveness as interdependent dimensions within a unified system. The study concludes that the successful commercialization of coffee husk-derived biofuels depends not only on technological efficiency but also on the integration of sustainability-oriented marketing strategies capable of strengthening market acceptance and supporting sustainable development.

Keywords: Circular bioeconomy; Energy biomass; Green marketing; Commercial valorization; Sustainable competitiveness

1. INTRODUCCIÓN

- La transición hacia modelos de desarrollo sostenible ha impulsado un creciente interés por la valorización de los residuos agroindustriales como estrategia para promover la economía circular, fortalecer la bioeconomía y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. En este contexto, la transformación de subproductos agrícolas en recursos de alto valor agregado constituye una alternativa capaz de generar beneficios
- económicos, ambientales y sociales, favoreciendo simultáneamente la seguridad energética y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles (Geissdoerfer et al., 2017; Gil-Gómez et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024).
- Entre los residuos agroindustriales de mayor relevancia se encuentra la cáscara de café, subproducto generado durante el procesamiento del fruto y caracterizado por su elevado contenido

- de celulosa, hemicelulosa y lignina, propiedades que favorecen su utilización en procesos de conversión termoquímica y bioquímica para la producción de briquetas, pellets, biochar, biogás y otros biocombustibles renovables (Hoseini et al., 2021; Kougiumtzis et al., 2024). Su aprovechamiento contribuye no solo a reducir la acumulación de residuos y las emisiones asociadas a su disposición inadecuada, sino también a diversificar la matriz energética y fortalecer la sostenibilidad de la cadena cafetalera (Gil-Gómez et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024).
5. Durante los últimos años, la producción científica relacionada con la valorización de los residuos del café ha crecido de manera sostenida, incorporando estudios sobre tecnologías de conversión energética, bioeconomía circular, biorefinerías y nuevos productos de valor agregado (Aristizábal-Marulanda et al., 2021; Gil-Gómez et al., 2024). Sin embargo, la mayor parte de estas investigaciones mantiene un enfoque predominantemente tecnológico, centrado en el rendimiento energético, la caracterización de la biomasa y la optimización de los procesos de conversión, mientras que los aspectos vinculados con la valorización comercial, la creación de valor, el marketing verde y la aceptación del mercado continúan siendo escasamente abordados (Hoseini et al., 2021; Banu et al., 2021; Pongsiriyakul et al., 2024).
 6. Esta limitada integración entre innovación tecnológica y estrategias de mercado constituye uno de los principales vacíos identificados en la literatura reciente. La consolidación comercial de los biocombustibles derivados de residuos agroindustriales depende no solo de su desempeño técnico, sino también de factores relacionados con la percepción de valor, la confianza del consumidor, la diferenciación competitiva y la comunicación de los beneficios ambientales. En este sentido, el marketing verde se configura como un componente estratégico para conectar la innovación tecnológica con la creación

de valor sostenible y facilitar la incorporación de estos productos en mercados comprometidos con la transición energética y la sostenibilidad (Geissdoerfer et al., 2017; Kotler et al., 2022).

7. Con base en este contexto, la presente investigación parte del supuesto de que la valorización comercial de la cáscara de café requiere un enfoque interdisciplinario que integre bioeconomía circular, bioenergía y marketing verde dentro de un mismo marco conceptual. En consecuencia, el objetivo del estudio consiste en analizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2026 sobre la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética y proponer un modelo conceptual que explique la interacción entre valorización tecnológica, creación de valor, aceptación del mercado y competitividad sostenible.

MARCO TEÓRICO

El estudio de la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética requiere un enfoque interdisciplinario que integre conocimientos provenientes del marketing verde, la bioeconomía circular, la gestión sostenible de residuos agroindustriales y la innovación tecnológica. En las últimas décadas, estas corrientes han evolucionado de manera significativa, proporcionando fundamentos conceptuales que explican cómo los subproductos agrícolas pueden transformarse en recursos estratégicos capaces de generar valor económico, ambiental y social (Geissdoerfer et al., 2017; Dangelico & Vocalelli, 2017; Kirchherr et al., 2023).

En este contexto, la bioeconomía circular propone sustituir los modelos lineales de producción por sistemas regenerativos basados en el aprovechamiento eficiente de los recursos, mientras que el marketing verde incorpora estrategias orientadas a fortalecer la aceptación del mercado mediante la comunicación del valor ambiental y social de los productos sostenibles (Polonsky, 1994; Kotler et al., 2022).

La convergencia de estos enfoques constituye el fundamento teórico para comprender la valorización de la cáscara de café no solo como una alternativa de gestión de residuos, sino también como una oportunidad para impulsar la competitividad sostenible

mediante la producción de biomasa energética y otros productos de alto valor agregado.

Con base en estas consideraciones, el presente marco teórico examina los principales conceptos, modelos y enfoques científicos que sustentan la investigación, proporcionando una base conceptual para interpretar la evidencia recopilada mediante la revisión sistemática y para fundamentar el modelo integrador propuesto en este estudio.

2.1 Economía Circular como fundamento para la valorización de residuos agroindustriales

La economía circular se ha consolidado como uno de los principales enfoques para promover modelos de producción y consumo sostenibles al sustituir el esquema lineal de extraer, producir y desechar por estrategias orientadas a reducir, reutilizar, reciclar y valorizar materiales (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2023). Este paradigma busca prolongar el ciclo de vida de los recursos, minimizar la generación de residuos y favorecer sistemas productivos capaces de generar simultáneamente beneficios económicos, sociales y ambientales.

En este contexto, los residuos agroindustriales representan una fuente estratégica de materias primas para nuevos procesos productivos. La valorización de la biomasa derivada del café constituye un ejemplo representativo de este enfoque, al permitir transformar un subproducto agrícola en biocombustibles y otros productos de alto valor agregado. Sin embargo, aunque la literatura reconoce ampliamente el potencial técnico de estos residuos, continúa siendo limitada la incorporación de perspectivas relacionadas con la creación de valor y la comercialización sostenible, evidenciando la necesidad de integrar enfoques provenientes del marketing y la gestión estratégica (Banu et al., 2021; Ramakrishna et al., 2024; Pongsiriyakul et al., 2024).

2.2 Marketing verde como estrategia para la valorización comercial de la biomasa

El marketing verde ha evolucionado desde una orientación centrada exclusivamente en la promoción de atributos ambientales hacia un enfoque estratégico que integra sostenibilidad, creación de valor y competitividad organizacional. En la actualidad, esta perspectiva comprende el diseño, desarrollo, comunicación y comercialización de bienes y

servicios que satisfacen las necesidades del mercado al tiempo que reducen los impactos ambientales y generan beneficios para los diferentes grupos de interés (Kotler et al., 2022). Su propósito trasciende la promoción comercial, al contribuir a la construcción de ventajas competitivas sostenibles mediante la incorporación de criterios ambientales en la gestión empresarial.

En el ámbito de la bioeconomía, el marketing verde desempeña un papel fundamental para transformar innovaciones tecnológicas en propuestas de valor aceptadas por el mercado. La literatura demuestra que la adopción de productos sostenibles no depende únicamente de sus características técnicas, sino también de factores como la percepción de calidad, la confianza, la información disponible, la diferenciación y la credibilidad de los beneficios ambientales comunicados al consumidor (Kotler et al., 2022; Gil-Gómez et al., 2024). En consecuencia, la comercialización de biocombustibles derivados de residuos agroindustriales requiere estrategias que fortalezcan la aceptación del mercado y promuevan decisiones de consumo responsables.

A pesar del creciente desarrollo de investigaciones sobre biomasa energética, la integración entre marketing verde y valorización comercial continúa siendo limitada. La mayoría de los estudios privilegia el análisis de tecnologías de conversión y desempeño energético, mientras que la creación de valor, el posicionamiento estratégico y la competitividad reciben menor atención. Esta brecha evidencia la necesidad de modelos interdisciplinarios que articulen innovación tecnológica, sostenibilidad y comercialización, proporcionando una base conceptual para impulsar el aprovechamiento integral de la cáscara de café dentro de esquemas de bioeconomía circular.

2.3 La cáscara de café como biomasa energética y su potencial de valorización

La cáscara de café constituye uno de los principales subproductos generados durante el procesamiento del fruto y representa una biomasa lignocelulósica con elevado potencial para la producción de energía renovable y otros productos de valor agregado. Su composición, caracterizada por la presencia de celulosa, hemicelulosa, lignina y compuestos orgánicos con alto poder calorífico, favorece su utilización en procesos de conversión termoquímica y bioquímica destinados a la obtención de

briquetas, pellets, biochar, biogás y bioaceites (Hoseini et al., 2021; Aristizábal-Marulanda et al., 2021; Ramakrishna et al., 2024). Estas características la convierten en una alternativa promisorio para reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover sistemas energéticos más sostenibles.

