

Análisis bibliométrico de la transformación digital en el control microbiológico de la industria
láctea

Olga Isabel Noriega Ibarra
Calos Alberto Humoa Acevedo

Corporación Universitaria Minuto De Dios-UNIMINUTO

Especialización en Gerencia de Proyectos

NRC: 79140 Opción de grado

Olga Lucía Duque Carvajal

15 mayo 2026

Tabla de Contenido

Introducción	8
Planteamiento del problema.....	9
Identificación del problema.....	10
Contexto de problema.....	11
Descripción del problema.....	12
Pregunta de investigación	12
Objetivos.....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	13
Justificación	13
Limitaciones y alcance	15
Limitaciones de la investigación	15
Alcance de la investigación	15
Marco de referencia	16
Marco teórico	16
Marco conceptual.....	18
Marco legal	24
Antecedentes.....	26
Diseño metodológico.....	41
Técnicas de búsqueda.....	41
Criterios de inclusión y exclusión	42
Herramientas de recolección de datos	45
Validez y fiabilidad de los datos	45

Análisis y Resultados obtenidos.....	46
Resumen de Producción Científica y Colaboración Internacional	46
Mapa mundial de colaboración científica.....	47
Mapa de tres campos.....	51
Mapa de co-ocurrencia	53
Integración de la digitalización en las líneas de investigación	54
Mapa temático	55
Análisis integrador de resultados	56
Conclusiones y recomendaciones.....	57
Conclusiones	57
Recomendaciones	58
Referencias.....	59
Consideraciones éticas	43
Anexos.....	64

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección documental para el análisis bibliométrico.....	43
Figura 2. Resumen de indicadores bibliométricos de la producción científica (2020–2024).....	46
Figura 3. Mapa mundial de colaboración científica.	48
Figura 4. Mapa de tres campos (temas, países y autores).	51
Figura 5. Mapa de co-ocurrencia de palabras clave.	53
Figura 6. Mapa temático de la estructura conceptual del campo.	55

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis de colaboración científica por países.....	48
Tabla 2. Intensidad de colaboración científica entre países.	51

Resumen

La industria láctea tiene el reto de garantizar la inocuidad y calidad de los productos en un contexto marcado por presencia de microorganismos que sobreviven a cualquier tratamiento que se implemente y generar pérdidas económicas y riesgos para la salud pública. En este escenario, la transformación digital y la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial, emergen como alternativas estratégicas para fortalecer el monitoreo, la detección temprana y la gestión de riesgos microbiológicos. Como objetivo principal de la investigación es analizar las investigaciones científicas realizadas entre 2020 y 2024 sobre la intersección entre transformación digital, control microbiológico y gestión de proyectos en la industria láctea, como fin principal identificar tendencias, vacíos en investigación y posibles oportunidades en la innovación. Metodológicamente se realizará un análisis bibliométrico de las publicaciones indexadas en Scopus, aplicando el enfoque PRISMA 2020 para seleccionar los estudios. Se analizarán documentos mediante herramientas como Bibliometrix, permitiendo identificar actores, colaboraciones y estructuras temáticas. En los resultados se evidenciarán consolidaciones en el campo de investigación. Se identificará como actúa la digitalización entre la seguridad alimentaria, la trazabilidad y la sostenibilidad. A su vez, se evidenciará oportunidades de investigación en países emergentes principalmente en Colombia.

Palabras claves: Inocuidad Alimentaria, Calidad Microbiológica, Industria Láctea, Transformación Digital, Gestión de Proyectos.

Abstract

The dairy industry faces the challenge of ensuring the safety and quality of products in a context marked by the presence of microorganisms capable of surviving implemented treatments, generating economic losses and risks to public health. In this scenario, digital transformation and the implementation of Industry 4.0 technologies, such as the Internet of Things (IoT), Big Data, and Artificial Intelligence (AI), emerge as strategic alternatives to strengthen monitoring, early detection, and microbiological risk management. The main objective of this research is to analyze the scientific studies conducted between 2020 and 2024 on the intersection of digital transformation, microbiological control, and project management in the dairy industry, in order to identify trends, research gaps, and potential innovation opportunities. Methodologically, a bibliometric analysis of publications indexed in Scopus will be carried out, applying the PRISMA 2020 approach for study selection. The documents will be analyzed using tools such as Bibliometrix, allowing the identification of key actors, collaborations, and thematic structures. The results are expected to demonstrate the consolidation of this research field. Likewise, the study will identify how digitalization contributes to food safety, traceability, and sustainability. In addition, opportunities for research and technological development in emerging countries, particularly in Colombia, will be highlighted.

Keywords: Food Safety, Microbial Quality, Dairy Industry, Digital Transformation, Project Management

Introducción

La industria láctea enfrenta constantes desafíos los cuales están relacionados con el aseguramiento de calidad microbiológica y la inocuidad alimentaria, ya que los productos lácteos son susceptibles a una alta contaminación microbiológica, lo que puede afectar la seguridad del consumidor, la vida útil y el cumplimiento de normativas sanitarias (Jay et al., 2005; Codex Alimentarius, 2011). En este contexto, el control microbiológico constituye un componente fundamental para garantizar procesos productivos seguros y eficientes (FAO, 2019). Frente a estos desafíos, la transformación digital es estratégicamente importante en la modernización de la industria alimentaria. Tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial, permiten optimizar la trazabilidad, el monitoreo y la toma de decisiones mediante el análisis de datos a tiempo (Kagermann et al., 2013; Lee et al., 2015). Paralelamente, estas herramientas contribuyen al fortalecimiento de sistemas de control microbiológico y gestión de la calidad en la industria láctea (Tingirikari et al., 2024; Mhlanga et al., 2024).

No obstante, persisten limitaciones de integración de estas tecnologías en procesos de control microbiológico y gestión de proyectos, especialmente en países emergentes. En este contexto, la investigación realizada tiene como fin principal analizar el comportamiento bibliométrico de las investigaciones científicas publicadas entre 2020 - 2024 sobre la intersección entre transformación digital, control microbiológico y gestión de proyectos en industria láctea, mediante un enfoque bibliométrico basado en los lineamientos PRISMA 2020 y el uso de herramientas como Bibliometrix.

