

**Propuesta de Indicadores Logísticos para Lacto Industrias: Modelo SCOR en el
Procesamiento y Distribución de Yogurt Funcional**

Oscar Fabian Quiroz Baquero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

2025

Resumen

En Colombia, el mercado de productos lácteos funcionales, como el yogurt enriquecido con probióticos y otros ingredientes saludables, ha registrado un crecimiento sostenido debido a su reconocimiento en términos de calidad nutricional y sus beneficios para la salud, posicionándose como uno de los más dinámicos en América Latina. Una vez producido, este tipo de alimento requiere procesos logísticos que garanticen su conservación, inocuidad y trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro. La presente investigación tuvo como objetivo analizar la evolución científica y técnica de la logística aplicada a productos lácteos, con especial atención en el yogurt funcional, mediante una revisión cuantitativa de literatura. Se analizaron un total de 32 documentos académicos publicados entre 2015 y 2024, lo que permitió identificar cuatro grandes categorías temáticas en la evolución de la literatura sobre logística agroalimentaria: logística y gestión, normativas y calidad, modelado matemático y sostenibilidad, y tecnologías disruptivas e innovación. Como parte del análisis, se exploró la pertinencia del modelo SCOR como herramienta para organizar y evaluar procesos logísticos en el contexto de productos perecederos, y se propuso un conjunto de KPI adaptados a las necesidades del sector lácteo funcional. Este trabajo busca aportar al fortalecimiento técnico y conceptual del sector a través de herramientas teóricas que promuevan la toma de decisiones informadas, sostenibles y alineadas con los retos actuales del mercado y la normatividad vigente.

Palabras clave: yogurt funcional, logística, cadena de suministro del yogurt, modelo SCOR.

Abstract

In Colombia, the market for functional dairy products, such as yogurt enriched with probiotics and other healthy ingredients, has registered sustained growth due to its recognition in terms of nutritional quality and health benefits, positioning itself as one of the most dynamic in Latin America. Once produced, this type of food requires logistical processes that guarantee its conservation, safety and traceability throughout the supply chain. The objective of this research was to analyze the scientific and technical evolution of logistics applied to dairy products, with special attention to functional yogurt, through a scientometric review of the literature. A total of 32 academic documents published between 2015 and 2024 were analysed, which made it possible to identify four major thematic categories in the evolution of the literature on agri-food logistics: logistics and management, regulations and quality, mathematical modelling and sustainability, and disruptive technologies and innovation. As part of the analysis, the relevance of the SCOR model as a tool to organize and evaluate logistics processes in the context of perishable products was explored, and a set of KPIs adapted to the needs of the functional dairy sector was proposed. This work seeks to contribute to the technical and conceptual strengthening of the sector through theoretical tools that promote informed, sustainable decision-making aligned with the current challenges of the market and current regulations.

Keywords: functional yogurt, logistics, yogurt supply chain, SCOR model

Tabla de Contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Introducción	9
Planteamiento de Problema.....	12
Preguntas de Investigación Orientadas a la Revisión Bibliográfica	17
Justificación	18
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos.....	20
Hipótesis	20
Marco Conceptual y Teórico	22
Antecedentes.....	22
Evolución Logística y Eslabones de la Cadena de Suministro.....	25
Evolución de la Logística en la Industria Láctea	25
Teoría de la Cadena de Suministro	26
Aplicación de la Cienciometría en la Evaluación Logística	27
Eslabones y Actores en la Cadena del Yogurt Funcional.....	27
Modelo SCOR Aplicado al Yogurt Funcional.....	29
Fundamentos del Modelo SCOR y Evolución Teórica	29
Aplicaciones del Modelo SCOR en la Industria Lechera	30
Beneficios y Desafíos de Aplicar SCOR en Lácteos	32
Sostenibilidad y Trazabilidad con SCOR en Productos Funcionales	32

Métricas e Indicadores Logísticos de Calidad en el Yogurt Funcional	34
Proceso de Fabricación del Yogurt Funcional y Control de Calidad.....	34
Parámetros Críticos para la Elaboración del Yogurt Funcional	35
Defectos Comunes en la Producción de Yogurt Funcional y su Control	37
Indicadores Logísticos Aplicados a Productos Funcionales Perecederos.....	38
Definición de Conceptos Clave	40
Logística en la Industria Láctea	40
Modelo SCOR.....	40
Productos Funcionales (Yogurt)	41
Cienciometría.....	41
Metodología	42
Metodología para el Primer Objetivo	42
Criterios para Limitar el Estudio	43
Variables (Cualitativas y Cuantitativas)	43
Metodología para el Segundo Objetivo	44
Metodología para el Tercer Objetivo.....	45
Fuentes de Información y Criterios de Selección	45
Fases del Estudio.....	46
Resultados.....	47
Resultados del Objetivo 1	47
Resultados del Objetivo 2	56
Brechas Existentes en la Investigación.....	65
Resultados del Objetivo 3	66

Recomendaciones	74
Conclusiones	81
Síntesis General de los Hallazgos	81
Limitaciones del Estudio.....	84
Aportes de la Investigación.....	85
Referencias bibliográficas.....	87
Anexos	101

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Eslabones y Actores en la Cadena de Valor del Yogurt Funcional</i>	28
Tabla 2. <i>Parámetros Críticos en la Elaboración del Yogurt Funcional</i>	36
Tabla 3. <i>Indicadores Logísticos Aplicados a Productos Funcionales Perecederos según el Modelo SCOR</i>	39
Tabla 4. <i>Fases de la Metodología</i>	46
Tabla 5. <i>Análisis de Conceptos y Temas Clave (2015-2024)</i>	49
Tabla 6. <i>Evolución de las Tendencias de Investigación en la GCS Láctea</i>	53
Tabla 7. <i>Relación entre Conceptos Clave y Componentes del Modelo SCOR</i>	58
Tabla 8. <i>Relaciones de los Casos con el Modelo SCOR</i>	60
Tabla 9. <i>Indicadores para Evaluar y Optimizar la GCS del Yogurt</i>	67
Tabla 10. <i>Tendencias y Áreas de Oportunidad en la Cadena de Suministro de Yogurt Funcional</i>	69
Tabla 11. <i>Recomendaciones para Implementar Indicadores Logísticos en la Cadena de Valor del Yogurt</i>	77

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Procesos de la Cadena de Suministro Según Modelo SCOR</i>	30
Figura 2. <i>Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración del Yogurt</i>	35
Figura 3. <i>Principales Defectos en la Producción de Yogurt</i>	37
Figura 4. <i>Distribución de las Referencias por Año</i>	47
Figura 5. <i>Identificación de Autores por Año</i>	48
Figura 6. <i>Evolución de la Investigación en la Cadena de Suministro Láctea (2015-2024)</i>	51
Figura 7. <i>Patrones Temáticos (Nivel-Producto)</i>	54
Figura 8. <i>Patrones Temáticos (Costo-Empresa)</i>	55
Figura 9. <i>Patrones Temáticos (Yogurt-Proceso)</i>	56
Figura 10. <i>Modelo SCOR en el Sector Lácteo</i>	57
Figura 11. <i>Focalización en Componentes del Modelo SCOR</i>	62
Figura 12. <i>Integración de Tecnología e Innovación</i>	63
Figura 13. <i>Mapa de Calor: Conexiones entre SCOR y Tendencias Identificadas</i>	64
Figura 14. <i>Uso de Tecnologías en Cada Componente de SCOR</i>	65
Figura 15. <i>Diagrama de Flujo: Implementación de Indicadores Logísticos</i>	76

Introducción

En Colombia, la Norma Técnica Colombiana NTC 805:2005 establece los requisitos que deben cumplir los productos lácteos y las leches fermentadas, con o sin uso de microorganismos probióticos, destinados al consumo directo o a su utilización posterior. Sin embargo, la producción, el almacenamiento y la distribución del yogurt funcional aún carecen de una estrategia logística articulada que permita operar adecuadamente la cadena de valor y garantizar el cumplimiento de las disposiciones nacionales e internacionales, especialmente en lo relativo a características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales que aseguren su inocuidad. Esta ausencia plantea desafíos significativos para las lacto industrias, ya que la naturaleza perecedera del producto exige una gestión eficaz en cada eslabón de la cadena, desde el aprovisionamiento de materia prima hasta la entrega final al consumidor.

A partir de esta problemática, la presente investigación tuvo como propósito identificar los indicadores logísticos conocidos como KPI (por sus siglas en inglés *Key Performance Indicators*), más relevantes para optimizar la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad en la producción y distribución del yogurt funcional, integrando para ello un marco conceptual y teórico basado en la gestión de la cadena de suministro (SCM, por sus siglas en inglés *Supply Chain Management*) y en la aplicación del modelo de Referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro (SCOR, por sus siglas en inglés *Supply Chain Operations Reference model*); la metodología se estructuró a partir de un enfoque cuantitativo que permitió analizar la producción académica más significativa en los últimos ocho años, complementada con el estudio de casos documentados y el análisis de tendencias logísticas aplicadas a productos funcionales perecederos.

Con base en este enfoque, se definieron tres objetivos específicos: el primero consistió en analizar la evolución del interés científico y técnico de la logística de la industria láctea, caracterizando los eslabones más representativos de esta SCM para productos lácteos; el segundo se orientó a identificar las dimensiones pertinentes del modelo SCOR que pueden aplicarse al contexto del procesamiento y distribución del yogurt funcional, evaluando su pertinencia a partir de estudios de caso y literatura especializada; y el tercero se centró en proponer un conjunto de KPI concretos, sustentados en la evidencia documental, que respondieran a los desafíos particulares de trazabilidad, sostenibilidad y eficiencia operativa en la cadena de valor de productos funcionales en el sector lácteo colombiano.

Los resultados fueron organizados de manera coherente con cada uno de los objetivos planteados, permitiendo establecer una conexión directa entre los hallazgos bibliográficos, los esquemas de análisis técnico y las necesidades reales del sector; se construyeron matrices comparativas, se interpretaron patrones de investigación mediante mapas temáticos y se propusieron adaptaciones del modelo SCOR ajustadas al perfil del yogurt funcional, destacando su potencial como herramienta para integrar prácticas logísticas responsables y alineadas con estándares de calidad e innovación.

Finalmente, la estructura del documento contempla en el primer capítulo la contextualización del problema logístico en la industria láctea funcional; en el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico y conceptual necesario para fundamentar la propuesta; el tercer capítulo describe detalladamente la metodología utilizada, especificando las fases, técnicas de análisis y criterios de selección documental; en el capítulo cuatro, se presentan los resultados obtenidos junto con los esquemas de KPI; y en el capítulo final se formulan conclusiones y

recomendaciones que abren nuevas líneas de exploración en torno a la gestión logística de productos funcionales en economías emergentes como la colombiana.

Planteamiento de Problema

Los alimentos funcionales —y en particular el yogurt— han cobrado protagonismo en las tendencias actuales de consumo saludable, impulsando un cambio en las preferencias del mercado que exige productos con beneficios adicionales para la salud, como propiedades probióticas y digestivas. Este cambio ha generado importantes retos logísticos para las lacto industrias, las cuales deben adaptar sus procesos de producción, almacenamiento y distribución a los estándares que demanda este nuevo perfil de consumo (Maitiniyazi & Canavari, 2021; Iztileuov et al., 2024). El yogurt funcional, a diferencia de otros productos lácteos convencionales, exige un control más riguroso de variables como el pH, la viabilidad de los microorganismos activos, la temperatura de conservación y el tiempo de exposición a condiciones ambientales, lo que implica el rediseño de prácticas operativas en toda la cadena de suministro.

La cadena de valor del yogurt funcional abarca múltiples actividades, desde la obtención de la leche cruda hasta la entrega del producto final al consumidor, incluyendo la recepción, filtrado, pasteurización, inoculación, fermentación, enfriamiento, envasado, almacenamiento y distribución; diversos estudios sectoriales (Consortio Lechero, 2022; ODEPA, 2022; Fedeleche, 2022; Exporlac & Aproval, 2022) coinciden en que el yogurt, por tratarse de un alimento altamente perecedero, demanda estrictos controles de temperatura, higiene, calidad microbiológica y trazabilidad a lo largo de su proceso logístico. Esta situación se ve reforzada por la normativa vigente, como la Resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Agricultura y la NTC 805:2005, que establecen los requisitos microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales que deben cumplirse para garantizar la inocuidad del producto. En consecuencia, el yogurt funcional plantea desafíos operativos superiores a otros productos lácteos, al requerir un sistema logístico

especializado capaz de preservar tanto sus propiedades nutricionales como sus beneficios funcionales durante toda la cadena de suministro (Harwood et al., 2020).

Según lo establecido en la Resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Agricultura de Colombia, específicamente en el capítulo XVI, artículo 108, el área destinada al envasado y almacenamiento de derivados lácteos debe cumplir con condiciones estrictas de higiene, ventilación, separación de ambientes y control sanitario, lo cual es esencial para asegurar la calidad final del producto (Ministerio de Salud, 1986). No obstante, en la práctica operativa de muchas plantas procesadoras de yogurt, estas condiciones generan riesgos de contaminación, pérdida de viabilidad de los cultivos probióticos y alteraciones fisicoquímicas en el producto funcional.

De manera global, los datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) evidencian que las pérdidas de yogurt alcanzan volúmenes significativos —superiores a las miles de toneladas anuales— debido a fallas en el almacenamiento, rotación ineficiente, quiebres de la cadena de frío o falta de trazabilidad en la distribución (Blazejczyk, 2023). Este panorama subraya la necesidad de establecer cadenas logísticas flexibles, adaptadas no solo a las condiciones del mercado, sino también a las limitaciones estructurales y tecnológicas de cada territorio. En países en desarrollo, como Colombia, la eficiencia logística marca la diferencia entre un abastecimiento oportuno y la pérdida del producto por deterioro. Por ello, organismos como el (Consortio Lechero, 2022; ODEPA, 2022; Fedeleche, 2022; Exporlac & Aproval, 2022) han insistido en la urgencia de desarrollar capacidades logísticas especializadas que respondan a las exigencias de los productos funcionales, especialmente aquellos destinados al consumo con valor agregado en términos nutricionales y de salud pública.

A nivel nacional, los datos más recientes del sector reflejan una contracción relevante en la producción de yogurt, con una disminución del 5,8 % durante el año 2022 en comparación con el periodo anterior. Este retroceso se vio acompañado por un aumento del 20,8 % en el precio promedio de la leche pagado al productor, evidenciando un encarecimiento generalizado de los insumos y procesos productivos que termina afectando la estructura de costos del producto final. Esta situación es especialmente crítica en regiones tradicionalmente proveedoras como Cundinamarca, Antioquia y Valle del Cauca, donde también se ha registrado una reducción en el número de proveedores activos, debilitando la base de aprovisionamiento y comprometiendo la estabilidad operativa de muchas plantas procesadoras. Frente a este escenario, se hace indispensable una respuesta logística más integrada, que permita racionalizar los costos sin sacrificar la calidad e inocuidad del producto, especialmente cuando se trata de yogures funcionales que requieren condiciones de manejo aún más rigurosas (Consortio Lechero, 2022; ODEPA, 2022; Fedeleche, 2022; Exporlac & Aproval, 2022).

Por otra parte, el aumento en los precios se ha trasladado al consumidor final, con un incremento del 12,8 % en el valor del yogurt en el mismo año, lo cual puede afectar la demanda en segmentos de población sensibles al precio y limitar el acceso a productos con beneficios funcionales reconocidos. A esto se suma la disminución del 13,3 % en la disponibilidad aparente del producto, según cifras nacionales, lo que pone en evidencia una fragmentación del mercado caracterizada por fallas de cobertura y problemas de distribución en determinadas zonas geográficas. Esta combinación de factores refuerza la necesidad de una logística inteligente, basada en indicadores validados y adaptados a las dinámicas reales de la cadena, que permita monitorear el rendimiento en tiempo real y ajustar las decisiones operativas con mayor precisión.

Contar con un sistema de medición confiable no solo permite anticiparse a escenarios críticos, sino también posicionarse estratégicamente en un mercado altamente competitivo y regulado.

En este contexto, el modelo SCOR se ha reconocido como un marco importante para estandarizar procesos y medir el desempeño a lo largo de la cadena de suministro en diversos sectores, incluyendo la industria láctea (Velychko, 2015). Sin embargo, en la documentación analizada se evidencia que pocas investigaciones profundizan en la adaptación de SCOR a los requerimientos de un producto funcional perecedero (Wang et al., 2021), como la eficiencia, sostenibilidad y cumplimiento de estándares normativos (Rozhkova & Olentsova, 2020).

La creciente demanda de alimentos con valor agregado nutricional, como el yogurt funcional, ha impulsado una transformación en los modelos de producción y distribución, exigiendo no solo mantener condiciones de inocuidad y frescura, sino también incorporar criterios de sostenibilidad, trazabilidad y cumplimiento normativo. Según el *“Panorama de la seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe 2020”* FAO, IFAD, PAHO, WFP & UNICEF (2020), en América Latina, uno de los desafíos más urgentes del sistema agroalimentario es la reducción de pérdidas postcosecha y la mejora de los sistemas logísticos para garantizar que productos frescos y funcionales lleguen a tiempo y en condiciones adecuadas a los consumidores. En este contexto, los productos fermentados como el yogurt funcional requieren un tratamiento especializado, ya que cualquier interrupción en la cadena de frío puede afectar la viabilidad de los microorganismos activos y, por ende, sus beneficios para la salud.

En Colombia, datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022) revelan que el sector lácteo enfrenta retos importantes en logística, particularmente en zonas con infraestructura limitada, donde más del 30 % de las unidades productoras reportan dificultades para conservar los productos en condiciones óptimas de refrigeración. Además, los

costos de transporte y distribución han aumentado en más de un 18 % en los últimos cinco años, según el Observatorio Agrologístico “*Informe de Gestión 2024*” de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024), lo que presiona los márgenes de rentabilidad y pone en riesgo la sostenibilidad de la cadena. Estas limitaciones afectan con mayor severidad a productos perecederos funcionales como el yogurt, en los que la pérdida de calidad implica no solo desperdicio económico, sino también una reducción en su valor nutricional y terapéutico.

Asimismo, el Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] & Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos [INVIMA] (2022) han reportado que gran parte de las micro y pequeñas empresas lácteas en Colombia presentan debilidades en la implementación de sistemas de trazabilidad robustos, dificultando la gestión de alertas sanitarias o la localización de lotes comprometidos en caso de fallos. Esta ausencia de control integral en los eslabones logísticos interfiere con la capacidad del sector para cumplir de manera efectiva con la Norma Técnica Colombiana NTC 805:2005 y con los estándares internacionales de calidad para productos fermentados con probióticos. En consecuencia, se hace necesario avanzar en la formulación de KPI específicos que permitan monitorear el desempeño operativo, garantizar el cumplimiento normativo y mejorar la competitividad de la cadena de valor del yogurt funcional.

El reto está en definir KPI, basados en modelos reconocidos como SCOR, que permitan optimizar la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de suministro del yogurt funcional. Por tanto, la falta de sistematización de indicadores validados y adaptados a la alta exigencia sanitaria y perecedera del yogurt funcional constituye el punto crítico que aborda el presente trabajo.

Preguntas de Investigación Orientadas a la Revisión Bibliográfica

Al tener presente la problemática asociada con la creciente demanda de yogurt funcional, la necesidad de garantizar altos estándares de calidad, productividad y seguridad alimentaria, así como la importancia de contar con KPI adaptados al carácter perecedero de este producto, surgen diversas preguntas orientadoras que guiarán la revisión bibliográfica y el análisis de la literatura. Concretamente, dichas interrogantes se formulan de la siguiente manera:

¿Cómo y de qué forma, ha progresado la evaluación logística en la cadena de valor del procesamiento de productos lácteos funcionales y cuáles son los principales eslabones identificados en la literatura científica?

¿Cuáles son las dimensiones del modelo SCOR con más pertinencia para caracterizar la gestión logística del yogurt funcional?

¿Cuáles son las métricas o técnicas analíticas recomendadas para evaluar la calidad integral del yogurt funcional en cada eslabón de la cadena de suministro?

Justificación

La presente monografía sobre la identificación de KPI basados en el modelo SCOR aplicados al procesamiento de yogurt funcional resulta pertinente y necesaria por diversas razones. En primer lugar, el mercado de productos lácteos funcionales —y particularmente del yogurt— ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado por una demanda cada vez más informada sobre los beneficios de una alimentación saludable. Esta tendencia ha generado mayores exigencias en los procesos de producción, trazabilidad y sostenibilidad logística, aspectos que requieren un abordaje sistemático desde marcos metodológicos validados (Assan-Barrios et al., 2023).

En ese contexto, y considerando la complejidad de la cadena de suministro del yogurt funcional —caracterizada por restricciones de tiempo, control riguroso de temperatura, normativas sanitarias específicas y parámetros de sostenibilidad—, se hace necesario contar con herramientas conceptuales que orienten a las organizaciones hacia modelos logísticos más eficientes. El modelo SCOR ha sido ampliamente reconocido como un referente metodológico para evaluar y estructurar el desempeño logístico, lo que lo convierte en un punto de partida relevante para revisar su aplicabilidad en productos perecederos con valor funcional (Ochoa et al., 2021).

