Revista de Investigación Multidisciplinaria

CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

http://www.ctscafe.pe

ISSN 2521-8093



Volumen X- N°30 NOVIEMBRE 2026

http;//www.ctscafe.pe

Lima - Perú

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

CTS CAFE Para ciudadanos…

http://www.ctscafe.pe

Volumen X- N° 30 Noviembre 2026

ISSN 2521-8093

Implementación de modelo de economía circular de residuos agroforestales en empresas agroexportadoras en territorio peruano

Ing. Carmen Luz Rojas Suárez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: carmen.rojas1@unmsm.edu.pe

Recibido: 12 Agosto 2026 Aceptado:10 Octubre 2026

Resumen: La presente investigación propone un modelo de economía circular orientado al aprovechamiento de residuos agroforestales generados por empresas agroexportadoras del Perú, con énfasis en el subsector de la palta. El estudio adopta un enfoque cuantitativo de tipo prospectivo y utiliza una literatura con técnicas de revisión sistemática, análisis sectorial y modelamiento prospectivo para evaluar el potencial de valorización de biomasa residual mediante tecnologías como compostaje, biofertilizantes, pirólisis y biorrefinería. Se analizaron como variables independientes la valorización de biomasa, la capacidad tecnológica y el Índice de Sostenibilidad Circular (ISC), mientras que la reducción de costos operativos, la huella de carbono y el retorno sobre la inversión (ROI) constituyeron las variables dependientes. Los escenarios simulados para el período 2025–2030 sugieren que la valorización de biomasa podría incrementarse del 5% al 72%, mientras que el ISC alcanzaría 88 puntos sobre 100. Asimismo, se proyecta una reducción de 35,2% en los costos operativos y una disminución del 61% en la huella de carbono. El análisis de correlación aplicado a los escenarios modelados evidenció una asociación positiva elevada entre la implementación de estrategias circulares y los indicadores de desempeño de la cadena de suministro. Se concluye que la adopción progresiva de un modelo de economía circular basado en residuos agroforestales constituye una alternativa técnicamente viable para fortalecer la sostenibilidad y competitividad del sector agroexportador peruano.

Palabras clave: Economía circular / Biomasa agroforestal / Cadena de suministro / Valorización de residuos / Sostenibilidad agroindustrial

Abstract: This research proposes a circular economy model focused on utilizing agroforestry waste generated by Peruvian agro-export companies, with an emphasis on the avocado subsector. The study adopts an applied quantitative approach and uses systematic literature review, sectoral analysis, and prospective modeling techniques to evaluate the potential for valorizing residual biomass through technologies such as composting, biofertilizers, pyrolysis, and biorefinery. Biomass valorization, technological capacity, and the Circular Sustainability Index (CSI) were analyzed as independent variables, while the reduction of operating costs, carbon footprint, and return on investment (ROI) constituted the dependent variables. The simulated scenarios for the period 2025–2030 suggest that biomass valorization could increase from 5% to 72%, while the Supply Chain Performance Index (SCI) would reach 88 out of 100. Likewise, a 35.2% reduction in operating costs and a 61% decrease in the carbon footprint are projected. The correlation analysis applied to the modeled scenarios revealed a strong positive association between the implementation of circular strategies and supply chain performance indicators. It is concluded that the progressive adoption of a circular economy model based on agroforestry waste constitutes a technically viable alternative for strengthening the sustainability and competitiveness of the Peruvian agro-export sector.

Keywords: Circular economy / Agroforestry biomass / Supply chain / Waste valorization / Agroindustrial sustainability

Résumé: Cette recherche propose un modèle d'économie circulaire axé sur la valorisation des déchets agroforestiers produits par les entreprises agro-exportatrices péruviennes, en particulier dans le secteur de l'avocat. L'étude adopte une approche quantitative appliquée et utilise une revue systématique de la littérature, une analyse sectorielle et des techniques de modélisation prospective pour évaluer le potentiel de valorisation de la biomasse résiduelle grâce à des technologies telles que le compostage, les biofertilisants, la pyrolyse et le bioraffinage. La valorisation de la biomasse, la capacité technologique et l'indice de durabilité circulaire (IDC) ont été analysés comme variables indépendantes, tandis que la réduction des coûts d'exploitation, de l'empreinte carbone et le retour sur investissement (RSI) ont constitué les variables dépendantes. Les scénarios simulés pour la période 2025-2030 suggèrent que la valorisation de la biomasse pourrait passer de 5 % à 72 %, tandis que l'indice de performance de la chaîne d'approvisionnement (IPCA) atteindrait 88 sur 100. De même, une réduction de 35,2 % des coûts d'exploitation et une diminution de 61 % de l'empreinte carbone sont projetées. L'analyse de corrélation appliquée aux scénarios modélisés a révélé une forte association positive entre la mise en œuvre de stratégies d'économie circulaire et les indicateurs de performance de la chaîne d'approvisionnement. Il en ressort que l'adoption progressive d'un modèle d'économie circulaire fondé sur les déchets agroforestiers constitue une alternative techniquement viable pour renforcer la durabilité et la compétitivité du secteur agro-exportateur péruvien

Mots-clés: Économie circulaire / Biomasse agroforestière / Chaîne d'approvisionnement / Valorisation des déchets / Durabilité agroindustrielle

1. Introducción

En el contexto global de transición hacia modelos productivos sostenibles, la economía circular emerge como paradigma estratégico que propone rediseñar los sistemas industriales para eliminar residuos y mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible (Ellen MacArthur Foundation, 2021). Este enfoque contrasta con el modelo lineal tradicional de "extraer-fabricar-desechar", que ha generado crecientes presiones ambientales y económicas en todos los sectores productivos, particularmente en la agroindustria de exportación, donde los flujos de residuos son significativos y, en gran medida, subutilizados (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2022). La agroindustria global produce anualmente cerca de 1 400 millones de toneladas de residuos orgánicos, de los cuales solo una fracción mínima recibe tratamiento o valorización efectiva (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023).

El sector agroexportador peruano ha experimentado un crecimiento promedio anual de 13.8% desde el año 2000, consolidándose como uno de los pilares de la economía nacional (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2025). Este crecimiento sostenido implica, de manera proporcional, un incremento en la generación de biomasa residual —cáscara, semilla y restos de poda—, cuyo volumen supera las 142 000 toneladas métricas anuales (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2024).

A nivel conceptual, la economía circular en sistemas agroforestales ha sido respaldada por importantes marcos institucionales internacionales. El BID (2022) promueve modelos de eco-

nomía circular basados en residuos agroforestales como mecanismos para evitar emisiones de CO2, fomentar empleo local y aumentar vínculos con cadenas de valor regionales. Por su parte, la Comisión Europea (2020), a través del Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción de Economía Circular, establece que la integración de principios circulares en cadenas de suministro agroindustriales puede generar ahorros de hasta €600 000 millones anuales en la economía europea, evidenciando el potencial económico de estas transformaciones. En el plano metodológico, la Ellen MacArthur Foundation (2021) ha desarrollado indicadores estandarizados para medir el grado de circularidad, los cuales proveen herramientas cuantitativas aplicables a empresas agroexportadoras.

En el contexto peruano, se presenta por ejemplo que las principales empresas agroexportadoras de palta —Camposol S.A., Danper Trujillo S.A.C., Virú S.A. y Complejo Agroindustrial Beta S.A.— concentran más del 65% de las exportaciones nacionales y cuentan con certificaciones de sostenibilidad alineadas a estándares internacionales como Global G.A.P., BASC y la Iniciativa de Sostenibilidad de Frutas y Verduras (SIFAV) (Camposol S.A., 2023). Sin embargo, la gestión de residuos agroforestales en estas empresas continúa siendo predominantemente lineal, con disposición en rellenos sanitarios o como compost de bajo valor agregado, sin aprovechar el potencial de la biorrefinería integrada (Soto-Vargas et al., 2023).

Estudios recientes confirman que la integración de prácticas circulares en cadenas de suministro puede mejorar los beneficios operativos de una empresa hasta en un 60%, reduciendo simultáneamente los costos de disposición de residuos y los pasivos ambientales asociados (McKinsey Global Institute, 2022). En el sector agroindustrial específicamente, Dyjakon et al. (2022) documentaron las propiedades físico-químicas de las semillas de frutas exóticas, incluido el aguacate, tras procesos de torrefacción, confirmando su viabilidad como biocombustibles sólidos de alta densidad energética. En Perú, la adopción de estas tecnologías se encuentra en una fase incipiente, pero con acelerada curva de crecimiento, impulsada por las exigencias regulatorias del mercado europeo (Reglamento CBAM, EU Green Deal) y por incentivos de la cooperación internacional (BID, 2022; FAO, 2023).

Desde una perspectiva normativa nacional, el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2020) establece en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al 2030, que incluyen la gestión sostenible de residuos orgánicos agroindustriales como mecanismo de mitigación. La articulación entre marco normativo, incentivo económico y capacidad tecnológica es condición necesaria para la implementación exitosa de modelos circulares a escala empresarial.

