

Vol. 1, No. 6 (setembro 2026)

REVISTA ATHENA LATINHO-AMERICANA

MARKETING VERDE Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA VALORIZAR COMERCIALMENTE LA PAJA DE ARROZ PANAMEÑA

GREEN MARKETING AND CIRCULAR ECONOMY FOR COMMERCIAL VALORIZATION OF PANAMANIAN RICE STRAW

Martin Luther Jones Grinard¹

Revista Athena Latino-Americana

DOI: 10.69720/3086-5182.2026.000076

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.

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

CORREO: martin.jones0963@gmail.com



Vol. 1, No. 6 (SETEMBRO 2026)

**MARKETING VERDE Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA VALORIZAR
COMERCIALMENTE LA PAJA DE ARROZ PANAMEÑA**

**GREEN MARKETING AND CIRCULAR ECONOMY FOR
COMMERCIAL VALORIZATION OF PANAMANIAN RICE STRAW**

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 palha de arroz constitui um resíduo agrícola com potencial de transformação em fertilizantes, bioenergia, insumos pecuários, substratos, produtos celulósicos e materiais de construção. No entanto, seu aproveitamento comercial depende de fatores tecnológicos, logísticos, organizacionais e de mercado que geralmente são analisados separadamente. O objetivo do artigo foi analisar as alternativas de aproveitamento da palha de arroz e propor um modelo integrado de marketing verde e economia circular para sua valorização comercial no Panamá. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura conforme as diretrizes PRISMA 2020, mediante a consulta a fontes científicas e institucionais publicadas entre 2020 e 2026. Os estudos foram selecionados segundo critérios de pertinência e aplicabilidade e, posteriormente, submetidos a uma síntese temática comparativa. Os resultados identificaram seis rotas de valorização: agrícola, energética, pecuária, alimentar, celulósica e construtiva. As aplicações agrícolas, pecuárias e alimentares apresentaram condições preliminares mais acessíveis para projetos-piloto, enquanto as alternativas energéticas e industriais exigem maior investimento, padronização e coordenação logística. Conclui-se que a economia circular deve organizar a recuperação e a transformação da biomassa, enquanto o marketing verde conecta os produtos a segmentos específicos por meio de propostas de valor verificáveis. O modelo proposto integra disponibilidade, organização circular, transformação, comercialização e competitividade sustentável.

Palavras-chave: Marketing; Desenvolvimento sustentável; Arroz; Reciclagem; Gestão de resíduos.

ABSTRACT

Rice straw is an agricultural residue that can be transformed into fertilizers, bioenergy, livestock inputs, substrates, cellulosic products, and construction materials. However, its commercial use depends on technological, logistical, organizational, and market factors that are often examined separately. This article aimed to analyze rice straw utilization alternatives and propose an integrated green marketing and circular economy model for its commercial valorization in Panama. A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines and drawing on scientific and institutional sources published between 2020 and 2026. Studies were selected according to relevance, and applicability criteria and then examined through comparative thematic synthesis. The results identified six valorization pathways: agricultural, energy, livestock, food, cellulosic, and construction. Agricultural, livestock, and food applications showed more accessible preliminary conditions for pilot projects, while energy and industrial alternatives require greater investment, standardization, and logistical coordination. The study concludes that the circular economy should organize biomass recovery and transformation, while green marketing should connect products with specific segments through verifiable value propositions. The proposed model integrates resource availability, circular organization, productive transformation, commercialization, and sustainable competitiveness, providing a strategic framework for future technical assessments, business decisions, and territorial initiatives in Panama.

Keywords: Marketing; Sustainable development; Rice; Recycling; Waste management.

1. INTRODUCCIÓN

La transición hacia sistemas productivos sostenibles ha cambiado la forma de interpretar los residuos agrícolas. Materiales tradicionalmente considerados desechos pueden reincorporarse a la economía como insumos para nuevos productos, fuentes de energía y modelos de negocio.

La economía circular promueve esta transformación mediante la recuperación de recursos, la reducción de pérdidas y la creación simultánea de beneficios económicos, sociales y ambientales.

En los sistemas agroalimentarios, su aplicación puede diversificar los ingresos rurales, estimular la innovación y fortalecer la

cooperación entre productores, empresas e instituciones (Donner et al., 2020; Hamam et al., 2021).

2. La producción de arroz genera diferentes subproductos. La cascarilla se obtiene durante el procesamiento industrial del grano, mientras que la paja está compuesta por los tallos y hojas que permanecen en el campo después de la cosecha. Esta distinción resulta fundamental porque ambos materiales presentan características y necesidades logísticas diferentes. Debido a su composición lignocelulósica, la paja puede

