

Metodologías para la evaluación de sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias: una revisión sistemática y propuesta de modelo teórico integrado

Methodologies for Assessing Sustainability in Agri-Food Supply Chains: A Systematic Review and Proposal of an Integrative Theoretical Model

Brenda Carolina Torres-Guato¹
Universidad Técnica de Ambato
btorres5985@uta.edu.ec

Luis Alberto Morales-Perrazo²
Universidad Técnica de Ambato
luisamorales@uta.edu.ec

Freddy Roberto Lema-Chicaiza³
Universidad Técnica de Ambato
fr.lema@uta.edu.ec

Lorena Catalina Sigüenza-Guzmán⁴
Universidad Técnica de Ambato
lorena.siguenza@ucuenca.edu.ec

Edith Elena Tubón-Núñez⁵
Universidad Técnica de Ambato
ee.tubon@uta.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2025.6.3601

V10-N6 (nov-dic) 2025, pp 203-220 | Recibido: 20 de octubre del 2025 - Aceptado: 10 de noviembre del 2025 (2 ronda rev.)

1 ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1784-3372>. Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en la Universidad Técnica de Ambato.

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0921-262X>. Profesor Titular Auxiliar 2 de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-8975>. Docente Investigador de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

4 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1367-5288>. Docente Investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Ph.D. en Ciencias de la Ingeniería.

5 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8094-6207>. Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Ambato. Magister en Gestión Empresarial basado en Métodos Cuantitativos.

Torres-Guato, B., Morales-Perrazo, L., Lema-Chicaiza, F., Sigüenza-Guzmán, L., & Tubón-Núñez, E., (2025). Metodologías para la evaluación de sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias: una revisión sistemática y propuesta de modelo teórico integrado. 593 Digital Publisher CEIT, 10(6), 203-220, <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.6.3601>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

El sector agroalimentario aporta hasta el 40 % del empleo y más de un tercio del PIB en países como México y España; sin embargo, sus impactos ambientales podrían aumentar entre un 50% y 90% hacia 2050. Ante esta proyección, este estudio realizó una revisión sistemática PRISMA-PIO que sintetiza 59 estudios publicados entre 2020 y 2025 en Springer Link, Scopus y Science Direct, con el objetivo de construir un modelo teórico que articule eslabones, dimensiones y metodologías de sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias. Los resultados evidencian que los eslabones de producción, procesamiento y distribución concentran la mayor atención en la literatura. La dimensión de sostenibilidad más abordada corresponde al Triple Bottom Line (TBL: ambiental, económica y social). Metodológicamente, el ACV, LCC y S-LCA son las principales metodologías para cada dimensión, complementadas por otras metodologías integradoras como SAFA/RISE/IDEA. Las tecnologías emergentes identificadas incluyen Big-Data, IoT, Blockchain y gemelos digitales para cerrar brechas de datos y trazabilidad. El modelo teórico propuesto integra estos componentes y supera el abordaje fragmentado de investigaciones previas mediante la articulación sistemática de elementos que tradicionalmente se estudian de manera aislada, proporcionando un marco holístico y adaptable que permite a las organizaciones diseñar estrategias de sostenibilidad alineadas con sus objetivos específicos.

Palabras clave: sostenibilidad; cadena de suministro agroalimentaria; evaluación de sostenibilidad; análisis de ciclo de vida (ACV).

ABSTRACT

The agri-food sector contributes up to 40% of employment and more than one-third of GDP in countries such as Mexico and Spain; however, its environmental impacts could increase by 50% to 90% by 2050. In light of this projection, this study conducted a systematic PRISMA-PIO review synthesizing 59 studies published between 2020 and 2025 in Springer Link, Scopus, and Science Direct, with the objective of constructing a theoretical model that articulates links, dimensions, and sustainability methodologies in agri-food supply chains. The results show that the production, processing, and distribution links concentrate the greatest attention in the literature. The most addressed sustainability dimension corresponds to the Triple Bottom Line (TBL: environmental, economic, and social). Methodologically, LCA, LCC, and S-LCA are the main methodologies for each dimension, complemented by other integrative methodologies such as SAFA/RISE/IDEA. The emerging technologies identified include Big Data, IoT, Blockchain, and digital twins to close data and traceability gaps. The proposed theoretical model integrates these components and overcomes the fragmented approach of previous research through the systematic articulation of elements that are traditionally studied in isolation, providing a holistic and adaptable framework that enables organizations to design sustainability strategies aligned with their specific objectives.

Key words: sustainability; agri-food supply chain; sustainability assessment; life cycle assessment (LCA).

Introducción

El sector agroalimentario constituye uno de los principales contribuidores al desarrollo económico global (Kersten et al., 2024), al contribuir significativamente a la generación de valor agregado y empleo, especialmente en regiones rurales y periféricas donde actúa como motor económico y social (Falcone et al., 2024). Su relevancia económica se evidencia en países como México, donde contribuye con el 34,7% del PIB (López-Santos et al., 2020) y España, donde representa alrededor del 40% del empleo laboral (Vicario-Modroño et al., 2023). Sin embargo, la sostenibilidad de estos sistemas enfrenta presiones críticas, pues se estima que sus impactos ambientales podrían incrementarse entre un 50% y un 90% para 2050, evidenciando la magnitud de los desafíos que afectan al sector (Alonso-Adame et al., 2024; Zhao et al., 2024).

En este contexto, las cadenas de suministro agroalimentarias se configuran como sistemas complejos cuya función esencial es garantizar el procesamiento, distribución y consumo seguros y sostenibles de alimentos (Sharifmousavi et al., 2024). Su complejidad deriva de la interdependencia entre múltiples eslabones y de la necesidad de coordinación entre diversos actores, lo que exige altos niveles de integración para mantener su eficiencia y resiliencia (Kamariotou et al., 2022; Zhao et al., 2024). En consecuencia, la calidad de las interrelaciones entre los componentes del sistema se convierte en un factor determinante para su desempeño sostenible (Dergan et al., 2022).

La sostenibilidad se ha consolidado como el eje central para el futuro de las cadenas de suministro, entendida como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las futuras generaciones (Veloso et al., 2025). Este principio requiere equilibrar el crecimiento económico, la protección ambiental y el bienestar social, de modo que una cadena verdaderamente sostenible sea rentable, equitativa y ambientalmente responsable (Qahtan et al., 2023). Alcanzar dicho equilibrio demanda la evaluación y gestión integrada de los eslabones del sistema, fortaleciendo la confianza

y coordinación entre los actores (Dergan et al., 2022; Heinzova et al., 2022).

No obstante, a pesar del consenso sobre la importancia de la sostenibilidad, la literatura evidencia un marcado desequilibrio en la evaluación de las tres dimensiones (Dergan et al., 2022; Reina-Usuga et al., 2023). Si bien revisiones previas han examinado aspectos particulares de esta problemática (Allali et al., 2024; Amamou et al., 2025; Castillo-Díaz et al., 2024), persiste un enfoque fragmentado sin marcos integradores. Esta limitación se debe a que muchos estudios se han centrado solo en algunas dimensiones de la sostenibilidad. La dimensión ambiental ha sido abordada con mayor frecuencia y desarrollo metodológico, mientras que las dimensiones económica y social permanecen subrepresentadas (Dergan et al., 2022). Este sesgo metodológico se traduce en una fragmentación del conocimiento, ya que las herramientas de evaluación ambiental, como el Análisis del Ciclo de Vida, han alcanzado niveles de madurez superiores, en contraste con la escasa estandarización y desarrollo de los métodos sociales y económicos (Orou Sannou et al., 2023). Esta brecha revela la necesidad de avanzar hacia enfoques integradores que permitan comprender las interacciones entre dimensiones y metodologías, e incorporar la sostenibilidad de manera sistemática y holística en explotaciones e industrias agroalimentarias (Castillo-Díaz et al., 2024; Ferdous et al., 2023).