El aprovechamiento de este residuo trasciende la generación de energía, al contribuir simultáneamente a la reducción de impactos ambientales asociados con su disposición inadecuada, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y el fortalecimiento de modelos de bioeconomía circular.

Diversas investigaciones coinciden en que la valorización integral de la cáscara de café permite transformar un residuo de bajo valor económico en una fuente de materias primas para aplicaciones energéticas, agrícolas e industriales, incrementando la eficiencia en el uso de los recursos y favoreciendo la sostenibilidad de la cadena productiva del café (Geissdoerfer et al., 2017; Gil-Gómez et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024).

No obstante, la literatura revisada evidencia que la mayor parte de las investigaciones se concentra en el desarrollo y la optimización de tecnologías de conversión energética, mientras que aspectos relacionados con la valorización comercial, la creación de valor, la percepción del consumidor y la aceptación del mercado continúan siendo limitados.

Esta situación restringe la transferencia efectiva de los avances tecnológicos hacia aplicaciones comerciales y pone de manifiesto la necesidad de enfoques interdisciplinarios que integren la innovación tecnológica con estrategias de marketing verde y competitividad sostenible. En este contexto, la presente investigación propone un modelo conceptual orientado a cerrar esta brecha, articulando la valorización tecnológica con la bioeconomía circular y la creación de valor como elementos esenciales para impulsar el aprovechamiento sostenible de la cáscara de café.

2.4 Valorización comercial de la cáscara de café: integración entre bioeconomía circular y marketing verde

La valorización comercial de la cáscara de café representa una evolución del concepto tradicional de aprovechamiento de residuos agroindustriales, al incorporar criterios económicos, ambientales y estratégicos dentro de

un mismo proceso de creación de valor. Mientras que gran parte de la literatura se ha concentrado en demostrar la viabilidad técnica de la biomasa para la producción de biocombustibles, la consolidación de estos productos en el mercado requiere comprender simultáneamente factores relacionados con la innovación, la sostenibilidad, la aceptación del consumidor y la competitividad empresarial (Kotler et al., 2022; Gil-Gómez et al., 2024).

Desde la perspectiva de la bioeconomía circular, la valorización comercial implica transformar un subproducto agrícola de bajo valor económico en una fuente de recursos capaz de generar beneficios ambientales, sociales y financieros.

Este proceso no solo reduce la generación de residuos y optimiza el aprovechamiento de la biomasa, sino que también favorece la diversificación productiva, el fortalecimiento de cadenas agroindustriales sostenibles y la creación de nuevas oportunidades de negocio en mercados orientados hacia la transición energética (Geissdoerfer et al., 2017; Ramakrishna et al., 2024).

Sin embargo, el análisis de la literatura evidencia que la mayoría de las investigaciones continúa abordando la valorización desde una perspectiva predominantemente tecnológica, centrada en la eficiencia de los procesos de conversión energética y el desempeño de los biocombustibles. Son escasos los estudios que integran variables relacionadas con el marketing verde, la creación de valor, el posicionamiento estratégico y la aceptación del mercado como elementos determinantes para la comercialización de estos productos (Hoseini et al., 2021; Pongsiriyakul et al., 2024).

Esta fragmentación limita la comprensión del fenómeno y dificulta la transferencia de los avances tecnológicos hacia aplicaciones comerciales sostenibles. En respuesta a esta brecha, la presente investigación propone un enfoque integrador que articula la valorización tecnológica, la bioeconomía circular y el marketing verde como dimensiones complementarias de un mismo sistema.

Desde esta perspectiva, la competitividad sostenible emerge de la interacción entre innovación tecnológica, creación de valor y aceptación del mercado, proporcionando un marco conceptual que amplía las aproximaciones predominantes en la literatura reciente y ofrece una base para futuras investigaciones empíricas y para el diseño de

estrategias orientadas al aprovechamiento sostenible de la cáscara de café.

La literatura científica coincide en que la valorización de la cáscara de café trasciende su aprovechamiento como residuo agroindustrial, constituyéndose en un proceso estratégico que integra la recuperación de recursos, la transformación tecnológica, la creación de valor y la comercialización sostenible dentro de los principios de la bioeconomía circular (Geissdoerfer et al., 2017; Dangelico & Vocellelli, 2017; Gil-Gómez et al., 2024). Desde esta perspectiva, el aprovechamiento eficiente de este subproducto depende de la articulación de capacidades tecnológicas, ambientales y comerciales que permitan convertir un residuo de bajo valor económico en una fuente de biomasa energética y en productos con mayor valor agregado. **La Figura 1 sintetiza la cadena de valorización comercial de la cáscara de café,** mostrando la secuencia de procesos y las interrelaciones estratégicas que sustentan la generación de valor sostenible dentro del modelo de bioeconomía circular.

Figura 1. Cadena de valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética dentro del enfoque de bioeconomía circular.

Representación conceptual del proceso integrado mediante el cual la cáscara de café es transformada desde un residuo agroindustrial hasta un biocombustible sostenible, incorporando procesos de valorización tecnológica, bioeconomía circular, marketing verde y creación de valor para fortalecer la aceptación del mercado y la competitividad sostenible.



Fuente. Elaboración propia con base en Geissdoerfer et al. (2017), Hoseini et al. (2021), Gil-Gómez et al. (2024), Ramakrishna et al., (2024). Pongsiriyakul et al. (2024) y Kotler et al. (2022).

La Figura 1 representa la cadena de valorización comercial propuesta para la cáscara de café dentro del enfoque de bioeconomía circular, evidenciando que la transformación de este residuo agroindustrial constituye un proceso sistémico que integra dimensiones tecnológicas, ambientales y comerciales. El modelo muestra que la valorización no finaliza con la obtención de biocombustibles, sino que continúa mediante la incorporación de principios de bioeconomía circular y estrategias de marketing verde orientadas a fortalecer la creación de valor y la aceptación del mercado.

La secuencia presentada pone de manifiesto que cada etapa depende funcionalmente de la anterior y contribuye al desempeño global del sistema. La valorización tecnológica permite convertir la biomasa en productos energéticos; posteriormente, la bioeconomía circular incorpora criterios de sostenibilidad y aprovechamiento integral de recursos; finalmente, el marketing verde facilita el posicionamiento, la diferenciación y la comunicación de los beneficios ambientales, incrementando el valor percibido y favoreciendo la competitividad sostenible.

Desde la perspectiva científica, la figura constituye una síntesis integradora de la evidencia revisada y representa uno de los principales aportes conceptuales del presente estudio. A diferencia de los modelos tradicionales, centrados exclusivamente en la conversión energética de la biomasa, esta propuesta incorpora explícitamente la creación de valor y la aceptación del mercado como componentes indispensables para la consolidación comercial de los biocombustibles derivados de la cáscara de café. En consecuencia, el modelo evidencia que la competitividad sostenible emerge de la interacción entre innovación tecnológica, bioeconomía circular y marketing verde, ampliando el alcance de las aproximaciones predominantes en la literatura reciente.

La literatura científica coincide en que la valorización de la cáscara de café trasciende su aprovechamiento como residuo agroindustrial, constituyéndose en un proceso estratégico que integra la recuperación de recursos, la transformación tecnológica, la creación de valor y la comercialización sostenible dentro de los principios de la bioeconomía circular (Geissdoerfer et al., 2017; Dangelico & Vocellelli, 2017; Gil-Gómez et al., 2024). Desde esta perspectiva, el aprovechamiento eficiente de este subproducto depende de la articulación de

capacidades tecnológicas, ambientales y comerciales que permitan convertir un residuo de bajo valor económico en una fuente de biomasa energética y en productos con mayor valor agregado.

2.5 Síntesis integradora del marco teórico y fundamento del modelo conceptual

El análisis de la literatura científica evidencia que la valorización de la cáscara de café ha sido estudiada principalmente desde perspectivas relacionadas con la ingeniería, la bioenergía, la economía circular y la sostenibilidad ambiental. Estos aportes han permitido demostrar el potencial técnico de este residuo agroindustrial para la producción de biocombustibles y otros productos de valor agregado.

Sin embargo, el examen comparativo de las investigaciones revisadas revela una limitada articulación entre estos avances tecnológicos y las estrategias necesarias para su incorporación efectiva en el mercado.