- transformarse en compost, biochar, briquetas, pellets, biogás, alimento animal tratado, sustratos para hongos, papel, empaques y materiales de construcción (Goodman, 2020; Illankoon et al., 2023; Ramos et al., 2023; Singh et al., 2022).
3. Sin embargo, la posibilidad técnica de elaborar estos productos no garantiza su viabilidad comercial. La baja densidad, dispersión territorial, humedad y disponibilidad estacional de la paja pueden elevar los costos de recolección, almacenamiento y transporte. También influyen la ausencia de maquinaria, la continuidad del suministro, la inversión requerida y la coordinación entre productores, transformadores y compradores. Por consiguiente, la valorización debe evaluarse como una cadena completa y no únicamente como un proceso tecnológico aislado (Alengebawy et al., 2023; Makepa et al., 2023; Torregrosa et al., 2021).
 4. Los modelos circulares aplicados a residuos agroalimentarios demuestran que la creación de valor depende de las alianzas, la proximidad entre los actores, la selección de tecnologías apropiadas y la existencia de compradores identificables. Donner et al. (2020) señalan que estos modelos pueden organizarse mediante cooperativas, emprendimientos de suprarreciclaje, plantas de biogás, biorrefinerías, parques agroindustriales y estructuras institucionales de apoyo. La alternativa seleccionada debe corresponder con las capacidades territoriales y conservar, cuando sea posible, el valor material de la biomasa antes de destinarla a usos energéticos.
 5. En este contexto, el marketing verde cumple una función estratégica. Su aplicación comprende la investigación del mercado, la segmentación de compradores, el diseño de productos, la fijación de precios, la selección de canales y la comunicación transparente de los beneficios ambientales. La condición sostenible puede favorecer la diferenciación, pero no sustituye atributos como calidad, utilidad, seguridad, disponibilidad y rendimiento. La aceptación comercial depende de que los compradores reconozcan beneficios verificables y confíen en la información proporcionada. Por ello, la trazabilidad, las pruebas técnicas y las certificaciones pueden fortalecer el valor verde percibido y reducir el riesgo asociado con productos elaborados a partir de residuos (Mladenovic et al., 2024).
 6. Las rutas de aprovechamiento atienden mercados distintos. El compost, el biochar y los sustratos pueden dirigirse a agricultores y viveros; las camas y el alimento tratado, a explotaciones pecuarias; las briquetas y los pellets, a usuarios de energía; y el papel, los empaques y los paneles, a empresas interesadas en materiales renovables. Cada segmento presenta requerimientos particulares de precio, volumen, calidad y abastecimiento. Por esta razón, la selección de alternativas debe considerar conjuntamente la accesibilidad tecnológica, el costo logístico, el mercado potencial y el valor agregado.
 7. En Panamá, las estadísticas oficiales registran explotaciones, superficie sembrada, mecanización y cosecha de arroz por provincia, distrito y corregimiento durante el año agrícola 2023/2024 (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2025). Estos datos permiten localizar territorialmente la actividad arrocera, pero no cuantifican directamente la paja recuperable ni describen sus usos, costos de manejo o destinos comerciales. Esta limitación dificulta diseñar iniciativas empresariales sustentadas en la disponibilidad real del residuo.
 8. La literatura internacional ha estudiado ampliamente la conversión energética, agrícola e industrial de la paja. No obstante, existe menor integración entre las alternativas tecnológicas y las decisiones de marketing requeridas para crear mercados sostenibles. Persisten vacíos relacionados con la segmentación, la propuesta de valor, la credibilidad ambiental, los canales de comercialización y la coordinación entre participantes. Esta brecha adquiere especial relevancia en Panamá, donde las soluciones internacionales deben adaptarse a la escala productiva,

infraestrutura, demanda y condiciones logísticas nacionales.

9. La originalidad del artículo reside en integrar valorización productiva, economía circular y marketing verde dentro de una propuesta aplicable a la cadena arrocerá panameña. En consecuencia, se formula la siguiente pregunta: ¿cómo pueden integrarse el marketing verde y la economía circular para impulsar la valorización comercial y la competitividad sostenible de la paja de arroz en Panamá? El objetivo es analizar las alternativas de aprovechamiento de la paja de arroz y proponer un modelo integral de marketing verde y economía circular para su valorización comercial en Panamá.

2. MARCO TEÓRICO

La paja de arroz como recurso para la valorización comercial

La valorización de un residuo agrícola consiste en incorporarlo a procesos capaces de generar productos, servicios o beneficios adicionales.

En el caso del arroz, es necesario distinguir la paja de la cascarilla: la primera está formada por los tallos y hojas que permanecen en el campo tras la cosecha; la segunda se obtiene durante el procesamiento del grano.

Esta diferencia determina dónde se encuentra cada material, cómo puede recuperarse y qué operaciones exige su transformación. La composición lignocelulósica de la paja abre posibilidades de aprovechamiento agrícola, energético, pecuario e industrial, pero la existencia de una aplicación técnica no equivale, por sí sola, a una oportunidad de mercado (Goodman, 2020; Singh & Patel, 2022).

La literatura identifica productos con distintos grados de elaboración y exigencia técnica. Entre las opciones se encuentran compost, biochar, sustratos, camas pecuarias, combustible densificado, biogás, productos celulósicos y materiales para construcción (Ali et al., 2024; Alengebawy et al., 2023; Illankoon et al., 2023). Estas alternativas no pueden valorarse mediante un único criterio.

Un producto relativamente sencillo puede resultar conveniente si dispone de compradores cercanos y requiere poca inversión; otro, aunque alcance un mayor precio, puede perder viabilidad por los costos de recuperación, transporte y control de calidad. Por ello, la valorización

comercial exige relacionar las propiedades de la biomasa con las capacidades productivas y las condiciones del mercado.

Economía circular y organización de la cadena de valor

La economía circular ofrece un marco para comprender cómo un material residual puede reincorporarse a nuevas actividades productivas.

En los sistemas agroalimentarios, su aplicación comprende la recuperación de recursos, la reducción de pérdidas y la cooperación entre actores que participan en etapas diferentes de la cadena (Donner et al., 2020; Hamam et al., 2021). Para la paja de arroz, esto supone conectar la cosecha con la recolección, el acopio, la transformación y el uso del producto obtenido. Si alguno de estos eslabones falla, la posibilidad de fabricar un producto no se traduce necesariamente en un suministro estable o en ventas sostenidas.