Planteamiento del problema

La industria láctea enfrenta un desafío crítico relacionado con el control microbiológico, debido a la presencia de microorganismos que pueden comprometer la inocuidad y la calidad en los productos. Estos contaminantes pueden afectar la estabilidad microbiológica, reducir la vida útil y generar riesgos en salud del consumidor, además de afectaciones económicas y dificultades en el cumplimiento de normativas sanitarias cada vez más exigentes (FAO, 2019; Codex Alimentarius, 2011). Adicionalmente, los métodos tradicionales de control, basados en tratamientos convencionales y sistemas de aseguramiento de la calidad, presentan limitaciones frente a complejidades de los procesos productivos actuales (Jay et al., 2005). En este contexto, la transformación digital y las tecnologías de la Industria 4.0 han cobrado relevancia como herramientas estratégicas para mejorar el control microbiológico en la industria alimentaria. Tecnologías como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial permiten monitorear en tiempo real las variables de los procesos, el análisis de grandes cantidades de datos y la predicción de posibles desviaciones en los procesos productivos (Tingirikari et al., 2024; Mhlanga et al., 2024).

Estas herramientas facilitan la transición de una estrategia reactiva a una preventiva, permitiendo identificar patrones y anticipar riesgos antes de que afecten el producto final (Ma et al., 2024). A pesar de los avances, existe una limitada integración entre estas tecnologías emergentes y su aplicación práctica en los sistemas productivos del sector lácteo. La implementación de las tecnologías de Industria 4.0 aún enfrenta barreras relacionadas con costos, infraestructura y gestión organizacional (Guaita et al., 2024). Por lo tanto, se hace necesario analizar el estado actual del conocimiento científico en este ámbito, para la identificación de tendencias, vacíos de investigación y oportunidades que permitan orientar el

diseño y la implementación de metodologías innovadoras para el aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea.

Identificación del problema

La industria láctea, en el control de la calidad microbiológica tiene un deber fundamental que se constituye en la garantía de la inocuidad y la estabilidad de los productos, debido a la presencia de diversos microorganismos que afectan la calidad y seguridad en los alimentos. Estos microorganismos pueden influir en la vida útil de los alimentos, generar riesgos para la salud pública y dificultar el cumplimiento de normativas sanitarias cada vez más exigentes (Food and Agriculture Organization, 2019; Codex Alimentarius, 2011). Asimismo, en los sistemas de control actuales se presentan limitaciones en la detección oportuna de contaminaciones, debido a la diversidad de los procesos en las producciones y a la variabilidad de los factores que influyen en la estabilidad microbiológica (Jay et al., 2005).

Por otra parte, se evidencian deficiencias en la unión de herramientas de la tecnología que permitan llevar un seguimiento en tiempo real y el análisis de grandes volúmenes de datos generados durante la producción. La limitada adopción de tecnologías como lo son el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial restringe la capacidad de las organizaciones para anticipar desviaciones y tomar decisiones basadas en evidencia (World Economic Forum, 2020). Adicionalmente, se evidencian brechas entre avances científicos y tecnológicos disponibles y su implementación en entornos industriales, especialmente en contextos donde predominan prácticas tradicionales y limitaciones en infraestructura y recursos tecnológicos. En consecuencia, el problema central radica en la limitada capacidad de la industria láctea

para integrar tecnologías digitales y enfoques en la gestión los cuales permiten mejorar la detección, monitoreo y control de la calidad microbiológica, afectando la inocuidad, el rendimiento y la competitividad de los procesos productivos.

Contexto de problema

La industria láctea es un sector estratégico dentro de la industria alimentaria, caracterizado por procesos tecnificados orientados a garantizar el cumplimiento con la calidad e inocuidad de los productos. En este ámbito, el control microbiológico es un componente fundamental para asegurar la seguridad alimentaria, la estabilidad de los productos y el cumplimiento de normativas sanitarias internacionales (Food and Agriculture Organization, 2019; Codex Alimentarius, 2011). En los últimos años, el sector ha experimentado avances significativos en la incorporación de tecnologías digitales, especialmente aquellas asociadas a la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial. Estas tecnologías han permitido mejorar la trazabilidad, el monitoreo de procesos y la gestión de la información en distintos sectores industriales (World Economic Forum, 2020).

Sin embargo, la adopción de estas herramientas en la industria láctea se ha desarrollado de manera progresiva y desigual, lo que ha generado la necesidad de comprender cómo se está integrando la transformación digital en los procesos relacionados con el control de la calidad microbiológica. En este contexto, resulta relevante analizar la evolución del conocimiento científico en este campo, con el fin de identificar tendencias, actores clave y oportunidades de investigación.

Descripción del problema

El control microbiológico representa uno de los principales retos de la industria láctea, debido a la presencia de microorganismos que pueden comprometer la inocuidad, la estabilidad y la vida útil de los productos. Esta situación genera riesgos para la salud pública y dificultades en el cumplimiento de normativas sanitarias cada vez más exigentes (FAO, 2019; Codex Alimentarius, 2011). Bajo esta perspectiva, los métodos tradicionales de control presentan limitaciones en la detección oportuna de contaminaciones y en la gestión eficiente de la información generada durante los procesos productivos (Jay et al., 2005).

En este contexto, la transformación digital ha emergido como una alternativa para fortalecer los sistemas de aseguramiento de la calidad, mediante la incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el *Big Data* y la inteligencia artificial. Estas herramientas permiten el monitoreo en tiempo real y el análisis de datos, facilitando la toma de decisiones en los procesos productivos (Verdouw et al., 2016). Sin embargo, su adopción en la industria láctea aún es limitada, lo que restringe la capacidad de las organizaciones para anticipar desviaciones y optimizar el control microbiológico. En consecuencia, el problema central radica en la limitada integración de tecnologías digitales en los sistemas de control microbiológico en la industria láctea, lo que afecta la eficiencia de los procesos, la calidad de los productos y la capacidad de respuesta frente a riesgos asociados a la inocuidad alimentaria.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el comportamiento bibliométrico de la transformación digital aplicada al control microbiológico en la industria láctea entre 2020 y 2024?