Asimismo, se identificó que las investigaciones disponibles suelen analizar de manera independiente la conversión energética, la bioeconomía circular y el marketing verde, sin desarrollar marcos conceptuales que expliquen las relaciones funcionales entre estas dimensiones. Esta fragmentación dificulta comprender cómo la innovación tecnológica puede transformarse en ventajas competitivas sostenibles mediante procesos de creación de valor y aceptación del mercado.

En respuesta a este vacío científico, la presente investigación propone un modelo conceptual integrador que articula la valorización tecnológica, la bioeconomía circular, el marketing verde, la creación de valor, la aceptación del mercado y la competitividad sostenible como componentes interdependientes de un mismo sistema.

Este enfoque amplía la literatura existente al incorporar una perspectiva interdisciplinaria que trasciende los enfoques predominantemente tecnológicos y proporciona una base teórica para futuras investigaciones empíricas orientadas a validar las relaciones propuestas y fortalecer el aprovechamiento sostenible de la cáscara de café.

La construcción de este modelo conceptual constituye el fundamento metodológico de la investigación y orienta el análisis comparativo desarrollado en las secciones siguientes, donde se examinan los

principales hallazgos de la revisión sistemática y se presentan las implicaciones científicas, gerenciales y estratégicas derivadas del estudio.

METODOLOGIA

3.1 Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de la literatura con enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico, orientada a identificar, analizar e integrar la evidencia científica relacionada con la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética. El estudio tuvo como propósito construir un modelo conceptual capaz de explicar la interacción entre valorización tecnológica, bioeconomía circular, marketing verde, creación de valor y competitividad sostenible. Para garantizar la transparencia y reproducibilidad del proceso metodológico, se adoptaron las directrices establecidas por PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

3.2 Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se realizó en **Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Emerald Insight y Google Scholar**, por ser bases de datos reconocidas por su cobertura internacional y calidad científica. Se emplearon combinaciones de palabras clave en inglés y español relacionadas con *coffee husk, coffee waste, biomass, biofuels, circular bioeconomy, green marketing, commercial valorization y sustainable competitiveness*, utilizando operadores booleanos (AND, OR) para ampliar y refinar la recuperación de información.

Con el propósito de garantizar el rigor metodológico y la transparencia del proceso investigativo, la revisión sistemática se estructuró mediante una estrategia de búsqueda, selección y análisis de la literatura fundamentada en las directrices establecidas por la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Este procedimiento permitió definir de manera objetiva las fuentes de información, los criterios de inclusión y exclusión, así como las etapas de identificación, depuración y evaluación crítica de los estudios científicos incorporados en la investigación. La Tabla 1 presenta la estrategia metodológica utilizada para el desarrollo de la revisión sistemática, sintetizando los principales componentes del diseño metodológico que garantizaron la calidad, reproducibilidad y confiabilidad del proceso de recopilación y análisis de la evidencia científica.

Los principales criterios metodológicos utilizados para la selección, evaluación y análisis de la literatura científica se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios metodológicos utilizados para la selección de la literatura científica.

CRITERIO METODOLÓGICO	APLICACIÓN METODOLÓGICA	JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA
 Tipo de Investigación	Revisión sistemática de literatura con desarrollo conceptual.	Integrar evidencia científica y construir un modelo conceptual sobre valorización comercial de la cáscara de café.
 Protocolo metodológico	PRISMA 2020	Garantizar transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico durante la identificación, selección e inclusión de estudios científicos.
 Período analizado	2020 – 2026.	Incorporar la evidencia científica más reciente sobre bioeconomía circular, bioenergía y marketing verde.
 Bases de datos	Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer Link, Wiley Online Library, Emerald Insight y Google Scholar.	Asegurar cobertura multidisciplinaria y acceso a literatura científica arbitrada de alto impacto.
 Idiomas	Inglés y español.	Incluir la mayor parte de la producción científica internacional disponible sobre el tema.
 Documentos incluidos	Artículos científicos arbitrados, revisiones sistemáticas y documentos técnicos de organismos internacionales.	Priorizar investigaciones con calidad metodológica y relevancia científica.
 Documentos excluidos	Literatura gris sin arbitraje, resúmenes de congresos, tesis y estudios no relacionados con el objetivo del estudio.	Reducir sesgos y fortalecer la consistencia metodológica de la revisión.
 Estrategia de análisis	Análisis temático, comparación transversal e integración conceptual.	Identificar convergencias, divergencias, vacíos científicos y desarrollar el modelo conceptual propuesto.

Fuente. Elaboración propia con base en Page et al. (2021) y en el diseño metodológico desarrollado para la presente investigación.

La Tabla 1 sintetiza los criterios metodológicos que orientaron la planificación y ejecución de la revisión sistemática. Su estructura evidencia que el proceso de búsqueda, selección y análisis de la literatura fue diseñado conforme a estándares internacionales de calidad metodológica, priorizando la transparencia, la reproducibilidad y la consistencia científica. La incorporación del protocolo PRISMA 2020, junto con la definición previa de los criterios de inclusión y exclusión, permitió minimizar el riesgo de sesgos y asegurar que únicamente se analizaran investigaciones directamente relacionadas con la valorización de la cáscara de café como biomasa energética.

Asimismo, la selección de bases de datos de alto impacto, el establecimiento de un período de análisis reciente y la aplicación de una estrategia de análisis basada en la comparación transversal y la integración conceptual fortalecen la solidez metodológica del estudio.

En conjunto, estos criterios proporcionan una base científica consistente para la construcción del modelo conceptual propuesto y respaldan la validez de los resultados y conclusiones presentados en la investigación.

Con el propósito de sintetizar los principales aportes de la literatura y los vacíos científicos identificados, la Tabla 2 presenta una comparación de las investigaciones más relevantes incluidas en la revisión sistemática.

3.3 Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron principalmente artículos científicos arbitrados, revisiones sistemáticas y documentos técnicos publicados entre 2020 y 2026.

De manera complementaria, se incorporaron obras seminales anteriores a ese período cuando constituyeron referencias fundamentales para la construcción del marco teórico, particularmente en los campos del marketing verde, la economía circular y la revisión sistemática de la literatura.

3.4 Selección y análisis de la información

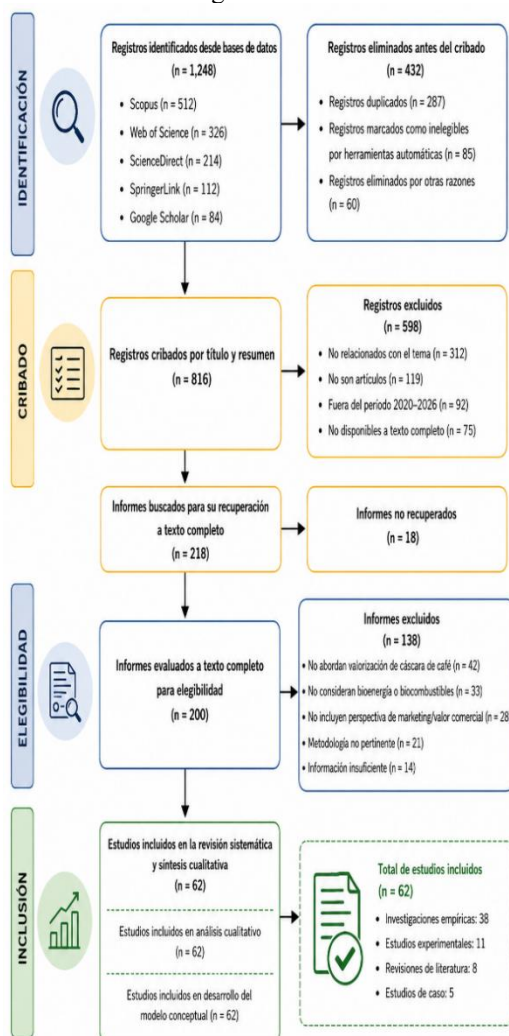
La selección de los estudios siguió las etapas de identificación, depuración, elegibilidad e inclusión propuestas por PRISMA 2020. Posteriormente, la información fue organizada en matrices comparativas para facilitar el análisis temático, la identificación de convergencias y divergencias, el reconocimiento de vacíos científicos y la integración conceptual. Este procedimiento permitió desarrollar el modelo conceptual presentado en la investigación, sustentado en la evidencia científica recopilada.

Con el propósito de garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico de la presente revisión sistemática, se aplicó la metodología establecida por la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ampliamente reconocida como el estándar internacional para la identificación, selección, evaluación e inclusión de literatura científica (Page et al., 2021).