Esta monografía se justifica en la medida en que permitió identificar, analizar y organizar un conjunto de KPI con base en fuentes científicas y técnicas actualizadas, específicamente adaptados a los requerimientos del yogurt funcional. Lejos de intervenir en entornos empresariales reales, el estudio aporta una sistematización teórica que puede servir de insumo para posteriores desarrollos académicos, metodológicos o sectoriales. De este modo, ofrece a las

lacto industrias una base conceptual sobre la cual explorar posibles adaptaciones del modelo SCOR a sus propias realidades, sin asumir una aplicación directa ni generalizable.

El valor de este estudio también se refleja en el ámbito académico, al proporcionar una revisión sobre la interacción entre logística, sostenibilidad y funcionalidad en la industria láctea, dimensiones que suelen abordarse de manera fragmentada en la literatura especializada. Desde la perspectiva empresarial, si bien el estudio no valida empíricamente los indicadores, sí visibiliza prácticas y aproximaciones que podrían ser consideradas como referencia en procesos de mejora o diseño logístico, siempre dentro del marco interpretativo que ofrece una investigación documental.

Por todo lo anterior, la relevancia de esta monografía radica en su capacidad para consolidar conocimiento aplicable en futuros escenarios de investigación, innovación o implementación en logística alimentaria, especialmente en sectores sensibles como el de los alimentos funcionales. Al mismo tiempo, contribuye a fortalecer la comprensión y el alcance del modelo SCOR en contextos que requieren eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad, respetando los límites de inferencia propios de un estudio de carácter teórico y bibliográfico.

Objetivos

A partir del estudio bibliográfico/cienciométrico de obras académicas publicadas en revistas indexadas, se establecieron los siguientes objetivos, los cuales darán respuesta a las preguntas de investigación:

Objetivo General

Identificar los indicadores logísticos asociados al modelo SCOR pertinentes para la optimización, trazabilidad y sostenibilidad de la cadena de suministro del yogurt funcional.

Objetivos Específicos

Analizar la evolución de la evaluación logística en la cadena de valor del procesamiento de productos lácteos funcionales, y caracterizar sus eslabones principales, a partir de un estudio cienciométrico de la literatura académica indexada.

Identificar las dimensiones del modelo SCOR más aplicadas en la literatura científica y su pertinencia en la gestión logística del procesamiento de yogurt funcional.

Seleccionar las métricas o técnicas analíticas más utilizadas para evaluar la calidad integral del yogurt funcional en cada eslabón de la cadena de suministro, con base en los estudios revisados.

Hipótesis

H1: Es viable identificar indicadores logísticos adecuados para el procesamiento, almacenamiento y distribución del yogurt funcional, mediante el análisis bibliográfico de la literatura científica indexada sobre la aplicación del modelo SCOR en la industria láctea.

H2: La revisión cuantitativa de la literatura científica no permite identificar indicadores logísticos pertinentes para la cadena de valor del yogurt funcional, debido a la dispersión conceptual y a la escasa aplicación práctica del modelo SCOR en el contexto lácteo.

Marco Conceptual y Teórico

Antecedentes

El presente estudio sobre la propuesta de KPI basados en el modelo SCOR para el procesamiento de yogurt funcional se fundamentó en un cuerpo de investigaciones previas que abordaron temas de logística en la cadena de suministro láctea, seguridad alimentaria y optimización de procesos productivos en la industria láctea. A continuación, se destacan los aportes más relevantes de investigaciones recientes que contribuyeron a contextualizar y fundamentar este trabajo.

Velychko (2015), en su estudio sobre la integración del modelo SCOR y la gestión logística en las cooperativas lácteas, demostró la aplicabilidad del modelo SCOR en la GCS interna en el sector lácteo. La investigación destacó cómo el SCOR mejoró los procesos logísticos, optimizando el transporte interno de productos lácteos, lo que resultó en mayor eficiencia operativa. Este estudio proporcionó una base para el uso del modelo SCOR en el procesamiento de yogurt funcional, sugiriendo que dicho modelo podía ser adaptado para mejorar tanto la producción como la distribución de productos lácteos.

Por otro lado, Wang et al. (2021) revisaron los desafíos y perspectivas de la producción de leche en China tras el escándalo de la leche de 2008; el estudio enfatizó la necesidad de mejorar la trazabilidad y la seguridad en la cadena de suministro láctea para restaurar la confianza de los consumidores. Aunque se centró en el contexto chino, sus implicaciones fueron de carácter global, subrayando la importancia de la transparencia y la GCS de productos lácteos. Este enfoque se alineó con los objetivos de la presente investigación, que buscó optimizar la trazabilidad y seguridad en el procesamiento de yogurt funcional.

El estudio de Maitiniyazi y Canavari (2021) aportó al entendimiento de las percepciones de seguridad de los consumidores de productos lácteos. A través de un enfoque cualitativo, este trabajo reveló la importancia de las prácticas seguras en la producción de lácteos y cómo la percepción de los consumidores influyó en las decisiones de compra. Este aspecto resultó relevante, ya que el yogurt funcional debía garantizar altos estándares de calidad y seguridad durante su producción y distribución, factores que se reflejaron en los KPI propuestos.

Investigaciones más recientes, como la de Iztileuov et al. (2024), examinaron la calidad y seguridad de nuevos tipos de productos lácteos. El estudio se centró en la innovación de productos a base de leche de vaca y yegua con aditivos vegetales, destacando el creciente interés en los productos lácteos funcionales y la necesidad de estándares más rigurosos en su producción. Esto reforzó la idea de que el procesamiento de yogurt funcional requería no solo eficiencia logística, sino también un enfoque en la calidad del producto, respaldado por KPI adecuados.

Harwood et al. (2020) se enfocaron en los efectos del tratamiento térmico en la oxidación de la leche, un aspecto crítico en la preservación de productos lácteos. Aunque se centraron en la oxidación, el estudio recalcó la importancia de mantener la calidad durante el procesamiento y almacenamiento de productos lácteos, un tema crucial para el yogurt funcional y que fue considerado al definir KPI relacionados con almacenamiento y transporte.

Shirani (2016) abordó los riesgos de seguridad alimentaria en la cadena de suministro global, proporcionando un marco de referencia para evaluar los riesgos a lo largo de la cadena de suministro de productos perecederos. Su investigación resultó altamente relevante para este trabajo, ya que el yogurt funcional, como producto perecedero, dependía de una gestión eficiente

del riesgo para asegurar que se mantuvieran los estándares de calidad y seguridad durante todo el proceso logístico.

Yang et al. (2023) investigaron el control colaborativo de la calidad en la cadena de suministro de productos lácteos, utilizando modelos de juegos evolutivos para analizar cómo las intervenciones del gobierno y las fallas del mercado afectaron la calidad. Este enfoque ofreció una perspectiva complementaria sobre el control de calidad y la coordinación dentro de la cadena de suministro, sugiriendo la importancia de KPI que aseguraran la coordinación efectiva entre diferentes actores en el procesamiento y distribución del yogurt funcional.

Finalmente, Rozhkova y Olentsova (2020) exploraron nuevas soluciones tecnológicas para la industria láctea, destacando la importancia de las innovaciones tecnológicas en la mejora de la eficiencia de producción. Esto resaltó cómo el uso de nuevas tecnologías pudo integrarse en los KPI, mejorando el rendimiento y la trazabilidad en la producción de productos lácteos funcionales.

La aplicación del modelo SCOR en la industria láctea (Velychko, 2015), la necesidad de trazabilidad y seguridad en la cadena de suministro (Wang et al., 2021; Maitiniyazi & Canavari, 2021), y la importancia de la innovación tecnológica y control de calidad (Rozhkova & Olentsova, 2020; Yang et al., 2023) fundamentaron la relevancia de desarrollar una propuesta de KPI para el procesamiento de yogurt funcional. Esto contribuyó a la optimización de la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad en la cadena de suministro de las lacto industrias.

Evolución Logística y Eslabones de la Cadena de Suministro

Evolución de la Logística en la Industria Láctea

La logística aplicada al sector lácteo ha cambiado en los últimos años, esta evolución ha sido impulsada por transformaciones en los hábitos de consumo, que exigen mayor transparencia en los procesos y estándares más estrictos de calidad, especialmente en productos funcionales como el yogurt; razón por la cual, la trazabilidad alimentaria se ha convertido en una herramienta estratégica, permitiendo identificar y corregir fallas en tiempo real, fortalecer la confianza del consumidor y cumplir con regulaciones cada vez más rigurosas (The Food Tech, 2023).

Una de las respuestas a estas exigencias ha sido la implementación de tecnologías logísticas como sensores de temperatura, sistemas RFID y software especializado, que permiten controlar variables críticas en el transporte y almacenamiento de productos lácteos, a su vez estas herramientas permiten monitorear condiciones como la cadena de frío o los tiempos de entrega, reduciendo mermas y optimizando la eficiencia operativa (Total Food Control, 2023); también es necesario mencionar que el avance en modelos de gestión como SCOR ha sido parte de la evolución logística en la industria láctea y ha sido adaptado por algunas empresas lácteas para estandarizar procesos, identificar eslabones críticos y establecer indicadores de rendimiento logístico aplicables a productos perecederos (Ríos-Hernández et al., 2023).

En el caso colombiano, la logística en el sector lácteo aún enfrenta retos como la atomización de proveedores, deficiencias en la sincronización entre producción y distribución, y limitaciones en infraestructura tecnológica, pero, se han identificado buenas prácticas en empresas como Colanta, que han logrado mejorar su trazabilidad y planificación logística a través de la integración de tecnologías y enfoques como el modelo SCOR, adaptado a su realidad operativa (De Las Salas-Aguas et al., 2023). De esta manera la evolución logística de la industria

láctea implica una transformación organizacional y cultural, en la que cada eslabón de la cadena cumple un rol en la sostenibilidad, calidad e inocuidad del producto final.

Teoría de la Cadena de Suministro

La teoría de la GCS se enfoca en la integración y coordinación de todos los actores en la cadena de suministro para maximizar el valor y minimizar los costos. Su premisa central es que una cadena de suministro bien integrada mejora la competitividad y permite una mejor respuesta a las demandas del mercado. Los principios fundamentales incluyen la integración de actividades, la gestión eficiente de inventarios, la coordinación con proveedores y distribuidores, y la adopción de tecnologías que mejoren la visibilidad y el control de la cadena. La meta es maximizar el valor para el cliente mientras se minimizan los costos operativos, logrando así una ventaja competitiva sostenible (Manrique-Nugent et al., 2019).

Con el avance de la globalización y las tecnologías de la información, la SCM ha pasado a ser vista como una red compleja e interconectada que requiere un enfoque integral y estratégico. En la industria alimentaria, esta evolución ha sido especialmente relevante debido a las exigencias de frescura, seguridad alimentaria, y cumplimiento de normativas (Baquero-Villamil, 2020). La aplicación de esta teoría en la investigación del yogurt funcional resalta la importancia de armonizar las operaciones logísticas desde el proveedor de la materia prima hasta el cliente final. Al utilizar el modelo SCOR, las lacto industrias pueden coordinar mejor las actividades logísticas y de producción, optimizando los tiempos de entrega, minimizando los costos operativos y asegurando que el producto mantenga su funcionalidad y frescura a lo largo de toda la cadena de suministro.

Aplicación de la Cienciometría en la Evaluación Logística

En el contexto de la logística aplicada a productos lácteos funcionales, esta metodología «*cienciometría*» permite identificar tendencias, enfoques predominantes y áreas de oportunidad que pueden orientar tanto la investigación académica como las prácticas industriales; en este caso, al aplicar la *cienciometría*, es posible mapear la evolución del interés científico en torno al procesamiento y distribución del yogurt funcional, identificando las dimensiones del modelo SCOR que han sido más abordadas en la literatura y las métricas utilizadas para evaluar la calidad en cada eslabón de la cadena de valor (Dávila-Rodríguez et al., 2009); en este proceso se revelan las áreas de mayor desarrollo, destacando vacíos y desafíos que requieren atención, con el fin de identificar aquellos KPI adaptados a las necesidades específicas de la industria láctea.

Además, la *cienciometría* facilita la identificación de colaboraciones entre instituciones, países y disciplinas, lo que puede fomentar la creación de redes de investigación y el intercambio de buenas prácticas, por ejemplo, con el yogurt funcional, contar con una visión integral y actualizada de la investigación existente es fundamental para implementar estrategias logísticas que aseguren la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad en toda la cadena de suministro (Velychko, 2015).

Eslabones y Actores en la Cadena del Yogurt Funcional

La cadena de valor del yogurt funcional está compuesta por una serie de eslabones interdependientes, cada uno con funciones específicas que inciden directamente en la calidad, inocuidad y sostenibilidad del producto final. Estos eslabones comienzan desde la obtención de la materia prima y se extienden hasta el consumidor, pasando por procesos de transformación, distribución y comercialización (Sánchez-Avelar, 2019; Villegas-Ararat et al., 2023). En la Tabla 1 se logra entender la función de cada uno de ellos, dato necesario para conocer las

oportunidades de mejora, establecer KPI adecuados y fortalecer la trazabilidad a lo largo del proceso:

Tabla 1.

Eslabones y Actores en la Cadena de Valor del Yogurt Funcional

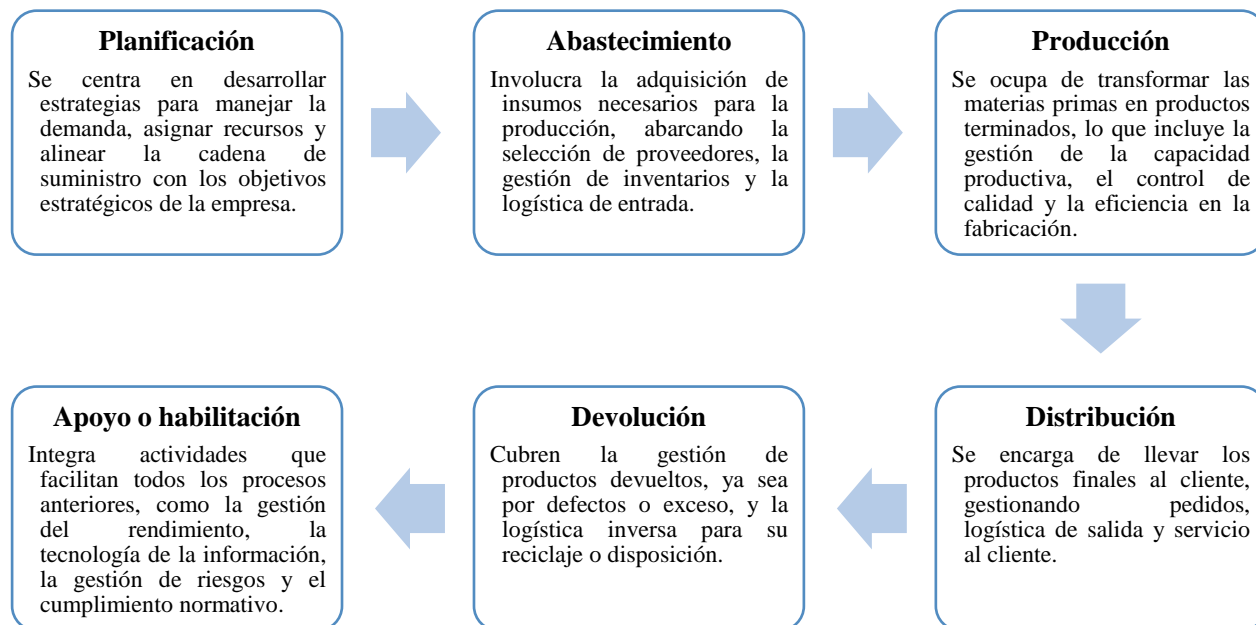
Eslabón	Actor Principal	Funciones Clave	Riesgos Asociados
Producción primaria	Ganadero / Productor de leche	Ordeño higiénico, control de calidad de la leche, conservación inicial.	Contaminación microbiana, variación en el pH y sólidos, mal almacenamiento inicial.
Procesamiento industrial	Planta procesadora	Pasteurización, homogeneización, fermentación, enfriamiento, envasado.	Pérdida de propiedades funcionales, sinéresis, defectos de textura o sabor, fallas en el control de procesos.
Almacenamiento y distribución	Operadores logísticos / transportistas	Conservación en frío, trazabilidad, entrega en puntos de venta.	Ruptura de cadena de frío, retrasos logísticos, falta de monitoreo de temperatura.
Comercialización	Supermercados, tiendas, plataformas	Exhibición, gestión de inventarios, atención al cliente final.	Vencimiento por mala rotación, exposición a temperaturas no controladas.
Consumo	Cliente final	Compra, percepción del producto, retroalimentación.	Falta de información sobre el producto, mal manejo poscompra.
Apoyo técnico y normativo	Proveedores, autoridades, laboratorios	Insumos probióticos, materiales de empaque, vigilancia sanitaria, normas de calidad	Uso de insumos no certificados, incumplimiento de normativas, fallas en pruebas de laboratorio.

Nota. La Tabla 1 describe los principales eslabones de la cadena del yogur funcional, identificando los actores involucrados, sus funciones clave y los riesgos más frecuentes asociados a cada etapa. Construcción propia a partir de (Sánchez-Avelar, 2019; Villegas-Ararat et al., 2023).

Modelo SCOR Aplicado al Yogurt Funcional

Fundamentos del Modelo SCOR y Evolución Teórica

El Modelo SCOR es un marco metodológico utilizado para gestionar y optimizar las cadenas de suministro. Fue desarrollado por el *Supply Chain Council*, para proporcionar una estructura para analizar, mejorar y coordinar los procesos de la cadena de suministro en diversas industrias. Este modelo surgió en los 90 como respuesta a la estandarización de prácticas en las cadenas de suministro y se ha tomado como método integral para gestionar aspectos con el suministro de bienes y servicios (Montaño-Roldán, 2006), sus siglas significan – S: Supply (Abastecimiento); C: Chain (Cadena); O: Operations (Operaciones); R: Reference (Referencia) – SCOR unifica procesos de negocio, indicadores de gestión, mejores prácticas y tecnologías en una estructura integrada, mejorando la comunicación entre los socios de la cadena y optimizando la gestión. Aunque no proporciona descripciones matemáticas, estandariza la terminología y los procesos, permitiendo la comparación y análisis mediante KPI (Calderón-Lama & Lario-Esteban, 2005). El modelo SCOR se compone de seis procesos clave interrelacionados que abarcan toda la cadena de suministro; desde la planificación inicial hasta la entrega final, tal como se describen en la Figura 1, a continuación:

Figura 1.*Procesos de la Cadena de Suministro Según Modelo SCOR*

Nota. El diagrama ilustra los seis procesos clave del modelo SCOR, fundamentales para gestionar la cadena de suministro: planificación, abastecimiento, producción, distribución, devoluciones y apoyo. Construcción propia a partir de (Salazar-Sanabria & López-Bello, 2009).

Este modelo se descompone en tres niveles de detalle: tipos de procesos, categorías de procesos y elementos de procesos, cada uno aportando indicadores específicos para evaluar y mejorar el desempeño de la cadena de suministro (Calderón-Lama & Lario-Esteban, 2005). En su nivel más detallado, SCOR permite a las empresas identificar y aplicar mejores prácticas, ajustar su estrategia de operaciones, y realizar mejoras específicas a través de proyectos piloto, todo orientado a obtener una ventaja competitiva.

Aplicaciones del Modelo SCOR en la Industria Lechera

En el contexto de la industria alimentaria, y particularmente en el procesamiento y distribución de productos perecederos como el yogurt funcional, la innovación logística se ha

convertido en un eje estratégico para garantizar la calidad, la seguridad y la trazabilidad del producto a lo largo de toda la cadena de suministro. Estos productos, al tener una vida útil limitada y requerir condiciones estrictas de conservación, presentan retos logísticos complejos que exigen modelos de gestión integrados y eficientes (Velychko, 2015).

Una de las innovaciones clave en la industria láctea ha sido la aplicación del modelo SCOR, que permite integrar diferentes tecnologías logísticas para mejorar la eficiencia operativa. En el caso del transporte de productos lácteos como el yogurt funcional, el modelo SCOR facilita la planificación, ejecución y monitoreo de los flujos de producción, mejorando la coordinación entre proveedores, cooperativas y distribuidores, y garantizando que los productos perecederos lleguen en condiciones óptimas (Velychko, 2015).

Además, la incorporación de tecnologías avanzadas de almacenamiento y transporte ha permitido mejorar la conservación de productos lácteos funcionales. Investigaciones recientes destacan la importancia de los sistemas de refrigeración optimizada y transporte en condiciones controladas, lo que reduce el riesgo de deterioro y extiende la vida útil de los productos (Rozhkova & Olentsova, 2020).

El modelo SCOR, complementado con el enfoque de la Association for Supply Chain Management (ASCM) y la American Production and Inventory Control Society (APICS), según Villegas-Ararat et al. (2023) permiten mejorar la producción y distribución de productos lácteos en una empresa como Colanta, pues integra cinco procesos principales (planificación, aprovisionamiento, manufactura, distribución y devoluciones) con un proceso de soporte que articula la gestión de riesgos, normatividad y control de calidad.