Objetivos

Objetivo general

Analizar el comportamiento bibliométrico entre el 2020 y 2024 sobre la intersección entre la transformación digital, el control de calidad microbiológico en la industria láctea y la gerencia de proyectos, para la identificación de tendencias, vacíos de investigación y mejores prácticas, por medio de una revisión sistemática PRISMA

Objetivos específicos

1. Identificar los principales actores, que lideran la investigación en la aplicación de tecnologías internet de las cosas, *Big Data* e Inteligencia Artificial para el abordaje del control microbiológico en productos lácteos.
2. Mapear la estructura conceptual del campo mediante el análisis de coocurrencia de palabras clave para la visualización de los clústeres temáticos dominantes.
3. Caracterizar las redes de colaboración científica entre la academia y la industria en proyectos de innovación tecnológica en seguridad alimentaria para el establecimiento de un marco de referencia.

Justificación

La investigación desarrollada es pertinente debido a la creciente necesidad de fortalecer el aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea, un sector altamente vulnerable a contaminaciones que afectan la inocuidad, la vida útil de los productos y el cumplimiento de normativas sanitarias cada vez más estrictas. En este contexto, la incorporación de tecnologías digitales se convierte en una estrategia clave para optimizar procesos de monitoreo, trazabilidad y control de calidad, permitiendo una gestión más eficiente y preventiva frente a riesgos microbiológicos. La transformación digital, vinculada a la Industria 4.0, representa una oportunidad para incrementar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas

productivos, respondiendo a las exigencias de un mercado global competitivo y a la necesidad de garantizar la confianza del consumidor en productos lácteos seguros y de alta calidad (World Economic Forum, 2020).

Desde lo académico y científico, el estudio adquiere relevancia al analizar la intersección entre transformación digital, control microbiológico y gestión de proyectos, un campo que se encuentra en consolidación pero que aún presenta limitaciones en países emergentes como Colombia. El análisis bibliométrico aplicado permite identificar tendencias de investigación, actores clave, redes de colaboración y vacíos de conocimiento, ofreciendo un resultado del estado actual de las investigaciones científicas en el área. De este modo, la investigación no solo aporta al fortalecimiento del conocimiento académico, sino que también visibiliza oportunidades para orientar futuras líneas de trabajo, consolidando un marco de referencia que articula la innovación tecnológica con la seguridad alimentaria. En consecuencia, el estudio se convierte en un insumo valioso para investigadores, instituciones y empresas que buscan comprender cómo la digitalización puede transformar los sistemas de control microbiológico en la industria láctea (Donthu et al., 2021).

Los resultados de la investigación pueden ser útiles como referente para el diseño e implementación de iniciativas de innovación en la industria láctea, facilitando la formulación de estrategias orientadas al fortalecimiento de la calidad microbiológica y la toma de decisiones basadas en datos. La identificación de actores líderes y redes de colaboración internacional abre la posibilidad de generar alianzas estratégicas que impulsen la transferencia de conocimiento hacia contextos locales, especialmente en países emergentes. En ese sentido, la investigación contribuye al aumento de la competitividad del sector mediante la promoción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial, aplicadas al aseguramiento de la calidad alimentaria. De este modo, el estudio no solo responde a una necesidad científica, sino que también ofrece herramientas prácticas para que las

empresas lácteas avancen hacia modelos productivos más seguros, sostenibles y alineados con las demandas del mercado global.

Limitaciones y alcance

Limitaciones de la investigación

El desarrollo del presente estudio presenta diversas limitaciones asociadas a su alcance metodológico y a las fuentes utilizadas. Este análisis se restringe a artículos científicos indexados en bases de datos seleccionadas, como Scopus, lo que puede implicar la exclusión de investigaciones relevantes no indexadas o pertenecientes a literatura gris. Del mismo modo, el periodo de estudio se limita a publicaciones comprendidas entre 2020 y 2024, lo cual podría dejar por fuera aportes previos importantes para comprender la evolución del tema. Adicionalmente, se consideran únicamente documentos en inglés y español, lo que puede generar sesgos al excluir investigaciones publicadas en otros idiomas.

Por otra parte, al tratarse de un análisis bibliométrico, el estudio no contempla validación experimental ni aplicación práctica directa en plantas lácteas, lo que limita su alcance a un enfoque teórico y descriptivo. Igualmente, los resultados dependen de la estrategia de búsqueda y de las palabras clave utilizadas, lo que puede influir en la recuperación de información relevante. Finalmente, el acceso restringido a algunos documentos en texto completo puede dificultar el análisis detallado de ciertos estudios, afectando la profundidad de la revisión.

Alcance de la investigación

El proyecto ha identificado como alcance el análisis bibliométrico de la producción científica publicada entre los años 2020 y 2024, relacionada con la aplicación de la transformación digital en el aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea. El estudio se enfoca en identificar de tendencias de estudios y/o investigaciones, principales

actores, colaboraciones y la conceptualización del campo, mediante el uso de herramientas bibliométricas y bases de datos académicas especializadas. A su vez, el proyecto abarca el análisis de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, tales como IoT, *Big Data* e Inteligencia Artificial, aplicadas al control microbiológico en productos lácteos, principalmente para identificar avances, enfoques predominantes y oportunidades de investigación. Inicialmente, se propone un marco de referencia que oriente la formulación y gestión de proyectos de transformación digital enfocados en la mejora del control de calidad microbiológica en la industria láctea.

Marco de referencia

Marco teórico

Transformación digital en la industria láctea

La industria láctea presenta características particulares que la hacen altamente dependiente del control de calidad, debido a que son productos perecederos y a la susceptibilidad a la contaminación microbiológica. Teniendo en cuenta el contexto presentado, la transformación digital ha emergido como una herramienta clave para fortalecer los sistemas de aseguramiento de la calidad. La implementación de tecnologías digitales favorece mejorar la trazabilidad, el control de procesos y la gestión de información en tiempo real. Según investigaciones recientes, la utilización de sistemas digitales mejora el seguimiento de variables críticas y la detección temprana de desviaciones, (Tingirikari et al., 2024). Asimismo, la unión de sistemas de análisis de datos facilita identificar patrones en los procesos productivos, optimizando la toma de decisiones y reduciendo riesgos asociados a fallas en la calidad (Mhlanga et al., 2024).

Aseguramiento de la calidad microbiológica

El aseguramiento de la calidad microbiológica es un componente fundamental en la industria láctea, orientado a garantizar la inocuidad de los productos mediante el control de microorganismos patógenos y de deterioro. Este proceso implica la implementación de estrategias preventivas, sistemas de control y seguimiento de variables críticas a lo largo de la cadena productiva. Uno de los principales desafíos en este ámbito es la presencia de microorganismos termorresistentes, especialmente bacterias esporuladas, las cuales tienen la capacidad de sobrevivir a los tratamientos térmicos convencionales. Estudios recientes evidencian que estos microorganismos representan una limitación importante para los sistemas tradicionales de control, afectando la estabilidad microbiológica y la vida útil de los productos lácteos.

Tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas al control microbiológico

Las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 han generado un impacto significativo en los sistemas de control de calidad en la industria alimentaria. Entre las más relevantes se encuentran el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la inteligencia artificial, las cuales fortalece el monitoreo continuo, el análisis de bases de datos y la generación de modelos predictivos. El Internet de las Cosas facilita el análisis de datos en tiempo real mediante sensores que monitorean variables críticas del proceso productivo. Por su parte, el *Big Data* proporciona el análisis de información para la identificación de patrones y tendencias, mientras que la inteligencia artificial se identifica por ayudar a la predicción de riesgos y a la optimización de los procesos de control. Investigaciones recientes evidencian que la aplicación de estas tecnologías impulsa mejorar la detección temprana de desviaciones y fortalecer los sistemas de control microbiológico en la industria alimentaria (Mhlanga et al., 2024; Tingirikari et al., 2024).

Análisis bibliométrico como herramienta de investigación

Constituye una metodología importante para la evaluación la producción científica en un área específica del conocimiento, permitiendo identificar tendencias, autores, redes de

colaboración y vacíos de investigación. Este enfoque resulta especialmente pertinente para el estudio de la transformación digital aplicada al control microbiológico en la industria láctea, ya que comprende la evolución del conocimiento en este campo y orientar futuras investigaciones. Según estudios recientes, el análisis bibliométrico facilita la toma de decisiones en investigación y desarrollo, al proporcionar una visión estructurada del estado del arte y de las oportunidades de innovación en un área determinada (Donthu et al., 2021).

Integración teórica

El presente marco teórico integra tres ejes fundamentales: la transformación digital, el aseguramiento de la calidad microbiológica y el análisis bibliométrico. Estos elementos convergen en un enfoque que abordan los desafíos actuales de la industria láctea desde una perspectiva tecnológica y científica. Actúa como un habilitador de innovación, mientras que el aseguramiento de la calidad microbiológica garantiza la inocuidad de los productos. Por su parte, el análisis bibliométrico hace posible comprender la evolución del conocimiento y orientar la generación de nuevas soluciones. En conjunto, estos elementos proporcionan una base teórica sólida para el desarrollo de investigaciones orientadas a mejorar el control microbiológico mediante el uso de tecnologías digitales en la industria láctea.

Marco conceptual

El presente marco conceptual define los principales términos y conceptos que sustentan la investigación sobre la gestión de proyectos de transformación digital aplicada al aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea. Estos conceptos permiten delimitar el enfoque del estudio y facilitar la comprensión de las variables analizadas, especialmente en la relación entre tecnología, calidad e innovación en sistemas productivos. Asimismo, proporcionan una base teórica que orienta el análisis de la integración entre herramientas digitales y procesos de control microbiológico. En este sentido, el marco conceptual incide en la estructuración del estudio desde una perspectiva interdisciplinaria.

Además, impulsa establecer un lenguaje común para la interpretación de los resultados. De igual forma, agiliza la articulación entre teoría y práctica en el contexto industrial. Finalmente, delimita los alcances de la investigación en función de los conceptos definidos (Tingirikari et al., 2024; Mhlanga et al., 2024).

Transformación digital

La transformación digital integra tecnologías en los procesos organizacionales para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones. Este proceso implica cambios estructurales en la forma en que las organizaciones operan y se adaptan a entornos dinámicos. En el contexto industrial, incluye la automatización, digitalización y uso de datos en tiempo real para optimizar operaciones. Del mismo modo, permitiendo mejorar los errores cometidos por la mano de obra, como la trazabilidad y aumentar la productividad. La transformación digital también favorece la innovación en productos y servicios. En el sector alimentario, su implementación fortalece el control de calidad y la seguridad del producto. De esta manera, se convierte en un factor clave para la competitividad empresarial (Destorman et al., 2014; Tingirikari et al., 2024).

Industria 4.0

Se caracteriza por la interconexión de sistemas físicos y digitales mediante tecnologías avanzadas. Este concepto integra herramientas como el Internet de las Cosas, *Big Data*, inteligencia artificial y sistemas ciberfísicos. Su objetivo principal es lograr una producción más eficiente, flexible e inteligente. En la industria láctea, automatiza procesos y mejorar el control de variables críticas. Además, facilita a la toma de decisiones estratégicas basada en datos en tiempo real. La Industria 4.0 también contribuye a reducir costos y mejorar la calidad. Promueve la innovación en los sistemas productivos. Representa un cambio significativo en los modelos industriales tradicionales (Kagermann et al., 2013; Mhlanga et al., 2024).

Gestión de proyectos

Se identifica por ser la disciplina que ayuda a la aplicación de conocimientos, en planificación, ejecución, monitoreo y para el cierre de proyectos de manera eficiente. Este

proceso busca garantizar el cumplimiento de objetivos que consta de restricciones de tiempo, costo y calidad. En el contexto de la transformación digital, la gestión de proyectos implementa soluciones tecnológicas de manera estructurada. Adicionalmente, mejora la coordinación de recursos humanos, tecnológicos y financieros. La gestión adecuada de proyectos contribuye a reducir riesgos y mejorar resultados. Además, permite adaptarse a cambios en entornos dinámicos mediante metodologías ágiles. En la industria láctea, es clave para implementar mejoras en control microbiológico. Por tanto, es un elemento fundamental en procesos de innovación (PMI, 2021; Kerzner, 2017).

Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad corresponde a las actividades planeadas y sistemáticas alineadas con la garantía de que los productos cumplan con las especificaciones establecidas cliente o ente. En la industria alimentaria, este concepto está directamente relacionado con la inocuidad y la calidad del producto final. Incluye la implementación de sistemas de control, monitoreo y mejora continua. Previene fallas en los procesos productivos. El aseguramiento de la calidad también contribuye al cumplimiento de normativas sanitarias. En el sector lácteo, es esencial debido a la sensibilidad de los productos. Además, fortalece la confianza del consumidor. Por tanto, es un pilar fundamental en la gestión industrial.