En respuesta a esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo teórico integral que articule los componentes clave identificados en la literatura para la evaluación de la sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias. Mediante una revisión sistemática PRISMA-PIO, se busca sintetizar las metodologías existentes, las dimensiones de sostenibilidad y los eslabones estructurales de manera coherente, superando la fragmentación metodológica e instituyendo una base conceptual sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en el sector agroalimentario.

Metodología

La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de la literatura siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Se seleccionó este enfoque porque constituye el estándar metodológico más reconocido internacionalmente para síntesis de evidencia científica, permitiendo garantizar rigurosidad, transparencia y reproducibilidad en cada etapa del proceso (Basenach et al., 2023; Page et al., 2021). Este enfoque garantizó un proceso estructurado y trazable en todas sus etapas, las cuales comprendieron cuatro fases principales: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión (Basenach et al., 2023). En la fase de *identificación* se localizaron las publicaciones relevantes a través de una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas; durante el *cribado* se eliminaron los registros duplicados y documentos no pertinentes mediante la revisión de títulos y resúmenes; en la fase de *elegibilidad* se verificó el cumplimiento de los criterios metodológicos y temáticos mediante la lectura completa de los textos seleccionados; y finalmente, en la fase de *inclusión* se consolidaron los estudios del análisis final.

El proceso metodológico comenzó con la formulación de las preguntas de investigación, aplicando la técnica PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome), que permite estructurar interrogantes claras y específicas en estudios de revisión (Sánchez-Martín et al., 2023). Debido a que el presente trabajo no contempló un grupo de control o comparación, se adoptó la variante PIO (Population, Intervention, Outcome), más adecuada para investigaciones que buscan explorar y sintetizar enfoques teóricos sin necesidad de un grupo de comparación (Sánchez-Martín et al., 2023). Con este enfoque se definió como *población* las cadenas de suministro agroalimentarias, como *intervención* las metodologías de evaluación de sostenibilidad aplicadas a dichas cadenas y como *resultados* esperados los componentes teóricos, dimensionales y metodológicos que contribuyen a la construcción de un modelo integrador. A partir de esta formulación, se derivaron

cuatro preguntas centrales orientadas a guiar la revisión: RQ1: ¿Qué eslabones conforman la cadena de suministro agroalimentaria y cómo se interrelacionan? RQ2: ¿Cuáles son las dimensiones que conforman la evaluación de la sostenibilidad? RQ3: ¿Qué metodologías de evaluación se aplican con mayor frecuencia para medir la sostenibilidad en las cadenas de suministro agroalimentarias? Y, RQ4: ¿Qué elementos clave, basados en eslabones, dimensiones y metodologías, deben integrar el modelo teórico para evaluar la sostenibilidad en la cadena agroalimentaria?

La búsqueda de información se efectuó en Scopus, Springer Link y ScienceDirect, seleccionadas por su cobertura internacional y relevancia en los campos de la sostenibilidad, ingeniería y las ciencias agroalimentarias (Gusenbauer & Gauster, 2025). Se utilizaron las palabras clave: *links*, *supply chain*, *agri-food*, *dimensions*, *methodologies* y *sustainability*, combinadas mediante los operadores booleanos “AND” y “OR”, permitiendo ampliar o refinar los resultados según su relación temática. Esta estrategia garantizó la recuperación de literatura académica reciente y pertinente para el propósito de la investigación.

Durante la revisión, se aplicaron criterios metodológicos rigurosos para asegurar la calidad y relevancia de las fuentes. Se incluyeron únicamente los estudios que abordaban directamente la sostenibilidad en cadenas agroalimentarias, que se encontraban publicados entre los años 2020 y 2025, redactados en idioma inglés, disponibles en acceso abierto y en su versión final de publicación. En cambio, se excluyeron los artículos duplicados, los documentos no sometidos a revisión por pares, como informes, ponencias o capítulos de libros, aquellos con más de cinco años de antigüedad, los manuscritos en proceso de publicación y los textos de acceso restringido o bajo pago. Este proceso de depuración permitió concentrar el análisis en trabajos actuales, metodológicamente sólidos y directamente relacionados con la temática de estudio.

La extracción de datos se realizó mediante una matriz de análisis donde se registró para cada artículo: eslabones de la cadena abordados, dimensiones de sostenibilidad evaluadas, metodologías aplicadas y tecnologías emergentes mencionadas. Los datos se organizaron en una base estructurada que facilitó el análisis, la identificación de patrones y frecuencias en la literatura, y la construcción fundamentada del modelo teórico propuesto.

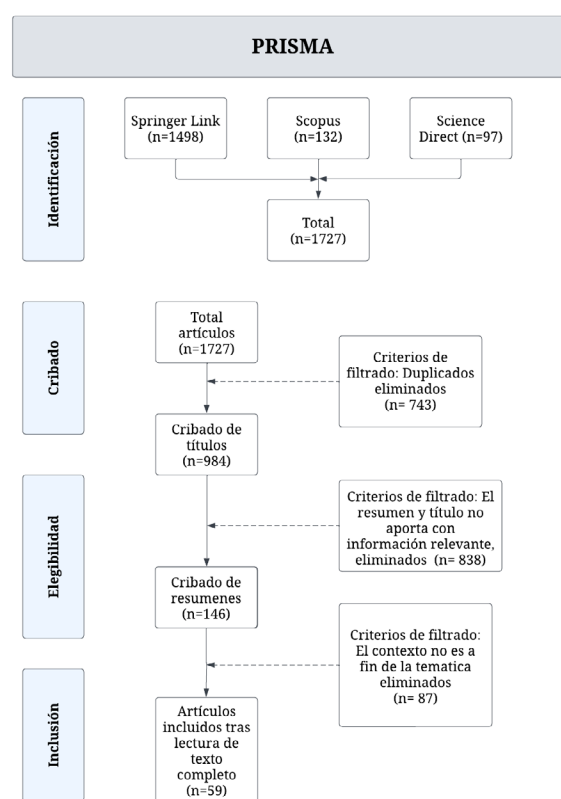
La síntesis de los hallazgos permitió construir un modelo teórico integrador que articula los componentes identificados: los eslabones estructurales de la cadena, las dimensiones de sostenibilidad y las metodologías de evaluación más relevantes. Este modelo ofrece una base conceptual sólida para la evaluación de la sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias, supera la fragmentación metodológica evidenciada en los estudios previos y proporciona un marco de referencia aplicable tanto en la investigación como en la gestión práctica del sector agroalimentario.

La búsqueda sistemática inicial en Scopus, Springer Link y ScienceDirect permitió *identificar* un total de 1.727 artículos relacionados con las metodologías de evaluación de sostenibilidad en cadenas de suministro agroalimentarias. Posteriormente, se aplicaron los filtros definidos por la metodología PRISMA, lo que implicó la eliminación de 743 registros duplicados, reduciendo el conjunto a 984 artículos únicos. En la fase de *cribado*, se revisaron los títulos y resúmenes, excluyendo 838 estudios que no cumplieran los criterios de inclusión establecidos. Durante la fase de *elegibilidad*, se efectuó la lectura completa de 146 artículos potencialmente pertinentes, de los cuales 87 fueron descartados por no aportar evidencia relevante o carecer de consistencia metodológica. Finalmente, 59 artículos fueron *incluidos* en el estudio ya que cumplieron con los criterios predefinidos y conformaron la muestra final de análisis (Tabla 1). Este proceso se sintetizó gráficamente en el diagrama de flujo (Figura 1), que refleja la trazabilidad y transparencia de la revisión, siguiendo las directrices PRISMA (Basenach et al., 2023)

Tabla 1
Total de documentos duplicados, eliminados por título, resumen y seleccionados

Descripción	Total
Artículos totales	1727
Artículos duplicados	743
Artículos eliminados por título	599
Artículos eliminados por resumen	239
Artículos eliminados después de leer todo el texto	87

Figura 1
Metodología PRISMA



Resultados

El análisis documental sistemático de los artículos seleccionados constituye el fundamento metodológico para abordar las interrogantes centrales de esta investigación. La primera pregunta se enfoca en identificar: **RQ1. ¿Qué eslabones conforman la cadena de suministro agroalimentaria y cómo se interrelacionan?** Esta interrogante resulta fundamental para establecer el marco conceptual que permita desarrollar una evaluación integral

de la sostenibilidad en el contexto de los sistemas agroalimentarios.