Este procedimiento permitió realizar un proceso estructurado de búsqueda en bases de datos especializadas, seguido de la eliminación de registros duplicados, la evaluación de los criterios de elegibilidad y la selección definitiva de los estudios que conformaron el corpus documental analizado. La Figura 2 presenta el diagrama de flujo del proceso de identificación, selección e inclusión de los estudios científicos considerados en esta investigación, evidenciando las diferentes etapas metodológicas desarrolladas hasta la conformación de la muestra final de documentos analizados.

Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática sobre la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética.

Proceso sistemático de identificación, cribado, evaluación de elegibilidad e inclusión de los estudios científicos publicados entre 2020 y 2026, siguiendo las directrices PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas y orientado a la construcción del modelo conceptual sobre marketing verde, bioeconomía circular y valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética.



Fuente. Elaboración propia con base en las directrices de Page et al. (2021) para PRISMA 2020 y en el diseño metodológico desarrollado en la presente investigación.

La Figura 2 evidencia que la aplicación del protocolo PRISMA 2020 permitió desarrollar un proceso sistemático, transparente y reproducible para la identificación, depuración,

evaluación e inclusión de la literatura científica relacionada con la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética. La secuencia metodológica implementada garantizó la eliminación de registros duplicados, la evaluación crítica de la pertinencia de los documentos recuperados y la selección exclusiva de estudios que cumplieron con los criterios de calidad previamente establecidos.

El proceso de depuración permitió conformar un corpus documental integrado por investigaciones científicas de alta calidad, publicadas principalmente en revistas indexadas y bases de datos de reconocido prestigio internacional. Esta estrategia fortaleció la confiabilidad de la revisión sistemática al minimizar posibles sesgos de selección y asegurar que las conclusiones derivaran de evidencia científica actualizada, pertinente y metodológicamente sólida.

Asimismo, la figura demuestra que la revisión no se limitó a la recopilación de información, sino que siguió un procedimiento estructurado de evaluación crítica orientado a garantizar la consistencia del análisis comparativo y la integración conceptual desarrollada en las secciones posteriores. En consecuencia, la Figura 2 constituye el soporte metodológico que sustenta la validez de la revisión sistemática y fortalece la credibilidad de las conclusiones alcanzadas.

En consecuencia, la utilización del protocolo PRISMA 2020 constituye un elemento fundamental para respaldar la validez metodológica del estudio y fortalecer la credibilidad de los hallazgos y del modelo conceptual propuesto para la valorización comercial de la cáscara de café dentro del enfoque de bioeconomía circular.

Desde una perspectiva metodológica, la aplicación de PRISMA 2020 favorece la transparencia y reproducibilidad del estudio, mientras que, desde el punto de vista científico, garantiza que el modelo conceptual desarrollado se fundamenta en evidencia seleccionada mediante procedimientos internacionalmente reconocidos.

En consecuencia, la Figura 2 constituye el soporte metodológico que respalda la solidez científica de la revisión sistemática y fortalece la credibilidad de las conclusiones alcanzadas.

3.5 Rigor metodológico

El rigor científico del estudio se sustentó en la aplicación de un protocolo sistemático de búsqueda y selección de literatura, el uso de bases de datos internacionales de alto

impacto, la definición previa de criterios de inclusión y exclusión y la integración de información proveniente de múltiples disciplinas.

Estas acciones fortalecieron la consistencia, transparencia y reproducibilidad del proceso de investigación, proporcionando una base metodológica sólida para el desarrollo del modelo conceptual.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Panorama de la producción científica sobre la valorización de la cáscara de café como biomasa energética

La revisión sistemática permitió identificar un crecimiento sostenido de la producción científica relacionada con la valorización de la cáscara de café como biomasa energética durante el periodo 2020–2026.

Este incremento responde al fortalecimiento de la bioeconomía circular, al interés internacional por la transición energética y a la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles para el aprovechamiento de residuos agroindustriales (Geissdoerfer et al., 2017; Gil-Gómez et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024). El análisis de los estudios recuperados demuestra que la mayor parte de las investigaciones se concentra en el desarrollo de tecnologías de conversión energética, particularmente para la producción de briquetas, pellets, biochar, biogás y bioaceites, evidenciando el elevado potencial energético de este subproducto agrícola (Hoseini et al., 2021; Kougioumtzis et al., 2024).

Esta tendencia también es confirmada por Tsigkou et al. (2025), quienes identifican oportunidades crecientes para transformar los residuos del procesamiento del café en recursos energéticos y productos de valor agregado, aunque reconocen la necesidad de avanzar desde la experimentación hacia aplicaciones sostenibles de mayor escala.

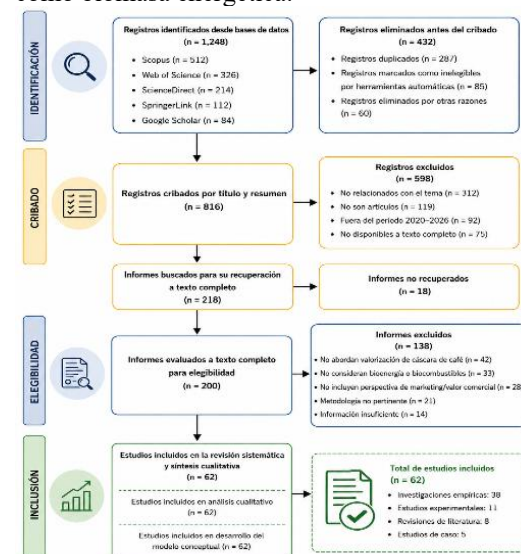
No obstante, el examen comparativo de la literatura también permitió identificar un importante desequilibrio temático. Mientras la dimensión tecnológica presenta un desarrollo científico considerable, los aspectos relacionados con la valorización comercial, la creación de valor, la aceptación del mercado y el marketing verde continúan siendo abordados de manera limitada (Banu et al., 2021; Pongsiriyakul et al., 2024). Esta tendencia confirma que la investigación internacional ha privilegiado la optimización de los procesos de conversión energética por encima del análisis de los factores

estratégicos necesarios para consolidar la comercialización de los biocombustibles derivados de la cáscara de café, restringiendo la comprensión integral del fenómeno.

La Figura 2 presenta el diagrama de flujo del proceso de identificación, selección e inclusión de los estudios científicos considerados en esta investigación, evidenciando las diferentes etapas metodológicas desarrolladas hasta la conformación de la muestra final de documentos analizados.

Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática sobre la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética.

Proceso sistemático de identificación, cribado, evaluación de elegibilidad e inclusión de los estudios científicos publicados entre 2020 y 2026, siguiendo las directrices PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas y orientado a la construcción del modelo conceptual sobre marketing verde, bioeconomía circular y valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética.



Fuente. Elaboración propia con base en las directrices de Page et al. (2021) para PRISMA 2020 y en el diseño metodológico desarrollado en la presente investigación.

La Figura 2 presenta el proceso metodológico de identificación, depuración, evaluación de elegibilidad e inclusión de los estudios científicos analizados, evidenciando la aplicación rigurosa de las directrices PRISMA 2020 durante todas las etapas de la revisión sistemática.

La utilización de este protocolo permitió garantizar un proceso transparente, reproducible y metodológicamente consistente, minimizando

posibles sesgos de selección y fortaleciendo la calidad de la evidencia incorporada en la investigación (Page et al., 2021).

Desde una perspectiva metodológica, la aplicación de PRISMA 2020 constituye uno de los principales elementos que respaldan la solidez científica del presente estudio, ya que asegura que el modelo conceptual desarrollado se fundamenta en evidencia seleccionada mediante procedimientos internacionalmente aceptados. En consecuencia, la utilización de este protocolo fortalece la credibilidad de los resultados obtenidos y proporciona una base metodológica robusta para las interpretaciones desarrolladas en las siguientes secciones (Page et al., 2021).

La revisión sistemática permitió comprobar que, aunque existe un importante crecimiento en la investigación sobre biomasa derivada del café, persisten vacíos científicos relacionados con la integración entre innovación tecnológica, creación de valor y comercialización sostenible. Esta situación coincide con lo planteado por Geissdoerfer et al. (2017), quienes sostienen que la economía circular únicamente genera ventajas competitivas cuando las innovaciones tecnológicas son acompañadas por mecanismos efectivos de creación de valor económico, ambiental y social. De igual forma, Gil-Gómez et al. (2024) señalan que la valorización de los subproductos del café requiere modelos interdisciplinarios que integren

La Tabla 2 resume los principales hallazgos de esta comparación, facilitando la identificación de las tecnologías con mayor potencial para generar valor agregado, fortalecer la competitividad sostenible y promover el aprovechamiento eficiente de este residuo agroindustrial.