Calidad microbiológica

Se refiere al nivel de control de microorganismos presentes en un alimento, garantizando que estos no tengan un riesgo para la salud del consumidor. Este concepto incluye la identificación, cuantificación y control microbiológico de patógenos y de deterioro. La calidad microbiológica es fundamental para asegurar la inocuidad de los alimentos. Este influye directamente en la vida útil del producto. En la industria láctea, es un aspecto crítico debido a la susceptibilidad del producto a la contaminación. El control microbiológico requiere la implementación de técnicas analíticas y sistemas de monitoreo. Además, previene riesgos sanitarios. Es un indicador clave de calidad (Jay et al., 2005).

Inocuidad alimentaria

Se relaciona con la seguridad de que el alimento consumido no causará daño al a persona. Este concepto está relacionado con la prevención de riesgos biológicos, químicos y físicos. En la industria láctea, la inocuidad es fundamental debido a la naturaleza del producto. A su vez, implica el cumplimiento de normativas sanitarias. La inocuidad alimentaria requiere la implementación de sistemas de control y monitoreo. Además, contribuye a la protección de la salud pública. También fortalece la confianza del consumidor en los productos. En consecuencia, es un aspecto esencial en la industria alimentaria.

HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)

Integra el sistema preventivo que ayuda a identificar, evaluar y controlar peligros para la seguridad alimentaria. Se basa en el análisis de riesgos a lo largo de la cadena de producción. El HACCP establece puntos críticos de control donde se deben aplicar medidas preventivas. Este sistema es ampliamente utilizado en la industria láctea. Además, mejora la seguridad alimentaria. Su enfoque preventivo reduce la probabilidad de fallas en el proceso. También favorece el cumplimiento de normativas internacionales. Por tanto, es una herramienta clave en el control microbiológico (Mortimore & Wallace, 2013).

Internet de las Cosas

Consiste en una tecnología que ayuda a la conexión de dispositivos y sensores a internet para recopilar y transmitir datos en tiempo real. En la industria láctea, su principal objetivo es el monitoreo de variables críticas de un proceso como lo es la temperatura y condiciones de almacenamiento. Esta tecnología potencia el control continuo de los procesos productivos. Detecta desviaciones de manera oportuna. El IoT contribuye a mejorar la eficiencia operativa. Además, reduce errores humanos en la supervisión. También integra sistemas de control automatizados. Por lo tanto, es una herramienta clave en la transformación digital (Tingirikari et al., 2024).

Big Data

Su principal enfoque es el análisis de grandes volúmenes de datos que no pueden ser procesados mediante herramientas de uso tradicional. Esta tecnología identifica patrones y tendencias en los procesos productivos. En la industria láctea, agiliza el análisis de información relacionada con la calidad. Del mismo modo, contribuye a la toma de decisiones estratégicas basada en datos que mejora la eficiencia operativa. Además, ayuda a identificar riesgos en los procesos. También favorece la optimización de recursos. Debido a ello, es fundamental para la gestión moderna de la calidad (Mhlanga et al., 2024).

Inteligencia Artificial

Corresponde a un conjunto de tecnologías que contribuya al aprendizaje y a la toma de decisiones objetivas de manera autónoma. En la industria láctea, se utiliza para predecir riesgos microbiológicos. Permite optimizar procesos productivos mediante modelos predictivos. La inteligencia artificial ayuda al análisis de grandes volúmenes de datos. Además, contribuye a mejorar la eficiencia operativa. También ayuda a automatizar procesos de control. Su uso reduce errores humanos y mejora la precisión. Por consiguiente, es una herramienta clave en la innovación industrial (Mhlanga et al., 2024).

Sistemas ciberfísicos

Los sistemas ciberfísicos integran procesos físicos con sistemas computacionales. Estos sistemas hacen posible la automatización y control inteligente de procesos industriales. En la industria láctea, mejora el monitoreo en tiempo real. Los sistemas ciberfísicos mejoran la eficiencia operativa. Además, reducen errores en los procesos productivos. Integran tecnologías digitales. En ese sentido, son fundamentales en la Industria 4.0 (Lee et al., 2015).

Trazabilidad

La trazabilidad permite identificar el recorrido de un producto a lo largo de la cadena de suministro. En la industria láctea, ayuda a identificar el origen de contaminaciones. Mejora el control de calidad en cada etapa del proceso. La trazabilidad contribuye a mejorar la seguridad

alimentaria. Además, contribuye a responder rápidamente ante fallas. También fortalece la confianza del consumidor. Su implementación es clave en sistemas modernos de producción. Como resultado, es un elemento esencial en la gestión de calidad (Tingirikari et al., 2024).

Control microbiológico

El control microbiológico comprende un conjunto de técnicas utilizadas para detectar y controlar microorganismos en alimentos. Este proceso incluye análisis de laboratorio y monitoreo en planta. En la industria láctea, es fundamental para garantizar la inocuidad. En ese sentido, previene riesgos sanitarios. El control microbiológico contribuye a mejorar la calidad del producto. Además, contribuye al cumplimiento normativo sanitarias. También potencia la detección temprana de contaminantes. Es un proceso clave en la industria alimentaria (Jay et al., 2005).

Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se define como un método cuantitativo que analiza la producción científica de un área específica. Este enfoque ayuda a la identificación de tendencias de investigación. Reconoce autores y redes de colaboración. El análisis bibliométrico contribuye a evaluar el desarrollo del conocimiento. Además, permite identificar vacíos de investigación. También agiliza la toma de decisiones en investigación. En consecuencia, es una herramienta clave para estudios académicos (Donthu et al., 2021).

Finalmente, los conceptos definidos establecen una base clara para el desarrollo de la investigación, facilitando la comprensión de la relación entre transformación digital, gestión de proyectos y aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea. Además, delimitan el enfoque del estudio y orientan el análisis hacia la identificación de tendencias y oportunidades de mejora.

Marco legal

El aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea se encuentra respaldado por un conjunto de normas y regulaciones a nivel nacional como internacional, orientadas a garantizar la inocuidad de productos alimenticios, la protección del consumidor y el cumplimiento de estándares sanitarios en los procesos productivos. Estas disposiciones establecen lineamientos para el control de riesgos microbiológicos, la higiene en los procesos y la calidad de los productos alimentarios, al tiempo que promueven la implementación de sistemas de gestión y el uso de tecnologías para el monitoreo y control de la producción. En el ámbito internacional, estos marcos regulatorios son emitidos por organismos de referencia global y buscan armonizar las prácticas industriales, garantizar la trazabilidad y fortalecer la confianza del consumidor en los productos lácteos procesados. De manera complementaria, en el contexto nacional, estas directrices se adaptan y reglamentan conforme a las condiciones del país, asegurando su aplicación en la producción, procesamiento y comercialización de alimentos.