La cadena de suministro es una estructura compleja que está integrada por varios eslabones que ejecutan una serie de operaciones coordinadas, con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor y generar valor para las partes interesadas (Kersten et al., 2024). Esta estructura requiere un nivel alto de integración para optimizar las actividades que comprenden desde el origen de la producción hasta los consumidores (Elkoraichi et al., 2025). La tabla 2 sintetiza los eslabones principales: producción, procesamiento y distribución (Dergan et al., 2022; Sharifmousavi et al., 2024; Veloso et al., 2025), los cuales constituyen el núcleo estructural de las cadenas agroalimentarias contemporáneas, concentrando la mayor parte de los impactos y oportunidades de mejora en la sostenibilidad (Dergan et al., 2022; Veloso et al., 2025)

Tabla 2

Eslabones de la cadena de suministro agroalimentaria

Autores/Eslabones	Producción	Procesamiento	Distribución	Venta	Entrega	Transporte y procesamiento	Preparación de pedidos	Marketing	Valorización	Consumo	Mercado	Eliminación	Insumos
Silvestri et al. (2025)	x	x	x	x									
Raimbekov et al. (2023)	x	x		x	x								
Navarro-del Aguila & Burgos-Jiménez (2022)	x		x			x	x	x		x			x
Veloso et al. (2025)	x	x	x						x				
Sharifmousavi et al. (2024)	x	x	x							x			
Dergan et al. (2022)	x	x	x							x	x		
Voglhuber-Slavinsky et al. (2022)	x	x		x						x		x	
Total	7	6	5	3	1	1	1	1	1	4	1	1	1

El eslabón de producción fue el más estudiado, abarcando las fases iniciales del cultivo, obtención de materias primas y gestión de recursos naturales (Dergan et al., 2022). Su contenido se define por la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles (Veloso et al., 2025). Su predominancia en la literatura se explica porque esta etapa genera la mayor contribución al impacto ambiental (Voglhuber-Slavinsky et al., 2022), incluyendo emisiones de gases de efecto invernadero, uso de agua y degradación del suelo.

El procesamiento se destacó como una etapa crítica para la transformación de productos agrícolas (Dergan et al., 2022). La eficiencia operativa en esta fase se ve reforzada por la simplificación de procesos, enfocando en la eficiencia energética, conservación de agua y aprovisionamiento sostenible (Silvestri et al., 2025; Veloso et al., 2025). Finalmente, el eslabón de distribución se centra en la logística, el transporte y las emisiones asociadas a las entregas al consumidor (Sharifmousavi et al., 2024). La eficiencia en este eslabón requiere la optimización de transporte y el almacenamiento para mitigar las pérdidas y residuos de alimentos (Veloso et al., 2025).

Otros eslabones, como comercialización, consumo o valorización de residuos se identificaron de forma marginal, principalmente en investigaciones orientadas a la economía circular o a cadenas cortas de abastecimiento (Veloso et al., 2025). En conjunto, los hallazgos de esta sección permiten responder a la primera pregunta de investigación, evidenciando que la estructura más representativa y funcional de la cadena agroalimentaria se articula en torno a los eslabones de producción, procesamiento y distribución, los cuales concentran la mayor parte de los impactos y oportunidades de mejora en sostenibilidad.

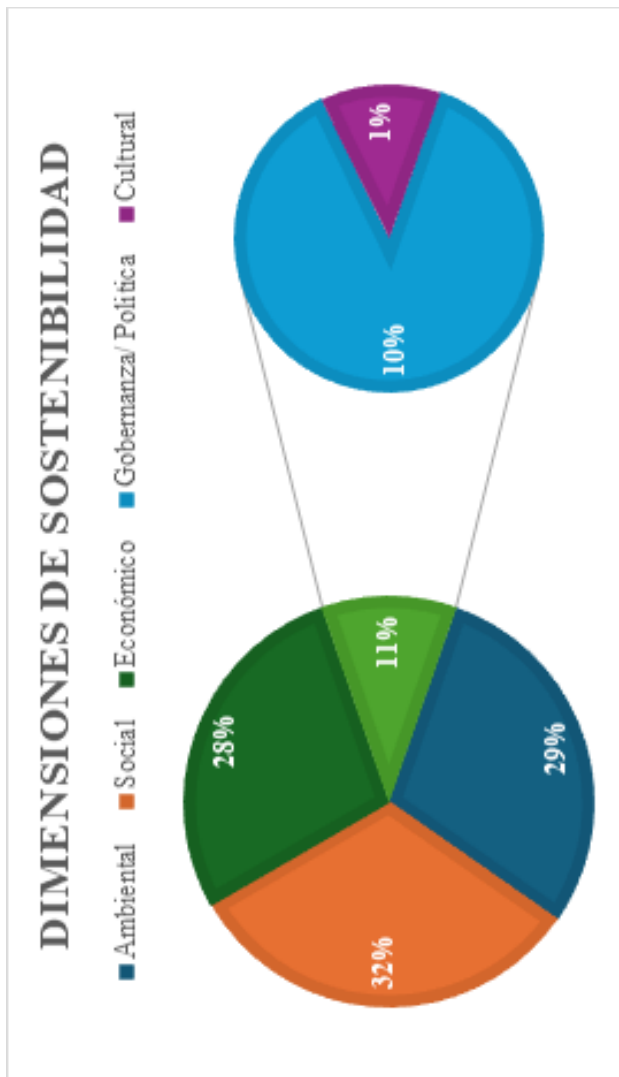
Una vez identificados los eslabones que configuran estructuralmente las cadenas agroalimentarias, se aborda la segunda pregunta de investigación: **RQ2. ¿Cuáles son las dimensiones que conforman la evaluación de sostenibilidad?**, esta interrogante es fundamental

para identificar los componentes conceptuales que integrarán al modelo de evaluación. La Tabla 3 presenta las dimensiones de sostenibilidad consideradas en los estudios revisados. Se identificaron 75 menciones de dimensiones en los artículos analizados, considerando que cada estudio puede abordar una o más dimensiones simultáneamente. Los porcentajes de la Figura 2 se calcularon sobre este total (n=75): la dimensión ambiental representó el 29 % (22 menciones), la social el 32% (24 menciones), la económica el 28% (21 menciones), configurando una distribución relativamente equilibrada dentro del marco del Triple Bottom Line (TBL). No obstante, el análisis cualitativo reveló que la dimensión ambiental cuenta con mayor grado de desarrollo metodológico, mientras que las dimensiones económica y social muestran vacíos en la estandarización de indicadores y disponibilidad de datos (Orou Sannou et al., 2023).