Los modelos de negocio circulares pueden adoptar formas diversas, incluidas asociaciones de productores, emprendimientos locales y alianzas con empresas transformadoras. Donner et al. (2020) muestran que la creación de valor a partir de residuos agroalimentarios depende de cómo se organizan los actores y se vinculan los recursos con oportunidades comerciales.

Desde esta perspectiva, la cooperación cumple una función económica concreta: permite reunir cantidades dispersas, compartir servicios y ofrecer al comprador condiciones de abastecimiento más previsibles.

Una consideración adicional es el aprovechamiento en cascada. Este enfoque plantea examinar si la biomasa puede utilizarse en aplicaciones que conservan su valor material antes de destinarla a la recuperación energética. No establece una ruta universal: la elección depende de las características del residuo, la tecnología disponible y la demanda. En la paja de arroz, comparar usos agrícolas, alimentarios, celulósicos y energéticos permite identificar combinaciones de productos y posibles usos sucesivos de un mismo material (Illankoon et al., 2023; Singh et al., 2024).

Logística, territorio y disponibilidad de la biomasa

La paja presenta condiciones que influyen directamente en sus costos. Se genera de forma estacional, permanece distribuida entre explotaciones agrícolas y ocupa un volumen considerable antes de compactarse. La humedad,

la distancia y la necesidad de almacenamiento pueden elevar el costo de llevarla desde el campo hasta el centro de transformación o el comprador.

En consecuencia, la disponibilidad física del residuo debe distinguirse de la cantidad que puede recuperarse y comercializarse en condiciones viables (Alengebawy et al., 2023; Torregrosa et al., 2021).

La proximidad territorial adquiere así relevancia. Un comprador cercano puede facilitar aplicaciones de menor elaboración, mientras que una instalación industrial necesita comprobar volúmenes, continuidad y calidad del suministro.

Los centros de acopio, la programación de la recolección y el uso compartido de equipos son mecanismos posibles para reducir la fragmentación de la oferta. Estas decisiones deben examinarse junto con los costos de transformación y la demanda, porque la logística forma parte de la propuesta comercial y no constituye una etapa secundaria (Makepa et al., 2023; Sonar et al., 2024).

En Panamá, las estadísticas oficiales permiten ubicar territorialmente las explotaciones y la actividad arrocerá durante el año agrícola 2023/2024 (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2025). Sin embargo, esas cifras no miden directamente la paja recuperable. Para aplicar un modelo de valorización sería necesario complementarlas con información sobre la cantidad de biomasa generada, su manejo actual, su distribución y las condiciones de recuperación. Este límite impide presentar como comprobada una disponibilidad comercial que todavía requiere medición específica.

Marketing verde, propuesta de valor y confianza

El marketing verde vincula el desempeño ambiental de un producto con las necesidades de compradores concretos.

En la valorización de la paja, su función comienza con la investigación del mercado: identificar quién podría comprar cada derivado, qué problema busca resolver y cuáles son sus requisitos de calidad, precio y suministro. A partir de esa información pueden definirse el producto, la propuesta de valor, los canales y la comunicación.

La sostenibilidad puede aportar diferenciación, pero el comprador también evalúa utilidad, rendimiento, seguridad y disponibilidad.

La propuesta de valor cambia según la aplicación. Un agricultor puede evaluar un

compost por sus características y utilidad para el suelo; una empresa de empaques puede exigir resistencia y regularidad del material; y un comprador de combustible puede priorizar el desempeño energético y el abastecimiento. La segmentación evita atribuir a todos los mercados las mismas necesidades y permite seleccionar las alternativas de transformación en relación con una demanda identificable. También reduce el riesgo de invertir en tecnología antes de conocer las condiciones de compra.

La credibilidad de las afirmaciones ambientales forma parte de esta relación comercial. Una declaración general sobre el carácter «verde» de un producto puede ser insuficiente si no se acompaña de información clara sobre su origen, propiedades y desempeño.

La evidencia examinada por Mladenovic et al. (2024) destaca la importancia de la credibilidad de la información en la comunicación de productos verdes. En los derivados de la paja, las especificaciones técnicas, la trazabilidad y las pruebas de uso pueden ayudar a sustentar la propuesta de valor y disminuir la incertidumbre del comprador.

El esfuerzo necesario para participar en iniciativas circulares también puede influir en su aceptación, por lo que la facilidad de adquisición y utilización merece atención comercial (Paparella et al., 2023).

Integración conceptual y competitividad sostenible

La economía circular y el marketing verde cumplen funciones complementarias. La primera organiza la recuperación, circulación y transformación de la biomasa; el segundo relaciona los productos resultantes con segmentos, atributos de compra y canales comerciales.

Su integración permite examinar la valorización como una cadena completa: conocer el recurso, coordinar a los participantes, seleccionar aplicaciones apropiadas y comprobar que existe un mercado capaz de sostenerlas. Esta relación proporciona el fundamento teórico del modelo propuesto en el artículo.

La competitividad sostenible, en este contexto, se entiende como la capacidad de generar valor económico mediante una actividad que también mejora el aprovechamiento de recursos y fortalece la cooperación territorial. No puede deducirse únicamente del potencial técnico de la paja ni de la existencia de un beneficio ambiental. Requiere verificar suministro, costos, desempeño del producto y

aceptación comercial. Por ello, las alternativas para Panamá deben evaluarse de manera gradual y según las condiciones de cada territorio. El marco teórico sustenta esa evaluación sin anticipar la factibilidad de las rutas que el artículo examina en sus resultados.