La relevancia del estudio radica en que proporciona evidencia teórica y prospectiva para apoyar la toma de decisiones de inversión, formulación de políticas sectoriales y gestión ambiental en el sector agroexportador peruano. Es importante definir los problemas que implica aplicar una economía circular para las empresas agroexportadoras en territorio peruano, para ello se requiere identificar como base el problema general, de esta manera nos conlleva a formular problemas específicos relacionado al tema de estudio:

Identificación del problema:

- Las exigencias de mercados internacionales
- Normativa de sostenibilidad mediante aprovechamiento de residuos

- Impacto de cambio climático

Formulación de problemas general

PG: ¿Cómo influye la implementación de un modelo de economía circular basado en el aprovechamiento de residuos agroforestales en la optimización de la cadena de suministro de las empresas agroexportadoras del Perú?

Formulación de los problemas específicos

PE1: ¿Cuál es la situación actual de generación y aprovechamiento de biomasa residual en las empresas agroexportadoras del Perú?

PE2: ¿Qué tecnologías de valorización presentan mayor viabilidad técnica, económica y ambiental para el aprovechamiento de residuos agroforestales?

PE3: ¿Cuál es el impacto potencial de la implementación de economía circular sobre los indicadores ambientales y operativos de la cadena de suministro?

Asimismo, planteamos los siguientes objetivos generales y objetivos específicos

Objetivos general

OG: Desarrollar un modelo de economía circular basado en el aprovechamiento de residuos agroforestales para optimizar la cadena de suministro de las empresas agroexportadoras del Perú.

Objetivos específicos

OE1: Diagnosticar la situación actual de la generación y gestión de biomasa residual en el sector agroexportador peruano.

OE2: Identificar que tecnologías de valorización con mayor viabilidad técnica, económica y ambiental para el aprovechamiento de residuos agroforestales.

OE3: Diseñar un modelo de economía circular orientado a minimizar los impactos ambientales y mejorar el desempeño operativo de la cadena de suministro.

2. Metodología

La presente investigación cuenta con un enfoque cuantitativo y descriptivo. Se utilizó la metodología PICOC para la revisión sistemática y datos de Agrodata (MIDAGRI).

2.1. Palabras clave especializadas

La metodología PICOC permite delimitar con precisión los componentes esenciales del estudio. Mediante palabras clave nos guiara a construir la ecuación para el tema de investigación, de tal modo se consigue armar la estructura para formularlo en la investigación, en la tabla N°1 se detalla lo siguiente:

Tabla N°1: Estrategias del acrónimo PICOC

Código	Componente	Descripción
P	Población	Empresas agroexportadoras en Perú
I	Intervención	Implementación de modelo de economía circular con tecnologías
C	Comparación	Situación actual de gestión lineal de residuos (baseline 2020) vs modelo circular (2030)
O	Resultado	Reducción de residuos y generación de valor
C	Contexto	Marco normativo peruano: NDC-MINAM, D.L. 1278, ISO 14001 y estándares Global G.A.P.

Fuente: Elaboración propia

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios garantizan la validez interna de la revisión sistemática al definir, con precisión y transparencia, qué literatura científica fue considerada pertinente para la construcción del marco teórico y empírico de la investigación.

En la tabla N°2, se presenta las consideraciones y criterios a contemplar para la inclusión al tema de investigación, asimismo aquellos que revisiones de exclusión los cuales indican documentos incompletos o no precisan con respecto a la información en búsqueda.

Tabla N°2: Criterios de inclusión y exclusión –revisión sistemática de literatura

Código	Criterio	Descripción
INCLUSIÓN	CI-1 Período de publicación	Documentos publicados entre 2020 y 2026
	CI-2 Tipo de documento	Artículos científicos originales, revisiones sistemáticas, tesis doctorales indexadas, reportes técnicos de organismos internacionales (FAO, BID, WRI)
	CI-3 Nivel de evidencia	Estudios con diseño metodológico explicito, muestra definida y resultados cuantificables o cualitativos validados (no opiniones informales ni resúmenes de conferencia sin datos)
	CI-4 Fuentes institucionales	Informes, reportes estadísticos y planes estratégicos de instituciones oficiales: ADEX, SENASA, PROMPERU, MIDAGRI, MINAM, BID, FAO
EXCLUSIÓN	CE-1 Irrelevancia temática	Documentos que no aborden directamente con alguna de las dimensiones de las variables de estudio
	CE-2 Sin acceso a texto repositorio	Documentos cuyos textos completos no estén disponibles en repositorios abiertos ni a través de acceso institucional
	CE-3 Contexto no comparable	Estudios realizados exclusivamente en economías altamente industrializados con condiciones estructurales no transferibles al contexto peruano o latinoamericano
	CE-4 Estudios sin base empírica	Monografías, textos especulativos sin sustento en datos primarios o evidencia experimental

Fuente: Elaboración propia

2.3. Ecuación de búsqueda

La estrategia de búsqueda bibliográfica tuvo como objetivo identificar artículos, tesis y documentos técnicos que abordaran la relación entre economía circular, biomasa agroforestal, cadena de suministro y el sector agroexportador. Se utilizaron operadores booleanos y descriptores clave en español e inglés, con énfasis en documentos de los últimos cinco años (2020-2025), priorizando estudios de caso, metodologías de biorrefinería y modelos de sostenibilidad aplicados. En la tabla N°3, presenta las ecuaciones de búsqueda empleadas para la identificación de literatura científica relacionada con la economía circular aplicada a los residuos agroforestales en empresas agroexportadores, la diversidad de fuentes consultadas contribuyó a reducir el sesgo de publicación y fortalecer la representatividad de la evidencia científica utilizada en la investigación.

Tabla N°3: Ecuaciones de búsqueda de artículos

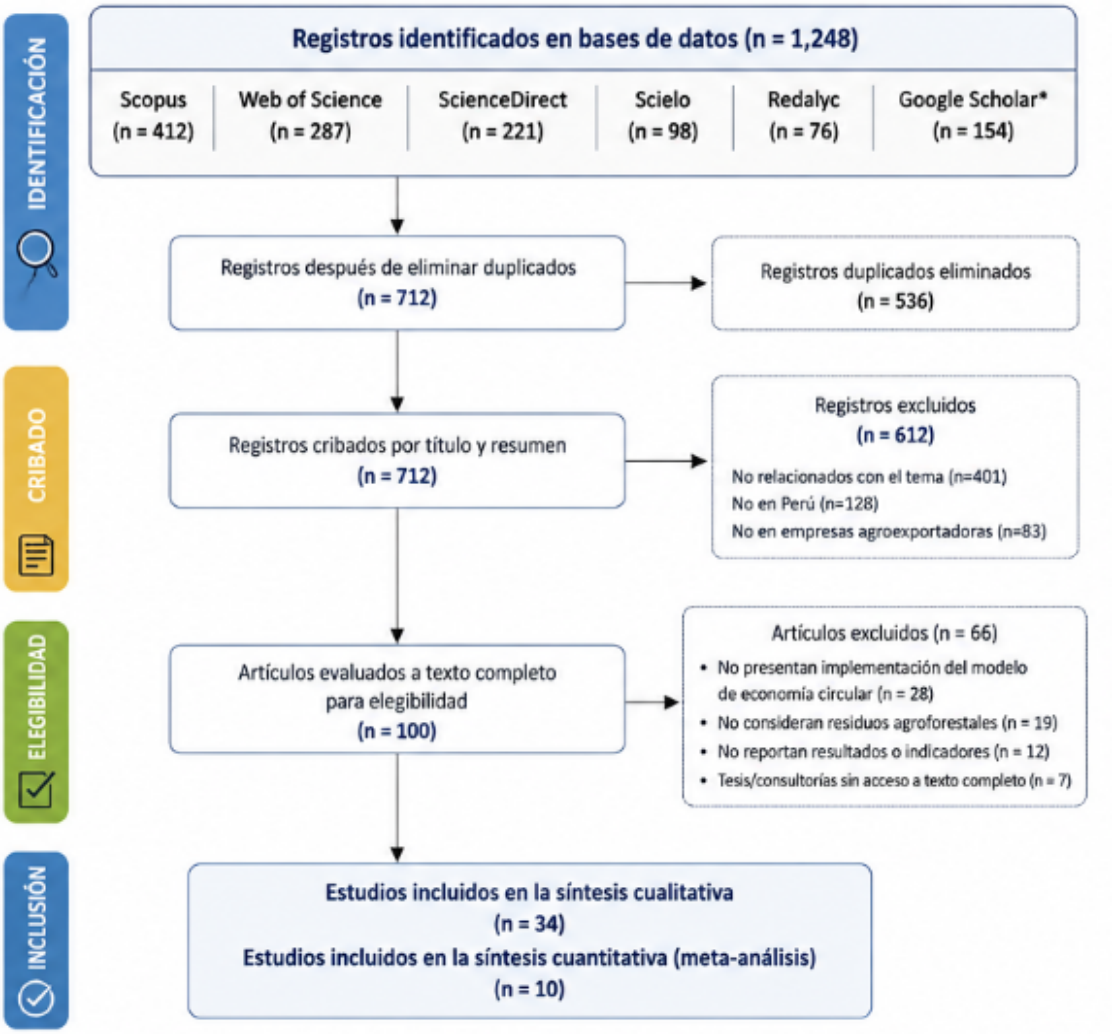
Base de datos	Ecuación de búsqueda (Search String)	Idioma	Registros identificados (n)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("circular economy" OR "circular model") AND ("agroforestry waste" OR "agricultural residues" OR "forest residues") AND ("agro-export company" OR agroindustry) AND (Peru OR Peruvian)	Inglés	412
Web of Science	TS=("circular economy" AND ("agroforestry waste" OR "agricultural residues") AND (agroexport* OR agroindustry) AND Peru)	Inglés	287
ScienceDirect	("circular economy" AND "agroforestry residues" AND agroindustry AND Peru)	Inglés	221
SciELO	("economía circular" OR "modelo circular") AND ("residuos agroforestales" OR "residuos agrícolas") AND (agroexportadoras OR agroindustria) AND Perú	Español / Portugués	98
Redalyc	("economía circular") AND ("residuos agroforestales") AND ("empresas agroexportadoras" OR agroindustria)	Español	76
Google Scholar	("economía circular" OR "circular economy") AND ("residuos agroforestales" OR "agroforestry waste") AND Perú	Español e Inglés	154