Tabla 3
Dimensiones de la sostenibilidad

Autores/Dimensiones	Ambiental	Social	Económico	Gobernanza / Política	Cultural
Arimany-Serrat et al. (2024)	x	x		x	
Torquati et al. (2021)	x	x	x		
Zhao et al. (2024)	x	x	x		
Veloso et al. (2025)	x	x	x		
Alonso-Adame et al. (2024)	x	x	x		
Doernberg et al. (2022)	x	x	x		
Vicario-Modroño et al. (2023)	x	x	x		
Souza Barbosa et al. (2023)	x	x		x	
Myshko et al. (2024)	x	x	x		
Allali et al. (2024)	x	x	x	x	
Amaruzaman et al. (2023)	x	x	x	x	
Dergan et al. (2022)	x	x	x		
Castillo-Díaz et al. (2024)	x	x	x		
Hassoun (2025)	x	x	x		
Safeie-Noghlbari et al. (2025)		x			
Wang et al. (2022)	x	x	x	x	x
Kowalska et al. (2021)	x	x	x		
Reina-Usuga et al. (2023)	x	x	x		
D'Eusano & Petti (2024)		x	x		
Wright et al. (2024)	x	x	x	x	
Mwangi et al. (2021)	x	x	x		
Khokhar et al. (2025)	x	x	x		
Tyagi (2023)	x	x	x		
Zarbà et al. (2025)	x	x	x	x	
Total	22	24	21	7	1

Figura 2
Dimensiones de la sostenibilidad



Asimismo, algunos autores propusieron la inclusión de dimensiones adicionales, como la de gobernanza o política (Allali et al., 2024; Amaruzaman et al., 2023; Wright et al., 2024; Zarbà et al., 2025) y la cultural (Wang et al., 2022), las cuales amplían la comprensión de la sostenibilidad al incorporar factores institucionales, normativos y socioculturales. Sin embargo, estas dimensiones complementarias aún presentan un uso incipiente y no cuentan con marcos de evaluación consolidados. En términos generales, los resultados de esta sección responden a la segunda pregunta de investigación, demostrando que la sostenibilidad en las cadenas agroalimentarias se estructura principalmente en torno a tres dimensiones: ambiental, social y económica.

Finalmente, diversos autores destacan el rol de la digitalización (Myshko et al., 2024; Tyagi, 2023; Vicario-Modroño et al., 2023). Estos autores documentan que tecnologías emergentes como internet de las cosas (IoT), Big Data, Blockchain y gemelos digitales (Hassoun, 2025), generan impactos como: la optimización de gestión ambiental y residuos (dimensión ambiental), el incremento de eficiencia y reducción de consumo de recursos (dimensión económica) y el mejoramiento de condiciones laborales y seguridad ocupacional (dimensión social).

Una vez identificados los eslabones de las cadenas de suministro agroalimentarias y las dimensiones que conforman la sostenibilidad, se aborda la tercera pregunta de investigación: **RQ3. ¿Qué metodologías de evaluación más recomendables se aplican para medir la sostenibilidad en las cadenas de suministro?** Este planteamiento resulta fundamental para identificar las metodologías que han demostrado mayor efectividad y aplicabilidad en el contexto agroalimentario.

La Tabla 4 presenta las principales metodologías identificadas en las investigaciones analizadas: Análisis del Ciclo de Vida (ACV o LCA), Life Cycle Costing (LCC), Techno-Economic (TEA), Social Life Cycle Assessment (S-LCA), Social Organizational Life Cycle Assessment (SO-LCA), metodología para evaluación de recursos hídricos(AWARE), Directrices para inventarios de gases de efecto invernadero (IPCC), y metodologías integradoras como Evaluación de Sostenibilidad que Induce la Respuesta (RISE), Indicadores de Sostenibilidad de las Explotaciones Agrícolas (IDEA) y Evaluación de la Sostenibilidad de los Sistemas Alimentarios y Agrícolas (SAFA).

Tabla 4
Metodologías aplicadas en la sostenibilidad de las cadenas de suministro agroalimentarias

Autores	Metodología	Eslabones									Cadena de suministro	Beneficios	Limitaciones
		Producción			Procesamiento			Distribución					
		A	E	S	A	E	S	A	E	S			
Notarnicola et al. (2022)	LCA (ACV)	X			X						Aceite de oliva, vino, productos de trigo y cítricos	Cuantificación de los impactos ambientales. Soporte efectivo para la toma de decisiones.	Cobertura incompleta a la cadena de suministro. Enfoque unidimensional
	-IPCC	X											
Voghuber-Slavinsky et al. (2022)	LCA	X			X			X			Zumo de manzana	Visión integral de toda la cadena. Análisis detallado por etapas.	Aunque se menciona el LCSA, existe ausencia de dimensión social. Costos implícitos no cuantificados
	LCC		X			X			X				
	S-LCA			X			X			X			
Almehem et al. (2025)	-ACV (LCA)				X						General	Medición huella de carbono. Análisis gestión de residuos.	Enfoque segmentado (un solo eslabón). Limitado a aspectos ambientales.
Calvillo-Arriola & Sotelo-Navarro (2024)	LCA (ACV)	X			X			X			Café	Herramienta de certificación ambiental. Análisis multietapa.	Categorías limitadas (CO ₂ , agua, suelo). Enfoque unidimensional.
	AWARE	X											
Vono et al. (2023)	ACV	X									Cítricos	Detección emisiones directas. Metodología estandarizada.	Dependencia de datos específicos. Limitado a fase agrícola.
	IPCC	X											
Allali et al. (2024)	SAFA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Castañas	Evaluación multidimensional confiable. Marco integral de sostenibilidad.	Ausencia perspectiva del consumidor.
Safie-Noghbari et al. (2025)	S-LCA			X			X				Aceite de oliva	Evaluación derechos humanos. Análisis condiciones laborales.	Incertidumbre en indicadores. Limitado a dimensión social.
Seuderi et al. (2025)	SAFA	X	X	X							Cítricos	Mejoras concretas de sostenibilidad Enfoque integral.	Requiere herramientas especializadas.
	RISE	X	X	X									
Orou Samou et al. (2023)	SAFA			X			X			X	General	Estructura clara de categorización. Framework para indicadores sociales.	Amplia gama de selección de indicadores. Complejidad en implementación.
	RISE	X	X	X									
Falcone et al. (2024)	ACV	X						X			Cítricos	Evaluación impactos multietapa. Análisis producción-distribución.	Dependencia de datos primarios. Disponibilidad limitada de información.
	LCC		X					X					
D'Eusamio & Petri (2024)	S-LCA SO-LCA			X			X			X	General	Evaluación aspectos socioeconómicos. Marco estandarizado ISO.	Dependencia crítica de datos primarios. Disponibilidad limitada de información.
	LCC		X			X			X				
Gómez-Garza et al. (2024)	ACV	X			X			X			General	Enfoque integral potencial. Flexibilidad metodológica.	Alcance reducido del ciclo de vida en el ACV. OLCA no prioritaria para PyMEs.
	SLCA OLCA			X			X			X			
Egas et al. (2023)	ACV	X			X			X			General	Identificación puntos críticos ambientales. Análisis gestión de residuos.	No profundiza aplicabilidad cadena. Enfoque limitado a residuos y fertilizantes.
Digiesi et al. (2022)	ACV				X						Mermelada	Evaluación específica de producción. Análisis detallado eslabón.	No considera otros eslabones. Enfoque segmentado limitado.
Ferdous et al. (2023)	ACV				X						Verduras/ frutas	Evaluación tecno-económica integral. Combinación aspectos ambientales-económicos.	Ausencia sostenibilidad social. Limitado a procesamiento.
	TEA					X							
Dominguez Aldama et al. (2023)	ACV	X			X			X			General	Valorización impactos ambientales. Análisis gestión de residuos.	Ausencia dimensiones social-económica. Limitado a gestión de residuos.
Zarbá et al. (2025)	SAFA	X	X	X							General	Multidimensional completo. Evaluación cuatro dimensiones.	Complejidad excesiva para PyMEs. Requiere herramientas especializadas.
	RISE	X	X	X									
	IDEA	X	X	X									

Nota: A (dimensión ambiental), E (dimensión económica), S (dimensión social).

La revisión de estas metodologías de evaluación permitió reconocer una amplia diversidad de enfoques aplicados, reflejando el carácter interdisciplinario de la sostenibilidad agroalimentaria. El análisis reveló una asimetría en el desarrollo y aplicación de las tres dimensiones, con un claro predominio de la *dimensión ambiental*. Esta se presentó principalmente por la metodología ACV o LCA (Voglhuber-Slavinsky et al., 2022). Su aplicación permitió cuantificar impactos a lo largo de las etapas de producción, procesamiento y distribución, especialmente en productos como aceite de oliva, vino, café y cítricos (Gómez-Garza et al., 2024; Notarnicola et al., 2022). Esta metodología fue complementada por enfoques específicos como IPCC, orientado al cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (Notarnicola et al., 2022; Vono et al., 2023) y AWARE, centrado en el consumo hídrico y la gestión del recurso agua (Calvillo-Arriola & Sotelo-Navarro, 2024).