Enfoque metodológico

Se realizó una revisión sistemática de literatura con alcance descriptivo, analítico y propositivo, siguiendo las directrices de PRISMA 2020 para documentar la identificación, selección y exclusión de las fuentes (Page et al., 2021). El diseño permitió integrar evidencia tecnológica, ambiental y comercial sobre la paja de arroz y utilizarla como fundamento para construir un modelo conceptual aplicable a Panamá.

La búsqueda comprendió publicaciones aparecidas entre enero de 2020 y agosto de 2026.

La identificación bibliográfica se efectuó mediante OpenAlex, Crossref y Google Scholar, mientras que los textos fueron verificados en ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, MDPI y los sitios de las revistas correspondientes. Para contextualizar el sector arrocero, se consultaron estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Censo y documentos técnicos del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (INEC, 2025; IRRI, 2024).

La estrategia combinó los términos “rice straw”, “paddy straw”, “valorization”, “value-added products”, “circular economy”, “green marketing”, “commercialization”, “business model” y “supply chain”, junto con sus equivalentes en español. La ecuación principal fue: (“rice straw” OR “paddy straw”) AND (“valorization” OR “value-added products”) AND (“circular economy” OR “green marketing” OR “commercialization” OR “business model”).

Se incluyeron artículos arbitrados, revisiones científicas, estudios de caso y documentos institucionales que abordaran la transformación de la paja, la logística, la sostenibilidad, los modelos circulares o la comercialización. Se excluyeron duplicados, publicaciones de opinión, contenidos promocionales, estudios centrados únicamente en el grano o la cascarilla y trabajos técnicos sin relación con la creación de valor o la aplicabilidad comercial.

Tabla 1. Criterios de selección de las fuentes

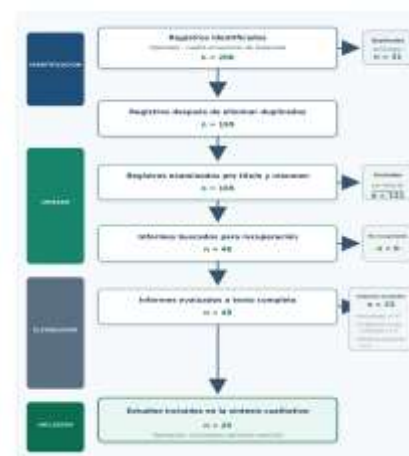
CRITERIO	SELECCIÓN	EXCLUSIÓN
Relevancia	Publicaciones de acceso abierto y de libre acceso a través de bases de datos.	Documentos no científicos o no académicos, como blogs o sitios web de opinión.
Tipología	Artículos de investigación, revisiones sistemáticas, ensayos y documentos de trabajo.	Opiniones, editoriales, documentos de trabajo y comunicaciones de prensa.
Idioma	Todo de acceso a registros científicos en español o portugués.	Registros científicos en otros idiomas que no sean el español o el portugués.
Integridad	Documentos de acceso abierto, de acceso restringido o de acceso a través de bases de datos.	Artículos que no estén disponibles en su totalidad o que estén fragmentados.
Cualidad	Documentos que hayan sido revisados por pares o que estén en bases de datos de acceso restringido.	Documentos que no hayan sido revisados por pares o que estén en bases de datos de acceso restringido.
Actualización	Documentos de acceso abierto o de acceso restringido que estén actualizados.	Documentos que no estén actualizados o que estén obsoletos.

Fuente: Elaboración propia con base en Page et al. (2021).

La selección se desarrolló en las cuatro fases de PRISMA 2020. En la identificación se reunieron los registros localizados y se eliminaron los duplicados. En el cribado se revisaron los títulos y resúmenes. Durante la elegibilidad se examinaron los textos completos y se registraron las razones de exclusión. Finalmente, se conformó el conjunto de estudios incluido en la síntesis cualitativa (Page et al., 2021).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección documental.

Subtítulo: Registros identificados, duplicados eliminados, documentos examinados, textos excluidos y estudios incluidos.



Fuente: Elaboración propia a partir de Page et al. (2021)

La información seleccionada se organizó en una matriz con autor, año, país, producto obtenido, tecnología, beneficios, requerimientos logísticos, barreras y aplicación potencial en Panamá. Posteriormente, se realizó una síntesis temática en cinco categorías: rutas de valorización, viabilidad tecnológica y logística, modelos circulares, marketing verde y competitividad sostenible. La heterogeneidad metodológica de las fuentes impidió efectuar un metaanálisis, por lo que se aplicó una comparación cualitativa (Snyder, 2019).

El modelo conceptual se construyó relacionando recuperación de biomasa, transformación, propuesta de valor, segmentación, comercialización y resultados sostenibles.

Se diferenciaron los hallazgos documentados de las inferencias formuladas para Panamá. La ausencia de estadísticas nacionales específicas sobre paja recuperable constituye la principal limitación del estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alternativas de valorización y potencial comercial

La revisión identificó seis rutas principales de valorización de la paja de arroz: productos agrícolas, bioenergía, usos pecuarios, cultivo de hongos, productos celulósicos y materiales de construcción.

Estas alternativas presentan diferencias importantes en complejidad tecnológica, inversión, logística, mercado y valor agregado, por lo que no resulta adecuado promoverlas como opciones igualmente viables (Ali et al., 2024; Illankoon et al., 2023; Nath et al., 2025; Singh et al., 2022; Singh et al., 2024).

Los productos agrícolas comprenden compost, biochar y sustratos.

El compostaje puede desarrollarse a pequeña o mediana escala y dirigirse a productores, viveros y proyectos de recuperación de suelos.

El biochar requiere una conversión termoquímica controlada y presenta aplicaciones como acondicionador del suelo y material para tratamientos ambientales. Su comercialización exige propiedades uniformes, especificaciones técnicas e información verificable sobre sus beneficios (Singh et al., 2025).