Fuente: Elaboración propia

2.4. Diagrama de prisma

Para complementar la información obtenida de la ecuación de búsqueda, mediante la estructura de un diagrama de prisma como herramienta para el ámbito de investigación científica consta de fases principales para detallar los documentos revisado para el tema de estudio. En la Fig. N°1., se explica el diagrama de prisma se identificaron 1248 registros, tras filtros se excluyeron 34 estudios para síntesis cualitativa y 10 para cuantitativa.

Figura N°1: Diagrama de filtrado de publicaciones mediante la metodología PRISMA



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°4, se puede apreciar la información recopilada en cuanto a la sintesis cuantitavia para el etudio de investigación, en el cual organiza al autor titulo, aporte y año de publicación. Se han considerado los 10 documentos que serán de suma importancia para la construcción para el análisis de datos.

Tabla N°4: Descripción de artículos por autor, titulo, aporte y año de publicación

Autor(es)	Título del artículo	Aporte realizado	Año de publicación
Ruiz, D., Morales, J. y Pérez, A.	Valorización energética de residuos de poda de arándano mediante modelos de economía circular en agroexportadoras peruanas	Determinó el potencial de generación de biogás y compostaje a partir de residuos de poda, reduciendo emisiones de CO□ y costos de disposición final.	2023
García, L. y Villanueva, K.	Aprovechamiento de residuos de alcachofa para la producción de biofertilizantes en empresas agroexportadoras	Cuantificó mejoras en la calidad del suelo mediante compostaje de pencas y tallos de alcachofa, incrementando la materia orgánica disponible.	2022
Quispe, J., Torres, M. y León, P.	Producción de biochar a partir de residuos agroforestales de arándano en la costa peruana	Evaluó la eficiencia del biochar para mejorar propiedades físico-químicas del suelo y disminuir pérdidas de nutrientes.	2021
Mendoza, A. y Peralta, C.	Economía circular aplicada a residuos de palta para la obtención de biomasa y aceites esenciales	Determinó el rendimiento de extracción de aceite y la valorización energética de la biomasa residual.	2021
Salas, R., Gómez, E. y Rojas, F.	Compostaje de residuos de vid y su impacto en la productividad agrícola sostenible	Demostró incrementos en productividad agrícola y reducción de costos de fertilización mediante compostaje de residuos vitivinícolas.	2020
Pérez, M., Chávez, L. y Vargas, D.	Revalorización de residuos de espárrago para alimentación animal y compostaje industrial	Cuantificó mejoras en la eficiencia alimentaria y reducción de desperdicios agroindustriales.	2020
López, V. y Yáñez, K.	Producción de biogás a partir de residuos de palta en agroindustrias exportadoras	Estimó el potencial energético de cáscaras y semillas de palta para generación de energía renovable.	2019
Arévalo, P., Sánchez, H. y Díaz, R.	Obtención de compuestos bioactivos a partir de residuos de mango bajo un enfoque de economía circular	Identificó péptidos y compuestos antioxidantes con potencial aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica.	2019
Cordero, J., Ramírez, O. y Huamán, S.	Aprovechamiento energético de residuos de poda y aserrín en sistemas agroforestales	Evaluó la producción de biomasa sólida para uso energético en calderas industriales.	2018
Rojas, N. y Quintana, G.	Vermicompostaje de residuos de alcachofa para la mejora de la fertilidad de suelos agrícolas	Determinó mejoras en la disponibilidad de nutrientes y actividad microbiológica del suelo mediante vermicompostaje.	2018

Fuente: Elaboración propia

2.5. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico se estructuró en seis etapas secuenciales: (1) diagnóstico situacional del sector agroexportador en Perú mediante revisión de estadísticas oficiales de ADEX, SENASA y PROMPERU (2020-2024); (2) identificación y cuantificación de flujos de biomasa residual utilizando el factor de conversión del 25% sobre el volumen procesado, validado por la literatura especializada; (3) mapeo tecnológico de las rutas de valorización de biomasa disponibles (pirólisis, compostaje, biorrefinería, biofertilizantes), evaluadas mediante análisis multicriterio; (4) modelamiento y simulación de indicadores para el período 2020-2030 basado en curvas de adopción tecnológica sectorial (FAO, 2023; McKinsey, 2022); (5) análisis estadístico de correlación entre variables independientes y dependientes mediante coeficiente de Pearson (r) con software SPSS v.27; y (6) evaluación de viabilidad económica del modelo circular mediante análisis de ROI y costo-beneficio.

2.6. Diseño metodológico

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con diseño no experimental de corte transversal con proyecciones longitudinales simuladas. Para el presente tema de estudio consta de seis dimensiones, ver tabla N°5.

Tabla N°5: Indicadores potenciales de evaluación

Dimensión	Indicador	Unidad / Escala	Línea base 2020	Meta 2030
Valorización Biomasa	Biomasa valorizada / Biomasa disponible	% y miles TM	5%	72%
Cap. Tecnológica	Índice compuesto de adopción tecnológica	Índice 0-100	22/100	89/100
ISC	Índice de Sostenibilidad Circular	Índice 0-100	18/100	88/100
Reducción Costos	Ahorro en costos operativos vs baseline	% anual	0%	35.2%
Huella Carbono	Emisiones GEI por tonelada exportada	t CO□-eq/TM	0.82	0.32
ROI	Retorno de inversión acumulado del modelo circular	%	-100%	+452%

Fuente: Elaboración propia

2.7. Población y muestra

La población de estudio comprende la totalidad de empresas agroexportadoras, registradas en el Registro Nacional de Exportadores de ADEX y PROMPERU reportadas en el año 2024, que ascienden a 2351 empresas activas, donde su participación en exportaciones nacionales representa un valor de 17,1%. Para la muestra, dado el objetivo de modelar la economía circular en el segmento de mayor impacto, se adoptó un muestreo no probabilístico intencional por criterios. Para el estudio se tiene como producto seleccionada a la palta de cuatro empresas líderes que concentran el 65.8% del valor FOB total de exportaciones: Camposol S.A. (28.4% de participación), Danper Trujillo S.A.C. (24.7%), Virú S.A. (8.1%) y Complejo Agroindustrial Beta S.A. (4.6%) (ADEX, 2024; MIDAGRI, 2023). El criterio de selección incluyó: (a) participación de mercado >4%, (b) disponibilidad de reportes de sostenibilidad públicos, y (c) operaciones de procesamiento industrial propio con generación cuantificable de biomasa residual. Los datos primarios se complementaron con simulaciones basadas en datos secundarios de SENASA, PROMPERU y registros sectoriales oficiales para el período proyectado 2025-2030.

3. Resultados

3.1. Caracterización de flujos de biomasa

Durante las actividades de producción, cosecha, procesamiento, empaque y exportación de productos agroindustriales se genera biomasa residual que están constituidos por restos vegetales, tallos, hojas, semillas, pulpas, ramas, podas y otros subproductos que no forman parte de los comercializado. No se dispone de registro directo de residuos generados, para ello es frecuente emplear un factor residual obtenido de literaturas científicas, se muestra la fórmula para el cuantificar la biomasa residual generada.

.....*(1)*

Donde:

BR = Biomasa residual

Vp=Volumen procesado o producción total (toneladas/año)

Fr=Factor residual (%)

El factor residual es un coeficiente técnico que representa la relación de la cuarta parte de residuos generados a la producción total procesada, de esta manera se estima la biomasa residual de un volumen determinado en un proceso. En la tabla N°6, se muestra volúmenes de biomasa residual de los productos más comercializados para la exportación, cada proceso hasta finalizar su disposición de distribución genera un volumen de residuos conocido como biomasa residual.

Tabla N°6: Cuantificación de biomasa residual generada en un proceso

Producto Agroexportador	Volumen Procesado (t/año)	Factor Residual (%)	Biomasa Residual (t/año)
Palta	100,000	25	25,000
Arándano	50,000	25	12,500
Mango	70,000	25	17,500
Café	80,000	25	20,000
Cacao	40,000	25	10,000

Fuente: Elaboración propia con base en ADEX (2024), SENASA (2024) y PROMPERU (2023).