Su aplicación permite minimizar tiempos de producción y distribución al vincular de manera efectiva los planes de la cadena de suministro con las exigencias de abastecimiento y

producción, optimizando la recepción y verificación de materia prima, así como garantizando la calidad del producto final mediante KPI de desempeño. Además, facilita la transición hacia estrategias de valor agregado (p. ej., leche UHT y derivados con mayor rotación), mientras el proceso de devoluciones se gestiona bajo una perspectiva de logística inversa que reduce costos e incrementa la satisfacción del cliente. El soporte normativo y la adopción de buenas prácticas zootécnicas y de manufactura, por su parte, resultan el complemento necesario para la inocuidad de los lácteos y poder consolidar la competitividad de la empresa en el mercado.

Beneficios y Desafíos de Aplicar SCOR en Lácteos

En el sector lácteo, el modelo SCOR se utiliza para mejorar la eficiencia en toda la cadena de suministro, desde la obtención de la leche cruda hasta la entrega de productos como el yogur funcional al consumidor final. Este modelo ayuda a las empresas a gestionar de manera efectiva los desafíos relacionados con la perecibilidad de los productos lácteos, asegurando que se mantenga la frescura y calidad durante todo el proceso de producción y distribución (Assan-Barrios et al., 2023).

El uso del modelo SCOR ofrece múltiples beneficios, como la capacidad de identificar y corregir ineficiencias en la cadena de suministro, mejorar la coordinación entre las distintas etapas del proceso y aplicar mejores prácticas basadas en comparativas con otros actores del sector. No obstante, la implementación del modelo puede ser compleja y requiere una adaptación específica a las características particulares de cada empresa, además de un compromiso significativo de recursos y tiempo (Aballay, 2015).

Sostenibilidad y Trazabilidad con SCOR en Productos Funcionales

Hablar de sostenibilidad en la cadena de suministro implica pensar en cómo las empresas pueden hacer sus procesos más responsables con el medio ambiente, más rentables y también

más justos con la sociedad. En la industria láctea, este tema cobra aún más importancia, ya que producir, transformar y distribuir productos como el yogurt funcional genera un impacto ambiental considerable, especialmente por el consumo de energía, las emisiones durante el transporte refrigerado y los residuos que se generan en todo el proceso (Rodríguez-Guevara et al., 2024).

El modelo SCOR permite organizar y evaluar todas estas actividades a través de KPI que ayudan a medir y mejorar el desempeño en distintos aspectos. Por ejemplo, permite planear rutas de transporte que consuman menos combustible, evitar pérdidas de producto optimizando el almacenamiento, y reducir el desperdicio gracias a una mejor coordinación entre la producción y la demanda. También ayuda a identificar qué materiales o procesos se pueden cambiar para que sean más sostenibles, como el uso de empaques reciclables o tecnologías que reduzcan el consumo de energía (Villegas-Ararat et al., 2023).

Además, la trazabilidad es fundamental en el caso del yogurt funcional, ya que cada paso del proceso —desde la recepción de la leche hasta el momento en que el producto llega al consumidor— influye en su calidad y seguridad. Monitorear constantemente variables como la temperatura, el tiempo de fermentación o el pH permite garantizar que el yogurt conserve sus propiedades funcionales, además de asegurar que cumpla con los estándares sanitarios. Gracias al modelo SCOR, esta trazabilidad se puede llevar de forma más estructurada, lo que ayuda a prevenir errores, responder más rápido ante problemas y, al mismo tiempo, dar mayor confianza al consumidor.

Métricas e Indicadores Logísticos de Calidad en el Yogurt Funcional

Proceso de Fabricación del Yogurt Funcional y Control de Calidad

La elaboración del yogurt inicia con la recepción y filtrado de la leche, fase en la que se retiran impurezas y se evalúa la materia prima para asegurar que cumpla con parámetros básicos de calidad (Coripuna-Romero & Huarcaya-Espinoza, 2017). Luego, se procede con la pasteurización, método térmico que reduce significativamente la carga microbiana y enzimas no deseadas, extendiendo la vida útil del producto (Arredondo Curo et al., 2024). Seguidamente se lleva a cabo la homogeneización, un proceso mecánico que uniforma el tamaño de los glóbulos de grasa para mejorar la estabilidad y consistencia del yogurt (Placencio Pico, 2021).

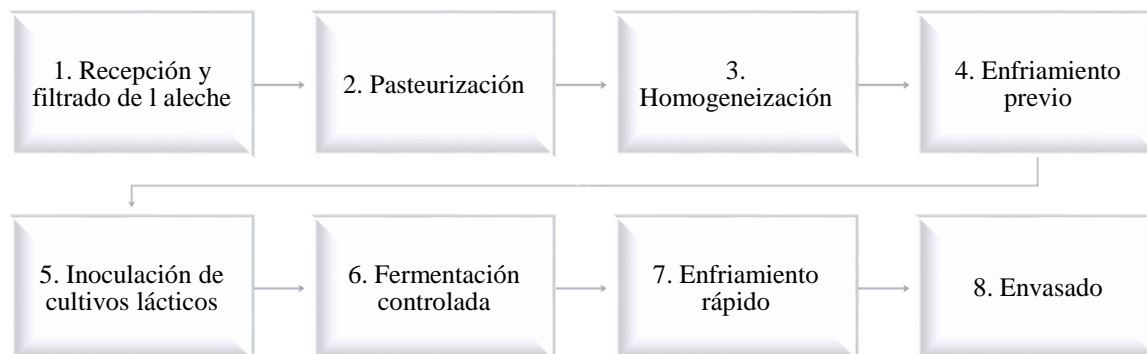
Tras el enfriamiento inicial, se inoculan cultivos lácticos —generalmente cepas de *Lactobacillus* y *Streptococcus*—, dando inicio a la fermentación en condiciones de temperatura y tiempo controlados, aspecto crítico que determina la acidez y el desarrollo de la textura final (Arango, 2023). El seguimiento cuidadoso del pH en esta etapa resulta esencial para prevenir defectos indeseados y asegurar la presencia de bacterias benéficas (Andrade-Álvarez et al., 2023). Una vez se obtiene el nivel de acidez deseado, el yogurt se somete a un enfriamiento rápido, clave para detener la fermentación y preservar el perfil sensorial obtenido (Apaza-Venegas et al., 2023).

Finalmente, el producto pasa a la etapa de envasado, donde se evita el contacto con agentes contaminantes y se aplican controles de inocuidad adicionales (Coripuna-Romero & Huarcaya-Espinoza, 2017). Esta serie de pasos, sumada al control estricto de los parámetros de temperatura, pH y composición nutricional, influye tanto en la calidad sensorial como en la seguridad alimentaria del yogurt, resultando un producto estable y atractivo para el mercado lácteo (Arredondo-Curo et al., 2024).

A continuación, se detalla un diagrama de flujo (Figura 2) que distingue los procesos en la fabricación de este proceso perecedero.

Figura 2.

Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración del Yogurt



Nota. Etapas técnicas del proceso de elaboración del yogurt funcional, desde la recepción y tratamiento térmico de la leche hasta el envasado final. Construcción propia a partir de (Arredondo-Curo et al., 2024)

Parámetros Críticos para la Elaboración del Yogurt Funcional

Según Arango (2023) los parámetros de elaboración abarcan tanto condiciones de procesamiento (tiempo, temperatura de fermentación, pH) como factores de control microbiológico (nivel de acidez y carga bacteriana). Un riguroso seguimiento de estos parámetros permite producir un yogurt que cumpla con estándares de calidad y normativas internacionales, como la ISO 22000, asegurando la inocuidad alimentaria (Mera-Bastidas et al., 2019).

En la Tabla 2 se presentan las recomendaciones oficiales como Codex Stan 243-2003 (Norma del Codex para Leches Fermentadas). Los valores pueden variar según la formulación, el tipo de cepa probiótica empleada y la presentación final del yogurt (natural, griego, bebible,

etc.). Mantener el control estricto de cada uno de estos parámetros es esencial para garantizar la inocuidad y las propiedades funcionales del producto.

Tabla 2.

Parámetros Críticos en la Elaboración del Yogurt Funcional

Parámetro	Rango	Objetivo / Relevancia
Temperatura de fermentación	42 ± 2 °C	Favorecer el crecimiento óptimo de las bacterias lácticas y probióticas, garantizando la acidificación adecuada que confiere propiedades funcionales al yogurt (p. ej., mejorar la salud digestiva e inmunológica).
Tiempo de fermentación	4 - 8 horas (dependiendo de la cepa probiótica)	Permitir la actividad enzimática y la producción de ácido láctico necesaria para alcanzar la acidez y textura deseadas. En yogures funcionales, se controla con precisión para evitar la sobre fermentación y la pérdida de viabilidad de las bacterias benéficas.
pH final	Entre 4.0 y 4.6	Asegurar la acidez óptima que inhibe patógenos y promueve la estabilidad del producto. En el caso del yogurt funcional, mantener el pH en este rango mejora la supervivencia de cepas probióticas y conserva las propiedades sensoriales (sabor y consistencia).
Inóculo (cepas lácticas y probióticas)	2 - 5% del volumen total de leche (con $\geq 10^7$ UFC/g de bacterias probióticas)	Garantizar la presencia de microorganismos benéficos en el producto final, los cuales confieren características funcionales (p. ej., <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i>). Un alto recuento al inicio favorece su viabilidad, incidiendo positivamente en la salud del consumidor y dando valor agregado al yogurt.
Temperatura de pasteurización	85 - 90 °C / 5 - 10 min (en función del tipo de leche)	Reducir la carga microbiana inicial y destruir enzimas que puedan afectar la calidad sensorial. Este paso es clave en la elaboración de yogures funcionales, pues prepara un sustrato higiénicamente seguro y estable para la posterior adición de probióticos o ingredientes funcionales.
Enfriamiento previo a inoculación	40 - 45 °C	Disminuir la temperatura luego de la pasteurización para no dañar los cultivos probióticos y permitir su activación en condiciones adecuadas. Este intervalo de enfriamiento

Parámetro	Rango	Objetivo / Relevancia
		asegura la viabilidad de las bacterias funcionales durante el proceso de fermentación.

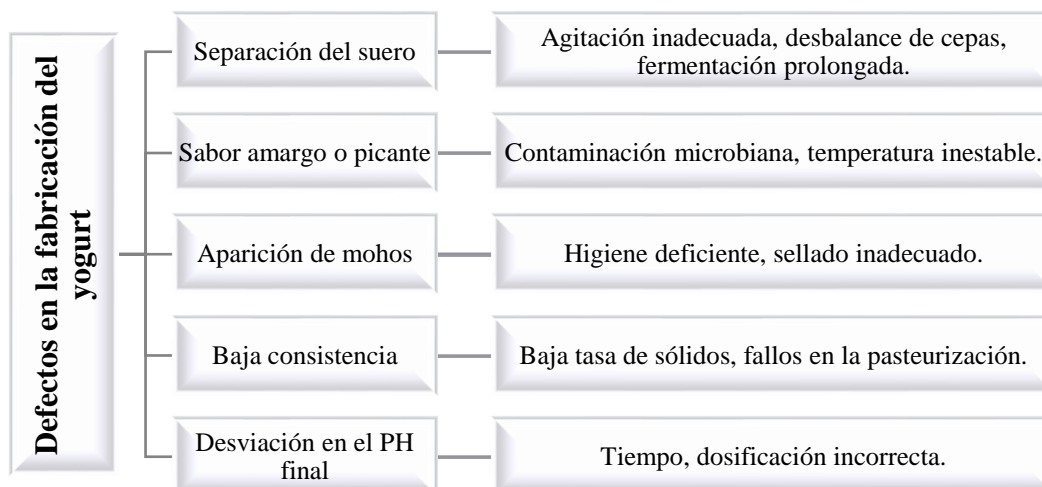
Nota. Principales parámetros críticos del proceso de elaboración del yogurt funcional, estableciendo rangos específicos y su relevancia para asegurar la viabilidad de cepas probióticas, la calidad sensorial y la inocuidad del producto final. Elaborada de acuerdo con la “Norma del Codex para leches fermentadas” FAO (2003)

Defectos Comunes en la Producción de Yogurt Funcional y su Control

A lo largo del proceso de elaboración del yogurt, pueden producirse una serie de defectos que afectan su textura, sabor, aroma y, en última instancia, su aceptación en el mercado. Estos problemas surgen por factores tan variados como se detallan en la Figura 3:

Figura 3.

Principales Defectos en la Producción de Yogurt



Nota. Defectos más comunes en la fabricación del yogurt funcional, junto con sus posibles causas técnicas. Construcción propia a partir de Sánchez-Avelar (2019).

En este contexto, Sánchez-Avelar (2019) describe los defectos más frecuentes en la fabricación industrial de yogurt, detallando su posible causa y la solución recomendada. Entre los principales problemas identificados se encuentran la baja viscosidad, la separación del coágulo (sinéresis), la aparición de sabores extraños, la formación de capa de nata y la falta de

homogeneidad del producto. Las causas aluden, en su mayoría, a parámetros de proceso inadecuados —como el desequilibrio en la temperatura y el pH, la agitación excesiva o insuficiente, y la falta de control en la dosificación de cultivos—, así como a factores de higiene y almacenamiento. En consecuencia, las soluciones planteadas se enfocan en ajustes de composición (incrementar proteínas o grasa), control de temperatura (durante la pasteurización, incubación y refrigeración), uso de cultivos adecuados y optimización de prácticas operativas (mezclado, sellado, bombeo), para garantizar la calidad, estabilidad e inocuidad del yogurt.

Indicadores Logísticos Aplicados a Productos Funcionales Perecederos

Los productos funcionales perecederos, como el yogurt enriquecido con probióticos, demandan una gestión logística especialmente rigurosa, dado que su valor nutricional, su inocuidad y sus propiedades funcionales pueden verse comprometidas ante cualquier falla en la cadena de suministro. Para responder a estas exigencias, resulta fundamental contar con un conjunto de KPI que permitan medir, controlar y optimizar cada etapa del proceso, desde la obtención de la materia prima hasta la entrega final al consumidor (Supply Chain Council, 2012).

Estos KPI no solo deben enfocarse en aspectos tradicionales como el tiempo de entrega, el nivel de inventario o el costo por unidad transportada, sino también en variables específicas asociadas a la naturaleza perecedera del producto, como la temperatura de conservación, la rotación de inventario, el porcentaje de desperdicio o el cumplimiento de los estándares de calidad microbiológica (Mora-García, s.f.). En este sentido, la adopción del modelo SCOR proporciona una guía para integrar estos KPI, clasificándolos en categorías como confiabilidad, capacidad de respuesta, flexibilidad, costos y gestión de activos, esto se detalla seguidamente en la Tabla 3:

Tabla 3.*Indicadores Logísticos Aplicados a Productos Funcionales Perecederos según el Modelo SCOR*

Eslabón	Indicador logístico	Categoría SCOR	Descripción
Producción	% de lotes con pH y carga probiótica dentro del rango óptimo	Confiabilidad	Evalúa la calidad microbiológica del producto en función de los parámetros funcionales esperados.
	Tiempo promedio de procesamiento por lote	Capacidad de respuesta	Mide la eficiencia en la transformación de leche a yogurt, considerando tiempos críticos del proceso.
Almacenamiento	Variación térmica promedio por unidad de almacenamiento	Gestión de activos	Controla la estabilidad de la cadena de frío para evitar deterioros del producto.
	% de pérdidas por vencimiento o sinéresis	Costo	Indica el impacto de las ineficiencias de conservación sobre el producto terminado.
Distribución	Cumplimiento de entregas a tiempo bajo condiciones refrigeradas	Confiabilidad / respuesta	Mide el cumplimiento del transporte bajo condiciones exigidas para preservar el yogurt funcional.
	% de productos devueltos por fallas de calidad	Confiabilidad	Refleja problemas logísticos que afectan la integridad del producto durante la entrega.
Comercialización	Rotación del inventario (días en estantería)	Flexibilidad	Permite optimizar la reposición y evitar acumulación de productos cercanos a su vencimiento.
	% de unidades vendidas dentro del plazo óptimo de vida útil	Confiabilidad / gestión activos	Evalúa la efectividad del canal comercial para mover producto en su mejor estado funcional.

Eslabón	Indicador logístico	Categoría SCOR	Descripción
Trazabilidad transversal	Nivel de trazabilidad por lote (cobertura de datos en ERP o QR)	Confiabilidad	Mide la capacidad de rastrear cada lote en tiempo real a lo largo de la cadena.

Nota. La Tabla 3 sintetiza KPI clave aplicados a cada eslabón de la cadena del yogurt funcional, categorizados según el modelo SCOR, con el fin de monitorear la eficiencia, confiabilidad y trazabilidad del proceso productivo y comercial bajo condiciones óptimas de calidad. Adaptado de Supply Chain Council (2012), Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model – Version 11.0; complementado con (Mora-García, s.f.)

Definición de Conceptos Clave

Logística en la Industria Láctea

Implica la gestión eficiente de la cadena de suministro, desde la recolección de la leche cruda, su procesamiento, hasta la distribución de los productos finales. Incluye aspectos como el almacenamiento, transporte, y control de calidad, garantizando que los productos perecederos, como el yogurt funcional, lleguen al consumidor en condiciones óptimas. Los desafíos en esta logística incluyen la trazabilidad, eficiencia y sostenibilidad, especialmente debido a la naturaleza perecedera de los productos lácteos (Velychko, 2015).

Modelo SCOR

Es un modelo de referencia que estandariza y optimiza las actividades de la cadena de suministro. Se centra en cinco áreas clave: planificación, aprovisionamiento, producción, distribución y devoluciones, ofreciendo una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia y trazabilidad. En el contexto de la industria láctea, el modelo SCOR ha sido adaptado para gestionar las complejidades logísticas de productos perecederos como el yogurt funcional (Velychko, 2015).

Productos Funcionales (Yogurt)

Los productos funcionales, como el yogurt funcional (también denominado “yogourt” o “yoghurt”, dependiendo de la región, son alimentos que ofrecen beneficios adicionales para la salud más allá de su valor nutricional básico. Estos productos contienen ingredientes que mejoran la salud digestiva o fortalecen el sistema inmunológico. La demanda de yogurt funcional ha aumentado debido al interés de los consumidores en alimentos saludables, lo que exige un control estricto de la calidad y eficiencia logística para garantizar su efectividad (Maitiniyazi & Canavari, 2021).

Cienciometría

La cienciaometría o bibliometría consiste en el análisis cuantitativo de la producción científica, especialmente de artículos científicos, con el fin de investigar el desarrollo, la estructura, la dinámica, las tendencias y las relaciones de la práctica científica, Esta perspectiva se sustenta en lo planteado por Dávila-Rodríguez et al. (2009), quienes señalan que la investigación cienciaométrica ha experimentado una evolución constante, impulsada por la diversificación de KPI que aportan un valor cada vez mayor al análisis científico. En este trabajo, se aplica para evaluar la evolución y el impacto de los estudios relacionados con la logística en la industria láctea y el procesamiento de yogur funcional.

Metodología

La monografía se desarrolló con un enfoque cualitativo, de carácter documental, sustentado en una revisión bibliográfica sistemática, orientada por herramientas cuantitativas; la metodología se estructuró en tres líneas de análisis, cada una orientada al cumplimiento de un objetivo específico. En este sentido, se parte de tres preguntas de investigación que funcionan como ejes articuladores del estudio; cada una de ellas dio lugar a un objetivo particular, el cual, a su vez, fue desarrollado mediante una hipótesis y una metodología concreta, centrada en el análisis cuantitativo. Esta estructura permite abordar los temas clave —como la evolución logística, el modelo SCOR y los KPI aplicables— de forma organizada, asegurando que cada respuesta esté respaldada por su respectivo marco teórico y conceptual, y que el desarrollo de la investigación siga un orden lógico y argumentado.

Metodología para el Primer Objetivo

Para responder al primer objetivo, se aplicó un enfoque cuantitativo que permitió estudiar la evolución temática de la literatura académica relacionada con la logística de productos lácteos funcionales en el periodo comprendido entre 2015 y 2024. Se utilizaron criterios temporales (últimos ocho años), metodológicos (revisión de literatura indexada), y temáticos (enfoque exclusivo en yogurt funcional). La información fue recolectada en bases como Google Scholar y revistas científicas especializadas, priorizando estudios revisados por pares.

Se empleó el software Atlas.ti 24 para realizar minería de opinión sobre los conceptos clave presentes en los documentos revisados, como: «calidad, logística, yogurt, producto y proceso», para construir mapas temáticos, detectar patrones de evolución, clasificar los estudios

por fases y ubicar autores y enfoques predominantes. Esta metodología se integró en la Fase 1 (revisión teórica) y Fase 2 (análisis cuantitativo) del proceso investigativo.

Criterios para Limitar el Estudio

Los criterios que limitaron el primer objetivo de estudio son los siguientes:

Criterio temporal: La revisión bibliográfica se limitó entre 2015 a 2024 para capturar las tendencias más recientes en la aplicación del modelo SCOR y los avances logísticos en la industria láctea, especialmente en relación con productos funcionales como el yogurt.

Criterio geográfico: Aunque el estudio no se restringió a un área geográfica específica, se dio preferencia a investigaciones de alcance nacional que ofrecieran enfoques comparativos o abordaran realidades aplicables a la industria láctea en diferentes regiones de Colombia.

Criterio metodológico: Se utilizó una metodología basada en revisión sistemática de la literatura, empleando herramientas cuantitativas para analizar los patrones de investigación, redes de autores clave y evolución de conceptos. La revisión fue no empírica y consistió en un análisis profundo de los estudios existentes.