Normas nacionales

Decreto 616 de 2006 reglamenta la producción, el proceso y la comercialización de leche y sus derivados, definiendo condiciones sanitarias específicas para el sector lácteo, incluyendo aspectos relacionados con la calidad de la materia prima, el procesamiento y la conservación de los productos. De igual manera, la Resolución 2674 de 2013 establece los requisitos sanitarios que se deben cumplir con los establecimientos dedicados a la fabricación, procesamiento y comercialización de alimentos, contemplando condiciones de higiene, infraestructura, control de procesos y aseguramiento de la calidad. La Ley 1581 de 2012 regula la protección de datos personales, lo cual resulta relevante en el contexto de la transformación digital, dado que el uso de tecnologías para el control microbiológico implica la recolección, almacenamiento y análisis de información sensible y datos operativos. En conjunto, este marco normativo nacional establece las bases para garantizar la calidad, inocuidad y trazabilidad en la

industria láctea, así como la adecuada implementación de sistemas de control y tecnologías en los procesos productivos.

Normas internacionales

El Codex Alimentarius, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), constituye la principal referencia internacional en materia de seguridad alimentaria, estableciendo principios generales de higiene y directrices específicas para la producción, procesamiento y comercialización de leche y sus derivados, incluyendo aspectos relacionados con la pasteurización, la limpieza y desinfección de equipos y el control microbiológico.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado normas fundamentales para la gestión de la calidad e inocuidad alimentaria, entre las que se destacan la ISO 22000:2018, orientada a los sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos mediante un enfoque preventivo basado en riesgos; la ISO 9001:2015, que establece lineamientos para la gestión de la calidad con énfasis de la mejora continua y la satisfacción del cliente; la ISO 17025:2017, que regula la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración, incluyendo aquellos que realizan análisis microbiológicos; y la ISO/TS 22003-1:2022, que define los requisitos para los organismos de certificación de sistemas de inocuidad alimentaria. Estas normas son ampliamente adoptadas a nivel internacional, garantizando la confiabilidad de los procesos y resultados en la industria láctea.

En el ámbito europeo, el Reglamento (CE) N.852/2004 establece los requisitos generales de higiene de los alimentos, regulando aspectos relacionados con la manipulación de la leche cruda, la limpieza de instalaciones y el control microbiológico de los productos, siendo complementado por el Reglamento (CE) N.º 853/2004, que establece normas específicas para alimentos de origen animal, incluyendo criterios microbiológicos para leche y productos lácteos. Por su parte, en Estados Unidos, la Food and Drug Administration (FDA), a través del Food Safety Modernization Act (FSMA), promueve un enfoque preventivo en la gestión de la

inocuidad alimentaria, incentivando el uso de tecnologías digitales y sistemas de trazabilidad que identifica en tiempo real los puntos críticos de contaminación y reducir riesgos microbiológicos en la cadena de producción

La Global Food Safety Initiative (GFSI) impulsa la armonización de los esquemas de certificación en inocuidad alimentaria a nivel mundial, destacándose estándares como BRCGS Food Safety, FSSC 22000 e IFS Food, los cuales incorporan auditorías de tercera parte y promueven la implementación de sistemas digitales para el control de procesos, la automatización de registros y la trazabilidad en las plantas de procesamiento lácteo. En el marco de la transformación digital, normas como la ISO/TR 24028:2020, relacionada con la aplicación de la inteligencia artificial, y la ISO 22005:2021, enfocada en la trazabilidad de la cadena alimentaria, refuerzan la integración de tecnologías digitales en el aseguramiento de la calidad microbiológica.

Antecedentes

La transformación digital y el aseguramiento en la calidad de la microbiología en la industria alimentaria han sido objeto de estudio creciente a nivel internacional, especialmente en el marco de la Industria 4.0. Investigaciones como las de Kagermann, Wahlster y Helbig (2013) establecen las bases de este paradigma, destacando la integración de tecnologías digitales en los sistemas productivos para mejorar la eficiencia, la calidad y la competitividad. En este contexto, autores como Lee, Bagheri y Kao (2015) desarrollan el concepto de sistemas ciberfísicos, los cuales ayudan la interconexión entre procesos físicos y digitales, facilitando el monitoreo en tiempo real de variables críticas en la producción industrial. Bajo esta perspectiva, Porter y Heppelmann (2015) señalan que la digitalización de procesos productivos permite generar valor a través del uso de datos, mejorando la toma estratégica de decisiones y la eficiencia operativa. Este enfoque ha sido aplicado en la industria alimentaria, donde

tecnologías como el Internet de las Cosas, el *Big Data* y la Inteligencia Artificial han contribuido al fortalecimiento de los sistemas de control de calidad microbiológica.

En relación con la inocuidad alimentaria, estudios como los de Doyle y Buchanan (2013) destacan la importancia de implementar sistemas preventivos para el control de peligros microbiológicos, como el enfoque HACCP, ampliamente adoptado en la industria láctea. Adicionalmente, investigaciones como las de Wolfert et al. (2017) y Zhang et al. (2019) evidencian el impacto del uso de tecnologías digitales en la trazabilidad y el control de calidad en la cadena alimentaria, permitiendo una mayor precisión en la detección de contaminantes y la optimización de los procesos productivos. Por su parte, en el ámbito de la investigación científica, el análisis bibliométrico ha sido utilizado como herramienta para comprender la evolución del conocimiento en diferentes áreas. Aria y Cuccurullo (2017), así como Donthu et al. (2021), destacan su utilidad para identificar tendencias, colaboraciones y brechas en la investigación, lo cual resulta relevante para estudios que integran múltiples disciplinas como la transformación digital y la calidad microbiológica.

En el contexto nacional, particularmente en Colombia, las investigaciones relacionadas con la calidad en la industria láctea se han enfocado principalmente en el cumplimiento de normativas sanitarias, el control de procesos y la implementación de sistemas de aseguramiento de la calidad. Sin embargo, la incorporación de tecnologías digitales en estos procesos aún se encuentra en una etapa incipiente. Algunos estudios han abordado la mejora de la calidad mediante enfoques tradicionales, pero existe una limitada integración de herramientas de la Industria 4.0 en el control microbiológico. Esta situación evidencia una brecha entre los avances internacionales y el desarrollo nacional, especialmente en la aplicación de tecnologías digitales para el aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea. Se identifica una escasa articulación entre la transformación digital y la gestión de proyectos como enfoque estratégico para la implementación de estas tecnologías.