Tabla 2. Síntesis comparativa de los principales estudios internacionales sobre la valorización de la cáscara de café como biomasa energética y los vacíos científicos identificados.

Comparación de los principales estudios científicos publicados entre 2020 y 2026 sobre el aprovechamiento energético de la cáscara de café, destacando su objeto de estudio, aportes relevantes, limitaciones metodológicas y los vacíos científicos que fundamentan la propuesta conceptual desarrollada en la presente investigación.

AUTORES (AÑO)	OBJETO DE ESTUDIO	PRINCIPAL APORTE CIENTÍFICO	VACÍO CIENTÍFICO IDENTIFICADO	CONTRIBUCIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO
Hoseini et al. (2021)	Aprovechamiento energético de residuos del café.	• Caracterización físico-química detallada de la cáscara de café. • Evaluación de su potencial como fuente de energía renovable.	• No analiza procesos de valorización comercial ni modelos de negocio. • Enfoque limitado a la caracterización y aplicaciones energéticas.	• Integra la valoración tecnológica con estrategias de marketing verde y creación de valor sostenible en el mercado.
Geissdoerfer et al. (2020)	Economía circular y modelos de producción sostenibles.	• Desarrollo del marco conceptual de la economía circular aplicado a sistemas productivos. • Identificación de principios clave para la sostenibilidad de recursos.	• No aborda específicamente medidas comerciales ni bioeconomías. • Falta de análisis de la dimensión comercial en la valorización de biomasa agrícola.	• Adapta los principios de la economía circular al aprovechamiento de la cáscara de café como recurso estratégico sostenible.
Gil-Gómez et al. (2024)	Bioeconomía circular y sostenibilidad en el aprovechamiento de residuos agrícolas.	• Evaluación de la relación entre bioeconomía, sostenibilidad y aprovechamiento de residuos agrícolas. • Propuesta de marcos conceptuales para la valorización sostenible.	• Escasa incorporación de variables comerciales. • Limitada consideración del comportamiento del consumidor y aceptación del mercado.	• Incorpora el marketing verde y la aceptación del mercado como variables para la creación de valor y la competitividad sostenible.
Upadhyay et al. (2024)	Tecnologías para la conversión de biomasa agroindustrial en bioenergías.	• Revisión de tecnologías tecnológicas, biológicas y fisicoquímicas para la producción de energía. • Análisis de eficiencia y viabilidad técnica.	• Previsión del enfoque tecnológico sobre la dimensión estratégica y comercial. • No integra factores de mercado ni sostenibilidad empresarial.	• Integra innovación tecnológica con estrategias comerciales y sostenibilidad empresarial para la competitividad sostenible.
Pongsiriyakul et al. (2024)	Valorización sostenible de residuos agrícolas en el contexto de la bioeconomía.	• Destaca el potencial de residuos agrícolas para la bioeconomía y el desarrollo sostenible. • Propone lineamientos generales de políticas y gobernanza.	• No desarrolla modelos conceptuales de comercialización sostenible. • Ausencia de integración entre tecnología, mercado y marketing verde.	• Propone un modelo conceptual integrador que conecta valorización tecnológica, marketing verde y competitividad sostenible.
Ramakrishna et al. (2024)	Conversión termoquímica de biomasa para bioenergías.	• Comparación de tecnologías de pirólisis, gasificación y metanización. • Evaluación de rendimientos energéticos y emisiones.	• No incorpora variables de marketing, creación de valor ni percepción del consumidor. • Escasa relación con estrategias comerciales.	• Introduce una perspectiva interdisciplinaria que integra tecnología, mercado, sostenibilidad y competitividad.
Kotler et al. (2022)	Marketing sostenible y creación de valor ambiental.	• Fundamento del marketing verde como estrategia para generar valor ambiental y social. • Propone marcos para gestionar la sostenibilidad empresarial.	• No aplica los principios al contexto de la biomasa energética. • Ausencia de estudios sobre su impacto en residuos agroindustriales.	• Extiende los principios del marketing verde al ámbito de la valorización comercial de la cáscara de café como bioeconomía sostenible.

Fuente. Elaboración propia con base en Geissdoerfer et al. (2017), Hoseini et al. (2021), Kotler et al. (2022), Gil-Gómez et al. (2024), Pongsiriyakul et al. (2024) y Ramakrishna et al. (2024).

La **Tabla 2** sintetiza comparativamente las investigaciones más representativas incluidas en la revisión sistemática y permite identificar los principales aportes científicos, las limitaciones metodológicas y los vacíos de conocimiento existentes.

El análisis evidencia que la mayoría de los estudios se concentra en variables relacionadas con la eficiencia energética, las propiedades fisicoquímicas de la biomasa y los procesos tecnológicos de conversión, mientras que dimensiones estratégicas como el marketing verde, la aceptación del mercado, la creación de valor y la competitividad sostenible reciben una atención considerablemente menor (Hoseini et al., 2021; Pongsiriyakul et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024).

Estos resultados permiten identificar el principal vacío científico abordado por la presente investigación.

Ninguno de los estudios analizados desarrolla un marco conceptual capaz de integrar simultáneamente la valorización tecnológica, la bioeconomía circular, el marketing verde, la creación de valor, la aceptación del mercado y la competitividad sostenible dentro de un único sistema explicativo.

En consecuencia, el presente estudio amplía la literatura existente al proponer un enfoque interdisciplinario que supera las

aproximaciones predominantemente tecnológicas y proporciona una base conceptual para futuras investigaciones orientadas a validar empíricamente las relaciones propuestas.

Desde una perspectiva científica, los hallazgos obtenidos demuestran que el desafío actual para la valorización comercial de la cáscara de café no consiste únicamente en desarrollar tecnologías más eficientes, sino en integrar dichas innovaciones con estrategias de comercialización capaces de incrementar el valor percibido, fortalecer la confianza del mercado y favorecer la competitividad sostenible. Esta interpretación coincide con Kotler et al. (2022), quienes sostienen que la generación de ventajas competitivas sostenibles depende de la articulación entre innovación, creación de valor y estrategias de marketing, así como con Dangelico y Vocalelli (2017), quienes destacan que el marketing verde constituye un elemento esencial para transformar innovaciones ambientales en propuestas de valor aceptadas por el mercado.

En conjunto, los resultados presentados en este apartado evidencian que la evolución de la investigación sobre la cáscara de café ha permitido consolidar importantes avances tecnológicos; sin embargo, también revelan la necesidad de desarrollar modelos conceptuales integradores que articulen bioeconomía circular, innovación tecnológica, marketing verde y competitividad sostenible. Este hallazgo constituye el fundamento científico que orienta los apartados siguientes y justifica el desarrollo del modelo conceptual propuesto en esta investigación.

4.2 Tecnologías de valorización de la cáscara de café y su potencial comercial

El análisis comparativo de la literatura científica demuestra que la cáscara de café constituye una biomasa lignocelulósica con elevadas posibilidades de aprovechamiento energético debido a su contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, características que favorecen su utilización mediante procesos termoquímicos y bioquímicos para la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos (Hoseini et al., 2021; Aristizábal-Marulanda et al., 2021; Ramakrishna et al., 2024).

Durante el período analizado se observó un incremento significativo en las investigaciones orientadas a optimizar tecnologías de conversión energética, evidenciando el creciente interés internacional

por transformar este residuo agroindustrial en una fuente renovable de energía alineada con los principios de la bioeconomía circular (Gil-Gómez et al., 2024; Kougioumtzis et al., 2024).

Las investigaciones revisadas muestran que las principales alternativas tecnológicas corresponden a la producción de briquetas, pellets, biochar, biogás y bioaceites. Cada una presenta diferentes niveles de desarrollo tecnológico, eficiencia energética, costos de implementación y posibilidades de escalamiento industrial, por lo que su selección depende de las condiciones técnicas, económicas y ambientales de cada contexto productivo (Hoseini et al., 2021; Ramakrishna et al., 2024). Esta diversidad tecnológica demuestra que la valorización de la cáscara de café trasciende la simple gestión de residuos y constituye una oportunidad para fortalecer la seguridad energética, reducir emisiones y generar nuevos productos de alto valor agregado.

La Figura 3 compara las principales tecnologías de valorización identificadas en la literatura, mientras que la Tabla 2 resume sus características estratégicas, evidenciando que las briquetas y los pellets presentan un mayor grado de madurez tecnológica y potencial comercial, mientras que el biochar y el bioaceite ofrecen oportunidades para aplicaciones de mayor valor agregado.