Criterio de enfoque: La investigación se centró exclusivamente en la cadena de suministro de productos funcionales, con un enfoque particular en el yogurt funcional. Se excluyeron estudios que trataran exclusivamente otros tipos de productos lácteos sin componente funcional.

Variables (Cualitativas y Cuantitativas)

En la presente monografía, dichas variables pueden clasificarse en dos grandes categorías:

Variables cualitativas: En estas variables se encuentran la percepción de la calidad y seguridad alimentaria en el yogurt funcional; asimismo, el grado de implementación de prácticas

sostenibles se considera otra variable cualitativa, pues, aunque puede relacionarse con KPI numéricos, su adopción se evalúa con base en escalas como “alta”, “media” o “baja”, proporcionando un análisis más matizado de la puesta en práctica de tales iniciativas.

VARIABLES CUANTITATIVAS: En cuanto a las variables cuantitativas, se contemplan diversos KPI, entre ellos el tiempo de ciclo, el costo de distribución, la tasa de defectos y la eficiencia global de la planta (EGE, equivalente a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE en inglés), todos medibles mediante datos numéricos. Del mismo modo, la productividad y los tiempos de respuesta se cuantifican por medio de parámetros como horas de producción, costos monetarios y porcentajes de entregas a tiempo, lo cual permite comparar la eficiencia operativa a lo largo del tiempo.

Metodología para el Segundo Objetivo

En función del segundo objetivo, se desarrolló un análisis documental dirigido a identificar cómo ha sido utilizado el modelo SCOR en la industria láctea, y qué dimensiones son más pertinentes para mejorar los procesos logísticos del yogurt funcional. Para ello, se organizó una matriz de conceptos y componentes *SCOR* (*Source, Make, Deliver, Return y Enable*) en la cual se cruzaron los conceptos clave con estudios de caso documentados.

Este análisis formó parte de la fase 3 de la investigación, en la que se validaron las tendencias identificadas por medio de comparaciones entre casos reales, esquemas de taxonomía tipo checklist y diagramas interpretativos. Asimismo, se utilizaron fuentes documentales con soporte teórico y práctico sobre el uso de SCOR en cadenas agroindustriales, lo que permitió relacionar sus componentes con prácticas de sostenibilidad, trazabilidad, automatización y diversificación de productos funcionales.

Metodología para el Tercer Objetivo

Para cumplir el tercer objetivo, se realizó una sistematización de métricas logísticas extraídas de la literatura especializada, las cuales fueron clasificadas según categorías: desempeño, producción, trazabilidad, sostenibilidad, gestión de retornos y eficiencia operativa. Este análisis fue desarrollado en la Fase 4 de la metodología, donde se integraron los hallazgos anteriores para construir una propuesta de implementación de KPI alineados con las características del yogurt funcional.

Se identificaron variables cualitativas, como la percepción de calidad, adopción de buenas prácticas de manufactura y grado de sostenibilidad, y variables cuantitativas, como tiempo de ciclo, tasa de defectos, EGE, porcentaje de devoluciones y huella de carbono. Estas variables fueron organizadas en tablas y diagramas, y se incluyó un flujo lógico de implementación de KPI, que permite integrarlos como parte de una práctica operativa continua dentro de la empresa.

Fuentes de Información y Criterios de Selección

La revisión documental se basó en fuentes académicas indexadas en Google Scholar, artículos de revistas científicas especializadas en logística, agroindustria y calidad alimentaria, libros sobre GCS, y reportes técnicos de empresas del sector lácteo. Para asegurar el rigor metodológico, se siguieron los lineamientos de revisión propuestos por Codina (2020), lo cual permitió estructurar una búsqueda sistemática, con criterios de inclusión claramente definidos. Los criterios fueron:

Temporal: publicaciones entre 2015 y 2024.

Temático: logística en productos lácteos funcionales.

Metodológico: estudios cuantitativos, estudios de caso y revisiones sistemáticas.

Enfoque: solo documentos centrados en yogurt funcional; se excluyeron estudios sobre leche, quesos u otros derivados sin valor funcional.

Fases del Estudio

A continuación, en la Tabla 4 se presentan las fases que orientan la presente investigación:

Tabla 4.

Fases de la Metodología

Fase	Metodología Aplicada	Objetivo Específico	Instrumentos
Fase 1	Revisión bibliográfica con enfoque cuantitativo,	Analizar la evolución de la cadena de valor del yogurt funcional y	Atlas.Ti, Google Scholar, Codina (2020), mapas temáticos
Fase 2	análisis de tendencias y evolución temática	caracterizar sus eslabones	
Fase 3	Análisis documental de estudios de caso sobre SCOR, construcción de matriz de aplicación por dimensión	Identificar las dimensiones del modelo SCOR, su pertinencia y aplicabilidad a la logística del yogurt funcional	Matrices conceptuales SCOR, estudios de caso, literatura técnica
Fase 4	Sistematización de métricas, clasificación de indicadores y diseño de propuesta de implementación	Seleccionar las métricas logísticas más adecuadas para evaluar la calidad integral del yogurt en cada eslabón	Tablas de indicadores, diagrama de flujo de implementación, revisión bibliográfica comparativa

Nota. La Tabla 4 presenta las fases que se tuvieron en cuenta en la construcción de los resultados de los tres objetivos específicos de la monografía.

Resultados

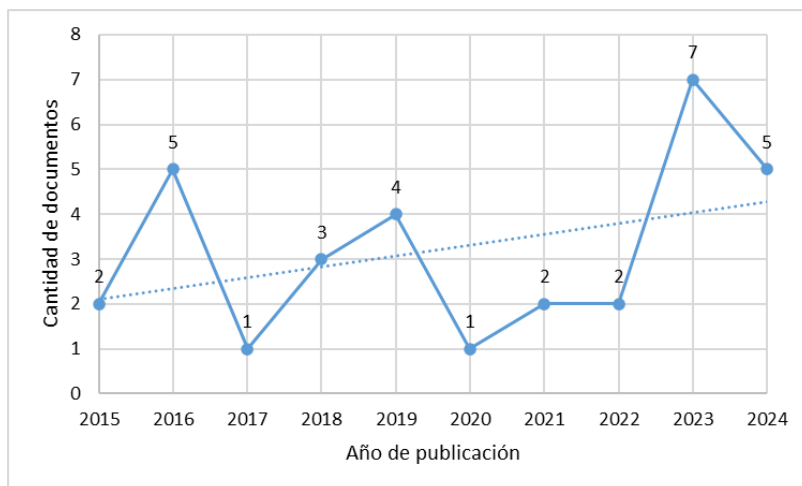
Resultados del Objetivo 1

“Analizar la evolución de la evaluación logística en la cadena de valor del procesamiento de productos lácteos funcionales, y caracterizar sus eslabones principales, a partir de un estudio cuantitativo de la literatura académica indexada”.

Para esta parte inicial, que busca responder al objetivo 1 se llevó a cabo una primera clasificación de la literatura académica en la cual se organizó los estudios según su año de publicación, identificando las tendencias cronológicas y avances en áreas clave como sostenibilidad, innovación tecnológica, calidad, normatividad y la aplicación del modelo SCOR, tal como se presenta en la Figura 4.

Figura 4.

Distribución de las Referencias por Año



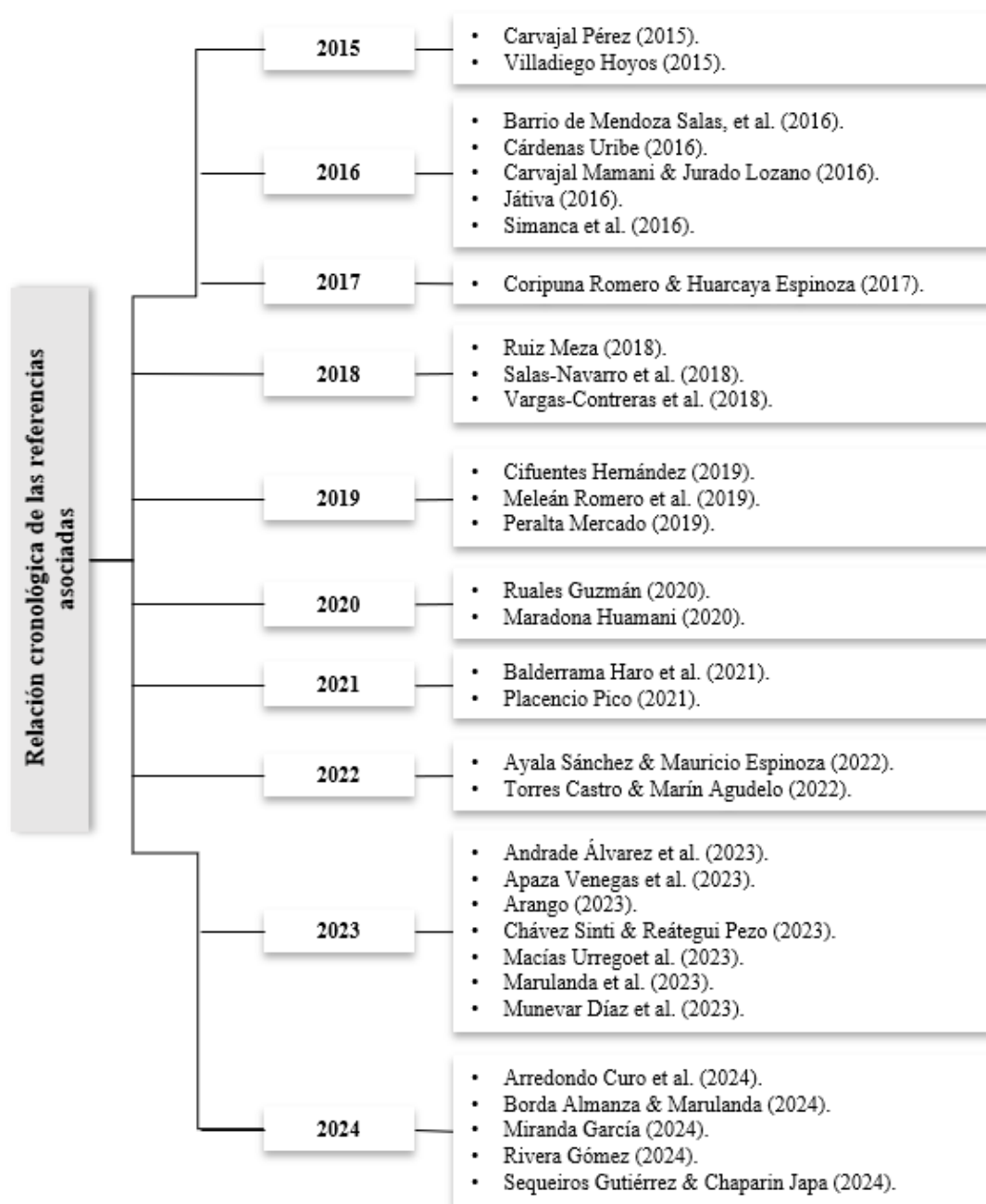
Nota. El gráfico muestra la distribución anual de los documentos analizados entre 2015 y 2024.

Los estudios más antiguos (2015-2016) se centraban en KPI básicos y la gestión de inventarios en las cadenas productivas, mientras que las investigaciones más recientes (2023-2024) han profundizado en el uso de tecnologías avanzadas, sostenibilidad y nuevas propuestas

de negocio en el sector lácteo. A continuación, en la Figura 5 se detallan los autores que hacen parte de cada grupo por año.

Figura 5.

Identificación de Autores por Año



Nota. La Figura 5 presenta la relación cronológica de los autores y referencias analizadas entre 2015 y 2024.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis cuantitativo enfocado en los conceptos clave presentes en la literatura revisada entre los años 2015 y 2024; identificando las principales tendencias temáticas, conexiones entre los términos más recurrentes y su evolución a lo largo del tiempo. A través del software Atlas. Ti, se analizaron conceptos como “gestión”, “producto”, “cadena”, “calidad” y “blockchain”, revelando cambios en los enfoques de investigación, desde aspectos generales de la GCS hacia innovaciones tecnológicas y casos prácticos específicos en la producción de yogurt funcional. Los resultados proporcionaron una visión integral sobre la madurez temática y las áreas emergentes en el sector de las lacto industrias, como se muestra en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5.

Análisis de Conceptos y Temas Clave (2015-2024)

Año	Conceptos Clave	Descripción
2015	Bases logísticas	Introducción al estudio de redes logísticas en la industria láctea, enfocándose en su impacto en la distribución de productos y la identificación de desafíos clave.
	Indicadores de costo y transporte	Análisis inicial de los costos asociados a la logística inversa y transporte, y su influencia en la eficiencia operativa de la cadena de suministro.
	Procesamiento de productos lácteos	Propuestas iniciales para optimizar procesos productivos en las cadenas lácteas, priorizando eficiencia y sostenibilidad.
2016	Producción láctea eficiente	Exploración de metodologías para reducir costos y aumentar la eficiencia operativa en la cadena de suministro de productos lácteos.
	Calidad y normativas en procesos logísticos	Implementación de estándares regulatorios, como ISO, para asegurar calidad y cumplimiento normativo en la logística láctea.

Año	Conceptos Clave	Descripción
	Gestión de costos operativos	Métodos de análisis para identificar, evaluar y reducir costos en la producción láctea, desde la materia prima hasta el producto terminado.
2017	Sistemas de gestión de calidad (ISO 9001) Normativas internacionales Requisitos de producción	Adopción de sistemas de gestión que garanticen la calidad en procesos productivos y mejoren la trazabilidad. Uso de estándares globales en la industria láctea para garantizar calidad y competitividad en mercados internacionales. Desarrollo de planes estratégicos para cumplir con los estándares de calidad y normativas internacionales.
2018	Optimización de rutas logísticas Gestión del tiempo en la cadena de suministro Reducción de costos mediante modelado logístico	Aplicación de modelos matemáticos para optimizar el transporte de productos perecederos, reduciendo tiempos y costos. Análisis de tiempos críticos en transporte y almacenamiento para mejorar la eficiencia operativa en la logística. Uso de herramientas de modelado para identificar ineficiencias y reducir costos en la operación logística.
2019	Rentabilidad de la producción láctea Sostenibilidad en la producción Optimización de recursos	Estudio del impacto financiero de las decisiones logísticas en la rentabilidad de las empresas lácteas. Desarrollo de estrategias para reducir el impacto ambiental, como el uso eficiente de recursos en procesos productivos. Implementación de prácticas para maximizar el uso de recursos en transporte, almacenamiento y producción.
2020	Indicadores de productividad Calidad y control logístico Gestión de datos logísticos	Uso de métricas específicas para evaluar y monitorear el rendimiento en la producción y distribución de productos lácteos. Métodos para garantizar la calidad del producto final mediante la supervisión y mejora de procesos logísticos. Implementación de tecnologías avanzadas para recopilar y analizar datos en la cadena de suministro.
2021	Producción de yogurt funcional con inulina	Innovación en la diversificación de productos funcionales con valor agregado, enfocándose en su impacto en la salud y el mercado.

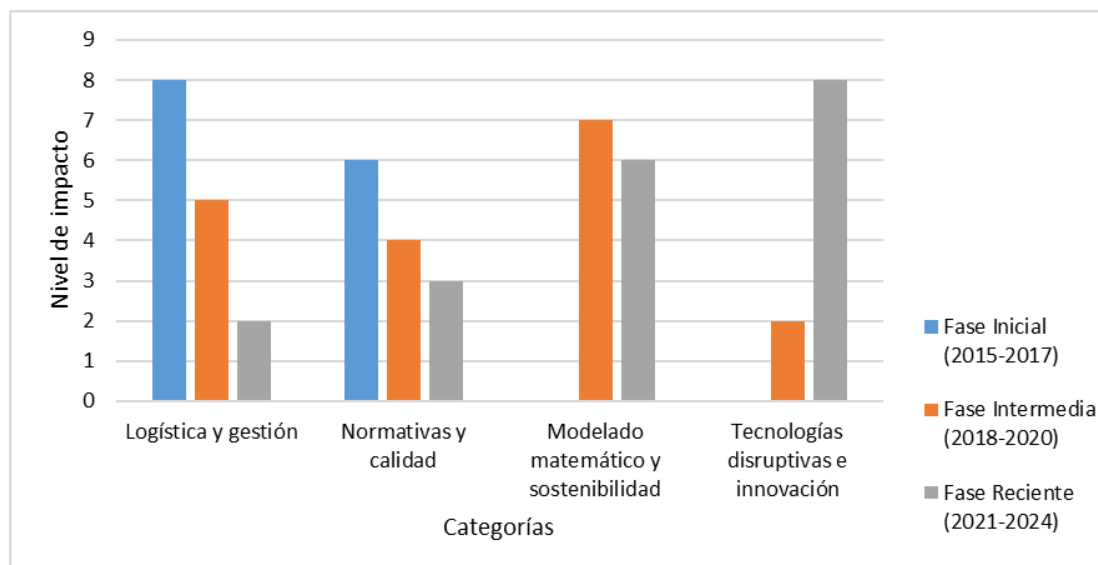
Año	Conceptos Clave	Descripción
	Gestión del conocimiento	Estrategias para mejorar la toma de decisiones logísticas mediante el uso de conocimiento organizacional y buenas prácticas.
	Valor agregado en productos lácteos	Introducción de características funcionales en productos para mejorar la competitividad en mercados especializados.
2022	Blockchain en la cadena de suministro	Uso de blockchain para garantizar la trazabilidad, transparencia y seguridad en los procesos logísticos.
	Trazabilidad en productos lácteos	Innovaciones tecnológicas para rastrear productos desde su origen hasta el consumidor final.
	Gestión de costos mediante tecnología	Aplicación de herramientas digitales avanzadas para analizar y optimizar costos operativos.
2023	Optimización en la producción de yogurt	Estudios específicos sobre mejoras en la producción y distribución de yogurt funcional, con énfasis en calidad y eficiencia.
	Gestión logística en Alquería	Caso de estudio detallado sobre las estrategias logísticas de una empresa líder en el sector lácteo.
	Procesamiento de productos funcionales	Evaluación de métodos para añadir valor funcional a los productos, aumentando su atractivo en mercados especializados.
2024	Análisis de procesos en planta	Procesos de producción y gestión en una planta láctea.
	Gestión de costos y calidad en yogurt	Evaluación del impacto de la gestión logística en los costos y calidad del yogurt funcional producido.
	Resultados empresariales	Análisis del impacto de las decisiones logísticas en la competitividad y sostenibilidad de las lacto industrias.

Nota. Esta Tabla organiza los conceptos clave por año, destacando las tendencias y temas relevantes a lo largo del tiempo

Entre los años 2015 y 2024, la investigación en la GCS en la industria láctea mostró un avance significativo, transitando desde enfoques básicos hacia innovaciones tecnológicas y estudios específicos, como se detalla en la Figura 6.

Figura 6.

Evolución de la Investigación en la Cadena de Suministro Láctea (2015-2024)



Nota. El gráfico muestra cómo ha evolucionado el enfoque de la investigación sobre la cadena de suministro láctea entre 2015 y 2024.

Durante la fase inicial (2015-2017), los estudios se enfocaron en los fundamentos de la logística, introduciendo KPI como costos y transporte, además de abordar normativas de calidad y estrategias básicas para optimizar procesos productivos; esta etapa estableció las bases conceptuales y metodológicas que sirvieron de guía para investigaciones más complejas en los años siguientes.

En la fase intermedia (2018-2020), las investigaciones avanzaron con la incorporación de modelos matemáticos y técnicas de optimización, destacándose la reducción de costos a través del modelado logístico y la gestión eficiente del tiempo en la cadena de suministro; también se comenzaron a explorar temas de sostenibilidad, subrayando la importancia de equilibrar rentabilidad y eficiencia en el uso de recursos para la producción de leche y derivados; este período marcó un cambio hacia análisis más sofisticados y estrategias logísticas más elaboradas.

En la fase más reciente (2021-2024), la investigación se orientó hacia la integración de tecnologías disruptivas como blockchain y herramientas digitales que mejoraron la trazabilidad y

la gestión de costos; además, se exploró la diversificación de productos funcionales, como yogures con valor agregado, y se realizaron estudios de caso que analizaron procesos productivos y decisiones logísticas en empresas destacadas del sector, como Alquería; estas investigaciones profundizaron en aspectos clave como calidad, sostenibilidad y el impacto de la logística en la competitividad empresarial; además, se analizan los temas claves y el impacto en la industria de cada fase, como se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6.