En este sentido, El trabajo realizado busca contribuir al cierre de esta brecha mediante el análisis bibliométrico de la producción científica reciente, con el fin de identificar tendencias, vacíos y oportunidades en la intersección entre la transformación digital, la gestión de proyectos y el control microbiológico en la industria láctea.

A continuación, se relacionan 20 de los 39 antecedentes los cuales fueron el resultado de la búsqueda sistemática en Scopus y se consolidó la información de manera individual a partir de la ficha de revisión de literatura (RAE) como se puede observar en el anexo 4:

Development Of Technology For Preparing The Thermostable Milkcontaining Filling And Study Of Infrared Spectra Of Its Components. Pertsevoi F.; Koshel E.; Sabadash S.; Mashkin M.; Mohutova V.; Volokh V. (2020)

El objetivo de este proyecto fue identificar el impacto de la humanidad, el fortalecimiento de capacidades, la implementación de innovación digital y la estrategia de sostenibilidad sobre el rendimiento sostenible, con la contabilidad verde como variable moderadora. La metodología de este estudio emplea análisis cuantitativo de contenidos sobre los informes anuales y la sostenibilidad en el sector industrial listados en el IDX 2021–2022, que comprende un total de 792 datos observacionales utilizando el PLS. Dentro de los resultados o hallazgos, indican que un aumento del 32 % en el desarrollo de capacidades humanas, un 14 % en innovación digital y un 12 % en la estrategia de sostenibilidad tiene un impacto significativo en el rendimiento sostenible. Otro hallazgo muestra que la contabilidad verde solo puede fortalecer la influencia de la innovación digital en el rendimiento sostenible y el resto se debilita y ni siquiera tiene un papel como variable moderadora. De esta manera, la relación con el proyecto de investigación está en la innovación digital para el análisis de datos y toma de decisiones objetivas en tiempo real, para mejorar la estrategia empresarial.

Effects of Risk Aversion and Uncertainty Avoidance on Information Search and Brand

Preference: Evidence from the Chinese Dairy Market, Yang R.; Ramsaran R.; Wibowo S.

(2022)

Este estudio investiga a consumidores chinos de lácteos que han experimentado una de las tantas crisis de seguridad alimentaria más significativas en los últimos años, metodológicamente la investigación fue de tipo explicativa con un enfoque cuantitativo, aplicando una técnica de encuestas estas fueron realizadas a consumidores chinos de productos lácteos, se realizaron mediante cuestionarios estructurados y el análisis se realizó mediante modelado de ecuaciones estructurales, este estudio revela que la aversión al riesgo y la evitación de la incertidumbre estos tienen efectos diferentes en la búsqueda de información de los consumidores, la calidad percibida y la fidelidad a la marca. Por lo tanto, este proyecto evidencia la importancia de la seguridad alimentaria y el control de calidad en la industria láctea. Así mismo respalda la importancia de implementar tecnologías digitales y estrategias de monitoreo.

Regulations, Value Chains and Food Standards in Developing Countries: Panel Data

Evidence from India, Burkitbayeva, S.; Janssen, E.; Swinnen, J. (2021)

En esta investigación se analiza cómo las regulaciones gubernamentales, la cadena de valor y los estándares alimentarios tienen gran influencia en el desempeño y desarrollo de las empresas alimentarias en India, la metodología utilizada fue de tipo explicativa, con enfoque cuantitativo, técnica del análisis econométrico con datos panel, se estudiaron bases de datos empresariales, indicadores regulatorios y modelos estadísticos, los resultados del estudio mostraron que los estándares alimentarios fortalecen la competitividad empresarial, la integración en cadenas de valor favorece la adopción de mejores prácticas de calidad, las regulaciones pueden generar barreras para pequeñas empresas debido a altos costos de cumplimiento, La modernización tecnológica facilita la adaptación a estándares internacionales.

En relación con el proyecto este documento aporta al porque es importante las regulaciones, estándares de calidad y cadenas de valor en el aseguramiento de la inocuidad alimentaria.

Modelling the distribution performance in dairy industry: A predictive análisis, Mor R.S.; Bhardwaj A.; Singh S.; Khan S.A.R. (2021)

Este artículo identifica predictores para medir el rendimiento de distribución en la industria láctea y establecer su importancia. Los predictores claves de rendimiento son la gestión de marketing y distribución, la gestión de calidad, la coordinación de la cadena de suministro y la gestión de marca, la metodología se desarrolla bajo un modelo de distribución mediante técnicas de modelado de ecuaciones estructurales exploratorias (SEM). Se ha desarrollado un instrumento de encuesta, que evalúa a través del coeficiente alfa de Cronbach, como resultado del estudio se encontró que el desempeño de la distribución No. Resultado Predictor Estimación E.E. C.R. Valor p Estado Orden de importancia 1 Desempeño de distribución Coordinación de la cadena de suministro 0.293 0.061 3.110 *** Significativo 3 2 Gestión de calidad 0.300 0.052 4.321 *** Significativo 2 3 Gestión de marketing y distribución 0.321 0.068 4.760 *** Significativo 1 4 Gestión de marca 0.208 0.070 3.127 *** Significativo 4 La significancia estadística se muestra mediante *** $p < 0.05$ Mor R.S., Bhardwaj A., Singh S., Khan S.A.R., 2021. Modelando el desempeño de la distribución en la industria láctea: un análisis predictivo. LogForum 17 (3), 425-440. Esta investigación aporta al proyecto ya analiza factores estratégicos que influyen en el desempeño de distribución dentro de la industria láctea, especialmente la gestión de calidad y la coordinación de la cadena de suministro.