En conjunto, los resultados confirman que la selección de una tecnología no debe fundamentarse únicamente en criterios de eficiencia energética, sino también en su capacidad para generar ventajas competitivas sostenibles dentro de esquemas de bioeconomía circular.

Figura 3. Comparación de las principales tecnologías de valorización de la cáscara de café para la producción de biocombustibles sostenibles.

Comparación de las principales tecnologías utilizadas para la conversión energética de la cáscara de café, considerando el proceso de transformación, los productos obtenidos, el nivel de madurez tecnológica, las ventajas competitivas y su potencial de valorización comercial dentro del enfoque de bioeconomía circular y marketing verde.

TECNOLOGIA	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	PRODUCTOS PRINCIPALES	RENDIMIENTO TÍPICO*	VENTAJAS CLAVE	APLICACIONES POTENCIALES
BRIQUETAS (Combustible sólido compactado)	- Secado de la cáscara de café (10-15 % de humedad) - Troncos y ramaje - Compactación mecánica (alta presión) - Enfriamiento y almacenamiento	Briquetas cilíndricas	85-90 % - Poder calorífico: 15-18 MJ/kg - Humedad final: 8-12 %	- Alta densidad energética - Fácil almacenamiento y transporte - Bajas emisiones - Tecnología simple y de bajo costo	- Calefacción industrial - Secos y volantes - Uso doméstico
PELLETS (Combustible sólido industrializado)	- Secado (10-12 % de humedad) - Molida fina - Asesado/condensación con vapor - Extracción de la pulpa (presión y temperatura controlada) - Enfriamiento y tamizado	Pellets cilíndricos	90-95 % - Poder calorífico: 17-19 MJ/kg - Humedad final: 6-10 %	- Alta densidad y uniformidad - Combustión estable y controlada - Menores emisiones de partículas - Compatible con equipos estándar	- Plantas de calefacción - Generación eléctrica - Sistemas de calefacción
BIOCHAR (Carbon vegetal activado)	- Pirólisis de la cáscara de café en ausencia de oxígeno - Temperatura: 350-500 °C - Enfriamiento en atmósfera inerte - Mineralización y clasificación (opcional)	Biochar	25-35 % - Carbono fijo: 60-80 % - Poder calorífico: 20-25 MJ/kg	- Sustentabilidad del carbono - Mejora la calidad del suelo - Secuestro de carbono - Reducción de cenizas y contaminantes	- Fertilizante para cultivos agrícolas - Gestión de residuos orgánicos - Almacenamiento
BIOGÁS (Combustible gaseoso renovable)	- Digestión anaerobia de la cáscara de café - Temperatura mesófila (30-38 °C) - Tiempo de retención: 20-30 días - Cadena y almacenamiento del biogás	Biogás (CH ₄ , + CO ₂)	60-70 % - Contenido de CH₄: 50-65 % - Rendimiento: 250-300 L/mg sólidos volátiles	- Fuente de energía limpia - Aprovechamiento de residuos agrícolas - Producción de digestato fertilizante - Reducción de GEI	- Generación eléctrica - Cocinas y calefacción - Calentamiento industrial
BIOACEITE (Combustible líquido renovable)	- Pirólisis rápida en condiciones controladas - Temperatura: 400-500 °C - Condensación de vapores - Purificación y almacenamiento	Bioaceite	20-30 % - Poder calorífico: 28-32 MJ/kg - Viscosidad: 1.1-1.3 g/cm³	- Alta densidad energética - Almacenamiento líquido - Potencial para refinación - Versatilidad de aplicaciones	- Cubiertas especiales - Producción de energía - Co-procesamiento en refinerías
COMPARACIÓN INTEGRAL	* Los rendimientos pueden variar según la humedad inicial, el tamaño de partícula, las condiciones del proceso y el tipo de equipo utilizado.				

Fuente. Elaboración propia con base en Hoseini et al. (2021), Geissdoerfer et al. (2017), Gil-Gómez et al. (2024), Tamilselvan et al. (2024), Pongsiriyakul et al. (2024), Kougoumtzis et al. (2024) y Kotler et al. (2022).

La Figura 3 sintetiza comparativamente las principales tecnologías identificadas durante la revisión sistemática, mostrando sus procesos de transformación, productos obtenidos, nivel de madurez tecnológica, ventajas competitivas y potencial de valorización comercial. La comparación evidencia que las briquetas y los pellets constituyen actualmente las tecnologías con mayor grado de desarrollo y factibilidad de implementación debido a la simplicidad de sus procesos de producción, la disponibilidad tecnológica y la existencia de mercados relativamente consolidados para combustibles sólidos renovables (Hoseini et al., 2021; Kougoumtzis et al., 2024).

Por otra parte, el biochar, el biogás y los bioaceites representan alternativas con elevado potencial para la generación de productos de mayor valor agregado y aplicaciones industriales diversificadas. Sin embargo, su expansión comercial continúa condicionada por factores relacionados con la inversión tecnológica, la estandarización de procesos, la certificación ambiental y la aceptación del mercado (Pongsiriyakul et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024).

Estos resultados evidencian que la competitividad de las tecnologías de valorización depende no solamente de su eficiencia energética, sino también de su capacidad para integrarse dentro de modelos de negocio sostenibles capaces de comunicar eficazmente sus beneficios ambientales y económicos.

Desde una perspectiva comparativa, estos hallazgos coinciden con Hoseini et al. (2021), quienes destacan la amplia diversidad de aplicaciones potenciales para los residuos derivados del café, así como con Ramakrishna et al. (2024), quienes proponen la creación de redes de valor basadas en biomasa que permitan integrar diferentes productos y procesos dentro de un mismo ecosistema de bioeconomía circular.

Asimismo, Pongsiriyakul et al. (2024) sostienen que los principales desafíos actuales ya no corresponden exclusivamente a limitaciones tecnológicas, sino a la necesidad de desarrollar mecanismos efectivos de comercialización, creación de valor y aceptación del mercado.

Esta limitada integración entre innovación tecnológica y comercialización representa uno de los principales obstáculos para consolidar mercados sostenibles de biocombustibles derivados de la cáscara de café. En concordancia con Kotler et al. (2022), la generación de ventajas competitivas sostenibles requiere complementar el desarrollo tecnológico con estrategias orientadas a fortalecer la diferenciación, la comunicación de beneficios, la confianza del consumidor y la percepción de valor. De igual forma, Dangelico y Vocalelli (2017) señalan que el marketing verde constituye un componente estratégico indispensable para transformar innovaciones ambientales en propuestas comerciales capaces de responder a las nuevas demandas de los consumidores y de los mercados sostenibles.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el éxito comercial de las tecnologías de valorización depende de la articulación entre capacidades tecnológicas, sostenibilidad ambiental y estrategias de mercado.

En consecuencia, la competitividad sostenible emerge como una propiedad sistémica derivada de la interacción entre innovación, bioeconomía circular y marketing verde, más que como el resultado aislado de la eficiencia de los procesos de conversión energética.

Esta interpretación amplía las aproximaciones predominantes en la literatura reciente al demostrar que la creación de valor constituye el mecanismo que conecta el desarrollo tecnológico con la aceptación del mercado y la consolidación comercial de los biocombustibles.

Desde una perspectiva científica, este apartado confirma que el principal reto para futuras investigaciones consiste en desarrollar modelos integradores capaces de explicar las

relaciones funcionales entre las tecnologías de valorización, la creación de valor, el marketing verde y la competitividad sostenible. Precisamente, esta necesidad fundamenta el desarrollo del modelo conceptual presentado en el siguiente apartado, el cual constituye la principal contribución teórica de la presente investigación.

4.3 Integración conceptual de la evidencia científica: propuesta de un modelo para la valorización comercial de la cáscara de café

El análisis comparativo de la literatura científica permitió identificar que las investigaciones publicadas entre 2020 y 2026 han generado avances significativos en la caracterización de la biomasa cafetalera, el desarrollo de tecnologías de conversión energética y la incorporación de principios de bioeconomía circular para el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales (Hoseini et al., 2021; Gil-Gómez et al., 2024; Ramakrishna et al., 2024). No obstante, la revisión sistemática evidenció que dichos avances permanecen fragmentados, ya que la mayoría de los estudios analiza estas dimensiones de manera independiente, sin desarrollar marcos conceptuales capaces de explicar las relaciones funcionales que permiten transformar el potencial tecnológico de la cáscara de café en ventajas competitivas sostenibles.