En la *dimensión económica*, la metodología LCC y TEA se destacaron por su capacidad de estimar costos y evaluar la eficiencia financiera de los procesos en el sector agroalimentario (Falcone et al., 2024; Ferdous et al., 2023). Estos enfoques aportaron una visión cuantitativa del desempeño económico, aunque su aplicación permaneció limitada a eslabones específicos. En la *dimensión social*, los resultados presentan un desarrollo metodológico significativamente más limitado, implementado principalmente mediante el S-LCA utilizado para analizar condiciones laborales, derechos humanos y bienestar del personal (Safeie-Noghlbari et al., 2025). Algunos autores ampliaron su aplicación mediante el SO-LCA, que traslada el análisis del producto a la organización completa, fortaleciendo la perspectiva integral (D'Eusanio & Petti, 2024; Gómez-Garza et al., 2024). A pesar de su menor frecuencia en la literatura, se confirma su presencia en todos los eslabones de la cadena.

De forma transversal, se identificaron metodologías integradoras como SAFA, RISE e IDEA, que proponen esquemas holísticos que abordan simultáneamente las tres dimensiones

del TBL. Sin embargo, su aplicación práctica se concentró mayoritariamente en el eslabón de producción, restringiendo su alcance a nivel de cadena (Orou Sannou et al., 2023; Scuderi et al., 2025; Zarbà et al., 2025). Los hallazgos obtenidos responden así a la tercera pregunta de investigación, evidenciando que el ACV constituye la metodología más madura y extendida, mientras que el LCC, TEA y S-LCA complementan las dimensiones económica y social, respectivamente. No obstante, las metodologías integradoras y los enfoques digitales emergentes ofrecen un potencial significativo para avanzar hacia evaluaciones más completas y coherentes.

La síntesis de los hallazgos sobre eslabones, dimensiones y metodologías plantea la necesidad de desarrollar un modelo teórico integrado que articule estos elementos coherentemente. Este análisis documental posibilita abordar la cuarta pregunta de investigación: **RQ4. ¿Qué elementos clave basados en los eslabones, dimensiones y metodologías debe integrar el modelo teórico para evaluar la sostenibilidad en la cadena agroalimentaria?** Los hallazgos de la revisión sistemática permitieron identificar los componentes fundamentales para construir un modelo teórico integrador orientado a evaluar la sostenibilidad en las cadenas agroalimentarias. Los resultados mostraron que el modelo debe articular tres ejes esenciales: los eslabones estructurales (producción, procesamiento y distribución), las dimensiones de sostenibilidad (ambiental, social, económica y en algunos casos, gobernanza y cultural), y las metodologías de evaluación (ACV, LCC, TEA, S-LCA y metodologías integradoras como SAFA, RISE e IDEA).

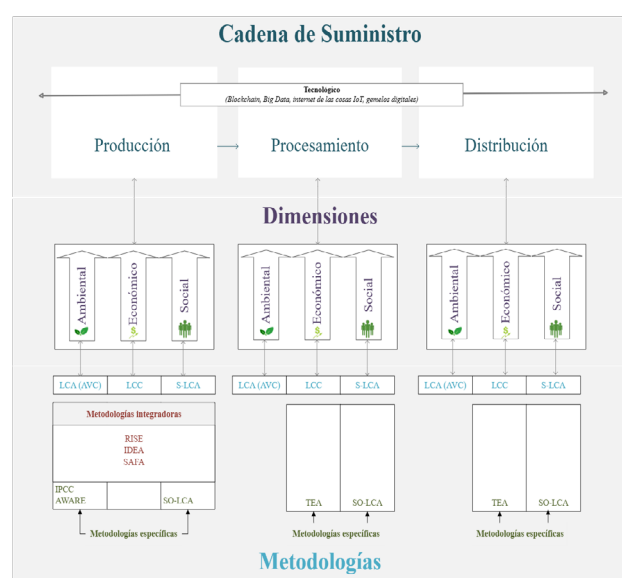
Además, se identificó un cuarto componente transversal: la incorporación de tecnologías digitales emergentes, como Big Data, IoT, Blockchain y gemelos digitales, que actúan como catalizadores para cerrar brechas de información, mejorar la trazabilidad y fortalecer la integración de datos en tiempo real (Hassoun, 2025; Myshko et al., 2024; Tyagi, 2023). Esta convergencia entre sostenibilidad y digitalización refuerza la necesidad de avanzar hacia sistemas

inteligentes y resilientes, capaces de responder a los desafíos ambientales y sociales del sector agroalimentario.

En síntesis, los resultados permiten responder integralmente a las cuatro preguntas de investigación. La evidencia empírica confirma que las cadenas agroalimentarias sostenibles se estructuran principalmente en torno a tres eslabones operativos, tres dimensiones prioritarias del desarrollo sostenible y un conjunto de metodologías consolidadas, pero aún fragmentadas. Así, el modelo teórico resultante, desarrollado a partir de estos hallazgos y representado en la Figura 3, constituye una propuesta integradora que busca unificar los enfoques metodológicos y promover la evaluación sistémica de la sostenibilidad en las cadenas de suministro agroalimentarias.

Figura 3

Modelo integrador de la evaluación de la sostenibilidad en la cadena de suministro



Discusión

Los resultados obtenidos a partir de la revisión sistemática permiten profundizar en la comprensión de la sostenibilidad de las cadenas de suministro agroalimentarias, evidenciando los patrones estructurales, metodológicos y tecnológicos que determinan su desempeño sostenible. Esta sección discute los hallazgos en relación con las preguntas de investigación

planteadas (RQ1–RQ4), integrando sus implicaciones conceptuales y prácticas.

Revisiones previas como (Amamou et al., 2025; Arimany-Serrat et al., 2024; Castillo-Díaz et al., 2024) han identificado patrones similares en las dimensiones de sostenibilidad, aunque sin proponer marcos integradores que articulen sistemáticamente eslabones, dimensiones y metodologías, vacío que el presente estudio busca llenar.

Estructura funcional de las cadenas agroalimentarias (RQ1)

La evidencia sintetizada en la Tabla 2 confirma que las cadenas agroalimentarias se estructuran predominantemente en torno a los eslabones de producción, procesamiento y distribución, los cuales concentran la mayoría de las evaluaciones de sostenibilidad. Diversos estudios documentan esta distribución: mientras algunos evalúan múltiples eslabones (Arimany-Serrat et al., 2024; Mwangi et al., 2021; Torquati et al., 2021), otros se focalizan en eslabones específicos como la producción agrícola (Egas et al., 2023) o el procesamiento industrial (Digiesi et al., 2022). Esta concentración se justifica porque estos eslabones son reconocidos como puntos críticos. Este hallazgo coincide con los planteamientos de Raimbekov et al. (2023), quienes sostienen que una estructura excesivamente compleja genera efectos adversos sobre el desempeño y la sostenibilidad. Por lo tanto, centrarse en los tres eslabones es una forma de evitar una complejidad innecesaria.

Multidimensionalidad y madurez del marco TBL (RQ2)

La distribución de las dimensiones de sostenibilidad (Figura 2 y Tabla 3) documenta cómo diferentes estudios abordan el TBL: algunos integran las tres dimensiones simultáneamente (Navarro-del Aguila & Burgos-Jiménez, 2022; Souza Barbosa et al., 2023); mientras otros priorizan la dimensión ambiental (Doernberg et al., 2022) o combinaciones específicas según el contexto. Los resultados confirman que el marco TBL sigue siendo el esquema predominante en

la evaluación de sostenibilidad agroalimentaria. Además, se reveló el rol funcional de estas dimensiones dentro de la cadena de suministro. Moreno-Miranda & Dries (2022) señalan que la dimensión ambiental determina cómo las actividades de cada etapa de la cadena afectan los recursos, la regulación y la reputación de los actores implicados. La dimensión social según Andika et al. (2025) influye directamente en la eficiencia, equidad, confianza y colaboración. En cuanto a la dimensión económica, Moreno-Miranda & Dries (2022) indican que permite analizar el impacto de rentabilidad, eficiencia y competitividad de la cadena.