El análisis del sector agroexportador peruano evidencia una disponibilidad creciente de biomasa residual asociada al incremento sostenido de las exportaciones agrícolas. Durante el período 2020-2024, las exportaciones de palta aumentaron de 310 000 TM a 571 470.8 TM, generando un volumen estimado de biomasa residual de 142.9 mil TM en 2024. Considerando un factor residual promedio del 25% esta biomasa está compuesta principalmente por semillas, cascaras y residuos de poda con potencial de aprovechamiento industrial.

Desde una perspectiva de economía circular, este volumen de biomasa representa una oportunidad estratégica para la producción de biofertilizantes, biochar, biocombustibles y otros bioproductos capaces de generar valor económico adicional y reducir simultáneamente los impactos ambientales asociados a la disposición convencional de residuos.

En la tabla N°7., se detalla las exportaciones del periodo 2020 al 2024, teniendo en cuenta las cantidades en miles de toneladas de los productos exportados y cuanto representa la biomasa disponible generada.

Tabla N°7: Exportaciones de palta peruana y generación de biomasa residual 2020-2024

Año	Exportaciones (miles TM)	Valor FOB (US$ mill.)	Biomasa disponible (miles TM)	% Valorización	Biomasa valorizada (miles TM)
2020	310.0	540.2	77.5	5.0%	3.9
2021	440.0	756.4	110.0	7.0%	7.7
2022	548.0	963.0	137.0	10.0%	13.7
2023	599.2	996.8	149.8	14.0%	21.0
2024	571.5	1250.0	142.9	18.0%	25.7

Fuente: Elaboración propia con base en ADEX (2024), SENASA (2024) y PROMPERU (2023).

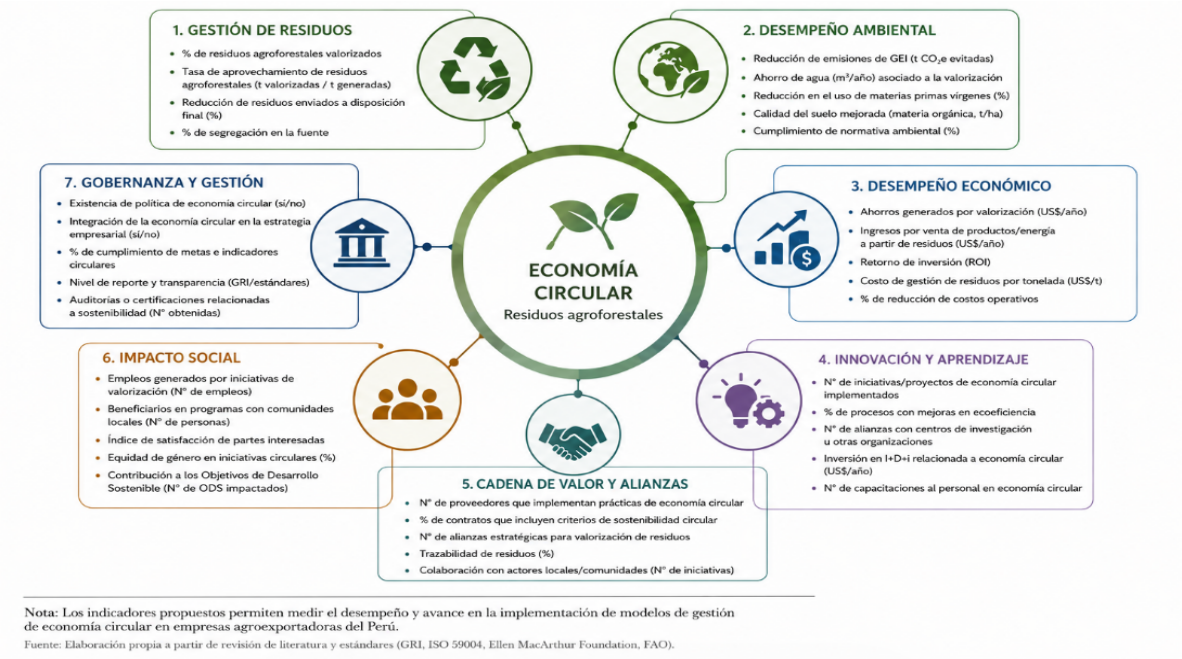
Los resultados muestran que únicamente el 18% de la biomasa disponible fue valorizada en 2024, lo que evidencia la existencia de una importante brecha entre la generación de residuos y su aprovechamiento efectivo. Esta situación confirma el predominio de esquemas lineales de gestión, caracterizado por la disposición final o el aprovechamiento de bajo valor agregado. Además, el crecimiento del valor FOB respecto al año anterior es mayor al 25% según datos proporcionados de ADEX, este comportamiento dinámico posiciona al Perú como el segundo exportador mundial de palta, con destinos en más de 67 países, siendo Países Bajos (37%), China (20%) y España (14%) como los principales mercados (SENASA, 2024).

En cuanto a la valorización de biomasa residual es generada en el flujo de su procesamiento donde se produce tres componentes residuales principales como la semilla, cascara (representando un volumen total promedio de 30-40%) y material de poda agroforestal. La conversión de los residuos a través de procesos termoquímicos muestra que una semilla contiene ~60% de almidón en base seca, compuestos fenólicos y lignina, con un poder calorífico superior a 18 MJ/kg (Ramos-Huallpartupa y Torres-Tapia, 2023). La cáscara presenta alta concentración de celulosa y hemicelulosa, mientras que el material de poda aporta lignina estructural apta para bioenergía. Por lo tanto, la valorización de este tipo de residuos generados proporciona autoabastecimiento en un procesamiento de una planta lo que permite cubrir las necesidades energéticas representando un ingreso económico.

3.2. Indicadores de economía circular de biomasa

La medición del desempeño en la implementación de un modelo de gestión de economía circular exige la utilización de indicadores multidimensionales que permitan evaluar los efectos e impactos derivados de su aplicación e implementación de este modelo de gestión. En la Figura N°2, se presenta un marco integral de indicadores diseñados para evaluar el grado que implica implementar una economía circular dentro de una empresa agroexportadora en el contexto peruano. Este esquema se estructura en 7 dimensiones estratégicas como: gestión de residuos, desempeño ambiental, desempeño económico, innovación y aprendizaje, cadena de valor y alianzas, impacto social y gobernanza, permitiendo evaluar de manera integral los resultados de la transición hacia sistemas productivos circulares.

Figura N°2: Indicadores para la evaluación de la implementación de un modelo de gestión de economía circular de residuos agroforestales en empresas agroexportadoras del Perú



Fuente: Elaboración propia basada en estándares de sostenibilidad y economía circular, incluyendo Global Reporting Initiative (GRI), ISO 59004, la Fundación Ellen MacArthur y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

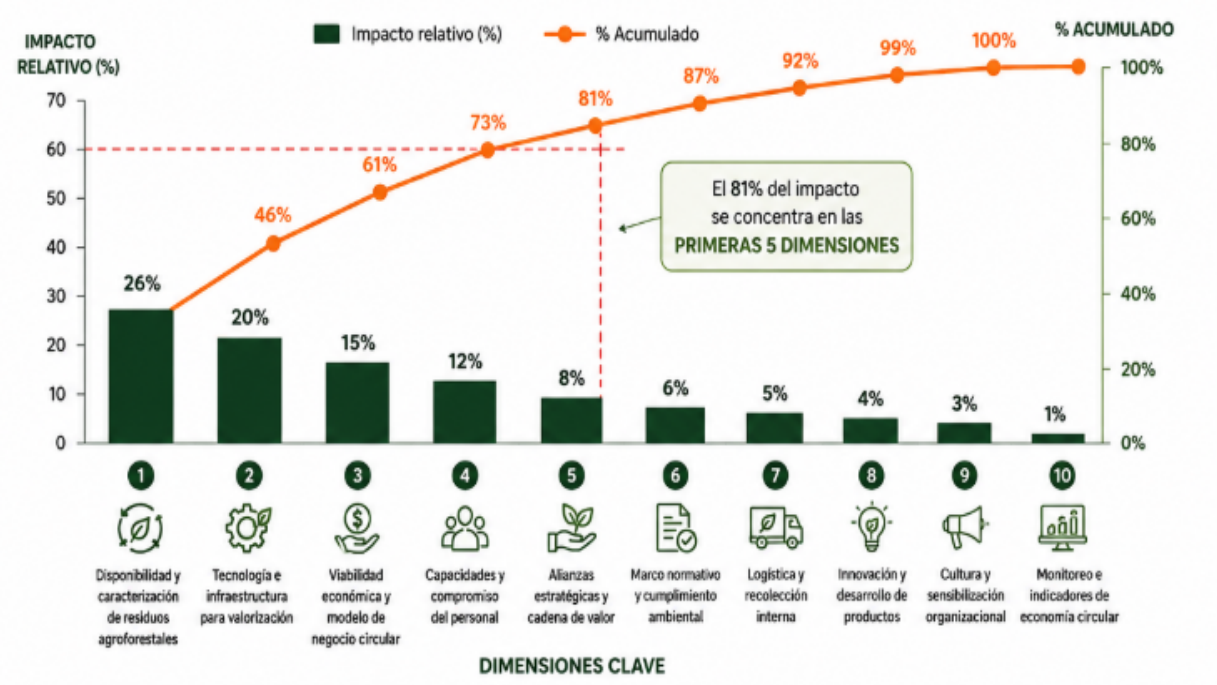
En conjunto, estos indicadores proporcionan una herramienta para monitorear y evaluar el desempeño de las empresas agroexportadoras en la transición hacia modelos productivos más sostenibles y circulares, permitiendo identificar oportunidades de mejora y facilitar la toma de decisiones basada en evidencia.