La integración de la evidencia científica también permitió constatar que los estudios revisados privilegian la eficiencia técnica y la optimización de los procesos de conversión energética, mientras que variables estratégicas como la creación de valor, el marketing verde, la aceptación del mercado y la competitividad sostenible reciben una atención considerablemente menor (Pongsiriyakul et al., 2024; Banu et al., 2021). Esta fragmentación limita la transferencia de los avances tecnológicos hacia aplicaciones comerciales exitosas y dificulta la consolidación de cadenas de valor sostenibles basadas en la bioeconomía circular.

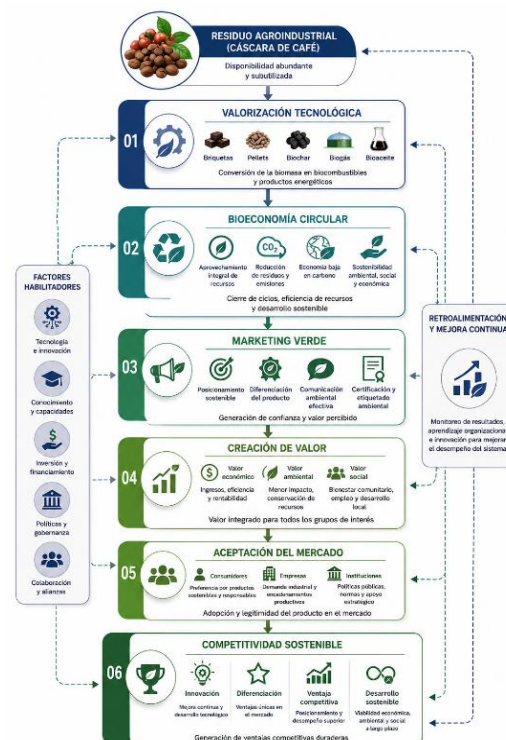
Como respuesta a este vacío científico, la presente investigación desarrolla un modelo conceptual integrador que articula seis dimensiones estratégicas: **valorización tecnológica, bioeconomía circular, marketing verde, creación de valor, aceptación del mercado y competitividad sostenible**. La propuesta parte del supuesto de que estos componentes mantienen relaciones sistémicas de interdependencia, de manera que el

fortalecimiento de cada dimensión incrementa la capacidad competitiva del sistema completo, favoreciendo simultáneamente la sostenibilidad ambiental, el desempeño económico y la aceptación comercial de los biocombustibles derivados de la cáscara de café.

La Figura 4 presenta la arquitectura conceptual resultante de la revisión sistemática, evidenciando las interacciones que sustentan la competitividad sostenible y proporcionando un marco de referencia para futuras investigaciones y para el diseño de estrategias empresariales orientadas al aprovechamiento integral de este residuo agroindustrial.

Figura 4. Modelo conceptual integrador para la valorización comercial de la cáscara de café como biomasa energética sostenible.

Modelo conceptual desarrollado a partir de la integración de la evidencia científica que explica las relaciones sistémicas entre la valorización tecnológica, la bioeconomía circular, el marketing verde, la creación de valor, la aceptación del mercado y la competitividad sostenible en la comercialización de biocombustibles derivados de la cáscara de café.



Fuente. Elaboración propia con base en Geissdoerfer et al. (2017), Hoseini et al. (2021), Kotler et al. (2022), Gil-Gómez et al. (2024), Tamilselvan et al. (2024), Pongsiriyakul et al. (2024) y en la integración conceptual desarrollada en la presente investigación.

La **Figura 4** representa gráficamente la arquitectura conceptual desarrollada a partir de la integración sistemática de la evidencia científica recopilada durante la revisión.

El modelo evidencia que la valorización comercial de la cáscara de café constituye un proceso sistémico que trasciende el aprovechamiento energético de un residuo agroindustrial y evoluciona hacia un mecanismo de generación de valor económico, ambiental y social mediante la interacción permanente entre innovación tecnológica, sostenibilidad y estrategias de comercialización.

Desde esta perspectiva, la valorización tecnológica constituye el punto de partida del sistema al transformar la biomasa en productos energéticos renovables. Posteriormente, la bioeconomía circular incorpora principios de aprovechamiento eficiente de recursos, reducción de residuos y sostenibilidad ambiental (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2023).

A su vez, el marketing verde actúa como mecanismo articulador que comunica los beneficios ambientales del producto, fortalece la diferenciación competitiva y favorece la construcción de confianza en el mercado (Dangelico & Vocalelli, 2017; Kotler et al., 2022). Como resultado de la interacción entre estas dimensiones, se incrementa la creación de valor económico, ambiental y social, mejorando la aceptación del mercado y fortaleciendo la competitividad sostenible de los biocombustibles derivados de la cáscara de café.

Estos resultados amplían las aproximaciones predominantes en la literatura reciente. Mientras investigaciones como las de Hoseini et al. (2021), Ramakrishna et al. (2024) y Gil-Gómez et al. (2024) analizan principalmente la eficiencia tecnológica y las oportunidades derivadas de la bioeconomía circular, el modelo propuesto incorpora explícitamente variables relacionadas con el comportamiento del mercado, la creación de valor y la competitividad estratégica. En consecuencia, el presente estudio proporciona una explicación interdisciplinaria más amplia sobre los factores que condicionan el éxito comercial de los biocombustibles derivados de residuos agroindustriales.

Asimismo, la propuesta coincide con los planteamientos de Kotler et al. (2022), quienes sostienen que la competitividad sostenible depende de la capacidad organizacional para generar valor superior mediante estrategias de marketing alineadas con las expectativas sociales y ambientales del mercado. Del mismo modo,

Geissdoerfer et al. (2017) argumentan que la economía circular únicamente alcanza su máximo potencial cuando las innovaciones tecnológicas son capaces de generar simultáneamente beneficios económicos, sociales y ambientales, aspecto que constituye uno de los fundamentos del modelo conceptual desarrollado en esta investigación.

Desde una perspectiva teórica, el modelo representa el principal aporte científico del estudio al integrar, en un único sistema conceptual, disciplinas tradicionalmente analizadas de manera independiente.

Esta integración proporciona un marco explicativo que facilita la comprensión de las relaciones funcionales entre innovación tecnológica, bioeconomía circular y marketing verde, ofreciendo una base conceptual sólida para futuras investigaciones orientadas a validar empíricamente las relaciones propuestas mediante modelos de ecuaciones estructurales, estudios de caso o investigaciones mixtas.

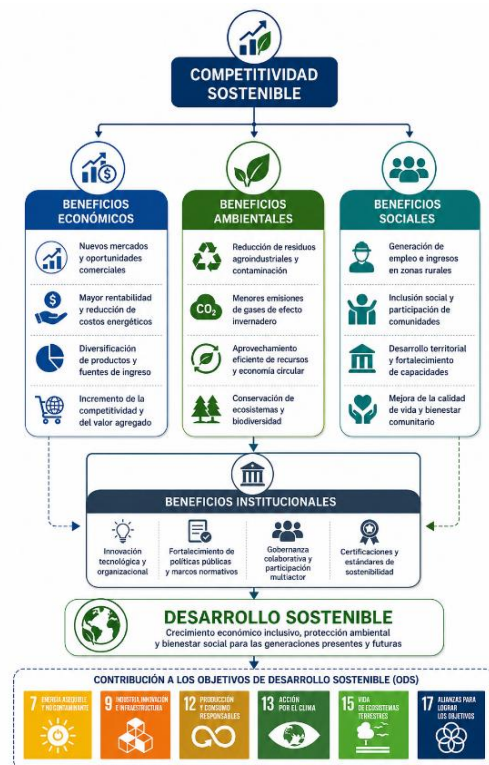
Desde el punto de vista gerencial, los resultados sugieren que las empresas interesadas en la valorización de residuos agroindustriales deberían complementar la innovación tecnológica con estrategias orientadas al posicionamiento, la certificación ambiental, la comunicación de beneficios y el fortalecimiento de la confianza del consumidor. Paralelamente, los organismos públicos y las instituciones de apoyo al desarrollo productivo pueden utilizar este modelo para diseñar políticas que impulsen la bioeconomía circular, fomenten la creación de mercados para biocombustibles sostenibles y fortalezcan la cooperación entre productores, industria, universidades y entidades gubernamentales.

La Figura 5 presenta un modelo estratégico para la valorización comercial sostenible de la cáscara de café, integrando los principales factores identificados durante la revisión sistemática y proponiendo una ruta para fortalecer la competitividad de los biocombustibles derivados de este residuo dentro de esquemas de desarrollo sostenible.