Aunque se identificaron las dimensiones de gobernanza y cultural en las investigaciones recientes, Amaruzaman et al. (2023) reportan que el 43% de los estudios ignoran la dimensión cultural y el 67% la de gobernanza. Esto evidencia una brecha entre desarrollo teórico y la aplicación práctica. Esta discrepancia indica que, aunque teóricamente valiosas, todavía requieren de mayor validación y estudio en contextos específicos antes de que puedan ser adoptadas de manera generalizada y estandarizada.

Adicionalmente, los hallazgos sobre la digitalización revelan una convergencia hacia una integración tecnológica transversal para apoyar la sostenibilidad. Tecnologías como blockchain emergen como herramientas clave: Khokhar et al. (2025) analizan su influencia en cadenas sostenibles, mientras Silvestri et al. (2025) examinan su rol en el equilibrio entre la eficiencia operacional y dinámicas relacionales en la cadena de suministro. Esta perspectiva es reforzada por Winkelmann et al. (2024), quienes documentan beneficios operacionales adicionales incluyendo reducción de costos de procesos, optimización temporal y minimización de errores sistemáticos.

Metodologías de evaluación y asimetrías analíticas (RQ3)

El análisis de las metodologías identificadas (Tabla 4) permite afirmar que no existe una única metodología que abarque la complejidad de la sostenibilidad en las cadenas

de suministro agroalimentarias. La tabla 4 evidencia la diversidad de enfoques: desde el ACV tradicionales en cadenas específicas (Dominguez Aldama et al., 2023; Kowalska et al., 2021) hasta evaluaciones que consideran criterios ambientales, sociales y de gobernanza integrados (Almelhem et al., 2025). Por ello, diversos autores proponen la adopción de enfoques integrados y multidimensionales (Allali et al., 2024; Zarbà et al., 2025).

Los hallazgos revelan una marcada asimetría metodológica en favor de la dimensión ambiental, consolidada principalmente a través del ACV. Esta tendencia es consistente con (Amamou et al., 2025), quienes también identificaron la predominancia de metodologías ambientales en su revisión de indicadores de sostenibilidad. Esta prevalencia se debe a que la dimensión ambiental recibe más atención en la evaluación de la sostenibilidad en el sector agroalimentario que las dimensiones económica y social (Orou Sannou et al., 2023). Metodológicamente, el ACV demuestra su solidez al cubrir efectivamente los eslabones de producción, procesamiento y distribución, siguiendo el sistema “de la cuna a la puerta”. Gómez-Garza et al. (2024), reportan que el 45% de los estudios siguen este sistema comparado con el 30% que adoptan el enfoque “de la cuna a la tumba”, sugiriendo una preferencia por evaluaciones que excluyen las fases de uso y disposición final. Sin embargo, se observa una mayor incorporación de metodologías a nivel de producción como IPCC, AWARE, IDEA y RISE, debido al mayor impacto ambiental en actividades agrícolas, hallazgo consistente con Falcone et al., (2024). Respecto a SAFA, Zarbà et al. (2025) enfatizan que, aunque diseñado para una evaluación holística, la revisión literaria demuestra que la aplicación práctica se ha concentrado principalmente en el nivel de producción.

Por su parte, la dimensión económica esta evaluada principalmente por TEA o LCC, con aplicación transversal en los eslabones. Ferdous et al. (2023) justifican esta transversalidad por la naturaleza de incluirse en fases anteriores y posteriores de la cadena de suministro. En

contraste, la dimensión social enfrenta menor desarrollo metodológico. Aunque el S-LCA existe, Safeie-Noghlbari et al. (2025) identifican varios desafíos, como la disponibilidad y estandarización de datos sociales. Esta limitación contrasta con la madurez de la metodología de la dimensión ambiental, reflejando la complejidad de cuantificar variables humanas frente a indicadores biofísicos.

Modelo teórico integrador y aportes al conocimiento (RQ4)

El modelo teórico propuesto responde a la fragmentación metodológica evidenciada en la literatura, ofreciendo un marco coherente que vincula los distintos niveles de análisis. La principal contribución radica en superar la evaluación parcial característica de estudios previos, que según Dergan et al. (2022) tienden a abordar dimensiones o eslabones de forma aislada.

Desde una perspectiva práctica, el modelo constituye una herramienta para diferentes actores: permite a empresas agroalimentarias identificar metodologías apropiadas según su eslabón específico e integrar tecnologías emergentes para mejorar la trazabilidad; establece para investigadores una agenda clara identificando brechas metodológicas; y ofrece una estructura para desarrollar esquemas holísticos que superen la fragmentación. Esta integración conceptual proporciona una base para investigaciones empíricas que validen su aplicabilidad en diferentes contextos agroalimentarios.

En términos teóricos, este enfoque contribuye a la consolidación de un paradigma de sostenibilidad sistémica, que trasciende el análisis unidimensional y se orienta hacia la gestión integrada del conocimiento, los recursos y las relaciones entre actores.

Limitaciones y proyecciones

A pesar de la rigurosidad del proceso metodológico, es necesario reconocer ciertas limitaciones. En primer lugar, la revisión se

basó exclusivamente en artículos publicados en inglés y de acceso abierto, si bien facilita la reproducibilidad, restringe la cobertura lingüística y geográfica, pudiendo excluir investigaciones relevantes en otros idiomas o en revistas de acceso restringido. En segundo lugar, la revisión se centró en un periodo de cinco años (2020–2025), lo cual, aunque garantiza actualidad, podría limitar la perspectiva histórica sobre la evolución de las metodologías de sostenibilidad. Finalmente, el modelo teórico propuesto, al ser de naturaleza conceptual, requiere validación empírica mediante estudios de caso o aplicaciones piloto en contextos agroalimentarios específicos.

En conjunto, la discusión confirma que la sostenibilidad de las cadenas agroalimentarias requiere una visión integradora que articule los componentes estructurales, metodológicos y tecnológicos del sistema. Los resultados evidencian que la sostenibilidad no puede evaluarse de manera fragmentada ni lineal, sino como un proceso dinámico e interconectado. El modelo teórico propuesto representa un avance significativo hacia la consolidación de un marco conceptual holístico que permite evaluar, comparar y gestionar la sostenibilidad de las cadenas agroalimentarias desde una perspectiva multidimensional, digital y basada en evidencia científica.

Conclusiones

La revisión sistemática realizada permitió construir una visión integral y crítica sobre las metodologías de evaluación de la sostenibilidad en las cadenas de suministro agroalimentarias. Los hallazgos principales revelan que las cadenas agroalimentarias se estructuran principalmente en torno a tres eslabones, producción, procesamiento y distribución, cuya interacción determina la eficiencia sistémica y la generación de valor a lo largo del ciclo productivo. Esta configuración estructural, recurrentemente identificada en los estudios revisados, optimiza la eficiencia operativa sin comprometer la funcionalidad de la cadena.

Adicionalmente, el análisis corroboró la vigencia del marco TBL como referencia conceptual predominante. No obstante, se evidenció una asimetría metodológica significativa: mientras la dimensión ambiental presenta un mayor nivel de madurez debido al uso extendido del ACV, las dimensiones económica y social exhiben un desarrollo menos uniforme y metodológicamente fragmentado. De forma complementaria, las dimensiones emergentes de gobernanza y cultura comienzan a incorporarse en la literatura reciente.