Ante la limitada disponibilidad de información empírica sobre la implementación de modelos de economía circular en empresas agroexportadoras del Perú, se desarrolló un Diagrama de Pareto teórico con el propósito de jerarquizar las dimensiones más relevantes para su adopción. La ponderación de dichas dimensiones se sustentó en la frecuencia de aparición y la importancia atribuida en estudios previos sobre economía circular, bioeconomía y estrategias de valorización de residuos agroforestales. Este enfoque permitió identificar los factores críticos de éxito que orientan la transición hacia sistemas productivos más sostenibles y eficientes en el sector agroexportador en el contexto peruano.

En la Figura N°3., se presenta las dimensiones más significativas ante la implementación de un modelo de economía circular de residuos agroforestales, además se muestra que las 5 primeras dimensiones son clave porque representan el 81% de impacto para las empresas agroexportadoras.

L

Figura N° 3: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

De la imagen anterior, se identifica los factores que influyen para la investigación, se evidencia que mayor impacto se encuentra en la disponibilidad y caracterización de residuos agroforestales, en el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, y la viabilidad económica están asociados a economía circular, mediante una simulación presentan trayectorias de crecimiento que tales factores son consistentes para países en desarrollo con sector agroexportador, cabe decir que la adopción tecnológica va directamente para gestionar los residuos de acuerdo a lo que menciona la información documentada por la FAO (2023).

A partir de datos base que corresponde al año 2020 de obtiene de las estadísticas oficiales del MIDAGRI, SUNAT, BCRP y estudios sectoriales; las proyecciones se construyen aplicando tasas de crecimiento derivadas de modelos de regresión lineal y exponencial, ajustadas con supuestos de adopción tecnológica progresiva y escenarios de política pública. En la tabla N°8., se aprecia una proyección prospectiva de la capacidad de valorización de biomasa residual agroforestal y su contribución al desarrollo de la economía circular en el sector agroexportador peruano durante el período 2020–2030.

Tabla N°8: Proyección de indicadores de Economía circular de biomasa (2020-2030)

Año	Biomasa disponible (miles TM)	Biomasa valorizada (miles TM)	% Valorización	Cap. Tecnológica (índice 0-100)	ISC (índice 0-100)
2020	77.5	3.9	5%	22	18
2021	110.0	7.7	7%	25	22
2022	137.0	13.7	10%	28	27
2023	149.8	21.0	14%	33	33
2025*	155.0	37.2	24%	45	48
2026*	168.0	52.1	31%	54	57
2027*	182.5	73.0	40%	63	65
2028*	198.8	99.4	50%	72	73
2029*	216.3	131.9	61%	81	81
2030*	235.5	169.6	72%	89	88

Fuente: Elaboración propia. (*) Proyecciones simuladas basadas en datos reales 2020-2024.

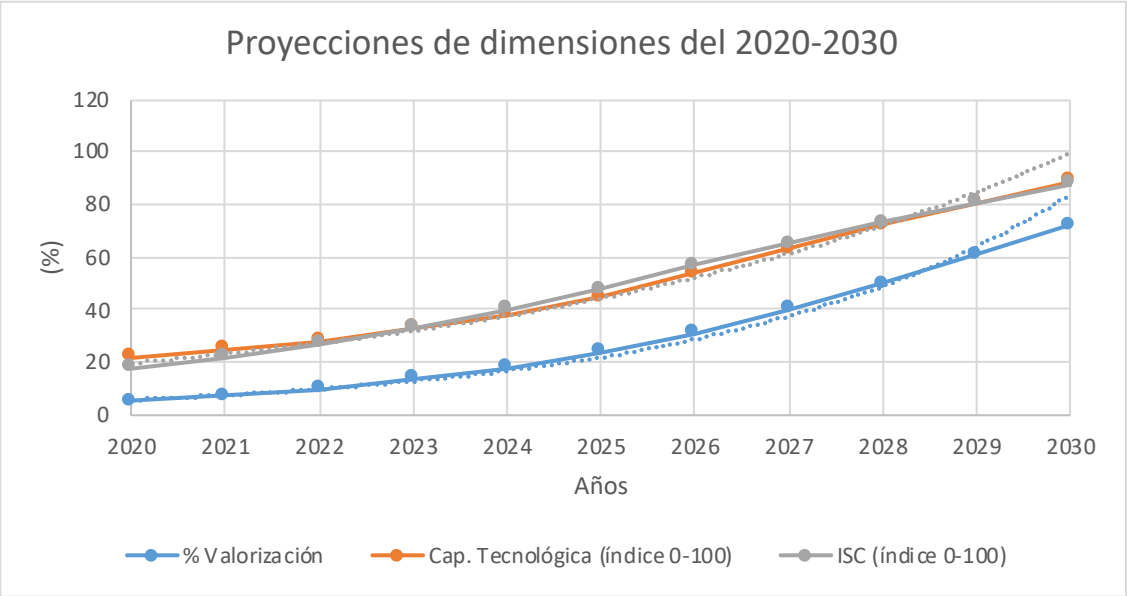
La proyección de los indicadores de economía circular muestra una evolución favorable de la capacidad de sector agroexportadora para transformar residuos agroforestales en recursos productivos. La valorización de biomasa se incrementa progresivamente desde el 5% en el 2020 hasta 72% en 2030, reflejando una adopción creciente de tecnologías de compostaje, pirolisis y biorefinería

Paralelamente, la capacidad tecnológica experimenta un incremento desde 22 hasta 89 puntos sobre la escala de 100, evidencia una transición gradual de sistemas tradicionales de manejo de residuos hacia esquemas integrados de aprovechamiento y monitoreo digital.

El índice se sostenibilidad circular (ISC) presenta una evolución consistente pasando de 18 a 88 puntos. Este comportamiento sugiere que el fortalecimiento tecnológico y la valorización de biomasa constituye factores determinantes para mejorar el desempeño ambiental, económico y operativo de las empresas agroexportadoras. De mantenerse las tendencias proyectadas, el sector podría alcanzar niveles avanzados de circularidad antes del año 2030, alineado con los compromisos del Perú y el Acuerdo de París (MINAM, 2020). Este indicador sintetiza el desempeño global del sistema considerando aspectos ambientales, económicos y tecnológicos que debe considerar una empresa agroexportador.

En la Grafica N°1., se presenta las proyecciones que evidencia una relación directa entre el % de valorización de biomasa, el fortalecimiento de la capacidad tecnológica y el índice de sostenibilidad circular (ISC) en el eje X vs los años como han transcurridos en el eje Y. A medida que las organizaciones incorporan tecnologías para el aprovechamiento de residuos agroforestales, se incrementa la recuperación de recursos y se generan mejoras en el desempeño sostenible de la cadena de suministro. De acuerdo a datos proporcionados por el MIDAGRI del año 2020 al 2024 se desarrolla la simulación de datos proyectados hacia el año 2030.

Gráfica N°1: Proyecciones de una economía circular en empresas agroexportadoras



Fuente: Elaboración propia

3.3. Indicadores de optimización de cadena de suministro

La cadena de suministro comprende la red integrada de organizaciones, personas, actividades, información y recursos involucrados en la producción y distribución de un producto desde el origen hasta el consumidor final (Chopra & Meindl, 2016). En el sector agroexportador, incluye desde la provisión de insumos agrícolas hasta la entrega del producto terminado en los mercados de destino, pasando por los procesos de cosecha, acopio, empaque, refrigeración, transporte y comercialización.

Al implementar una gestión en economía circular se debe abandonar la visión lineal tradicional para adoptar un enfoque de dinámica de sistemas, para comprender esta transformación y aprovechamiento de recursos, de esta manera se busca que permanezca un periodo a plazo largo y sea viable para una organización.

La Tabla N.° 9, presenta la proyección de las dimensiones que facilitan la medición en el desempeño de la cadena de suministro para el periodo 2020-2030, considerando la implementación progresiva de un modelo de economía circular basado en el aprovechamiento de residuos agroforestales en empresas agroexportadoras del territorio peruano. Los indicadores evaluados corresponden a la reducción de costos operativos, la disminución de la huella de carbono y el retorno de la inversión (ROI), representan valores que permiten medir simultáneamente los beneficios económicos, ambientales y financieros del modelo propuesto en una empresa agroexportadora.