Evolución de las Tendencias de Investigación en la GCS Láctea

Fase	Años	Enfoques Principales	Temas Clave	Impacto en la Industria
Fase Inicial	2015-2017	Desarrollo de conceptos básicos en logística y gestión.	Indicadores básicos de costo y transporte.	Mejora en la comprensión de las redes logísticas y su impacto en los costos operativos.
		Introducción a estándares de calidad y normativas para procesos logísticos. Análisis de costos y procesos en la producción láctea.	Implementación de ISO 9001 y normativas internacionales. Propuestas para reducir costos operativos en cadenas de suministro.	Estandarización inicial en la calidad de los procesos productivos. Mejora gradual en la eficiencia de las operaciones logísticas y productivas.
Fase Intermedia	2018-2020	Incorporación de modelos matemáticos y herramientas tecnológicas para optimización. Uso de métricas e indicadores para evaluar productividad y calidad. Integración de estrategias sostenibles	Optimización de rutas logísticas mediante modelado matemático. Implementación de indicadores clave de rendimiento (KPIs). Enfoque en la sostenibilidad ambiental y	Reducción de tiempos y costos en el transporte y almacenamiento de productos perecederos. Mayor control y monitoreo de la eficiencia operativa. Incremento en la aceptación de prácticas

		en la producción y distribución.	reducción de desperdicios.	sostenibles en la industria.
Fase Reciente	2021-2024	Adopción de tecnologías disruptivas en la cadena de suministro. Innovación en productos funcionales para diversificación de mercado. Análisis específicos de casos empresariales y estudios prácticos.	Uso de blockchain para trazabilidad y transparencia. Producción de yogures funcionales con aditivos saludables como la inulina. Gestión logística en empresas como Alquilería y análisis de procesos en plantas específicas.	Aumento en la confianza del consumidor y en la seguridad alimentaria. Posicionamiento en mercados especializados y competitivos. Aplicación directa de estrategias logísticas avanzadas en empresas líderes del sector.

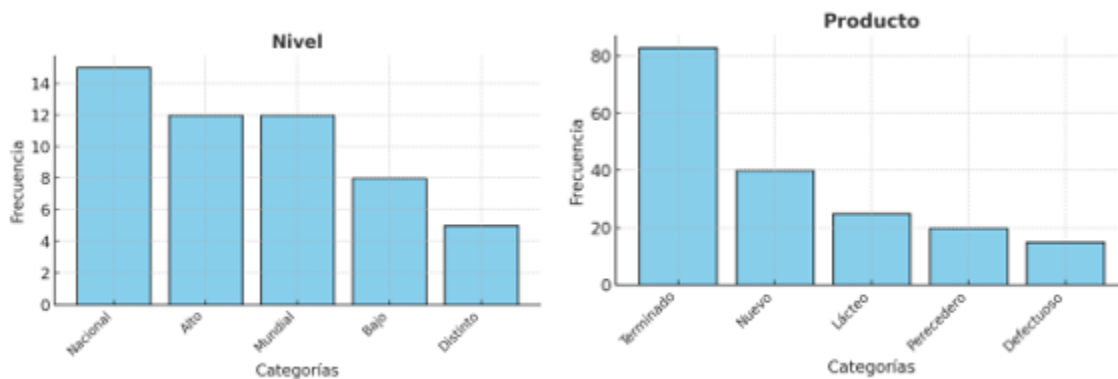
Nota. La Tabla 6 muestra la evolución de los enfoques de investigación en la cadena de suministro láctea a lo largo de las tres fases identificadas.

Mientras que en la Fase inicial predominaban los conceptos básicos de logística, en la fase reciente se evidenció un enfoque en innovaciones tecnológicas y estrategias para la diversificación de productos, resaltando el desarrollo progresivo y la madurez temática alcanzada en este campo.

Se llevó a cabo un análisis cuantitativo con el apoyo de Atlas.Ti, utilizando minería de opinión para identificar patrones temáticos recurrentes en la investigación académica sobre la industria láctea. La relación entre los conceptos de nivel, producto, costo, empresa, yogurt y proceso evidenció una interconexión estratégica en la GCS láctea, en la Figura 7 se detallan los patrones temáticos encontrados.

Figura 7.

Patrones Temáticos (Nivel-Producto)

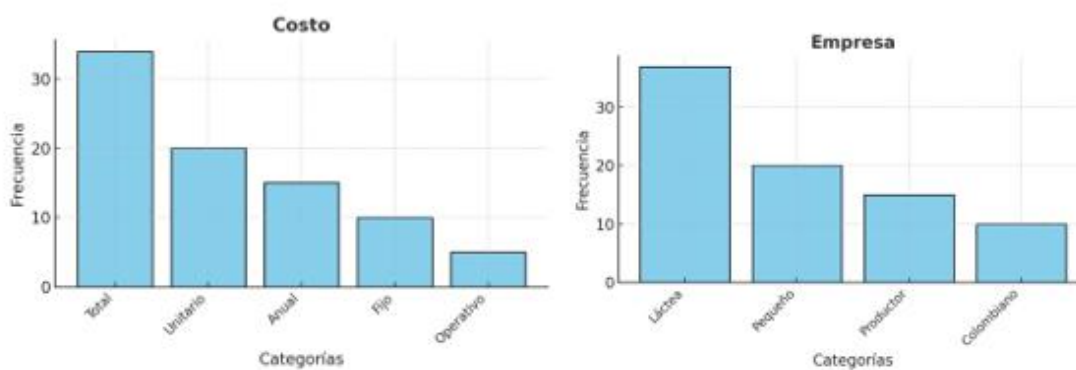


Nota. Minería de opinión de Atlas. Ti 24

Tanto a nivel nacional como internacional, las empresas del sector han centrado sus esfuerzos en productos terminados como el yogurt, especialmente en variedades funcionales y de nicho, buscando constantemente añadir valor y diferenciarse en el mercado, como se muestra en la Figura 8:

Figura 8.

Patrones Temáticos (Costo-Empresa)

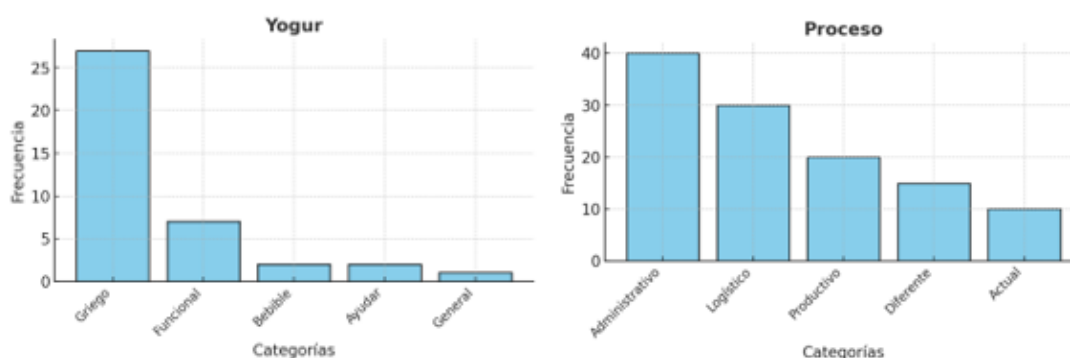


Nota. Minería de opinión de Atlas. Ti 24

El producto está estrechamente vinculado al análisis de costos, donde factores como el costo total, el unitario y el anual se identifican como elementos críticos para garantizar la sostenibilidad y la rentabilidad, así como se analiza a continuación (Figura 9):

Figura 9.

Patrones Temáticos (Yogurt-Proceso)



Nota. Minería de opinión de Atlas. Ti 24

A su vez, los procesos administrativos y logísticos juegan un papel esencial en asegurar la eficiencia y calidad del producto final, abarcando desde la obtención de materias primas hasta la distribución al consumidor. Esta interconexión entre conceptos evidencia una dinámica integral en la que las empresas buscan equilibrar costos, optimizar procesos y perfeccionar productos, para competir en mercados cada vez más exigentes y a su vez para mejorar su gestión operativa y organizacional de manera sostenible.

Resultados del Objetivo 2

“Identificar las dimensiones del modelo SCOR más aplicadas en la literatura científica y su pertinencia en la gestión logística del procesamiento de yogurt funcional”.

El modelo SCOR constituyó un marco estándar ampliamente utilizado para analizar, medir y optimizar la eficiencia de la cadena de suministro en diversas industrias, incluidas las agroindustriales y lácteas, debido a su capacidad para abordar desafíos específicos como la perecibilidad de productos, la trazabilidad y la sostenibilidad (APICS, 2017). En la industria láctea, caracterizada por su alta sensibilidad a factores logísticos y de calidad, SCOR se convirtió en una herramienta estratégica que permitió mejorar la competitividad. En la siguiente Figura 10 se detalló cómo las tendencias actuales y las estrategias logísticas se alinean con los principios del modelo SCOR para impulsar la sostenibilidad, la innovación y la eficiencia en el sector lácteo.

Figura 10.

Modelo SCOR en el Sector Lácteo



Nota. El esquema resume cómo se articula el modelo SCOR en la industria láctea, vinculando sus componentes clave (Source, Make y Deliver) con ejes estratégicos como sostenibilidad, automatización y diversificación. Adaptado de APICS (2017)

En la Tabla 7 se relaciona la sostenibilidad y calidad están directamente relacionadas con el componente «*Source*», ya que buscan garantizar un aprovisionamiento eficiente y responsable. Por otro lado, la innovación en productos y mercados se conecta al componente «*Make*»,

impulsando la diversificación y el desarrollo de productos funcionales. Finalmente, la automatización y trazabilidad se vinculan con «*Deliver*» y «*Return*», destacando la optimización en la distribución y el retorno de productos, así como la mejora en la trazabilidad y transparencia de los procesos.

Tabla 7.

Relación entre Conceptos Clave y Componentes del Modelo SCOR

Tema Central	Concepto	Componente SCOR	Relación
Sostenibilidad y Calidad	Aprovisionamiento Responsable	Source	Implementación de prácticas sostenibles para evitar deforestación y garantizar la calidad.
	Gestión de Calidad	Make	Integración de normas como ISO 22000 para seguridad alimentaria en producción.
Automatización y Trazabilidad	Optimización Logística	Deliver y Return	Uso de herramientas Lean Logistics para mejorar procesos de distribución y retorno.
	Transparencia en la Cadena	Deliver	Aplicación de blockchain para rastrear productos y mejorar la trazabilidad.
Innovación en Productos y Mercados	Diversificación de Productos	Make	Producción de yogures funcionales enriquecidos con probióticos y aditivos innovadores.
	Desarrollo de Mercados Especializados	Make	Creación de productos con valor agregado para atraer nichos específicos.

Nota. La Tabla presenta la vinculación entre los conceptos identificados en las tendencias de investigación y los componentes del modelo SCOR (Source, Make, Deliver, y Return); adaptado de Borda-Almanza y Marulanda (2024); Arango (2023); Apaza-Venegas et al. (2023); Marulanda et al. (2023); Arredondo-Curo et al. (2024).

En relación con la bibliografía consultada se evidencia que, en el ámbito de la sostenibilidad y calidad, Borda-Almanza y Marulanda (2024) enfatizaron la relevancia del componente «*Source*», destacando la adopción del acuerdo cero deforestaciones para garantizar prácticas responsables en el aprovisionamiento. Complementariamente, Arango (2023) integró el componente «*Make*» mediante la implementación de la norma ISO 22000, lo que fortalece la seguridad alimentaria en la producción.

En términos de automatización y trazabilidad, Apaza-Venegas et al. (2023) abordaron los componentes «*Deliver y Return*», proponiendo *Lean Logistics* como una herramienta clave para la optimización de la distribución y logística inversa, mientras que Marulanda et al. (2023) asociaron el componente «*Deliver*» con la implementación de *blockchain* para mejorar la transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro, particularmente en productos perecederos.

Finalmente, en la innovación de productos y mercados, Arredondo-Curo et al. (2024) destacaron la diversificación productiva en el componente «*Make*» mediante la introducción de yogures funcionales enriquecidos con *Lactobacillus Plantarum*, enfocándose en el valor agregado. Por su parte, Vera-Junco (2022) vinculó este mismo componente a la creación de bebidas lácteas innovadoras, diseñadas para satisfacer nichos de mercado específicos; evidenciando cómo las diferentes dimensiones del modelo SCOR se integran para abordar desafíos clave y promover la competitividad en el sector lácteo.

Al identificar los conceptos y componentes del modelo SCOR en los documentos analizados, se seleccionaron tres casos de estudio clave que ilustran su aplicación práctica en la industria láctea con énfasis en el procesamiento como el yogurt funcional: el caso de Alquería (Munevar-Díaz et al., 2023), el caso de Hipermercados Tottus (Barrio de Mendoza-Salas et al.,

2016) y el caso de Yogucabra (Játiva, 2016). Estos casos fueron escogidos por su relevancia en diferentes etapas de la cadena de suministro y su enfoque en planificación, aprovisionamiento, producción, distribución y devoluciones.

Para establecer una visión estructurada, se elaboró una taxonomía tipo *checklist* que permitió identificar las relaciones entre el modelo SCOR y las estrategias aplicadas en cada caso específico. Se identificaron los componentes del modelo, tales como planificación, aprovisionamiento, producción y distribución, se integran en las prácticas operativas de cada caso, destacando aspectos clave como la sostenibilidad, la innovación y la optimización logística. El análisis culminó con la construcción de la Tabla 8 presentada, que resume los resultados obtenidos y las conexiones identificadas.

Tabla 8.

Relaciones de los Casos con el Modelo SCOR

Características	Caso Alquería	Caso Tottus	Caso Yogucabra
Planificación			
¿Se identificaron objetivos estratégicos claros?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se realizó una planificación alineada con SCOR?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se optimizaron los procesos operativos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aprovisionamiento			
¿Se implementaron controles de calidad en el suministro?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se priorizó la sostenibilidad en el abastecimiento?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se gestionaron eficientemente las relaciones con proveedores?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Producción			
¿Se incluyó diversificación en los productos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se aplicaron estándares de calidad reconocidos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se consideraron nichos de mercado específicos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Características	Caso Alquería	Caso Tottus	Caso Yogucabra
Distribución y Logística			
¿Se optimizaron rutas de transporte?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se implementaron tecnologías de trazabilidad?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se analizaron costos logísticos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Devoluciones			
¿Existen políticas claras para devoluciones?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se gestionaron eficientemente los productos devueltos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Soporte y Tecnología			
¿Se implementaron herramientas tecnológicas avanzadas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se capacitó al personal en procesos logísticos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Innovación			
¿Se desarrollaron productos con valor agregado?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se aplicaron estrategias diferenciadas en el mercado?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

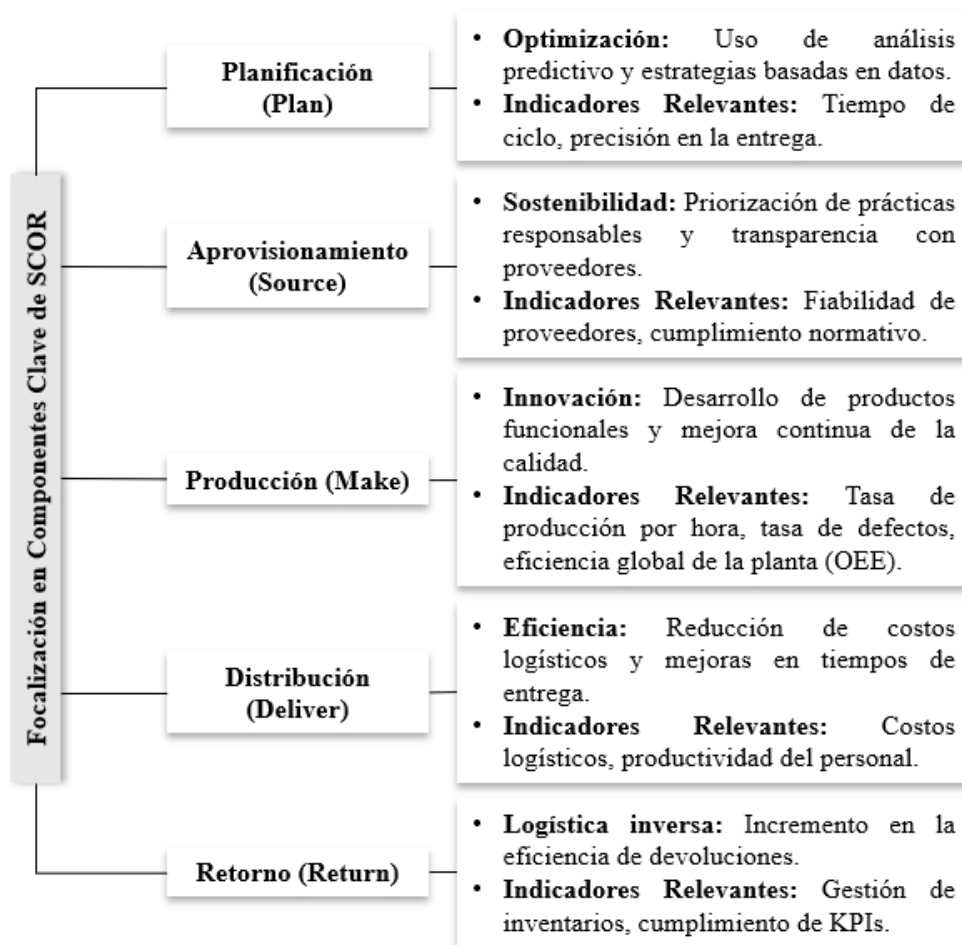
Nota. La Tabla tipo checklist sirve como herramienta para visualizar las relaciones y enfoques que cada caso tiene respecto a las características del modelo SCOR y su aplicación en la industria láctea.

Los componentes del modelo SCOR en los estudios identificados relacionan la planificación en optimizar procesos mediante el uso de análisis predictivo, mientras que el aprovisionamiento priorizó prácticas sostenibles y la transparencia en la relación con los proveedores. En la producción, la innovación se destacó como un motor clave para la mejora continua, especialmente en el desarrollo de productos funcionales. Por su parte, la distribución abordó la necesidad de eficiencia logística, orientándose a la reducción de costos y la mejora en los tiempos de entrega. Finalmente, el retorno se centró en implementar prácticas de logística inversa para gestionar devoluciones de manera más eficiente; resaltando la importancia de

adoptar prácticas responsables, innovadoras y tecnológicamente avanzadas en cada eslabón de la cadena de suministro, buscando alinear las operaciones con KPI de desempeño para maximizar la sostenibilidad y la competitividad. A continuación, se visualiza la Figura 11 donde se ilustra lo mencionado.

Figura 11.

Focalización en Componentes del Modelo SCOR

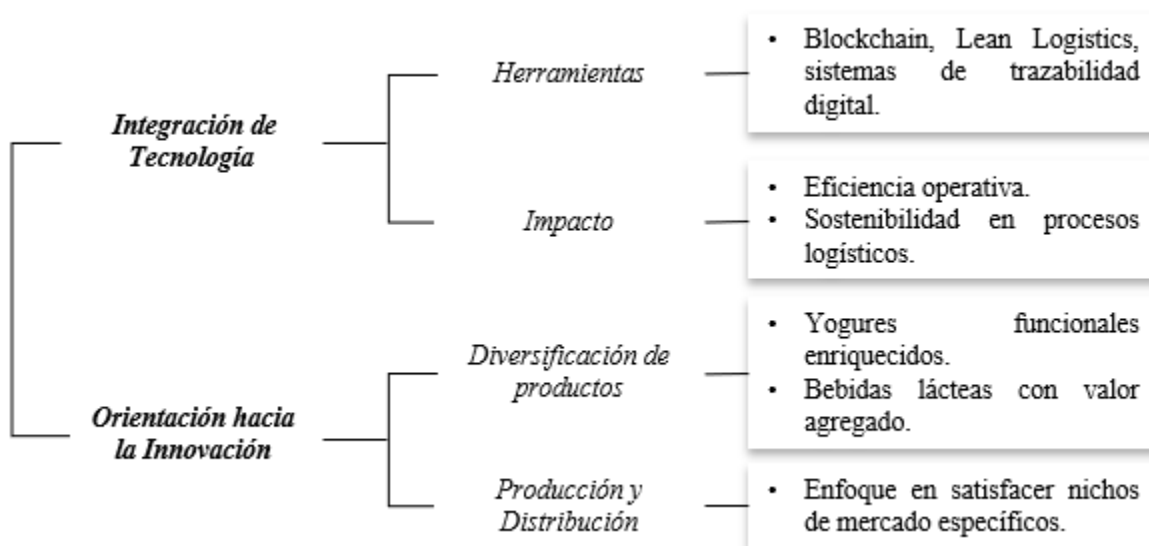


Nota. El gráfico ilustra la focalización de componentes clave del modelo SCOR en la industria láctea, asociando cada Fase del proceso (Plan, Source, Make, Deliver y Return) con prioridades estratégicas como optimización, sostenibilidad, innovación, eficiencia y logística inversa.

La siguiente gráfica (Figura 12) evidencia cómo las herramientas tecnológicas (*blockchain, Lean Logistics*) y la diversificación de productos (yogures funcionales, bebidas enriquecidas) contribuyen a mejorar la sostenibilidad y competitividad en el sector lácteo. Además, subraya el impacto positivo en la transparencia y eficiencia de los procesos logísticos.

Figura 12.