Así mismo, la revisión permitió identificar un conjunto de metodologías con distintos niveles de consolidación y aplicabilidad. El ACV se posicionó como la herramienta más robusta y transversal para la evaluación ambiental, mientras que las metodologías LCC y TEA contribuyeron al análisis de la eficiencia económica. En la dimensión social, el S-LCA y su extensión organizacional SO-LCA emergieron como aproximaciones prometedoras, aunque limitadas por la disponibilidad y estandarización de datos. A su vez, las metodologías integradoras como SAFA, RISE e IDEA demostraron un potencial significativo para la evaluación multidimensional, si bien su aplicación práctica se concentró mayoritariamente en el eslabón de producción.

Finalmente, los hallazgos facilitaron el desarrollo de un modelo teórico integral que articula los componentes estructurales (eslabones), las dimensiones del TBL, las metodologías de evaluación y las tecnologías digitales emergentes, como Big Data, IoT, Blockchain y gemelos digitales. Este modelo ofrece una estructura conceptual unificada que supera la fragmentación metodológica identificada y establece una base sólida para la evaluación, comparación y gestión de la sostenibilidad en las cadenas agroalimentarias. Su principal aporte radica en vincular los enfoques tradicionales de sostenibilidad con la digitalización, promoviendo la trazabilidad, la transparencia y la toma de decisiones basada en datos.

Desde el punto de vista teórico, el modelo propuesto representa un avance hacia un paradigma de sostenibilidad sistémica, que integra las tres dimensiones del desarrollo sostenible bajo un enfoque de interdependencia y circularidad. Desde una perspectiva práctica, constituye una herramienta estratégica para la planificación y monitoreo de políticas, proyectos y operaciones en el sector agroalimentario, facilitando la implementación de estrategias sostenibles y resilientes.

Como recomendaciones futuras, se sugiere desarrollar y validar el modelo mediante estudios de caso en cadenas específicas (hortofrutícola, láctea, cárnica), midiendo interacciones entre eslabones y dimensiones. Adicionalmente, diseñar marcos de indicadores estandarizados para S-LCA que aborden la brecha de datos sociales identificada. Realizar análisis comparativos entre metodologías integradoras (SAFA, RISE, IDEA) para identificar condiciones óptimas según tipo de cadena y contexto. Por último, explorar la incorporación operativa de gobernanza y cultura mediante desarrollo de métricas cuantificables adaptadas al sector agroalimentario.

Referencias bibliográficas

- Allali, T., Colabianchi, M., Moretti, M., & Brunori, G. (2024). Towards a new framework to assess agri-food value chains' sustainability – The case of chestnut value chain. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27836>
- Almelhem, M., Buics, L., & Süle, E. (2025). Comparison of sustainability and circularity indicators: downstream vs. upstream supply chain strategies. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01158-0>
- Alonso-Adame, A., Van Meensel, J., Marchand, F., Van Passel, S., & Farahbakhsh, S. (2024). Sustainability transitions in agri-food systems through the lens of agent-based modeling: A systematic review. *Sustainability Science*, 19(6),

- 2101–2118. <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01551-0>
- Amamou, A., Chabouh, S., Sidhom, L., Zouari, A., & Mami, A. (2025). Agri-Food Supply Chain Sustainability Indicators from a Multi-Capital Perspective: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/su17094174>
- Amaruzaman, S., Bardsley, D. K., & Stringer, R. (2023). Analysing agricultural policy outcomes in the uplands of Indonesia: A multi-dimensional sustainability assessment. *Sustainable Development*, 31(3), 1937–1950. <https://doi.org/10.1002/sd.2494>
- Andika, A., Perdana, T., Chaerani, D., & Uto-mo, D. S. (2025). Transitioning towards zero waste in the agri-food supply chain: A review of sustainable circular agri-food supply chain. *Sustainable Futures*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100917>
- Arimany-Serrat, N., Montanyà, O., & Amat, O. (2024). Sustainability as a resilience factor in the agri-food supply chain. *Sustainability (Switzerland)*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16167162>
- Basenach, L., Renneberg, B., Salbach, H., Dreier, M., & Wölfling, K. (2023). Systematic reviews and meta-analyses of treatment interventions for Internet use disorders: Critical analysis of the methodical quality according to the PRISMA guidelines. *Journal of Behavioral Addictions*, 12. <https://doi.org/10.1556/2006.2022.00087>
- Calvillo-Arriola, A. E., & Sotelo-Navarro, P. X. (2024). A step towards sustainability: life cycle assessment of coffee produced in the indigenous community of Ocotepec, Chiapas, Mexico. *Discover Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00194-6>
- Castillo-Díaz, F. J., Belmonte-Ureña, L. J., López-Serrano, M. J., & Camacho-Ferre, F. (2024). Quantifying sustainability in the agri-food system: a comprehensive methodological framework and expert consensus approach. *Agri-cultural and Food Economics*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00314-w>
- Dergan, T., Ivanovska, A., Kocjančič, T., Iannetta, P. P. M., & Debeljak, M. (2022). Multi-SWOT multi-stakeholder-based sustainability assessment methodology: Applied to improve Slovenian legume-based agri-food chains. *Sustainability (Switzerland)*, 14. <https://doi.org/10.3390/su142215374>
- D'Eusano, M., & Petti, L. (2024). Blockchain technology and Social Life Cycle Assessment: synergies and implications. *International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02338-2>
- Digiesi, S., Facchini, F., & Silvestri, B. (2022). Green strategies to reduce the environmental impact of jam production. *Transportation Research Procedia*, 67, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.037>
- Doernberg, A., Piore, A., Zasada, I., Wascher, D., & Schmutz, U. (2022). Sustainability assessment of short food supply chains (SFSC): Developing and testing a rapid assessment tool in one African and three European city regions. *Agriculture and Human Values*, 39(3), 885–904. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10288-w>
- Dominguez Aldama, D., Grassauer, F., Zhu, Y., Ardestani-Jaafari, A., & Pelletier, N. (2023). Allocation methods in life cycle assessments (LCAs) of agri-food co-products and food waste valorization systems: Systematic review and recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 421. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138488>
- Egas, D., Azarkamand, S., Casals, C., Ponsá, S., Llenas, L., & Colón, J. (2023). Life cycle assessment of bio-based fertilizers production systems: Where are we and where should we be heading? *International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(6), 626–650. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02168-8>