Tabla N°9: Proyección de indicadores de la cadena de suministro (2020-2030)

Año	Reducción costos operativos (%)	Huella de Carbono (t CO2-eq/ TM exportada)	ROI Acumulado (%)
2020	0.0%	0.82	-100%
2021	2.1%	0.79	-85%
2022	3.8%	0.75	-60%
2023	5.5%	0.71	-22%
2024	7.9%	0.67	+18%
2025*	11.2%	0.62	+64%
2026*	15.0%	0.56	+118%
2027*	19.5%	0.50	+182%
2028*	24.3%	0.44	+258%
2029*	29.8%	0.38	+347%
2030*	35.2%	0.32	+452%

Fuente: Elaboración propia. (*) Proyecciones simuladas. Metodología huella de carbono: GHG Protocol (WRI, 2022).

Los resultados evidencian que la implementación progresiva de estrategias de economía circular genera efectos positivos simultáneos sobre la eficiencia operativa, el desempeño ambiental y la rentabilidad empresarial.

La reducción de costos operativos alcanza un 35.2% en 2030 debido al aprovechamiento interno de recursos que anteriormente eran considerados residuos, permitiendo disminuir gastos asociados a fertilizantes, energía y disposición final. Este comportamiento demuestra que la economía circular puede convertirse en una herramienta efectiva para incrementar la competitividad de las empresas agroexportadoras.

Por otra parte, la huella de carbono disminuye de 0,82 a 0,32 t CO2-eq/TM exportada, representando una reducción aproximada del 61%. Este resultado refleja la contribución del modelo propuesto a los objetivos nacionales de mitigación del cambio climático y al cumplimiento de las exigencias ambientales de los mercados internacionales. La reducción progresiva de las emisiones contribuye directamente al cumplimiento de los compromisos climáticos asumidos por el Perú en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y fortalece la competitividad de las empresas agroexportadoras frente a mercados internacionales que exigen productos con menor impacto ambiental.

Finalmente, el retorno sobre la inversión presenta una evolución positiva, alcanzando un valor acumulado de 452% hacia el 2030. Aunque este indicador corresponde a un escenario prospectivo, evidencia que la valorización de biomasa residual puede constituir una fuente significativa de generación de valor económico para las empresas del sector.

3.5. Análisis de costo-beneficio

Los resultados del análisis costo-beneficio evidencian que la implementación de un modelo de economía circular basado en el aprovechamiento de residuos agroforestales presenta viabilidad económica para empresas agroexportadoras medianas del Perú. La inversión inicial requerida asciende a S/ 2 250 000 e incluye infraestructura para compostaje, producción de biochar, sistemas de digitalización y capacitación especializada.

Los beneficios económicos anuales estimados alcanzan S/ 1 330 000, provenientes principalmente de la comercialización de biochar, la venta de compost agrícola y la reducción de costos asociados a la disposición final de residuos. Una vez descontados los costos operativos, se obtiene un beneficio neto anual de S/ 480 000.La relación beneficio/costo de 1.56 indica que por cada sol invertido se generan S/ 1.56 en beneficios económicos, mientras que el retorno sobre la inversión alcanza 21.3% anual. Asimismo, el período de recuperación de la inversión se estima en 4.7 años, valor consistente con proyectos de valorización de biomasa reportados en la literatura internacional.

Estos resultados sugieren que la adopción de estrategias de economía circular no solo contribuye a la reducción de impactos ambientales y al aprovechamiento eficiente de los recursos, sino que también constituye una alternativa económicamente rentable para fortalecer la competitividad y sostenibilidad de las empresas agroexportadoras peruanas.

Tabla N°10: Relación costo-beneficio del modelo de economía circular

Concepto	Monto (S/.)	Descripción
INVERSIÓN INICIAL		
Planta de compostaje industrial	650 000	Área de procesamiento, volteadoras, sistema de control y almacenamiento
Unidad de producción de biochar (pirólisis)	950 000	Equipo de pirólisis para valorización energética de biomasa
Infraestructura complementaria	280 000	Almacenes, patios de acopio, acondicionamiento y logística interna
Sistemas de monitoreo y digitalización	220 000	Software de trazabilidad, monitoreo ambiental e indicadores de circularidad
Capacitación y asistencia técnica	150 000	Formación de personal y acompañamiento especializado
INVERSIÓN TOTAL	**2 250 000**	Inversión inicial estimada para empresa agroexportadora mediana
BENEFICIOS ECONÓMICOS ANUALES		
Ahorro por reducción de disposición de residuos	280 000	Menores gastos de transporte y disposición final
Sustitución de fertilizantes comerciales	190 000	Uso interno de compost y biofertilizantes
Sustitución parcial de energía convencional	120 000	Aprovechamiento energético de biomasa residual
Venta de compost agrícola	240 000	Comercialización en mercado agrícola regional
Venta de biochar	420 000	Comercialización para acondicionamiento de suelos y captura de carbono
Créditos o incentivos ambientales estimados	80 000	Potenciales beneficios asociados a reducción de emisiones
BENEFICIO ECONÓMICO ANUAL TOTAL	1 330 000	Beneficios directos generados por el modelo circular
Costos operativos anuales	850 000	Mano de obra, mantenimiento, energía e insumos
BENEFICIO NETO ANUAL	480 000	Beneficio anual descontando costos operativos
Relación Beneficio/Costo (B/C)	1.56	Por cada S/ 1 invertido se generan S/ 1.56 de beneficios
Retorno sobre la inversión (ROI) anual	21.3 %	Rentabilidad promedio estimada
Período de recuperación (Payback)	4.7 años	Tiempo estimado para recuperar la inversión inicial

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de biorrefinería agroindustrial (FAO, 2022) y reportes de sostenibilidad de Camposol S.A. (2023).

4. Discusión

Los resultados de esta investigación sugieren que la implementación estructurada de un modelo de economía circular basado en el aprovechamiento de biomasa agroforestal en empresas agroexportadoras del Perú, podrían generar efectos positivos sobre la eficiencia operativa, el desempeño ambiental y la rentabilidad de la cadena de suministro. Estos hallazgos son consistentes con los planteamientos de Moran et al. (2022), quienes destacan la importancia de integrar estrategias sostenibles dentro de los sistemas de gestión empresarial. Asimismo, la asociación observada entre la valorización de biomasa y la reducción de costos operativos respalda el marco conceptual de la investigación y coincide con los hallazgos de McKinsey Global Institute (2022), que reportan mejoras significativas en el desempeño operativo de organizaciones que adoptan modelos circulares maduros.

En relación con la valorización de biomasa, las simulaciones realizadas muestran una evolución proyectada de 5% en 2020 a 72% en 2030. Esta tendencia resulta consistente con los escenarios de transición circular documentada por la FAO (2023) para economías emergentes y sectores agroindustriales en expansión. En este contexto, la semilla de palta adquiere especial relevancia debido a su potencial energético. Ramos-Huallpartupa y Torres-Tapia (2023), reportaron experimentalmente rendimientos de bio-oil de 46.47% mediante pirolisis rápida a 500°C, lo que respalda la factibilidad técnica del componente energético considerado en el modelo. De manera complementaria, Dyjakon et al. (2022) demostraron que las semillas de frutas exóticas, presentaron propiedades fisicoquímicas favorables para su aprovechamiento como biocombustibles sólidos de alta densidad energético. En consecuencia, la integración de estos procesos en una biorrefinería agroindustrial permitiría maximizar el valor generado por cada fracción de biomasa, siguiendo el principio de aprovechamiento en cascada promovido por la Ellen MacArthur Foundation (2021).

Respecto a la capacidad tecnológica, el incremento proyectado del índice de 22 a 89 puntos sobre 100 refleja la transición de un sistema productivo predominantemente lineal hacia un modelo más integrado, eficiente y orientado a la circularidad. Este comportamiento es comparable a la evolución observada por Fargnoli y Lombardi (2020) en sistemas agroindustriales europeos que incorporaron criterios de sostenibilidad en las fases tempranas de diseño de proceso. En el contexto peruano, esta transformación implica desafíos asociados a la disponibilidad de capital, la adopción tecnológica y la capacitación especializada del recurso humano.

Desde la perspectiva económica, la implementación del modelo requiere una inversión inicial estimada en S/. 2 250 000 por empresa agroexportadora mediana. Aunque este nivel de inversión podría constituir una barrera de entrada para algunas organizaciones, el análisis costo/beneficio indica que el sistema alcanzaría su punto de equilibrio entre el cuarto y quinto año de operación. Asimismo, la relación beneficio/costo de 1.56 sugiere que por cada sol invertido se generarían s/1.56 en beneficios económicos, evidenciando un escenario financieramente atractivo bajo condiciones de adopción tecnológico progresivo.

En relación con el desempeño ambiental, la huella de carbono proyectada disminuye de 0.82 a 0.32 t CO2-eq/TM exportada entre 2020 y 2030, representando una reducción aproximada del 61%. Este resultado evidencia el potencial de la economía circular para contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la valorización de residuos, la sustitución parcial de insumos convencionales y la optimización de procesos productivos. Además de apoyar el cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) del Perú (MINAM,

2020), esta reducción podría fortalecer la posición competitiva de las empresas agroexportadoras frente a mercados internacionales que demandan los productos con menor huella ambiental, particularmente en el marco de iniciativas como el Pacto Verde Europeo y el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM).