Integración de Tecnología e Innovación



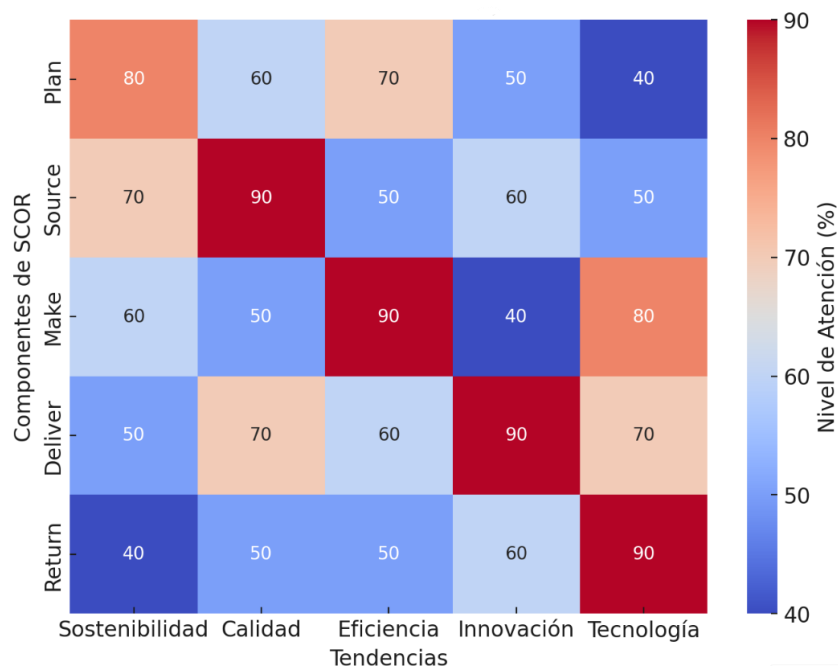
Nota. El esquema representa cómo la integración tecnológica y la orientación hacia la innovación fortalecen la logística en la industria del yogurt funcional.

La integración de tecnología e innovación se vincula estrechamente con los KPI de desempeño, trazabilidad, sostenibilidad y logística inversa. Herramientas como blockchain y sistemas de trazabilidad digital han potenciado la precisión en la medición de tiempos de ciclo, costos logísticos y devoluciones, alineando las operaciones con los KPI de desempeño y trazabilidad. Del mismo modo, la adopción de tecnologías avanzadas ha facilitado la implementación de KPI de sostenibilidad, como el monitoreo de la huella de carbono y el uso eficiente de recursos, asegurando un impacto ambiental reducido.

Para visualizar las conexiones entre las áreas del modelo SCOR y las tendencias identificadas, se desarrollaron dos representaciones gráficas clave (Figura 13 y 14):

Figura 13.

Mapa de Calor: Conexiones entre SCOR y Tendencias Identificadas



Nota. La matriz de calor muestra la relación entre los componentes del modelo SCOR y las tendencias logísticas más abordadas en la literatura reciente.

Este gráfico destacó los componentes del modelo SCOR según el nivel de atención recibida en la literatura revisada. Cada celda del mapa representó la intensidad de la investigación, utilizando una escala cromática que iba desde colores cálidos como el rojo o el naranja, para reflejar áreas con alto interés y concentración de estudios, hasta colores fríos como el azul, que identificaron áreas menos exploradas.

Así se logró identificar claramente las áreas prioritarias en la investigación académica, así como las brechas existentes, ofreciendo un panorama integral sobre las dinámicas de estudio en torno al modelo SCOR.

Brechas Existentes en la Investigación

Retorno (Return): Es el componente menos explorado en términos de devoluciones y logística inversa. Pocos estudios abordan cómo gestionar eficientemente las devoluciones, el reciclaje de productos o la satisfacción del cliente post devolución. Se identifica una oportunidad para profundizar en estrategias sostenibles de gestión de retornos.

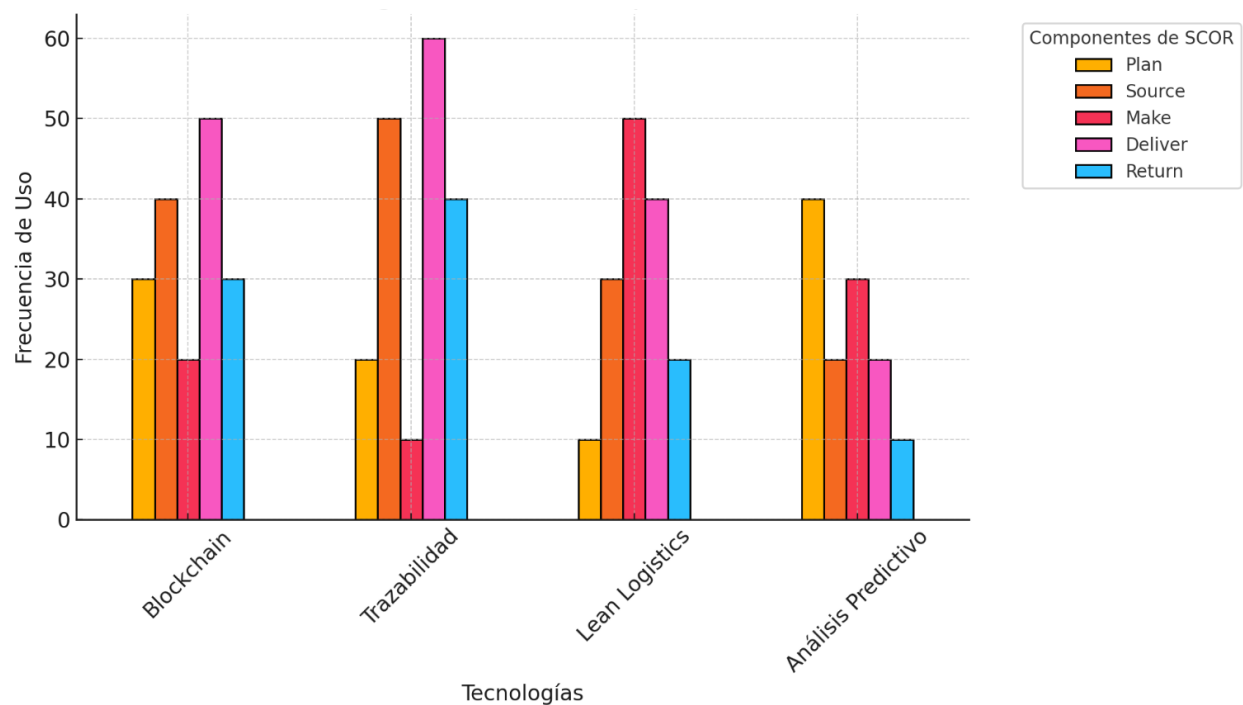
Aprovisionamiento (Source): Aunque existe un interés creciente en prácticas sostenibles, como la transparencia en las relaciones con proveedores, el análisis específico de métricas relacionadas con la sostenibilidad y la responsabilidad en el aprovisionamiento es limitado. Falta de integración de tecnologías avanzadas en esta etapa, como blockchain, para mejorar la fiabilidad del aprovisionamiento.

Trazabilidad Integral en toda la Cadena: Aunque blockchain y sistemas de trazabilidad se aplican en distribución, su implementación integral en etapas como aprovisionamiento o producción no está ampliamente documentada. Existe una oportunidad para analizar cómo estas tecnologías pueden proporcionar un flujo de información transparente y coordinado en toda la cadena de suministro.

La investigación académica se centró en los componentes de producción (Make), distribución (Deliver) y planificación (Plan), mientras que las áreas de retorno (Return) y aprovisionamiento (Source) presentan oportunidades significativas para nuevas exploraciones, especialmente en temas como la logística inversa, sostenibilidad y la integración de tecnologías avanzadas; como se muestra en la Figura 14.

Figura 14.

Uso de Tecnologías en Cada Componente de SCOR



Nota. El gráfico compara la frecuencia de uso de tecnologías aplicadas a cada componente del modelo SCOR, evidenciando que la trazabilidad y Lean Logistics son más utilizadas en “Make” y “Deliver”, mientras que el análisis predictivo destaca en “Plan”; esto refleja una tendencia hacia la digitalización y automatización de la planificación y distribución en cadenas logísticas de productos funcionales.

La Figura 14 mostró el uso de tecnologías específicas, representando la frecuencia de aplicación o la relevancia percibida de estas tecnologías en cada uno de los componentes del modelo, lo cual facilitó una comparación directa entre las tecnologías empleadas y su adopción en áreas clave, destacando tendencias predominantes y áreas de oportunidad para una mayor integración tecnológica en la GCS.

Resultados del Objetivo 3

“Seleccionar las métricas o técnicas analíticas más utilizadas para evaluar la calidad integral del yogurt funcional en cada eslabón de la cadena de suministro, con base en los estudios revisados”.

Con el propósito de dar cumplimiento al tercer objetivo específico de esta investigación, se sistematizaron diversos instrumentos de medición relacionados con el tiempo de ciclo, la precisión en la entrega, el uso de materiales reciclables, la huella de carbono, el cumplimiento de estándares de calidad y la gestión de devoluciones.

En términos de innovación, el desarrollo de productos funcionales y estrategias de diversificación ha impulsado la calidad y la eficiencia productiva, reflejándose en KPI como EGE y la tasa de defectos. Además, la mejora en procesos logísticos, tanto en distribución como en logística inversa, ha sido posible gracias a tecnologías que optimizan el reciclaje y el manejo de devoluciones, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo costos. Así, la integración de tecnología e innovación respalda el cumplimiento de metas estratégicas y operativas, también fomenta prácticas sostenibles y competitivas en la cadena de suministro, tal como se expone en la Tabla 9.

Tabla 9.

Indicadores para Evaluar y Optimizar la GCS del Yogurt

KPI	Objetivo	Métricas Clave	Variables Adicionales	Bibliografía
Indicadores de Desempeño	Evaluar la eficiencia operativa	Tiempo de ciclo	Lead time	Ayala Sánchez & Mauricio Espinoza (2022)
		Precisión en la entrega	Tasa de entregas a tiempo (OTD On-Time Delivery)	Assan-Barrios et al. (2023)
		Costos logísticos	Costos por kilómetro recorrido	Ayala Sánchez & Mauricio Espinoza (2022)
Indicadores de Gestión	Monitorear la productividad y alineación con KPIs	Utilización de capacidad	Tasa de ocupación del personal	Carvajal Pérez (2015)
		Cumplimiento de metas estratégicas	Cumplimiento del plan de producción Tasa de rotación del inventario	Apaza Venegas et al. (2023) Arango (2023)

KPI	Objetivo	Métricas Clave	VARIABLES ADICIONALES	Bibliografía
Indicadores de Producción	Garantizar la calidad y la eficiencia	Tasa de defectos	Índice de desperdicio	Ruales Guzmán (2020)
		Producción por hora	Tiempo de inactividad no planificada	Harwood et al. (2020)
		EGE	Cumplimiento de estándares de calidad	Sánchez Avelar (2019)
Indicadores de Trazabilidad	Asegurar la transparencia y la trazabilidad en la cadena de suministro	Porcentaje de lotes trazables	Uso de blockchain	Torres Castro & Marín Agudelo (2022)
		Tasa de devoluciones	Tiempo de respuesta ante reclamos	Barrio de Mendoza Salas et al. (2016)
			Exactitud en el seguimiento de envíos	Simanca et al. (2016)
Indicadores de Sostenibilidad	Reducir el impacto ambiental y fomentar prácticas responsables	Huella de carbono por unidad producida	Uso eficiente del agua	Meleán Romero et al. (2019)
		Consumo de energía	Residuos generados por proceso	Rozhkova & Olentsova (2020)
		Porcentaje de materiales reciclados	Cumplimiento de normativas ambientales	Borda Almanza & Marulanda (2024)
Indicadores de Logística Inversa	Incrementar la eficiencia en devoluciones y reciclaje de productos	Tasa de devoluciones	Porcentaje de productos recuperados	Villadiego Hoyos (2015)
		Tiempo promedio de procesamiento de devoluciones	Costos asociados a devoluciones	Sequeiros Gutierrez & Chaparin Japa (2024)
			Satisfacción del cliente post devolución	Vargas-Contreras et al. (2018)

Nota. Estos KPI garantizan el rendimiento estratégico y operativo en la cadena de suministro, obtenidos de la bibliografía consultada.

A continuación, en la Tabla 10 se detallan algunas tendencias y áreas de oportunidad en este sector.

Tabla 10.

Tendencias y Áreas de Oportunidad en la Cadena de Suministro de Yogurt Funcional

Categoría	Tendencias Predominantes	Áreas de Oportunidad	Referencia Bibliográfica
Digitalización de Procesos	Uso de blockchain y sistemas predictivos para planificación y trazabilidad	Implementar machine learning para mejorar las predicciones de demanda estacional y fluctuaciones de mercado	Marulanda et al. (2023); Andrade-Álvarez et al. (2023)
Mercados Especializados	Diversificación de productos funcionales, como yogures con prebióticos y adaptados a necesidades dietéticas	Crear sistemas logísticos más flexibles para entregas directas en volúmenes pequeños a mercados especializados	Arango (2023); Apaza-Venegas et al. (2023)
Sostenibilidad	Reducción de desperdicios y huella de carbono; reutilización de subproductos como suero de leche	Promover el uso de envases biodegradables o reutilizables para mejorar la percepción de sostenibilidad	Sequeiros-Gutiérrez & Chaparín-Japa (2024); Rivera-Gómez (2024)
Eficiencia Operativa	KPI como EGE y tiempos de ciclo optimizan costos y mejoran calidad	Desarrollar sistemas más automatizados para gestionar devoluciones y maximizar la reutilización de productos	Balderrama-Haro et al. (2021); Torres-Castro & Marín-Agudelo (2022)
Personalización	Uso de análisis de datos para adaptar la oferta de yogures y optimizar rutas de entrega	Aprovechar microcentros de distribución para reducir tiempos de entrega y satisfacer mejor la demanda personalizada	Chávez-Sinti & Reátegui-Pezo (2023); Munevar-Díaz et al. (2023)
Aprovisionamiento	Priorización de sostenibilidad y transparencia con	Fomentar cadenas de suministro locales para reducir costos asociados	Borda-Almanza & Marulanda (2024);

Impacto Social	proveedores locales e internacionales	a ingredientes funcionales importados	Arredondo-Curo et al. (2024)
	Beneficio a comunidades rurales a través de cadenas de valor integradas	Incorporar métricas sociales para medir el impacto en comunidades rurales y mejorar estrategias de sostenibilidad	Ayala-Sánchez & Mauricio-Espinoza (2022); Miranda-García (2024)

Nota. Esta Tabla sintetiza las tendencias clave observadas en la cadena de suministro de yogurt funcional y las oportunidades existentes para optimizar el desempeño, la sostenibilidad y la personalización en el sector

En la cadena de suministro de yogurt funcional, las tendencias predominantes incluyen la digitalización de procesos, la diversificación de productos, la sostenibilidad y la personalización basada en datos. Sin embargo, las áreas de oportunidad se centran en optimizar la logística inversa, fortalecer la sostenibilidad social, reducir costos de aprovisionamiento y desarrollar sistemas logísticos más adaptados a la creciente demanda de personalización. La integración de estas mejoras permitirá a las empresas capitalizar mejor las oportunidades en el mercado competitivo de productos funcionales.

A partir de los hallazgos expuestos en los apartados anteriores (ver Secciones 4.1 y 4.2), resulta evidente que la industria láctea ha transitado hacia modelos de gestión más sofisticados, con énfasis en la innovación, la trazabilidad y la sostenibilidad (Arredondo-Curo et al., 2024; Borda-Almanza & Marulanda, 2024; Apaza-Venegas et al., 2023). Esto se refleja en la importancia de mapear la cadena de suministro para identificar puntos críticos tanto en la obtención de materias primas como en la distribución final, así como en el cumplimiento de las BPM para asegurar la inocuidad y calidad del producto.

El mapeo de la cadena productiva, entendido como la representación gráfica y analítica de las actividades que componen el flujo de valor del yogurt —desde la recolección de la leche cruda hasta la llegada del producto terminado al consumidor—, ha sido destacado por diversos

autores como un instrumento esencial para revelar ineficiencias y oportunidades de mejora (Macías-Urrego et al., 2023; Salas-Navarro et al., 2018). Los estudios de caso mencionados (Munevar-Díaz et al., 2023; Barrio de Mendoza-Salas et al., 2016) muestran que la falta de sincronización entre proveedores, procesadores y distribuidores puede derivar en altos costos de almacenamiento, incrementos en mermas y pérdida de la calidad del producto final. De igual modo, instrumentar controles críticos (temperatura, pH, tiempo de fermentación) en cada fase de la transformación de la leche a yogurt resulta determinante para evitar variaciones organolépticas, tal como señala Sánchez-Avelar (2019).

En la fase de producción, el mapeo contribuye a gestionar mejor el tiempo de fermentación, la pasteurización y la homogeneización, facilitando la implementación de modelos de aseguramiento de la calidad (Arango, 2023; Coripuna-Romero & Huarcaya-Espinoza, 2017). Mientras tanto, en la fase de distribución, permite identificar cuellos de botella logísticos y proponer soluciones como la optimización de rutas mediante herramientas Lean Logistics (Apaza-Venegas et al., 2023), favoreciendo la reducción de costos y de emisiones de carbono, como se detalla en el diagrama de flujo (ver Anexo 1).

La adopción de BPM en la elaboración del yogurt es crucial para minimizar riesgos de contaminación, así como para mantener estándares consistentes de calidad (Arango, 2023; Peralta-Mercado, 2019). Según la evidencia empírica recogida en diversas investigaciones, las BPM incluyen una gestión rigurosa del personal (capacitaciones, protocolos de higiene), el monitoreo de insumos y materiales (sistemas de trazabilidad que verifiquen la procedencia de la leche y los aditivos) y la inspección continua de las líneas de producción (Carvajal-Mamani & Jurado-Lozano, 2016; Miranda-García, 2024). Asimismo, la implementación de normas internacionales de inocuidad (por ejemplo, ISO 22000) garantiza la alineación con los

requerimientos legales y comerciales en mercados competitivos (Borda-Almanza & Marulanda, 2024).

El estudio de Sánchez-Avelar (2019) destaca la instrumentación y el control de parámetros críticos (temperatura, flujo de leche, pH) como ejes para asegurar la estabilidad fisicoquímica del yogurt y prevenir defectos como la sinéresis. Paralelamente, otros autores recomiendan la integración de tecnologías emergentes —caso de blockchain— para mejorar la trazabilidad y proporcionar mayor transparencia en los procesos de origen de la materia prima, fortaleciendo así la relación con el consumidor final (Torres-Castro & Marín-Agudelo, 2022; Marulanda et al., 2023).

Por otra parte, la caracterización de la cadena productiva de yogurt, que abarca la descripción pormenorizada de actores, flujos de información, requerimientos técnicos y gestión de riesgos, constituye un paso previo fundamental para formular escenarios de innovación y sostenibilidad (Sequeiros-Gutierrez & Chaparin-Japa, 2024; Vera-Junco, 2022). A través de este proceso, es posible distinguir tendencias clave como la digitalización de procesos, la producción de nicho (yogures funcionales con prebióticos y aditivos saludables) y la expansión hacia mercados especializados (Andrade-Álvarez et al., 2023; Arredondo-Curo et al., 2024). De igual modo, la caracterización permite identificar vacíos en la cadena: la logística inversa, la integración con proveedores en prácticas sostenibles (Borda-Almanza & Marulanda, 2024) y la incorporación de métricas de impacto social (Balderrama-Haro et al., 2021).

Desde un enfoque prospectivo, la articulación de estas dimensiones (mapeo, BPM y caracterización) propicia la adopción de estrategias proactivas que robustecen la competitividad de las empresas lácteas. Por un lado, el mapeo y las BPM aportan eficiencia operativa e inocuidad del producto, y por otro, la caracterización orienta la toma de decisiones frente a la

demanda cambiante, la diversificación de productos y la aplicación de tecnologías de punta para optimizar la producción de yogurt. Este enfoque holístico coincide con los lineamientos propuestos en los estudios recientes (Meleán-Romero et al., 2019; Placencio-Pico, 2021), que subrayan la necesidad de convergencia entre la innovación tecnológica y la sostenibilidad a lo largo de la cadena productiva.

En suma, la gestión integrada de la cadena de valor, sustentada en mapas de procesos, buenas prácticas de manufactura y caracterizaciones detalladas, se configura como la base para alcanzar altos estándares de competitividad, ampliar la oferta de yogures funcionales y responder a las exigencias crecientes del mercado en términos de calidad, inocuidad y responsabilidad ambiental.

Recomendaciones

Para garantizar una gestión eficiente y sostenible en el procesamiento de yogurt funcional, se estableció la implementación de KPI que permitieran monitorear, evaluar y optimizar cada etapa de la cadena de suministro. Estas recomendaciones se diseñaron para adaptarse a las características específicas del yogurt funcional, incluyendo su naturaleza perecedera y su enfoque en mercados especializados, con el objetivo de fortalecer la competitividad de las empresas en el sector lácteo a través del análisis del estudio bibliográfico.

El diagrama de flujo presentado (ver Figura 15) resume, los pasos necesarios para implementar KPI en el procesamiento de yogurt funcional. Cada etapa del proceso representa una acción concreta que permite pasar de la identificación de necesidades específicas del producto a la incorporación de los KPI como parte de una práctica continua dentro de la empresa:

Todo comienza con el reconocimiento de las necesidades particulares que tiene el yogurt funcional dentro de su cadena de valor, teniendo en cuenta que se trata de un producto perecedero, sensible a la temperatura y con condiciones especiales de conservación.

A partir de esa identificación, se seleccionan los KPI más relevantes, es decir, aquellos que realmente permiten evaluar el desempeño del proceso en aspectos como trazabilidad, eficiencia, sostenibilidad, cumplimiento de estándares de calidad, entre otros.

Una vez definidos los KPI, el siguiente paso consiste en diseñar un sistema de monitoreo y control que facilite su aplicación.