La ruta energética incluye briquetas, pellets, biogás y bioetanol. Su principal ventaja consiste en sustituir parcialmente combustibles convencionales y aprovechar una fuente renovable. Sin embargo, la baja densidad de la

paja sin procesar, su humedad y disponibilidad estacional aumentan los costos de recolección, almacenamiento y transporte. La viabilidad depende de concentrar la biomasa, ubicar la transformación cerca de las zonas productoras y garantizar una demanda suficiente (Alengebaw et al., 2023; Grisolia et al., 2022; Makepa et al., 2023; Moliner et al., 2020; Nunta et al., 2023; Saini et al., 2023).

Los usos pecuarios comprenden camas para animales y alimento tratado. Estas aplicaciones pueden necesitar menos inversión que las rutas industriales y facilitar intercambios entre fincas arroceras y pecuarias próximas. No obstante, el uso alimentario requiere tratamiento, evaluación nutricional y controles de inocuidad. La proximidad geográfica constituye una ventaja porque reduce el transporte de un material voluminoso y de bajo valor unitario (Singh et al., 2022).

La utilización de la paja como sustrato para hongos representa una alternativa de valor agregado que puede complementarse con el compostaje posterior del material residual. Esta secuencia responde al aprovechamiento en cascada, según el cual la biomasa debe conservar su valor mediante varios usos antes de su disposición final.

Las experiencias internacionales demuestran que el cultivo de hongos y la elaboración de fertilizantes pueden integrarse en modelos cooperativos y generar ingresos adicionales en comunidades productoras (IRRI, 2024; Nguyen et al., 2024).

La fabricación de papel, cartón y empaques aprovecha la fracción fibrosa de la paja y puede responder a la demanda de materiales renovables.

Su potencial de diferenciación es superior al de productos menos elaborados, pero requiere extracción de fibras, estandarización, pruebas de resistencia y continuidad de suministro. (Islam et al., 2023; Ly et al., 2024; Ramos et al., 2023).

De manera semejante, los paneles, bloques y materiales aislantes presentan oportunidades para la construcción sostenible, aunque necesitan validación técnica y cumplimiento de requisitos de seguridad, humedad y durabilidad (Illankoon et al., 2023; Quintana-Gallardo et al., 2021).

Tabla 2. Comparación de las principales rutas de valorización comercial

Ruta	Producto Final	Complejidad Relativa	Proximidad del Mercado	Disponibilidad de Tecnología
Agrícola	Productos Agrícolas	Baja	Alta	Alta
Energética	Energía	Alta	Baja	Baja
Forestal	Productos Forestales	Baja	Alta	Alta
Industria	Productos Industriales	Alta	Baja	Baja
Alimentaria	Productos Alimentarios	Baja	Alta	Alta
Química	Productos Químicos	Alta	Baja	Baja
Textil	Productos Textiles	Baja	Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia con base en Alengebaw et al. (2023), Illankoon et al. (2023), Singh et al. (2022) y Singh et al. (2025).

La comparación sugiere que los productos agrícolas, pecuarios y alimentarios ofrecen condiciones más accesibles para experiencias iniciales en Panamá.

Esta valoración se fundamenta en su menor complejidad relativa, la posibilidad de operar en escalas reducidas y la presencia de mercados próximos. Las rutas energéticas, celulósicas y constructivas podrían generar productos de mayor elaboración, pero exigen inversiones, volúmenes y controles técnicos superiores. Esta clasificación constituye una inferencia estratégica derivada de la literatura y no una factibilidad ya comprobada en el país.

La evidencia también indica que la selección de alternativas no debe basarse únicamente en el precio del producto final. Un producto de alto valor puede resultar inviable si la recolección y el transporte absorben sus márgenes. En contraste, una aplicación de menor valor unitario puede ser sostenible cuando utiliza tecnología accesible, compradores cercanos y organización colectiva.

Esta relación coincide con Donner et al. (2020), quienes sostienen que los modelos circulares de residuos agrícolas dependen de las alianzas, la organización territorial y la conexión entre proveedores y mercados.

Para Panamá se considera pertinente una implementación gradual. Una primera etapa podría priorizar compost, sustratos, camas pecuarias y cultivo de hongos. La segunda incorporaría biochar, briquetas y materiales compuestos después de validar el suministro, los

costos y la demanda. Las alternativas industriales requerirían alianzas empresariales, certificación y contratos de compra. Esta secuencia permitiría reducir el riesgo de adoptar tecnologías desconectadas de las capacidades nacionales.

Barreras comerciales y función del marketing verde

La revisión evidenció que las principales dificultades para valorizar la paja no se limitan a la disponibilidad de tecnologías. Las barreras forman un sistema compuesto por costos logísticos, fragmentación de la oferta, inversión inicial, incertidumbre de la demanda, falta de estandarización y escasa coordinación entre los actores. Cuando estos factores no se analizan conjuntamente, las iniciativas pueden producir materiales técnicamente funcionales, pero incapaces de ingresar o permanecer en el mercado (Cortés-Pellicer et al., 2025; Sonar et al., 2024).

La logística constituye una de las restricciones más importantes. La paja se genera durante períodos específicos, permanece distribuida entre numerosas fincas y ocupa un volumen considerable antes de compactarse. Por ello, la distancia entre el lugar de recolección, el centro de transformación y el comprador puede determinar la rentabilidad. La instalación de centros de acopio próximos, el uso compartido de maquinaria y la programación coordinada de la recuperación podrían disminuir estos costos. Los modelos circulares agroalimentarios muestran que la proximidad territorial y la cooperación resultan esenciales para movilizar residuos de bajo valor unitario (Donner et al., 2020; Makepa et al., 2023).