Por otra parte, el comportamiento del ROI acumulado refleja una dinámica característica de los proyectos de innovación tecnológica y sostenibilidad. Durante los primeros años se observan valores negativos debido a inversiones requeridas para infraestructura, equipamiento y capacitación. Sin embargo, a partir del 2024 el indicador alcanza valores positivos, evidenciando el inicio de la recuperación de la inversión. Debe precisarse que el ROI acumulado de 452% proyectado para 2030 corresponde al horizonte completo de simulación (2020-2030), mientras que el ROI anual promedio estimado mediante el análisis costo-beneficio alcanza 21.3%. Aunque este resultado representa un escenario prospectivo favorable, se encuentra dentro de rangos económicamente plausible considerando los beneficios acumulados derivados de la comercialización de bioproductos y la reducción de costos operativos. Asimismo, García Vallejo et al. (2022) reportan períodos de recuperación de entre 3 y 7 años para proyectos similares de valorización de biomasa de aguacate en Colombia, lo que ubica el período de recuperación estimado de 4.7 años dentro de parámetros razonables para este tipo de inversiones.

Finalmente, el Índice de Sostenibilidad Circular (ISC) proyectado de 88 puntos sobre 100 para 2030 sugiere un elevado nivel de madurez en la implementación de estrategias circulares. De alcanzarse dicho escenario las empresas agroexportadoras podrían mejorar su acceso a mecanismos de financiamiento verde, certificaciones de sostenibilidad y mercados con mayores exigencias ambientales, fortaleciendo simultáneamente su competitividad y resiliencia empresarial.

Una limitación del presente estudio radica en que las proyecciones para el período 2025-2030 se basan en simulaciones sustentadas en tendencias históricas, parámetros técnicos reportados en la literatura y supuestos de adopción tecnológica progresiva, sin contar con validación empírica mediante proyectos pilotos a escala industrial. Futuros estudios deberían incorporar análisis de sensibilidad asociados a variaciones en los precios de los bioproductos, incentivos fiscales para la economía circular y disponibilidad de financiamiento verde, así como validar experimentalmente el modelo mediante experiencias piloto de empresas agroexportadoras peruanas.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que la implementación de un modelo de economía circular basado en aprovechamiento de residuos agroforestales presenta viabilidad potencial desde las dimensiones técnica, ambiental y económica en empresas agroexportadoras de palta en Perú, dentro del horizonte de análisis 2020 al 2030.

En primer lugar, la caracterización del sector agroexportador de palta permitió identificar que las 127 empresas activas generan toneladas de biomasa residual con potencial de valorización documentado para bioenergía, biofertilizantes, bioplásticos e ingredientes funcionales. Entre las diferentes fracciones analizadas, la semilla de palta Hass destacó por su potencial energético, alcanzando rendimientos de bio-oil de 46.47% mediante pirólisis rápida a 500°C, lo que lo posiciona como un recurso estratégico para futuras iniciativas de biorrefinería agroindustrial.

En segundo lugar, los resultados evidencian que la valorización de biomasa, la capacidad tecnológica y el Índice de Sostenibilidad Circular (ISC) presentan una asociación positiva con los indicadores de optimización de la cadena de suministro. Las proyecciones realizadas sugieren que el ISC podría superar el umbral de sostenibilidad óptima (≥70) hacia el año 2028, mientras que la capacidad tecnológica aumentaría de 22 a 89 sobre el valor de 100, reflejando la transición gradual desde esquemas de gestión lineales sistemas integrados de economía circular.

En tercer lugar, las simulaciones desarrolladas indican que la implementación progresiva del modelo circular podría contribuir a una reducción de costos operativos de hasta 35.2% al año 2030, así como una disminución aproximada del 61% de la huella de carbono, pasando de 0.82 a 0.32 t CO□-eq/TM exportada. Asimismo, bajo un escenario prospectivo de adopción tecnológica progresiva, el ROI acumulado alcanzaría 452% con punto de equilibrio entre los años 2024 y 2025. De manera complementaria, la relación beneficio/costo de 1.56 indica que por cada sol invertido podría generarse S/1.56 en beneficios económicos.

En cuarto lugar, el análisis de costo-beneficio confirma que una inversión inicial estimada en S/. 2 250 000 para una empresa agroexportadora mediana permitiría generar beneficios económicos anuales brutos cercanos a S/. 1330 000 y un beneficio neto aproximado de S/480 000, alcanzando un periodo de recuperación de la inversión de 4.7 años. Estos resultados sugieren un modelo propuesto constituye una alternativa económicamente atractiva para fortalecer la competitividad empresarial y mejorar el desempeño ambiental, en Concordancia Determinadas a Nivel Nacional (NDC) del Perú, el Pacto Verde Europeo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 12 y 13).

Finalmente, se recomienda a las empresas agroexportadoras implementar el modelo de manera gradual, priorizando inicialmente las fracciones de biomasa con mayor potencial de valorización económica y energética, como la semilla de palta destinada a procesos de pirolisis y la cascara orientada a la extracción de compuestos bioactivos. Asimismo, futuras investigaciones deberían validar empíricamente las proyecciones obtenidas mediante plantas piloto y estudio de campo, incorporando además de un análisis de sensibilidad económica, impacto social en la cadena de valor y mecanismos de gobernanza colaborativa entre empresas, Estado y academia para acelerar la transición hacia modelos circulares en el sector agroexportador peruano.

6. Agradecimiento

El autor expresa agradecimiento a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el respaldo académico e institucional brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

Asimismo, se reconoce la contribución de las fuentes oficiales de información pública proporcionadas por la Asociación de Exportadores (ADEX), Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) y la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERU), cuyos estadísticos y reportes sectoriales constituyeron insumos fundamentales para la caracterización del sector agroexportador y la elaboración de las proyecciones analizadas en el estudio.

Finalmente, se agradece a los investigadores y organismos nacionales e internacionales cuyas publicaciones científicas, técnicas y sectoriales sirvieron de base para la construcción del marco conceptual y metodológica de la investigación.

7. Literatura citada

Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2022). Economía circular a partir de residuos agroforestales para la descarbonización (Proyecto CR-G1010). BID. https://www.iadb.org/es/proyecto/CR-G1010

Camposol S.A. (2023). Reporte de sostenibilidad 2023: Trabajamos el campo para mejorar vidas. Camposol. https://www.camposol.com/wp-content/uploads/2024/07/CAMP_RSCAMP2023ESP.pdf

Dyjakon, A., Sobol, L., Noszczyk, T., & Mitrega, J. (2022). The impact of torrefaction temperature on the physical-chemical properties of residual exotic fruit (avocado, mango, lychee) seeds. Energies, 15(2), 612. https://doi.org/10.3390/en15020612

Ellen MacArthur Foundation. (2021). Circularity indicators: An approach to measuring circularity. Ellen MacArthur Foundation. https://ellenmacarthurfoundation.org

Fabbri, D., Li, Y., & Wang, S. (2021). Biomass processing via pyrolysis. En D. Ravelli & C. Samorì (Eds.), Biomass valorization: Sustainable methods for the production of chemicals (pp. 149-180). Wiley-VCH. https://doi.org/10.1002/9783527825028.ch6

Fargnoli, M., & Lombardi, M. (2020). NOSACQ-50 for safety assessment in agricultural activities: A case study in central Italy. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(24). https://doi.org/10.3390/ijerph17249177

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2023). Circular economy in agri-food systems: Framework and metrics. FAO. https://www.fao.org

Hernández, D. (2020). Gestión por proceso en el sistema de seguridad y salud en el trabajo en el Perú. Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun, 1(1).https://doi.org/10.47797/llamkasun.v1i1.5

McKinsey Global Institute. (2022). Sustainability and operational cost reduction in supply chains. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com

Ministerio del Ambiente del Perú [MINAM]. (2020). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) del Perú al 2030. MINAM. https://www.gob.pe/minam

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2024). Estadísticas agrarias: Producción y exportación de palta peruana. MINAGRI. https://www.midagri.gob.pe

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2025). Evolución del sector agroindustrial peruano 2000-2025. MIDAGRI. https://www.midagri.gob.pe

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] — ADEX. (2023). Evolución del mercado mundial y nacional de palta 2023. Centro de Inteligencia de Negocios y Mercados. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2023/07/CIEN_NSIM1_Julio_2023_Palta_1.pdf

Morales, M. (2024). Gestión de seguridad para estandarizar procesos seguros: la norma ISO 45001:2018 en microempresas peruanas. Revista Científica: Biotech and Engineering, 4(2). https://doi.org/10.52248/eb.Vol4Iss2.146

Moran, J., Carlos, C., & Soto, H. (2022). Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura. Ciencias Administrativas Teoría y Praxis, 18(1), 89-104. https://doi.org/10.46443/catyp.v18i1.304

PROMPERU. (2023). Estadísticas de exportación de aguacates (paltas) frescas o secas, partida arancelaria 0804400000. SIICEX. https://exportemos.pe/descubre-oportunidades-de-exportacion/producto/palta-0804400000

Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA]. (2024). Campaña de exportación de palta 2024: certificación de lugares de producción. SENASA. https://www.senasa.gob.pe

World Resources Institute [WRI]. (2022). GHG Protocol Corporate Standard: A corporate accounting and reporting standard (edición revisada). WRI & WBCSD. https://ghgprotocol.org

CTS CAFE Para ciudadanos…

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ARTÍCULO

Para todos aquellos investigadores científicos y al público en general que deseen publicar sus trabajos en esta su ***Revista de Investigación Multidisciplianria CTSCAFE*** y para la correcta revisión por parte de nuestro Comité Científico de los artículos que serán escogidos para la publicación, los archivos de su artículo deveran ser enviados por correo electrónico a los editores: **revistactscafe@ctscafe.pe**. Los trabajos pueden ser presentados en idioma castellano, inglés o francés siguiendo las siguientes indicaciones:

Título del Articulo: Español, Inglés, francés y portugués escrito en altas y bajas, con una longitud no mayor a 150 caracteres, incluidos espacios.