Para que este sistema funcione correctamente, es necesario capacitar al personal que va a operarlo, de modo que puedan entender los KPI, interpretar los datos y reaccionar oportunamente ante cualquier desviación.

Después de esto, se implementan los KPI seleccionados directamente en los procesos logísticos y productivos.

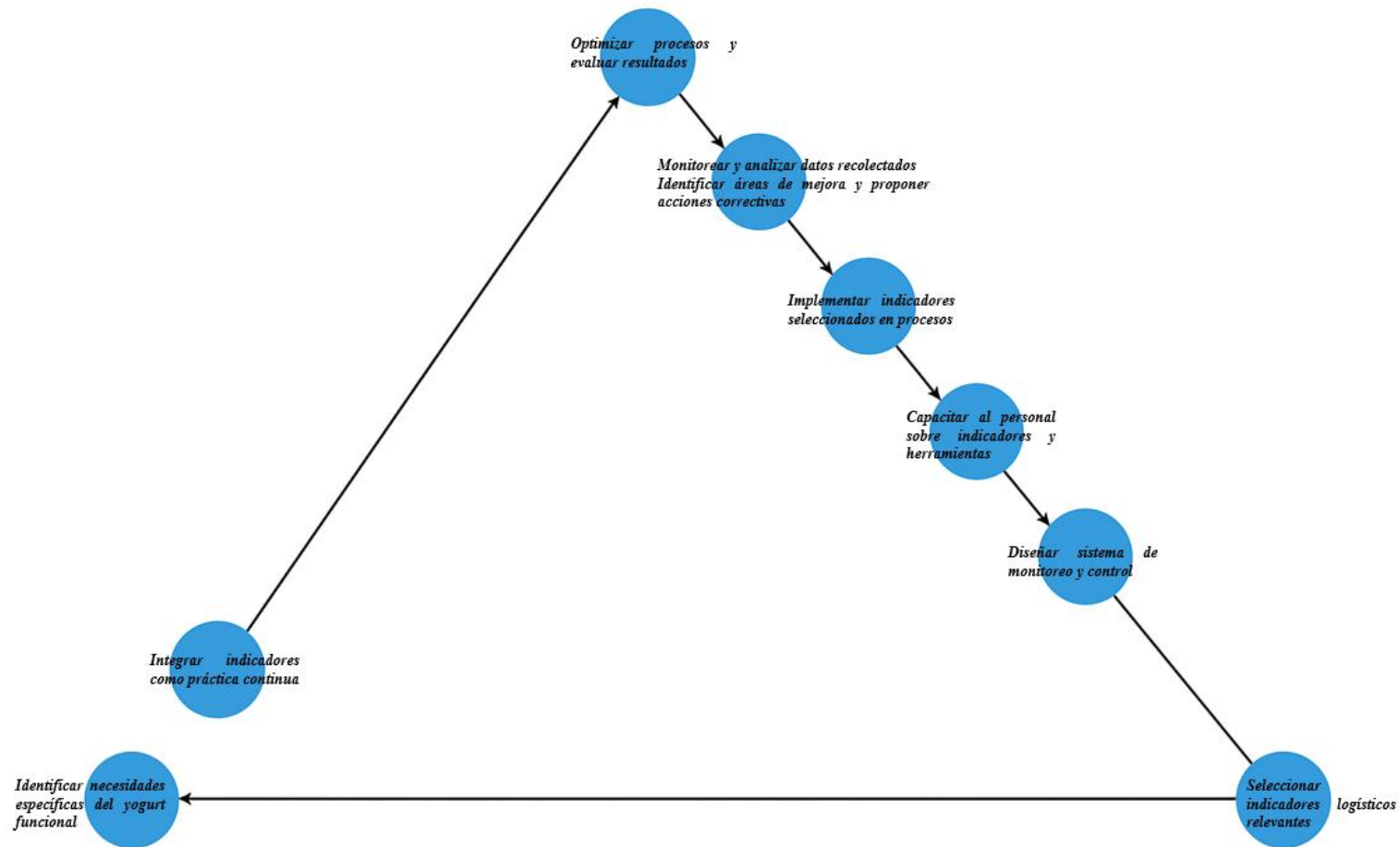
El siguiente tramo del flujo se concentra en el análisis: los datos recolectados se deben monitorear y analizar para encontrar áreas de mejora. Esto permite proponer acciones correctivas concretas que ayuden a corregir errores, optimizar recursos y mejorar los resultados.

Una vez aplicadas las mejoras, se evalúan nuevamente los procesos, lo que lleva a una etapa final en la que los KPI dejan de ser una actividad puntual y se convierten en parte de una práctica continua dentro de la empresa.

Este recorrido se relaciona directamente con los objetivos de la investigación. Por un lado, retoma el análisis previo sobre la evolución de la cadena de valor y sus eslabones, lo cual permite identificar qué medir (objetivo 1). Luego, se apoyan en el modelo SCOR para seleccionar KPI pertinentes según cada dimensión de la cadena (objetivo 2). Y finalmente, se implementan y ajustan esos KPI en función de la calidad y desempeño del producto en cada eslabón logístico (objetivo 3).

Figura 15.

Diagrama de Flujo: Implementación de Indicadores Logísticos



Fuente. El diagrama representa el ciclo estratégico para la implementación de KPI en la cadena de valor del yogurt funcional, desde la identificación de necesidades hasta la integración como práctica continua Atlas. Ti 24

Tabla 11.

Recomendaciones para Implementar Indicadores Logísticos en la Cadena de Valor del Yogurt

Actividad	Recursos Necesarios	Responsable	Áreas Involucradas	Integración de Tecnología	Innovación Aplicada	SCOR	Resultados Esperados	Objetivo Específico
Enfoque en Sostenibilidad								
Indicadores de Huella de Carbono	Sensores de monitoreo de emisiones, software para cálculo de impacto ambiental.	Gerente de Sustentabilidad	Sustentabilidad, Producción	Implementación de IoT para medir emisiones en tiempo real.	Uso de tecnologías limpias en procesos productivos.	Source, Make	Reducción de huella de carbono, cumplimiento de normativas ambientales y mejor imagen corporativa.	Monitorear y reducir las emisiones de carbono en la cadena de suministro.
Materiales Reciclados en Envases	Investigación de proveedores de envases sostenibles, análisis de costos.	Jefe de Compras	Compras, Sustentabilidad	Evaluación de proveedores mediante plataformas digitales especializadas.	Incorporación de materiales reciclados en envases.	Make	Aumento en el uso de materiales reciclados, reducción de residuos generados por el proceso productivo.	Optimizar el uso de materiales reciclados en envases y reducir residuos.

Actividad	Recursos Necesarios	Responsable	Áreas Involucradas	Integración de Tecnología	Innovación Aplicada	SCOR	Resultados Esperados	Objetivo Específico
Gestión de Residuos	Auditorías de manejo de residuos, diseño de estrategias de reciclaje.	Jefe de Producción	Producción, Sustentabilidad	Sistemas de clasificación automática de residuos en plantas de producción.	Creación de programas de reciclaje interno y compostaje.	Return	Manejo eficiente de residuos generados, minimización de desechos enviados a rellenos sanitarios.	Fomentar prácticas responsables en la producción y distribución del yogurt funcional.
Gestión de Devoluciones y Logística Inversa								
Sistema Ágil de Devoluciones	Software para gestión de devoluciones, infraestructura de almacenamiento específica.	Jefe de Logística	Cliente	Logística, Atención al	Integración de sistemas de gestión de devoluciones con CRM.	Return	Reducción del tiempo promedio de procesamiento de devoluciones, aumento de la satisfacción del cliente.	Gestionar devoluciones con eficiencia y maximizar la satisfacción del cliente.
Reciclaje de Productos Devueltos	Alianzas con empresas recicladoras, herramientas para análisis de viabilidad.	Jefe de Logística	Sustentabilidad	Logística,	Implementación de sistemas de análisis para determinar viabilidad de reciclaje.	Return	Disminución de costos asociados a la eliminación de productos devueltos, mayor sostenibilidad en el manejo de recursos.	Maximizar el reaprovechamiento de productos devueltos para reducir costos y fomentar sostenibilidad.

Actividad	Recursos Necesarios	Responsable	Áreas Involucradas	Integración de Tecnología	Innovación Aplicada	SCOR	Resultados Esperados	Objetivo Específico
				Personalización del Producto				
Análisis de Patrones de Consumo	Plataformas de análisis de datos de mercado, encuestas digitales.	Jefe de Marketing	Marketing, Producción	Herramientas de minería de datos para identificar preferencias del cliente.	Personalización de productos en tiempo real según tendencias de mercado.	Make	Adaptación ágil a cambios en preferencias del consumidor, mayor penetración en nichos específicos.	Identificar y adaptar la oferta de yogures funcionales a diferentes mercados basándose en patrones de consumo.
Ajustes en la Producción	Simuladores de capacidad de planta, modelos de planificación dinámica.	Jefe de Producción	Producción	Modelos digitales para optimizar cambios en la línea de producción.	Flexibilidad en la producción para cubrir cambios de demanda inmediata.	Make	Incremento en la capacidad de respuesta a cambios de mercado, menor riesgo de sobreproducción.	Ajustar los procesos productivos según cambios en la demanda de productos funcionales.
Implementación de Buenas Prácticas								

Actividad	Recursos Necesarios	Responsable	Áreas Involucradas	Integración de Tecnología	Innovación Aplicada	SCOR	Resultados Esperados	Objetivo Específico
Herramientas Lean Logistics	Consultores expertos, software de simulación para reducción de desperdicios.	Gerente de Logística	Logística, Producción	Uso de simulaciones digitales para optimizar flujos logísticos.	Implementación de metodologías 5S y Kaizen en procesos logísticos.	Deliver, Return	Reducción significativa de desperdicios y tiempos en operaciones logísticas.	Basarse en herramientas como Lean Logistics para mejorar la productividad y reducir desperdicios.
Colaboración con Proveedores	Plataformas digitales de colaboración (e.g., Supplier Relationship Management - SRM).	Jefe de Compras	Compras, Producción	Digitalización de la gestión de proveedores para una mayor trazabilidad.	Desarrollo conjunto de estrategias para aprovisionamiento sostenible.	Source	Relaciones más fuertes y transparentes con los proveedores, reducción de costos por eficiencia en la colaboración.	Asegurar un aprovisionamiento eficiente y sostenible de materias primas.

Nota. La Tabla se enfoca en la implementación de KPI en el procesamiento del yogurt funcional. La inclusión de componentes SCOR, innovación tecnológica, y resultados esperados permite evaluar cada acción y su impacto en el proceso.

Conclusiones

Síntesis General de los Hallazgos

A lo largo del desarrollo de esta investigación fue posible constatar que la cadena de valor del yogurt funcional ha evolucionado significativamente en términos logísticos, en especial en lo relacionado con la integración de nuevos enfoques que permiten un seguimiento más riguroso de cada eslabón desde la producción hasta la entrega final, este hallazgo permitió alcanzar el primer objetivo específico, dado que se logró caracterizar con claridad los diferentes actores, flujos y procesos que intervienen en la logística del yogurt funcional, en particular se evidenció que los estudios más recientes ya no se limitan al control de inventarios o al transporte en frío, ahora se integran criterios como la sostenibilidad, la trazabilidad en tiempo real y la inocuidad, lo cual refleja una transformación conceptual y operativa dentro del sector lácteo, asimismo se observó que en países como Brasil, India y España se han consolidado experiencias relevantes en esta materia, lo que sugiere que Colombia aún tiene un camino por recorrer en términos de adopción tecnológica y diseño logístico especializado.

Con respecto al segundo objetivo específico que consistía en identificar las dimensiones más pertinentes del modelo SCOR para su aplicación en el procesamiento y distribución del yogurt funcional, los hallazgos permiten afirmar que las dimensiones «Plan», «Make», «Deliver» y «Return» ofrecen un marco estructurado que se ajusta a las necesidades de este tipo de producto, ya que permite abordar la cadena de suministro desde una perspectiva integral, conectando los procesos operativos con las decisiones estratégicas, la revisión documental permitió identificar que, si bien el modelo ha sido aplicado en sectores como el automotriz o el tecnológico, su incursión en la industria alimentaria es todavía incipiente, por lo cual esta investigación aporta un marco de referencia que puede ser replicado y adaptado, la construcción

de una matriz metodológica que articula estas dimensiones con indicadores específicos representa uno de los aportes más relevantes del estudio, puesto que permite visualizar con claridad cómo cada eslabón puede ser evaluado y mejorado mediante herramientas estandarizadas y con respaldo técnico.

En cuanto al tercer objetivo, que se centró en seleccionar las métricas logísticas más adecuadas para evaluar la calidad integral del yogurt funcional, se logró consolidar un conjunto de KPI que permiten hacer seguimiento a variables clave como el tiempo de ciclo, el nivel de cumplimiento de entregas, la eficiencia energética y la trazabilidad por lotes, estos KPI fueron seleccionados a partir de una revisión exhaustiva de literatura especializada, además de ser organizados en un diagrama de flujo que permite visualizar su implementación en fases secuenciales y ajustadas a los procesos reales de producción y distribución, este ejercicio metodológico no solo aportó claridad sobre qué medir y cómo medirlo, sino que también abrió la posibilidad de desarrollar herramientas digitales de seguimiento como tableros de control o aplicativos especializados, así mismo se evidenció que muchas de estas métricas ya son utilizadas de forma aislada por algunas empresas, sin embargo, al integrarlas dentro de una lógica SCOR se fortalece su capacidad para incidir en la toma de decisiones y en la optimización de recursos.

Desde una perspectiva más amplia, este trabajo permitió reafirmar la importancia de incorporar criterios de sostenibilidad y trazabilidad en el diseño de los KPI, si bien estos aspectos no formaban parte de un objetivo específico, emergieron con fuerza en los estudios revisados y en los casos analizados, lo que llevó a reconocer que cualquier propuesta de mejora logística en el contexto actual debe considerar variables ambientales, sociales y económicas como parte de sus criterios de desempeño, en ese sentido, la adaptación del modelo SCOR permitió visibilizar

oportunidades de mejora en prácticas como la logística inversa, el uso eficiente de recursos energéticos, y la gestión responsable de residuos, estos resultados abren un horizonte relevante de exploración para estudios futuros que integren enfoques como la economía circular, la bioeconomía o la gestión ambiental dentro de las cadenas agroindustriales, especialmente en regiones donde la producción es intensiva y el acceso a tecnología es limitado, lo anterior permite afirmar que la hipótesis 1 fue confirmada, dado que los objetivos propuestos resultaron viables y útiles para estructurar una propuesta técnica adaptada a las necesidades logísticas del yogurt funcional.

A pesar de que el enfoque metodológico fue documental y cuantitativo, los hallazgos tienen implicaciones prácticas, en primer lugar, porque demuestran que es posible adaptar un modelo internacional como SCOR a las condiciones particulares del yogurt funcional, y en segundo lugar, porque permiten construir un puente entre la teoría y la práctica logística, ofreciendo un conjunto de herramientas que pueden ser utilizadas por empresas, consultores e instituciones de apoyo al sector lácteo, este aporte metodológico es uno de los más significativos del estudio, ya que no se limita a describir lo existente, sino que propone rutas de acción concretas para optimizar procesos, reducir desperdicios, y aumentar la calidad del producto final, al tiempo que se responde a las exigencias de consumidores cada vez más informados y regulaciones más estrictas, esto refuerza la validez de la hipótesis 1, ya que demuestra que los objetivos eran alcanzables y que la investigación aporta soluciones factibles y aplicables al entorno productivo real.

En consecuencia, se concluye que todos los objetivos específicos fueron alcanzados de manera satisfactoria, y que el objetivo general de proponer una estructura de KPI aplicables al procesamiento y distribución del yogurt funcional fue cumplido, la propuesta desarrollada es

coherente, viable y ajustada a las condiciones del sector, al mismo tiempo que abre nuevas posibilidades para que las empresas implementen modelos de evaluación más rigurosos, con base en datos y orientados al mejoramiento continuo, si bien esta investigación tiene limitaciones derivadas de su naturaleza no empírica, ofrece un punto de partida sólido para futuras investigaciones que deseen validar en campo los KPI propuestos o expandir su aplicación a otros productos perecederos, finalmente, se invita a continuar este tipo de estudios que integren sostenibilidad, innovación y eficiencia logística, como pilares para el fortalecimiento del sector agroalimentario en Colombia y en América Latina.

Limitaciones del Estudio

Una de las principales limitaciones de esta investigación radica en su enfoque documental y cuantitativo, lo cual implicó que no se realizaran pruebas empíricas directas sobre el terreno ni en contextos organizacionales específicos; si bien se logró una revisión amplia y detallada de literatura académica, normativa y técnica, los resultados deben ser interpretados dentro del marco teórico y metodológico en el que fueron construidos, por lo que su aplicabilidad en entornos reales requiere validaciones adicionales que consideren las particularidades de cada empresa, región y capacidad tecnológica.

Otra limitación importante tiene que ver con la disponibilidad y acceso a información actualizada sobre prácticas logísticas específicas en la industria láctea colombiana, ya que muchos estudios relevantes provienen de países con mayores niveles de tecnificación y con estructuras logísticas más consolidadas; esto puede generar diferencias en la pertinencia o factibilidad de ciertos indicadores cuando se pretende trasladar su implementación al contexto

nacional, especialmente en zonas rurales o con infraestructura limitada, donde las condiciones operativas son más desafiantes.

Finalmente, el estudio se centró en el análisis del yogurt funcional como producto representativo de los lácteos con valor agregado, por lo cual sus hallazgos no pueden generalizarse de forma automática a otros alimentos funcionales o a productos de distinta naturaleza; si bien muchos de los principios logísticos y metodologías analizadas pueden adaptarse, cada cadena de suministro presenta particularidades propias que deben ser consideradas cuidadosamente al momento de aplicar los indicadores propuestos.

Aportes de la Investigación

Este trabajo contribuye con un marco de referencia conceptual y metodológico que permite comprender de manera integral la logística del yogurt funcional, abordando tanto sus exigencias sanitarias y normativas como los desafíos asociados a su condición de alimento perecedero con valor agregado; uno de los principales aportes consiste en la sistematización de indicadores logísticos clave basados en el modelo SCOR, los cuales fueron seleccionados, organizados y contextualizados para responder a las necesidades específicas del producto, de forma que pueden ser utilizados como guía por empresas, académicos o consultores interesados en mejorar la eficiencia de la cadena.

Otro aporte relevante es la adaptación del modelo SCOR al contexto agroalimentario, particularmente en un segmento que aún cuenta con escasa documentación técnica como es el del yogurt funcional; al articular las dimensiones del modelo con flujos reales de producción y distribución, la investigación ofrece una herramienta práctica que puede ser ajustada a las

condiciones del sector lácteo colombiano, fomentando una mejor toma de decisiones operativas y una mayor articulación entre sostenibilidad, inocuidad y eficiencia.

Desde el punto de vista académico, esta monografía ofrece una base útil para futuras investigaciones que busquen validar empíricamente los KPI propuestos, comparar su efectividad entre diferentes productos o explorar nuevas métricas asociadas a la economía circular, la bioseguridad o la digitalización logística; al mismo tiempo, contribuye a visibilizar la necesidad de generar conocimiento técnico especializado para sectores que, como el de los alimentos funcionales, enfrentan crecientes presiones normativas y de mercado en entornos cada vez más competitivos.

Referencias bibliográficas

Aballay, J. (2015). *Modelo de Referencia de la Supply Chain SCOR*. IEEC.

<https://ieec.edu.ar/modelo-de-referencia-de-la-supply-chain-scor/>

Andrade Álvarez, C. E., Paguay Guacho, E. P., Viteri Ojeda, J. C., & Esparza Paz, F. F. (2023).

El sistema de mercadeo en pymes de producción láctea, como factor de competitividad y propuesta de marketing digital. *GAEA Ciencia, Conocimiento y Responsabilidad*, 4(2), 1240-1262. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/283>

Apaza Venegas, C. A., Espíritu Herrera, P. A., Flores Altamirano, J. A., & Manrique Moran, L.

(2023). *Análisis y propuesta de implementación de herramientas Lean Logistics en los almacenes de producto terminado de una empresa láctea* (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/26975/An%20y%20Propuesta%20de%20Implementaci%20de%20Herramientas%20Lean%20Logistics%20en%20los%20Almacenes%20de%20Producto%20Terminado%20de%20una%20Empresa%20L%20ctea_Apaza.pdf?sequence=1&isAllowed=y

APICS. (2017). *Supply Chain Operations Reference Model (SCOR) Version 12.0*. APICS.

<https://www.apics.org/docs/default-source/scor-training/scor-v12-0-framework-introduction.pdf?sfvrsn=2>

Arango, F. (2023). *ISO 22000 for dairy supply chain production processes in Panama*. *Global*

Negotium, VI(3). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/793/7934569004/>

Arredondo Curo, D. C., Uriarte Sanchez, E. J., Chavez Paz, C. E., & Ochoa Davila, C. C. (2024).