La fragmentación de la oferta también dificulta garantizar cantidades uniformes y entregas continuas. Una empresa transformadora necesita conocer el volumen disponible, su localización, humedad, calidad y calendario de suministro. En este sentido, las asociaciones y cooperativas pueden cumplir una función estratégica al concentrar la biomasa, negociar condiciones comunes y conectar a los productores con compradores. La organización colectiva transforma múltiples cantidades dispersas en una oferta comercial con mayor capacidad de negociación.

Otra barrera corresponde a la incertidumbre del mercado. La literatura técnica suele destacar lo que puede elaborarse con la paja, pero proporciona menos información sobre quién compraría el producto, qué requisitos exigiría y cuánto estaría dispuesto a pagar. Esta

desconexión puede conducir a seleccionar tecnologías antes de validar la necesidad comercial. Por tanto, cada iniciativa debería comenzar con la identificación del segmento, el problema que se resolverá y los atributos que orientan la compra.

El marketing verde permite atender esta brecha al vincular sostenibilidad y mercado. Su función comprende investigar compradores, diseñar la propuesta de valor, establecer precios, seleccionar canales y comunicar beneficios verificables. Los productos derivados de la paja no deben presentarse únicamente como alternativas ecológicas. También deben demostrar utilidad, calidad, rendimiento y disponibilidad frente a las opciones convencionales. La comunicación ambiental solo genera diferenciación cuando está respaldada por evidencia y coincide con la experiencia del comprador (Mladenovic et al., 2024).

El valor verde percibido surge de la evaluación conjunta de beneficios funcionales, económicos y ambientales. Un compost puede valorarse por su contribución al suelo; un empaque, por su resistencia y origen renovable; y una briqueta, por su desempeño energético y precio. La importancia de cada atributo cambia según el segmento. Por ello, no resulta apropiado utilizar una comunicación idéntica para agricultores, industrias, comercios y constructoras.

La confianza constituye otro elemento decisivo. Las afirmaciones generales sobre sostenibilidad pueden generar escepticismo cuando no explican el origen del material, su proceso de transformación o sus resultados. La trazabilidad, las especificaciones técnicas, las certificaciones y las pruebas piloto reducen esta incertidumbre. Además, una marca colectiva vinculada con la producción arroceras panameña podría facilitar el reconocimiento de origen, siempre que sus afirmaciones ambientales sean comprobables.

El precio debe analizarse en relación con el valor entregado y no únicamente con el costo de transformación. Algunos compradores podrían aceptar una diferencia frente a productos convencionales cuando perciban beneficios funcionales o ambientales; otros priorizarán el menor precio. Las pruebas de uso, muestras y compras iniciales permiten disminuir el esfuerzo y el riesgo percibidos, factores que pueden condicionar la participación en iniciativas circulares (Paparella et al., 2023).

Los hallazgos muestran que la valorización comercial requiere una orientación

de mercado desde el inicio. Primero deben identificarse necesidades y compradores; después seleccionarse el producto y la tecnología más adecuados. Este orden disminuye el riesgo de desarrollar una oferta sin demanda suficiente.

Para Panamá, la estrategia debería combinar proximidad territorial, organización de productores, validación técnica, segmentación empresarial y comunicación transparente.

En síntesis, la economía circular organiza el flujo de recuperación y transformación, mientras que el marketing verde conecta ese flujo con una necesidad comercial. La competitividad sostenible surge cuando ambas perspectivas operan de forma integrada y generan ingresos, reducción de residuos, innovación y beneficios territoriales. Esta relación fundamenta el modelo conceptual presentado en la siguiente sección.

Modelo integral de valorización comercial

A partir de la síntesis de la literatura se propone un modelo integral compuesto por cinco componentes consecutivos: disponibilidad de la paja, organización circular, transformación productiva, marketing verde y competitividad sostenible. La coordinación entre productores, empresas, compradores, universidades e instituciones actúa transversalmente sobre el sistema. El modelo representa la contribución conceptual del artículo y organiza las condiciones necesarias para convertir la paja en una oferta comercial.

El primer componente corresponde a la disponibilidad y caracterización de la biomasa. Antes de seleccionar una tecnología deben conocerse la localización, cantidad, estacionalidad, humedad y forma actual de manejo de la paja. Esta información permite estimar cuánto material podría recuperarse sin afectar las funciones agronómicas que cumple en el suelo. En Panamá, las estadísticas sobre superficie cultivada y cosecha constituyen un punto de partida, pero deben complementarse con mediciones específicas de biomasa residual (INEC, 2025).

El segundo componente comprende la organización circular de la recuperación. Incluye recolección, compactación, almacenamiento, transporte y concentración territorial. Su finalidad es garantizar un suministro con volumen y calidad suficientes. Las cooperativas, centros de acopio y servicios compartidos de maquinaria pueden reducir la fragmentación y distribuir los costos entre los participantes. Esta articulación es consistente con los modelos

circulares basados en redes y cooperación territorial (Donner et al., 2020).

El tercer componente corresponde a la transformación y selección del portafolio. Las alternativas deben compararse mediante complejidad tecnológica, inversión, logística, demanda y valor agregado. El modelo prioriza el aprovechamiento en cascada: primero los usos que conservan mayor valor material y después la recuperación energética. La elección puede variar entre territorios; por ello, no se propone una solución uniforme para toda la producción arrocerá.