Figura 5. Modelo estratégico para la competitividad sostenible basada en la valorización comercial de la cáscara de café.

Representación estratégica de los beneficios económicos, ambientales, sociales e institucionales derivados de la integración entre valorización tecnológica, bioeconomía circular y marketing verde para fortalecer la competitividad sostenible de los biocombustibles obtenidos a

partir de la cáscara de café.



Fuente. Elaboración propia con base en Geissdoerfer et al. (2017), Kotler et al. (2022), Tamilselvan et al. (2024), Gil-Gómez et al. (2024), Pongsiriyakul et al. (2024), UNIDO (2024), Ólives (2024) y en los resultados obtenidos en la presente investigación.

La Figura 5 sintetiza las implicaciones estratégicas derivadas del modelo conceptual propuesto y representa la culminación del proceso de integración desarrollado durante la investigación. A diferencia de la Figura 4, que explica las relaciones funcionales entre las dimensiones del modelo, esta figura presenta una visión aplicada orientada a la toma de decisiones, mostrando cómo la interacción entre innovación tecnológica, bioeconomía circular, marketing verde, creación de valor y cooperación institucional puede traducirse en beneficios económicos, ambientales, sociales e institucionales para los diferentes actores de la cadena productiva.

La representación estratégica evidencia que la competitividad sostenible no depende exclusivamente de la disponibilidad de tecnologías eficientes, sino de la capacidad para integrar dichas tecnologías dentro de ecosistemas colaborativos de innovación capaces de fortalecer la aceptación del mercado, promover la diferenciación competitiva y consolidar modelos de negocio sostenibles. Esta interpretación

coincide con las recomendaciones formuladas por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO, 2024), el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2024) y la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2023), las cuales destacan la necesidad de fortalecer la articulación entre innovación, sostenibilidad y desarrollo empresarial para acelerar la transición hacia economías bajas en carbono.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la valorización comercial de la cáscara de café constituye una oportunidad estratégica para transformar un residuo agroindustrial en una fuente de competitividad sostenible.

El modelo conceptual y la propuesta estratégica desarrollados amplían el conocimiento disponible sobre bioeconomía circular y marketing verde, proporcionando una base científica para futuras investigaciones y para el diseño de estrategias empresariales y políticas públicas orientadas al aprovechamiento integral de la biomasa cafetalera.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La presente investigación permitió analizar de manera sistemática la evidencia científica publicada entre 2020 y 2026 sobre la valorización de la cáscara de café como biomasa energética, identificando avances significativos en el desarrollo de tecnologías de conversión y en la incorporación de principios de bioeconomía circular. Los resultados confirman que este residuo agroindustrial posee un elevado potencial para la producción de biocombustibles y otros productos de valor agregado, constituyéndose en una alternativa viable para fortalecer la sostenibilidad de las cadenas agroindustriales y contribuir a la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles.

El principal aporte científico del estudio consiste en el desarrollo de un modelo conceptual integrador que articula la valorización tecnológica, la bioeconomía circular, el marketing verde, la creación de valor, la aceptación del mercado y la competitividad sostenible dentro de un mismo marco explicativo. A diferencia de las aproximaciones predominantes en la literatura, centradas principalmente en aspectos tecnológicos, la propuesta incorpora una perspectiva interdisciplinaria que demuestra que el éxito comercial de los biocombustibles derivados de la cáscara de café depende de la interacción entre innovación, sostenibilidad y estrategias de

comercialización.

Desde el punto de vista práctico, los hallazgos ofrecen una base para orientar la toma de decisiones de empresas, cooperativas, productores y organismos públicos interesados en promover el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales. La integración de tecnologías de valorización con estrategias de marketing verde puede fortalecer la diferenciación competitiva, incrementar la aceptación del mercado y generar beneficios económicos, ambientales y sociales alineados con los principios de la bioeconomía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Como limitación, la investigación se fundamenta en una revisión sistemática de la literatura y en la construcción de un modelo conceptual, por lo que las relaciones propuestas requieren validación empírica mediante estudios cuantitativos, cualitativos o mixtos desarrollados en diferentes contextos productivos. En consecuencia, futuras investigaciones podrán evaluar el modelo mediante técnicas como modelos de ecuaciones estructurales, análisis multivariados o estudios de caso, así como extender su aplicación a otros residuos agroindustriales con potencial para la producción de biocombustibles sostenibles.

En síntesis, el estudio demuestra que la valorización comercial de la cáscara de café constituye una oportunidad estratégica para impulsar la innovación, la sostenibilidad y la competitividad de las cadenas agroindustriales, aportando un marco conceptual que amplía el conocimiento disponible y ofrece nuevas perspectivas para la investigación y la gestión empresarial.

Desde una perspectiva académica, el modelo conceptual propuesto constituye un marco de referencia para futuras investigaciones orientadas a validar empíricamente las relaciones planteadas mediante diseños cuantitativos, cualitativos o mixtos. Asimismo, desde una perspectiva aplicada, ofrece lineamientos útiles para empresas, cooperativas y responsables de políticas públicas interesados en promover la valorización sostenible de residuos agroindustriales dentro de esquemas de bioeconomía circular y transición energética.

REFERENCIAS

Aristizábal-Marulanda, V., García-Velásquez, C. A., & Cardona Alzate, C. A. (2021). Environmental assessment of energy-driven biorefineries: The case of coffee cut-stems in Colombia. *The International Journal of Life*

Cycle Assessment, 26(2), 290–310.

<https://doi.org/10.1007/s11367-020-01855-0>

Banu, J. R., Kannah, R. Y., Kumar, M. D., Preethi, Kavitha, S., Gunasekaran, M., Zhen, G., Awasthi, M. K., & Kumar, G. (2021). Spent coffee grounds based circular bioeconomy: Technoeconomic and commercialization aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, Article 111721.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111721>

Dangelico, R. M., & Vocalelli, D. (2017). Green marketing: An analysis of definitions, strategy steps, and tools through a systematic review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1263–1279.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.184>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Gil-Gómez, J. A., Flórez-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, Article 480.

<https://doi.org/10.1007/s42452-024-06085-9>

Hoseini, M., Cocco, S., Casucci, C., Cardelli, V., & Corti, G. (2021). Coffee by-products derived resources: A review. *Biomass and Bioenergy*, 148, Article 106009.

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>

International Renewable Energy Agency. (2023). *World energy transitions outlook 2023: 1.5°C pathway* (Vol. 1).

<https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>

Kirchherr, J., Yang, N.-H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, Article 107001.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>

Kotler, P., Keller, K. L., & Chernev, A. (2022). *Marketing management* (16th ed.). Pearson.

Kougioumtzis, M. A., Filippou, V., Rontogianni, A., Karampinis, E., Grammelis, P., & Kakaras, E. (2024). Valorization of spent coffee grounds by mixing with various types of residual biomass for pellet production: Evaluation of solid biofuel properties at different mixtures. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 18(4), 968–989.

<https://doi.org/10.1002/bbb.2646>

Ólives, S. (2024, July 12). *What is the bioeconomy and how can it drive sustainable*

development? World Economic Forum.
<https://www.weforum.org/stories/2024/07/bioeconomy-sustainable-development/>

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, E. A., 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. *The BMJ*, 372, Article n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Polonsky, M. J. (1994). An introduction to green marketing. *Electronic Green Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.5070/G31210177>

Pongsiriyakul, K., Wongsurakul, P., Kiatkittipong, W., Premasathira, 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), Article 2851. <https://doi.org/10.3390/pr12122851>

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.

<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

Tamilselvan, K., Sundarajan, S., Ramakrishna, S., Amirul, A.-A. A., & Vigneswari, S. (2024). Sustainable valorisation of coffee husk into value added product in the context of circular bioeconomy: Exploring potential biomass-based value webs. *Food and Bioproducts Processing*, 145, 187–202.

<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.03.008>

Tsigkou, K., Demissie, B. A., Hashim, S., Ghofrani-Isfahani, P., Thomas, R., Mapinga, K. F., Kassahun, S. K., & Angelidaki, I. (2025). Coffee processing waste: Unlocking opportunities for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 210, Article 115263.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115263>

United Nations Industrial Development Organization. (2024, May 14). *Launch of global platform for coffee industry players to transform 40 million tons of biowaste into business*.

<https://www.unido.org/news/launch-global-platform-coffee-industry-players-transform-40-million-tons-biowaste-business>

World Economic Forum. (2024). *What is the*

bioeconomy and how can it drive sustainable development?

<https://www.weforum.org/stories/2024/07/bioeconomy-sustainable-development/>