Plan de negocio para la elaboración y comercialización de un yogurt con Lactobacillus

- Plantarum* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <http://hdl.handle.net/10757/673334>
- Assan-Barrios, K., Castro-García, L. V., Fontalvo-Altamiranda, D., Jimenez-Coronell, C. A., & Ramírez-Giraldo, S. (2023). Gestión de cadena de suministros y logística del yogur. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones (BILO)*, 5(2), 132-143. <https://doi.org/10.17981/bilo.5.2.2023.13>
- Ayala Sánchez, L. C., & Mauricio Espinoza, E. M. (2022). La gestión logística y su influencia en la determinación del costo de ventas, en las empresas de la industria láctea, en el departamento de Junín, año 2021. *Tesis para optar el título profesional de Contador Público*, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. https://45.177.23.200/bitstream/undac/2550/1/T026_71593459_T.pdf
- Babio, N., Casas-Agustench, P., & Salas-Salvadó, J. (2020). *Alimentos ultraprocesados: Revisión crítica, limitaciones del concepto y posible uso en salud pública*. Unidad de Nutrición Humana, Universitat Rovira i Virgili. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Balderrama Haro, C. Y., Leyva Osuna, B. A., & Flores López, J. G. (2021). Impacto liderazgo transformacional, gestión del conocimiento y desempeño en la cadena productiva láctea del Valle del Yaqui. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: Facultad Interdisciplinaria de Ciencias Económicas Administrativas - Departamento de Ciencias Económico Administrativas-Campus Navojoa*, 36, 1-15. <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi36.398>
- Baquero Villamil, G. A. (2020). *Gestión en la cadena de suministro*. Politécnico Grancolombiano.

- <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/6796/2%20GESTION%20EN%20LA%20CADENA%20DE%20SUMINISTRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrio de Mendoza Salas, O. D., Pizarro Díaz, D. J., & Vásquez Lozano C. V. (2016). *Gestión de inventarios perecibles adaptada para las decisiones sobre el suministro: Estudio de caso del proceso de planificación del abastecimiento de yogures en hipermercados Tottus* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8441/Barrio%20de%20Mendoza%2c%20O%20Pizarro%2c%20Danny%20y%20Vásquez%2c%20Vanessa.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Blazejczyk, A. (2023, septiembre 2). *La popularidad del queso y el yogur creció en las últimas cuatro décadas*. Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). <https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/chart-detail?chartId=105777>
- Borda Almanza, C. A., & Marulanda, J. L. (2024). *Informe de gestión de la Secretaría técnica 2020-2023 del Acuerdo Cero Deforestación Cadena Láctea para la no deforestación y transformación de páramos: Principales hitos y herramientas del plan de acción 2020-2023* [Informe]. Alianza de Bioersity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/b154516d-3a2a-4dce-be70-14c303529961/content>
- Calderón Lama, J. L., & Lario Esteban, F. C. (2005). Análisis del modelo SCOR para la gestión de la cadena de suministro. En *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, Gijón, España. <http://recetasdepostres.mex.tl/images/31616/modeloscor.pdf>
- Cárdenas Uribe, M. B. (2016). *Diagnóstico de la cadena agroalimentaria de la leche en El Puyo*,

- Pastaza* (Tesis de grado, Universidad Estatal Amazónica). Repositorio de la Universidad Estatal Amazónica.
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/659/1/T.AGROIN.B.UEA.0038>
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2006). Administración de la calidad total. *Universidad Nacional de Mar del Plata*.
https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1614/1/09_administracion_calidad.pdf
- Carvajal Mamani, L. Y., & Jurado Lozano, K. K. (2016). *Diseño de un sistema para la gestión de la cadena de suministro por procesos en la empresa INAL LTDA*. [Proyecto de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/21703/TES-916.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Carvajal Pérez, L. A. (2015). *Importancia de los indicadores logísticos en la gestión de los sistemas de producción de leche bovina de la parroquia El Carmelo* (Rev. 19/09/2015). *Revista Comercio y Negocio*, Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/comercionegocio/article/view/675/678>
- Chávez Sinti, O. M., & Reátegui Pezo, N. I. (2023). *Cadena de suministro y su influencia en las ventas de las empresas de productos lácteos de Tarapoto* (Tesis para optar al título profesional de Licenciado en Administración, Universidad [Nombre de la universidad]).
<https://orcid.org/0009-0000-3148-3939>
- Cifuentes Hernández, D. A. (2019). *Visualización de la cadena de suministro en Parmalat Colombia Ltda: Proceso T1-Chía* (Informe de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano). Repositorio de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
[https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7960/Trabajo%](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7960/Trabajo%20de%20grado%20de%20Diana%20Cifuentes%20Hernandez.pdf)

20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consorcio Lechero, ODEPA, Fedeleche, Exporlac, & Aproval. (2022). *Indicadores sector lácteo 2022*. Comité Técnico: Ivonne López T., Christopher González C., Gabriel Peralta C., Carlos Arancibia B., Guillermo Iturrieta C., Caterina Juri M., José Luis Delgado M., Octavio Oltra H. Comité Editor: Caterina Juri Massaro, Hardy Avilés Acevedo, José Luis Delgado Morales. Diseño y diagramación: Cecilia Araneda P.

Coripuna Romero, M. Á., & Huarcaya Espinoza, D. Z. (2017). *Propuesta de un sistema de gestión de calidad en base a la norma ISO 9001:2008 para una empresa productora de yogurt* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UPN. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e1ecb30f-8db5-4152-86f0-6145157c8452/content>

De Las Salas Aguas, A. M., Gámez Quiroz, A. R., Ariza De León, C. R., Cantillo González, N. R., & Gutiérrez Bermúdez, L. V. (2023). *Propuesta de Supply Chain Management y logística para la empresa Colanta* [Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/57361/3/nrcantillolog.pdf>

Deng, X., Yang, X., Zhang, Y., Li, Y., & Lu, Z. (2019). Risk propagation mechanisms and risk management strategies for a sustainable perishable products supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 1175-1187. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.014>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2024). *Encuesta Anual Manufacturera – EAM 2022* [Microdatos]. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/776>

Estebes Diaz Pereyra, G. (2021). *Relación del e-business en la cadena de suministros del sector*

- lácteo de Cajamarca en la empresa Perú Cheese S.R.L en el año 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29506/Diaz%20Pereyra%20Gino%20Estebes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF. (2020). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe 2020*. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.4060/cb2242es>
- FAO. (2003). *Norma del Codex para leches fermentadas (CODEX STAN 243-2003)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf
- Harwood, W. S., Carter, B. G., Cadwallader, D. C., & Drake, M. A. (2020). The role of heat treatment in light oxidation of fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11244–11256. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18933>
- Huamán Garay, H. A., & Zelada Manya, D. L. (2021). *Análisis de la cadena de suministros y exportación de menestras de la Asociación de Productores Agropecuarios e Industriales del distrito de Matara hacia la ciudad de Paterson -EEUU, 2021* [Trabajo de titulación, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Institucional UPAGU.
<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/2115/Informe%20Final%20-%20Huaman%20Garay%20Hector.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] & Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos [INVIMA]. (2022). *Informe de resultados: Plan de vigilancia y control de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes químicos en leche – Plan Nacional, año 2020*. <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas-alcoholicas/2023->

09/INFORME%20RESULTADOS%20PLAN%20%20LECHE%202020%20ICA%20E%20INVIMA.pdf

Iztileuov, M., Ospanov, A., Dikhanbayeva, F., Smailova, Z., & Zhunussova, G. (2024). Quality and safety of new types of dairy products based on cow's and mare's milk with vegetable additives. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6, Article 42.

<https://doi.org/10.1186/s43014-024-00142-7>

Játiva, D. E. S. (2016). *Modelo de gestión para la empresa Yogucabra dedicada a la producción y comercialización de yogurt de leche de cabra con aloe vera para las personas que sufren intolerancia a la lactosa* [Trabajo de conclusión de carrera, Universidad del Pacífico]. Repositorio UPacifico.

<https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/325/1/TNE-UPAC-17674.pdf>

Macías Urrego, J. A., Montoya Restrepo, L. A., & García Pineda, V. (2023). Discusiones en torno a la industria láctea en un contexto internacional: una revisión sistemática de literatura y agenda de investigación. *Estrategias e Innovaciones en la Educación*, 39(50), 11. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/3563/2535>

Maitiniyazi, S., & Canavari, M. (2021). Understanding Chinese consumers' safety perceptions of dairy products: A qualitative study. *British Food Journal*, 123(5), 1837-1852.

<https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2019-0252>

Manrique Nugent, M. A. L., Teves Quispe, J., Taco Llave, A. M., & Flores Morales, J. A. (2019). *Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica*. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(88), 1136-1146. Universidad del Zulia.

<https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/html/>

Maradona Huamani, C. (2020). *Revisión de bibliografía sobre la gestión de la cadena de*

suministro y el empleo de la tecnología de identificación por radiofrecuencia en productos perecibles [Trabajo de investigación, Universidad Tecnológica del Perú].

Repositorio Institucional de la UTP.

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3442/Maradona%20Huamani_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Marulanda, J., Borda, C., & Vanegas, M. (2023). *Hoja de ruta para acceder a instrumentos de financiamiento públicos y/o privados para lograr los compromisos del Acuerdo Cero Deforestación de la Cadena Láctea*. AgriLAC Resiliente Technical Report.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/f4c37ba4-5426-4ba3-ae1c-5272a876eed4/content>

Meleán Romero, R., Huerfano, E., Castro Silupu, W., & Montes de Oca, Y. (2019).

Sustentabilidad en las cadenas de suministro del sector lácteo. *Opción*, 35(90), 1322-1356.

Mera-Bastidas, M. C., Terán-López, Á. T., Barrera-Ojeda, D. M., Gomajoa, H. A., & Rojas-Navarro, J. F. (2019). Importancia de los enfoques cooperativos en el desarrollo empresarial de algunas compañías hispanoamericanas exitosas. *Revista EAN*, (86), 61-75.
<https://doi.org/10.21158/01208160.n86.2019.2300>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. (s.f.). *Diagrama de flujo de elaboración del yogurt*. Alimentos Argentinos.

https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/lacteos/productos/14yogur/DPI_Yogur.htm

Ministerio de Salud. (1986, 24 de febrero). *Resolución número 02310 de 1986: Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a*

procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion-2310-de-1986.pdf>

Miranda Garcia, J. D. (2024). *Auditoría de gestión y los procesos administrativos en la planta láctea "JB", en la ciudad de Riobamba* (Trabajo de titulación para optar al título de licenciada en Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo).

Repositorio de la Universidad Nacional de Chimborazo.

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14013/1/Miranda%2c%20J.%282024%29%20Auditor%c3%ada%20de%20Gesti%c3%b3n%20y%20los%20procesos%20administrativos%20en%20la%20planta%20l%c3%a1ctea%20JB%20de%20la%20ciudad%20de%20Riobamba.pdf>

Montaño Roldán, M. (2006). *Procedimiento para evaluar la cadena de suministro de las empresas basado en el modelo SCOR y en el Balanced Scorecard* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Repositorio del ITESM.

https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/567512/DocsTec_4576.pdf

Mora García, L. A. (s.f.). *Indicadores de la gestión logística: KPI “Los indicadores claves del desempeño logístico”*. Fundación de Estudios Superiores Comfanorte (FESC).

https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf

Moreno Aznar, L. A., Cervera Ral, P., Ortega Anta, R. M., Díaz Martín, J. J., Baladía, E., Basulto, J., Bel Serrat, S., Iglesia Altaba, I., López-Sobaler, A. M., Manera, M., Rodríguez Rodríguez, E., Santaliestra Pasías, A. M., Babio, N., & Salas-Salvadó, J., en nombre de la FESNAD. (2013). Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras

- leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6). <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6856>
- Munevar Diaz, J. C., Sánchez Toro, P. A., Ramírez Angulo, G. L., Cruz Martínez, A. F., & Naranjo, S. A. (2023). *Propuesta de Supply Chain Management y Logística para la empresa Alquería S.A.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías – ECBTI, Programa de Ingeniería Industrial. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/57374/jcmunerad.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ochoa, J. L., Arteaga, J. A., García, Á. M., Castellanos, M. A., & Lehmann, H. A. (2021). *Propuesta en Supply Chain Management y Logística en la empresa ALIMENTOS SAS (Opción de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD).* *Repositorio Institucional UNAD.* <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/42313/1/jaordonezar.pdf>
- Peralta Mercado, C. I. (2019). *Gestión de suministros y la optimización de la rentabilidad de una empresa láctea en la zona norte, Casagrande* [Tesis de maestría, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24177/Peralta%20Mercado%2c%20Cesar%20Irineo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Placencio Pico, V. I. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de una planta procesadora de yogurt funcional* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8af6ea41-2a88-4563-89ca-6142763587b1/content>

- Rivera Gómez, T. G. (2024). *Análisis estratégico del sector de alimentos yogurt griego Kiosko de Alpina* [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. Repositorio ULVR. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/7569/1/TC-ULVR-0472.pdf>
- Rodríguez-Guevara, E. G., García-Bonilla, D. A., & Pineda Ospina, D. L. (2024). Prácticas de gestión sostenible en las cadenas de suministro. *Desarrollo Gerencial*, 16(1), 1–35. <https://doi.org/10.17081/dege.16.1.6788>
- Rozhkova, A., & Olentsova, J. (2020). Development of new technological solutions for the dairy industry. *E3S Web of Conferences*, 161, 01086. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016101086>
- Ruales Guzmán, B. V. (2020). *Fortalecimiento de la productividad mediante la gestión de calidad en el sector agroindustrial. Estudio de caso: empresas de la industria láctea colombiana* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77755/59314644.2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ruiz Meza, J. L. (2018). *Diseño de un modelo multiobjetivo de VRP pick-up and delivery simultáneo (VRPSPD) para el aprovisionamiento de la leche en la cadena de suministros de lácteos* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de Bolívar. <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3536/0072975.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas-Navarro, K., Obredor-Baldovino, T., González-Laverde, G., & Mercado-Caruso, N.

- (2018). Diseño de esquema de asociatividad para la cadena de suministro del Clúster Lácteo en el Departamento del Atlántico de Colombia. *Espacios*, 39(50), 11.
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n50/a18v39n50p11.pdf>
- Sánchez Avelar, P. (2019). *Instrumentación y control de los parámetros críticos en un proceso de producción de yogurt* [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio IPN.
<https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/27937/Tesis%20Pedro%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=2>
- Sequeiros Gutierrez, L. J., & Chaparin Japa, R. D. P. (2024). *Implementación de un modelo de sostenibilidad para la reducción de desperdicios aplicando las herramientas de Lean Manufacturing: Caso de estudio en una empresa láctea de Perú* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<http://hdl.handle.net/10757/675211>
- Shirani, M. (2016). *Assessing food safety risk in global supply chain* (Doctoral thesis). Politecnico di Torino. <http://porto.polito.it/2642589/>
- Simanca, M. M., Montoya, L. A., & Bernal, C. A. (2016). Gestión del conocimiento en cadenas productivas. El caso de la cadena láctea en Colombia. *Información Tecnológica*, 27(3), 89-97. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000300009>
- Torres Castro, J. E., & Marín Agudelo, P. V. (2022). *Las tendencias en el uso del blockchain en el área de la cadena de suministro* [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio Institucional de la Universidad El Bosque.
<https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/964020ac-b3e8-439c-ad04-d2a666024140/content>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). *Informe de gestión 2024*.

https://upra.gov.co/es-co/Informes_Gestion/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202024-II.pdf

Vargas Montenegro, R. (2024). Propuesta para creación de una empresa de productos lácteos en el municipio de Pivijay, Magdalena (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD). *Repositorio Institucional UNAD*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/61868/rvargasmon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas-Contreras, J. A., Martínez-Soto, M. E., Morris-Díaz, A. T., & Rodríguez-Monroy, C. (2018). Tendencias en la gestión del conocimiento y competitividad de la cadena de suministros de la industria láctea. *ResearchGate*.

Velychko, O. (2015). Integration of SCOR-modeling and logistical concept of management in the system of internal transportation of milk cooperative. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(1 S2), 14. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n1s2p14>

Vera Junco, C. I. (2022). *Elaboración de bebida tipo yogur a base de leche de vaca y leche de arroz (Oryza sativa) enriquecido con harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis) como fuente de calcio y fibra y edulcorado con yacón (Smallanthus sonchifolius)* [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Universidad Agraria del Ecuador Repositorio.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20JUNCO%20CRISTHIAN%20ISRAEL.pdf>

Villadiego Hoyos, Y. P. (2015). *Revisión del estado actual de la investigación de la logística inversa como factor competitivo para el sector lácteo colombiano* [Monografía de grado,

Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/658384c7-8868-4190-8445-8dc072cdc193/content>

Villegas Ararat, A., Quintero, B. A., Huertas Moreno, C. C., Orozco Vargas, E., & Vásquez Vásquez, J. A. (2023). *Propuesta de Supply Chain Management y Logística para la empresa Colanta* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

Repositorio UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/57414/baquintero.pdf?sequence=3>

Wang, Q., Wei, L., & Wang, W. (2021). Review: Challenges and prospects for milk production in China after the 2008 milk scandal. *Applied Animal Science*, 37(2), 166–175.

<https://doi.org/10.15232/aas.2020-02074>

Yang, M., Işık, C., & Yan, J. (2023). Analysis of collaborative control of dairy product supply chain quality based on evolutionary games: Perspectives from government intervention and market failure. *Heliyon*, 9(12), Article e23024.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23024>

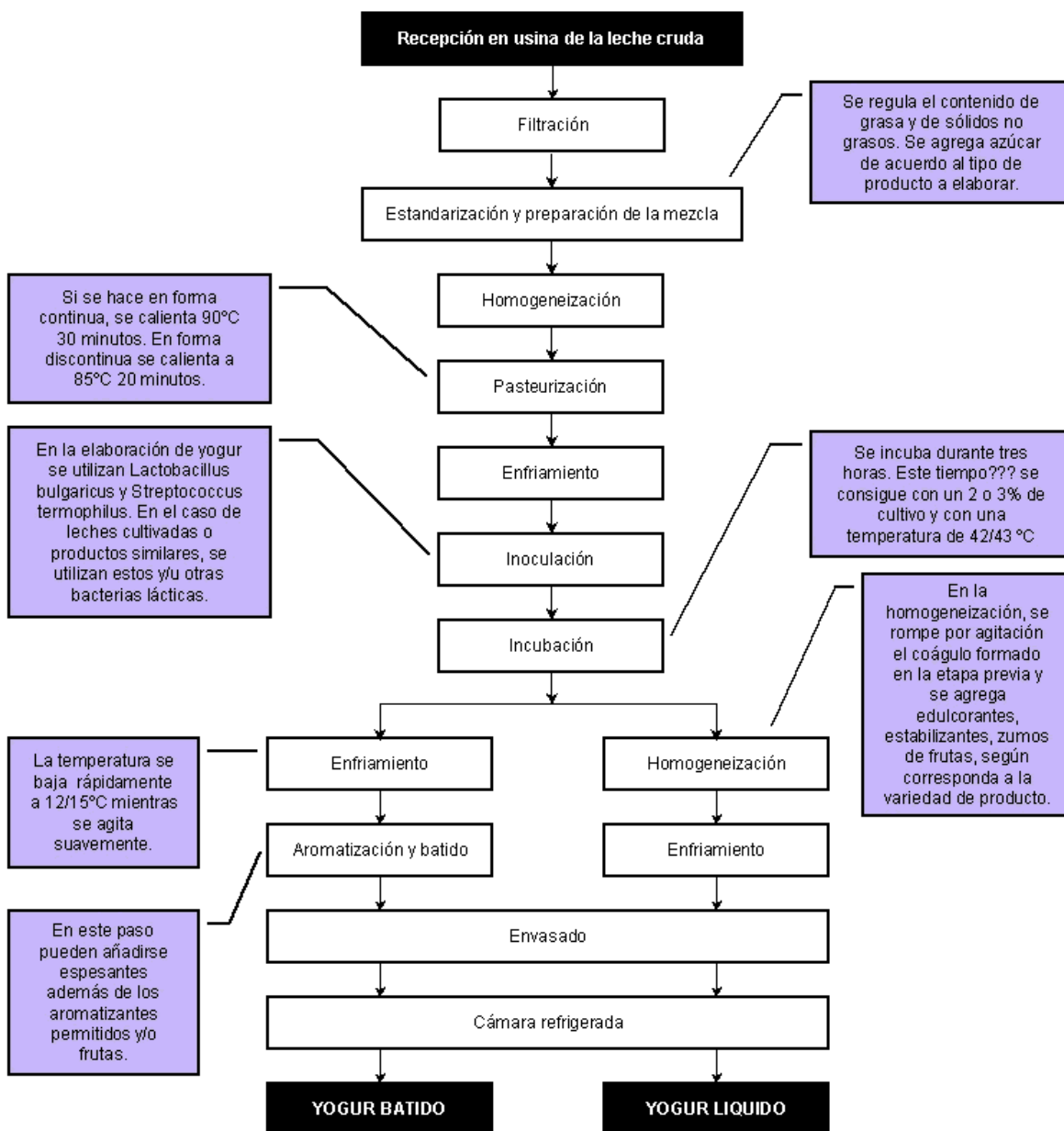
Yin, H., Fang, S. E., Miroso, M., & Kearney, T. (2023). Dairy purchase behaviors: Increasing understanding of Chinese consumers using a consumer involvement segmentation approach. *Journal of Dairy Science*, 106(12), 8523-8537.

<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22843>

Anexos

Anexo 1.

Diagrama de flujo de elaboración del yogurt



Nota. Tomado de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. (s.f.).