El cuarto componente incorpora el marketing verde. Comprende investigación de mercados, segmentación, diseño de la propuesta de valor, precio, canales, marca, trazabilidad y comunicación. Su función es conectar cada producto con un comprador específico y demostrar beneficios funcionales, económicos y ambientales. La credibilidad depende de afirmaciones verificables, pruebas técnicas y coherencia entre el mensaje y el desempeño del producto (Mladenovic et al., 2024).

El quinto componente representa la competitividad sostenible. Sus resultados comprenden ingresos complementarios, nuevos emprendimientos, innovación, reducción de residuos, cooperación productiva y creación de valor territorial. La competitividad no se entiende únicamente como rentabilidad, sino como la capacidad de mantener beneficios económicos mientras se mejora el desempeño ambiental y se fortalecen las relaciones entre los actores.

Figura 2. Modelo integral de valorización comercial de la paja de arroz panameña.

Subtítulo: Articulación de economía circular, transformación productiva, marketing verde y competitividad sostenible.



Coordinación entre productores, empresas, compradores, universidades e instituciones

Fuente: Elaboración propia con base en Mladenovic et al. (2024), Donner et al. (2020), Illankoon et al. (2023) y Singh et al. (2022).

El modelo evidencia que la valorización no comienza con la compra de tecnología, sino con el conocimiento del recurso y del mercado. Su implementación debe avanzar mediante proyectos piloto territoriales que permitan comprobar la disponibilidad, los costos, la calidad y la aceptación comercial antes de ampliar la escala. De esta manera se reduce el riesgo de crear capacidades productivas sin suministro estable o sin compradores identificados.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La paja de arroz posee posibilidades de valorización en productos agrícolas, energéticos, pecuarios, alimentarios, celulósicos y constructivos. Sin embargo, su disponibilidad como residuo no garantiza la viabilidad de estas alternativas.

La creación de valor depende de la relación entre tecnología, escala, costos logísticos, organización de los productores, calidad del producto y existencia de compradores.

Las rutas agrícolas, pecuarias y alimentarias presentan condiciones preliminares más accesibles para Panamá, debido a su menor complejidad relativa y a la posibilidad de operar cerca de las zonas productoras. El compost, los sustratos, las camas pecuarias y el cultivo de hongos podrían evaluarse inicialmente mediante proyectos piloto. Las alternativas energéticas e industriales ofrecen oportunidades de mayor transformación, pero requieren volúmenes estables, inversión, certificación y demanda contractual.

La economía circular proporciona la estructura para recuperar y aprovechar la biomasa, mientras que el marketing verde permite identificar mercados, diseñar propuestas de valor y comunicar beneficios verificables. La integración de ambas perspectivas evita que la selección de tecnologías ocurra sin considerar la demanda. Los productos derivados deberán competir mediante calidad, funcionalidad, precio, disponibilidad y credibilidad ambiental.

El modelo propuesto organiza la valorización en cinco componentes: disponibilidad de la paja, organización circular, transformación productiva, marketing verde y competitividad sostenible. La coordinación entre

productores, empresas, compradores, universidades e instituciones constituye el elemento transversal. Su aplicación puede orientar decisiones empresariales, políticas públicas y experiencias territoriales de aprovechamiento.

La principal limitación del estudio es la ausencia de estadísticas nacionales específicas sobre la cantidad, localización y calidad de la paja recuperable. Tampoco se dispone de información suficiente sobre costos logísticos, capacidad instalada y aceptación de los posibles compradores en Panamá. Por esta razón, la clasificación presentada debe interpretarse como una orientación estratégica derivada de la literatura, no como una evaluación definitiva de factibilidad.

Las investigaciones futuras deberán cuantificar la biomasa disponible, comparar costos, evaluar impactos ambientales y estudiar la demanda para productos concretos. También se recomienda desarrollar proyectos piloto en zonas arroceras, validar el modelo con actores de la cadena y examinar mecanismos cooperativos de recolección y comercialización. Estas acciones permitirán transformar la propuesta conceptual en decisiones sustentadas sobre inversión, escala y acceso al mercado.

REFERENCIAS

Alengebaw, A., Ran, Y., Ghimire, N., Osman, A. I., & Ai, P. (2023). Rice straw for energy and value-added products in China: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 2729–2760. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01612-3>

Ali, B. A., Hosny, M., Nassar, H. N., Elhakim, H. K. A., & El-Gendy, N. S. (2024). A study on the valorization of rice straw into different value-added products and biofuels. *International Journal of Chemical Engineering*, 2024, Article 9185870. <https://doi.org/10.1155/2024/9185870>

Cortés-Pellicer, P., Alarcón, F., & Pérez-Perales, D. (2025). A system dynamics model for improving the reverse supply chain using the IoT in the household appliances sector. *Annals of Operations Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10479-025-06505-y>

Donner, M., Gohier, R., & de Vries, H. (2020). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716, 137065. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137065>

Goodman, B. A. (2020). Utilization of waste straw and husks from rice production: A review.

Journal of Bioresources and Bioproducts, 5(3), 143–162.