- Elkoraichi, Y., Elfezazi, S., & Belhadi, A. (2025). Analysis of barriers to block-chain technology adoption in the African agri-food supply chain. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01125-9>
- Falcone, G., Fazari, A., Vono, G., Gulisano, G., & Strano, A. (2024). Application of the LCA approach to the citrus production chain – A systematic review. *Cleaner Environmental Systems*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100156>
- Ferdous, J., Bensebaa, F., & Pelletier, N. (2023). Integration of LCA, TEA, Process Simulation and Optimization: A systematic review of current practices and scope to propose a framework for pulse processing pathways. *Journal of Cleaner Production*, 402. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136804>
- Gómez-Garza, R., Güereca, L. P., Padilla-Rivera, A., & Ibarra, A. A. (2024). Barriers and enablers of life cycle assessment in small and medium enterprises: a systematic review. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05622-1>
- Gusenbauer, M., & Gauster, S. (2025). How to search for literature in systematic reviews and meta-analyses: A comprehensive step-by-step guide. *Technological Forecasting and Social Change*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123833>
- Hassoun, A. (2025). Food sustainability 4.0: harnessing fourth industrial revolution technologies for sustainable food systems. *Discover Food*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00461-z>
- Heinzova, R., Vichova, K., Peterek, K., & Strohmandl, J. (2022). Supply chain risk management in Dairy Industry of the Czech Republic. *Acta Logística*, 9(4), 441–448. <https://doi.org/10.22306/al.v9i4.343>
- Kamariotou, M., Kitsios, F., Charatsari, C., Lioutas, E. D., & Talias, M. A. (2022). Digital strategy decision support systems: Agrifood supply chain management in SMEs. *Sensors*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22010274>
- Kersten, C., Kerber, J., Silva, J., Bouzon, M., & Campos, L. (2024). Traceability in the agri-food supply chain: a new perspective under the Circular Economy approach. *Production*, 34. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240009>
- Khokhar, M., Thaheem, I., Alam, F., Khaliq, N., Sharma, A., & Duan, Y. (2025). An analytical approach to blockchain technology influence on sustainable supply chain. *Sustainable Futures*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100898>
- Kowalska, A., Grobelak, A., Kacprzak, M., & Lyng, K. A. (2021). Methods and tools for environmental technologies risk evaluation: The principal guidelines—a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(6), 1683–1694. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02979-4>
- López-Santos, Y., Sánchez-Partida, D., & Cano-Olivos, P. (2020). Strategic model to assess the sustainability and competitiveness of focal agri-food Smes and their supply chains: A vision beyond COVID 19. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5, 1214–1224. <https://doi.org/10.25046/aj0505147>
- Moreno-Miranda, C., & Dries, L. (2022). Integrating coordination mechanisms in the sustainability assessment of agri-food chains: From a structured literature review to a comprehensive framework. *Ecological Economics*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107265>
- Mwangi, G. M., Despoudi, S., Espindola, O. R., Spanaki, K., & Papadopoulos, T. (2021). A planetary boundaries perspective on the sustainability: resilience relationship in the Kenyan tea supply chain. *Annals of Operations Research*, 319(1), 661–695. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04096-y>
- Myshko, A., Checchinato, F., Colapinto, C., Finotto, V., & Mauracher, C. (2024). Towards the twin transition in the agri-food sector? Framing the current debate on

- sustainability and digitalisation. *Journal of Cleaner Production*, 452. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142063>
- Navarro-del Aguila, I., & Burgos-Jiménez, J. (2022). Sustainable Innovation through Developing Hybrid Agri-Food Supply Chains: A Case in South-Eastern Spain. *Toxics*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/toxics10120752>
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P. A., Di Capua, R., Saija, G., Salomone, R., Primerano, P., Petti, L., Raggi, A., Casolani, N., Strano, A., & Mistretta, M. (2022). Life cycle inventory data for the Italian agri-food sector: background, sources and methodological aspects. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(8), 1430–1445. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-02020-x>
- Orou Sannou, R., Kirschke, S., & Günther, E. (2023). Integrating the social perspective into the sustainability assessment of agri-food systems: A review of indicators. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.014>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Qahtan, S., Alsattar, H. A., Zaidan, A. A., Deveci, M., Pamucar, D., Delen, D., & Pedrycz, W. (2023). Evaluation of agriculture-food 4.0 supply chain approaches using Fermatean probabilistic hesitant-fuzzy sets based decision making model. *Applied Soft Computing*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110170>
- Raimbekov, Z., Syzdykbayeva, B., Rakhmetulina, A., Rakhmetulina, Z., Abylaikhanova, T., Ordabayeva, M., & Doltes, L. (2023). The impact of agri-food supply channels on the efficiency and links in supply chains. *Economies*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/economies11080206>
- Reina-Usuga, L., Parra-López, C., Haro-Giménez, T., & Carmona-Torres, C. (2023). Sustainability assessment of Territorial Short Food Supply Chains versus Large-Scale Food Distribution: The case of Colombia and Spain. *Land Use Policy*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106529>
- Safeie-Noghlbari, B., Amiri, Z., Allahyari, M. S., Nikkhah, A., Ben Hassen, T., & Bacenetti, J. (2025). Social life cycle assessment of the olive oil industry: a case study in Guilan Province, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 27(6), 14553–14599. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04463-2>
- Sánchez-Martín, M., Pedreño Plana, M., Ponce Gea, A. I., & Navarro-Mateu, F. (2023). And, at first, it was the research question... The PICO, PECO, SPIDER and FINER formats. *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 16(32), 126–136. <https://doi.org/10.25115/ecp.v16i32.9102>
- Scuderi, A., Chinnici, G., Zarbà, C., Cammarata, M., & Gravagno, R. M. (2025). Sustainability assessment of blood orange production in sicily through the application of the SAFA framework. *Cleaner Environmental Systems*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100293>
- Sharifmousavi, M., Kayvanfar, V., & Baldacci, R. (2024). Distributed artificial intelligence application in agri-food supply chains 4.0. *Procedia Computer Science*, 232, 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.021>
- Silvestri, R., Carloni, E., Morrone, D., & Santovito, S. (2025). The role of blockchain technology in supply chain relationships: Balancing efficiency and relational dynamics. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 31(1). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100967>
- Souza Barbosa, A., Silva, M. C. B. C., Silva, L. B., Morioka, S. N., & Souza, V. F.

- (2023). Integration of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria: their impacts on corporate sustainability performance. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01919-0>
- Torquati, B., Cecchini, L., Paffarini, C., & Chiorri, M. (2021). The economic and environmental sustainability of extra virgin olive oil supply chains: An analysis based on food miles and value chains. *Economia Agro-Alimentare-Food Economy*, 23(1), 1–28. <https://doi.org/10.3280/ECAG1-2021OA11391>
- Tyagi, K. (2023). A global blockchain-based agro-food value chain to facilitate trade and sustainable blocks of healthy lives and food for all. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01658-2>
- Veloso, V., Santos, A., Carvalho, A., & Barbosa-Póvoa, A. (2025). A comprehensive framework for assessing circular economy strategies in agri-food supply chains. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05755-3>
- Vicario-Modroño, V., Gallardo-Cobos, R., & Sánchez-Zamora, P. (2023). Sustainability evaluation of olive oil mills in Andalusia (Spain): a study based on composite indicators. *Environment, Development and Sustainability*, 25(7), 6363–6392. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02307-5>
- Voglhuber-Slavinsky, A., Zicari, A., Smetana, S., Moller, B., Dönitz, E., Vranken, L., Zdravkovic, M., Aganovic, K., & Bahrs, E. (2022). Setting life cycle assessment (LCA) in a future-oriented context: the combination of qualitative scenarios and LCA in the agri-food sector. *European Journal of Futures Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00203-9>
- Vono, G., Falcone, G., Mistretta, M., Fazari, A., & Strano, A. (2023). Life Cycle Inventory of the Italian citrus fruit supply chain: Modelling the agricultural phase inventory through statistical data processing. *Cleaner Environmental Systems*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100131>
- Wang, M., Kumar, V., Ruan, X., Saad, M., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, A. (2022). Sustainability concerns on consumers' attitude towards short food supply chains: an empirical investigation. *Operations Management Research*, 15(1–2), 76–92. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00188-x>
- Winkelmann, S., Guennoun, R., Möller, F., Schoormann, T., & van der Valk, H. (2024). Back to a resilient future: Digital technologies for a sustainable supply chain. *Information Systems and E-Business Management*, 22(2), 315–350. <https://doi.org/10.1007/s10257-024-00677-z>
- Wright, D. R., Bekessy, S. A., Lentini, P. E., Garrard, G. E., Gordon, A., Rodewald, A. D., Bennett, R. E., & Selinske, M. J. (2024). Sustainable coffee: A review of the diverse initiatives and governance dimensions of global coffee supply chains. *Ambio*, 53. <https://doi.org/10.1007/s13280-024-02003-w>
- Zarbà, C., Gravagno, R. M., Chinnici, G., & Scuderi, A. (2025). A systematic review of the SAFA framework in the literature: An approach to assess sustainability in agri-food systems. *Cleaner Environmental Systems*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100267>
- Zhao, G., Chen, X., Jones, P., Liu, S., Lopez, C., Leoni, L., & Dennehy, D. (2024). Understanding the drivers of industry 4.0 technologies to enhance supply chain sustainability: Insights from the agri-food industry. *Information Systems Frontiers*, 27. <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10539-1>