Autor-autores: Nombre y apellido del autor o los autores. Afiliación institucional de los autores, correo electrónico de cada uno de los autores, indicando la dirección postal del autor para correspondencia si es que tuviera.

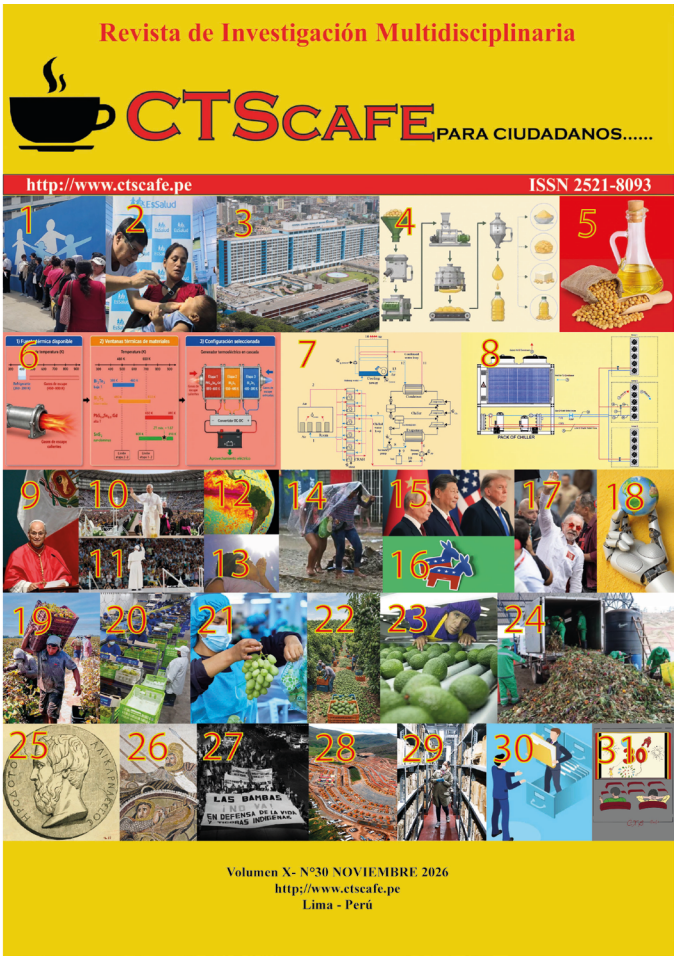
Resumen: no mayor de 250 palabras en Español, Inglés, y Francés

Palabras clave: cinco en español, inglés, y francés

Cuerpo: El cuerpo del artículo debe presentar:

1- **Introducción**
2- **Material y métodos**
3- **Resultados**
4- **Discusión**
5- **Agradecimiento**
6- **Conclusiones**
7- **Literatura Citada** (Incluirá todas las referencias citadas en el texto dispuestas solamente en orden alfabético y sin numeración. La cita se inicia con el apellido del primer autor a continuación, sin coma, las iniciales del nombre separadas con puntos y sin espacio. El segundo y tercer autor deben de tener las iniciales de los nombre y a continuación el apellido. El último autor se diferenciara por que le antecede el símbolo &. Si hubiesen más de tres autores pueden ser indicados con la abreviatura et al. Los nombres de las publicaciones periódicas (revistas) pueden ir en la abreviatura oficial considerada según su código ISSN. El código DOI debe ser colocado al final de la referencia. En la literatura citada solamente se usa letra tipo normal, no itálica, no versalita).

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. https://www.defensoria.gob.pe/lambayeque-defensoria-del-pueblo-permitio-ampliar-atencion-y-reducir-colas-en-hospital-essalud-de-chiclayo/
2. https://www.radionacional.gob.pe/noticias/nacional/essalud-lleva-atencion-medica-a-santa-rosa-y-caballococha-en-loreto
3. tomado de @EsSaludPeru
4. Instagram.com/p/DbEgeVMm-e6/
5. https://delagarzamateriasprimas.com/aceite-de-soya/
6. Saavedra, Baquerizo & Zarate (2026)
7. Angulo, Huarcusi, Lopez, Barrientos & Suarez (2026)
8. Angulo, Huarcusi, Lopez, Barrientos & Suarez (2026)
9. https://www.lafm.com.co/internacional/papa-leon-xiv-peru-lima-gira-del-argentina-uruguay-417351#google_vignette
10. https://www.facebook.com/identidadlatina/posts/papa-leo-en-el-estadio-nacional-como-es-costumbre-la-visita-del-papa-incluy%C3%B3-un-/1998772628095432/
11. https://diariocorreo.pe/peru/papa-leon-xiv-en-peru-como-obtener-entradas-gratis-para-la-vigilia-en-el-estadio-nacional-noticia/
12. https://www.infobae.com/peru/2026/10/08/fenomeno-el-nino-cambia-el-panorama-climatico-en-peru-se-adelantan-las-lluvias-en-todo-el-litoral-y-preven-records-de-temperatura/
13. https://www.infobae.com/peru/2024/02/28/el-sol-no-dara-tregua-temperaturas-altas-continuaran-en-lima-hasta-la-primera-quincena-de-marzo-pese-a-fin-de-ola-de-calor/
14. https://andina.pe/agencia/noticia-el-nino-podria-tener-un-mayor-impacto-a-fines-2026-esto-dicen-las-agencias-del-clima-1070134.aspx#google_vignette
15. https://crnnoticias.com/cumbre-apec-2026-china-acuerdos-comercio-energia/
16. https://www.rfi.fr/es/programas/noticias-de-am%C3%A9rica/20260628-estados-unidos-el-partido-dem%C3%B3crata-en-agitaci%C3%B3n
17. https://www.facebook.com/LaCronicaDeHoy/posts/-luiz-in%C3%A1cio-lula-da-silva-gan%C3%B3-la-segunda-vuelta-de-las-elecciones-presidencial/122254981148288324/
18. Imagen trabajada en base a https://www.elcorreo.com/sociedad/robots-aduenan-20171108215153-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elcorreo.com%2Fsociedad%2Frobots-aduenan-20171108215153-nt.html
19. https://www.agroperu.pe/midagri-articula-venta-directa-de-161-toneladas-de-uva-de-productores-de-canete-a-la-industria-pisquera/
20. https://andina.pe/agencia/noticia-peru-se-consolida-como-principal-productor-y-exportador-mundial-uvas-1095802.aspx
21. https://andina.pe/agencia/noticia-peru-se-consolida-como-principal-productor-y-exportador-mundial-uvas-1095802.aspx
22. https://www.facebook.com/Asociaciondeexportadores/posts/la-palta-peruana-no-se-detiene-si-bien-se-exporta-todo-el-a%C3%B1o-su-campa%C3%B1a-va-de-m/1380634897435509/
23. https://elcomercio.pe/economia/peru/agricultores-arequipenos-quintuplicaron-su-produccion-anual-de-palta-hass-afirmo-midagri-nndc-noticia/
24. https://andina.pe/agencia/noticia-economia-circular-comunidad-cusquena-produce-abono-natural-a-partir-residuos-organicos-1007744.aspxhttps://polarexpres.es/realizar-transporte-medicamentos/
25. https://www.thecollector.com/ancient-egypt-animals-herodotus-histories/?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic
26. https://www.flickr.com/photos/mymuk/6548565499?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic
27. https://dialogoshumanos.pe/2022/05/01/conflicto-en-las-bambas-cuando-el-reclamo-por-los-derechos-humanos-y-comunales-es-respondido-con-represion-estatal/
28. https://www.rcrperu.com/se-necesita-un-plan-de-desarrollo-para-que-las-bambas-pueda-beneficiar-a-las-regiones-de-apurimac-y-el-cusco/
29. https://www.elperuano.pe/noticia/157101-archivo-general-de-la-nacion-la-institucion-que-salvaguarda-los-documentos-del-peru
30. https://www.unir.net/revista/humanidades/archivista-archivologo/
31. Ilustración realizada por M. Villavicencio (noviembre 2026)

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

CTSCAFE Para ciudadanos…

http://www.ctscafe.pe

Volumen X- N° 30 Noviembre 2026

Contáctenos en nuestro correo electrónico

revistactscafe@ctscafe.pe

Página Web:

http://ctscafe.pe