<https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.001>

Grisolia, G., Fino, D., & Lucia, U. (2022). Biomethanation of rice straw: A sustainable perspective for the valorisation of a field residue in the energy sector. *Sustainability*, 14(9), 5679. <https://doi.org/10.3390/su14095679>

Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., & D'Amico, M. (2021). Circular economy models in agro-food systems: A review. *Sustainability*, 13(6), 3453. <https://doi.org/10.3390/su13063453>

Illankoon, W. A. M. A. N., Milanese, C., Karunarathna, A. K., Liyanage, K. D. H. E., Alahakoon, A. M. Y. W., Rathnasiri, P. G., Collivignarelli, M. C., & Sorlini, S. (2023). Evaluating sustainable options for valorization of rice by-products in Sri Lanka: An approach for a circular business model. *Agronomy*, 13(3), 803. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030803>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2025). *Arroz: Explotaciones, superficie sembrada, perdida, mecanizada y cosecha en la República, según provincia, comarca indígena, distrito y corregimiento: Año agrícola 2023/24* [Cuadro estadístico]. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520250708152819Cuadro%201.pdf>

International Rice Research Institute. (2024, June 17). *IRRI and Can Tho City launch circular economy model for rice straw*. <https://www.irri.org/news-and-events/news/irri-and-can-tho-city-launch-circular-economy-model-rice-straw>

Islam, M., Saini, P., Das, R., Shekhar, S., Sinha, A. S. K., & Prasad, K. (2023). Rice straw as a source of nanocellulose for sustainable food packaging materials: A review. *BioResources*, 18(1), 2351–2385. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.Islam>

Ly, T. B., Tran, N. T. T., Pham, C. D., Nguyen, D. D. B., Mai, P. T., & Le, P. K. (2024). Innovative method for rice straw valorization into nanocellulose, lignin and silica. *Bioresource Technology Reports*, 25, 101804. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101804>

Makepa, D. C., Chihobo, C. H., Ruziwa, W. R., & Musademba, D. (2023). A systematic review of the techno-economic assessment and biomass supply chain uncertainties of biofuels production from fast pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Fuel Communications*, 14, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2023.100086>

Mladenovic, M., van Trijp, H., & Piqueras-Fiszman, B. (2024). (Un)believably green: The

- role of information credibility in green food product communications. *Environmental Communication*, 18(6), 743–760. <https://doi.org/10.1080/17524032.2024.2317910>
- Moliner, C., Bove, D., & Arato, E. (2020). Co-incineration of rice straw-wood pellets: A sustainable strategy for the valorisation of rice waste. *Energies*, 13(21), 5750. <https://doi.org/10.3390/en13215750>
- Nath, B., Ahmed, M. M., Paul, S., Huda, M. D., Hossain, M. A., & Islam, S. (2025). Unlocking the potential of rice straw: Sustainable utilization strategies for Bangladesh. *Circular Economy*, 4(1), 100126. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2025.100126>
- Nguyen, T. K. C., Nguyen, V. N., & Nguyen, T. V. H. (2024). Assessment environmental and social impacts for the rice straw utilization technical models to promote circular economy for rice production in Chau Thanh District–An Giang Province. *Engineering and Technology for Sustainable Development*, 34(1), 52–58. <https://doi.org/10.51316/jst.172.etsd.2024.34.1.7>
- Nunta, R., Techapun, C., Sommanee, S., Mahakuntha, C., Porninta, K., Punyodom, W., Phimolsiripol, Y., Rachtanapun, P., Wang, W., Zhuang, X., Qi, W., Jantanasakulwong, K., Reungsang, A., Kumar, A., & Leksawasdi, N. (2023). Valorization of rice straw, sugarcane bagasse and sweet sorghum bagasse for the production of bioethanol and phenylacetylcarbinol. *Scientific Reports*, 13, 727. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27451-4>
- 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., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Paparella, A., Vecchio, R., Cembalo, L., & Lombardi, A. (2023). Measuring consumer effort in circular economy initiatives in the food domain: An exploratory analysis. *Heliyon*, 9(2), e13373. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13373>
- Quintana-Gallardo, A., Romero Clausell, J., Guillén-Guillamón, I., & Mendiguchia, F. A. (2021). Waste valorization of rice straw as a building material in Valencia and its implications for local and global ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128507. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128507>
- Ramos, M., Laveriano, E., San Sebastián, L., Perez, M., Jiménez, A., Lamuela-Raventós, R. M., Garrigós, M. C., & Vallverdú-Queralt, A. (2023). Rice straw as a valuable source of cellulose and polyphenols: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 131, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.020>
- Saini, S., Kuhad, R. C., & Sharma, K. K. (2023). Valorization of rice straw biomass for co-production of bioethanol, biopesticide and biofertilizer following an eco-friendly biorefinery process. *Process Safety and Environmental Protection*, 173, 823–836. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.03.044>
- Singh, J., Bhattu, M., Liew, R. K., Verma, M., Brar, S. K., Bechelany, M., & Jadeja, R. (2025). Transforming rice straw waste into biochar for advanced water treatment and soil amendment applications. *Environmental Technology & Innovation*, 37, 103932. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103932>
- Singh, R., & Patel, M. (2022). Effective utilization of rice straw in value-added by-products: A systematic review of state of art and future perspectives. *Biomass and Bioenergy*, 159, 106411. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106411>
- Singh, S., Kaur, G., Singh, D. P., Arya, S. K., & Krishania, M. (2024). Exploring rice straw's potential from a sustainable biorefinery standpoint: Towards valorization and diverse product production. *Process Safety and Environmental Protection*, 184, 314–331. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.01.105>
- 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>
- Sonar, H., Dey Sarkar, B., Joshi, P., Ghag, N., Choubey, V., & Jagtap, S. (2024). Navigating barriers to reverse logistics adoption in circular economy: An integrated approach for sustainable development. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 12, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100165>
- Torregrosa, A., Giner, J. M., & Velázquez-Martí, B. (2021). Equipment performance, costs and constraints of packaging and transporting rice straw for alternative uses to burning in the “Parc Natural l’Albufera de València” (Spain). *Agriculture*, 11(6), 570. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060570>