Relationship between the state of the country's logistics and perishable goods' output: dairy Industry, Bauer M.; Mukhametov A.; Trifonov P. (2023)

El objetivo principal de este estudio es evaluar la capacidad y madurez de los sistemas de planificación de la gestión de calidad y la cadena de suministro de productos, implementados por la industria láctea; la metodología se realizó mediante un análisis sistemático de la información estadística, se identificó los descriptores de la eficiencia logística

de la cadena de suministro, además se destacaron las directrices para mejorar la gestión de la cadena de suministro, el estudio utiliza estadísticas secundarias de fuentes abiertas como base para el análisis comparativo de una variedad de indicadores, incluyendo el índice de rendimiento logístico, la cantidad de productos lácteos, el volumen de producción de leche, y otros indicadores que caracterizan la industria láctea, los resultados de este estudio sugieren la inconsistencia de los índices y clasificaciones individuales, que tradicionalmente se utilizan para evaluar el sistema logístico, los valores de Índice de rendimiento logístico confirmaron que la eficiencia interna del sistema logístico lituano supera a los sistemas similares en Rusia y Kazajistán. El estudio que se realizó demuestra la importancia de la logística y la gestión eficiente de la cadena de suministro en la industria láctea.

Using the Analytic Hierarchy Process method to develop two efficiency indicators for the Food Acquisition Program – Milk modality, Neves J.A.; Rangel A.H.D.N.; Neto M.P.; Matos M.M.S.; Silva R.D.C.D.A.; Novaes L.P.; Urbano S.A.; Paulino H.M. (2022)

Describe el proceso de elaboración de dos indicadores para medir la eficiencia del programa de adquisición de alimentos de leche PAA-leche en los Estados que lo implementan, la metodología utilizada consta del proceso de Jerarquía analítica (AHP) para desarrollar el primer indicador, mientras que el análisis de componentes principales se empleó como herramienta para cortar y simplificar la estructura del primer indicador y obtener el segundo indicador, los resultados demuestran el gran potencial de la herramienta AHP junto con las herramientas estadísticas para desarrollar indicadores que diagnostiquen y supervisen las políticas públicas en Brasil. Los estados de Alagoas, Paraíba y Ceará presentaron la mejor eficiencia en el desempeño del programa, mientras que Bahía y Pernambuco presentaron los peores resultados. Este estudio aporta al proyecto de investigación porque demuestra la importancia del uso de herramientas analíticas y modelos de evaluación para medir la eficiencia en programas relacionados con la cadena alimentaria y el sector lácteo.

Using the Analytic Hierarchy Process method to develop two efficiency indicators for the Food Acquisition Program – Milk modality, Neves J.A.; Rangel A.H.D.N.; Neto M.P.; Matos M.M.S.; Silva R.D.C.D.A.; Novaes L.P.; Urbano S.A.; Paulino H.M. (2022)

El artículo pretende buscar el punto de equilibrio entre la mejora de la calidad y el consumo de costes, y encuentra los pasos clave de la producción de alimentos perecederos, enfoque novedoso combinando la Técnica de Evaluación y Revisión Gráfica (GERT) y el enfoque bayesiano, donde GERT se utiliza para modelar la incertidumbre de la evolución de la calidad y el enfoque bayesiano para evaluar la dinámica de calidad y coste en un contexto estocástico. Resultados o Hallazgos primero, el tiempo de ejecución del programa para buscar la solución óptima es razonable y aceptable. En segundo lugar, los resultados óptimos de la solución se mantienen estables a pesar de que existen varias combinaciones de valores de equilibrio para dos objetivos, lo que indica que la maximización del nivel de calidad y la minimización de costes son dos objetivos opuestos, y el nivel de calidad decide los costes de producción, y viceversa. En tercer lugar, los compromisos entre calidad y coste también se discuten modificando el peso de cada objetivo, lo que muestra que ese peso conduce a la diversidad de actividades de mejora de la calidad, así como a la diversidad de las consecuencias de la mejora y el coste de consumo. En cuarto lugar, se encuentran los pasos clave del proceso de producción de productos lácteos, lo que implica que los pasos asociados a la producción de materiales comestibles desempeñan el papel más importante en el control de calidad de los productos lácteos, especialmente en un contexto de presupuesto insuficiente. En relación con el Proyecto de Investigación aporta porque analiza el equilibrio entre calidad y costos en la producción de alimentos perecederos, aspecto fundamental para la industria láctea y para la gestión de proyectos de transformación digital orientados al aseguramiento de la calidad microbiológica.

Consumers' Preferences and Willingness to Pay (WTP) for Traceable Liquid Milk: A Survey in Dhaka, Bangladesh, Hossain K.Z.; Xue J.; Rabbany M.G. (2023)

El presente estudio evalúa factores que puedan influir en las preferencias y el WTP de los consumidores para la leche líquida trazable, metodológicamente es de tipo descriptivo y explicativo con enfoque cuantitativo, mediante una encuesta aplicada a consumidores de leche líquida en Dacca, Bangladesh, cuestionarios estructurados aplicados a 384 consumidores durante el año 2021 y análisis estadístico mediante regresión de intervalos para evaluar la disposición a pagar (WTP) por leche líquida trazable. Los resultados obtenidos de 384 consumidores en Dacca en 2021, indican que los consumidores están dispuestos a pagar casi un 12% de precio por la leche líquida trazable en comparación con la leche líquida no trazable, el análisis de regresión de intervalos revela que la certificación internacional de terceros, la marca, el precio, la información sobre contaminantes, los ingresos y el consumo de leche son factores importantes para determinar el WTP de los consumidores para la leche líquida trazable. Este estudio aporta al proyecto de investigación, porque evidencia la importancia de la trazabilidad y la transparencia en la industria láctea para generar confianza en los consumidores.

¿Do private translation mechanisms encourage food safety in dairy production?

Evidence from the Brazilian Conseeleites, de Oliveira G.M.; Schnaider P.S.B.; Saes M.S.M.; Martino G. (2023)

Objetivo del Proyecto es investigar cómo y por qué el papel de traducción de las meso instituciones privadas puede ayudar en la implementación de normas de seguridad alimentaria en las cadenas de suministro lácteas brasileñas, metodología aplicada basándose en un conjunto de datos único que contiene datos a nivel de productor, combinamos un enfoque de diferencia en diferencias con el emparejamiento para investigar la experiencia de los

Conseleites brasileños. Los hallazgos indican que los niveles de calidad de la leche tienden a ser más altos en los estados donde operan los Conseleites, lo que sugiere una reducción en el coste de obtención y difusión de la información, y potencialmente, en los costes de transacción de forma más general. Este estudio aporta al proyecto de investigación porque analiza mecanismos que fortalecen la seguridad alimentaria y la calidad en la cadena de suministro láctea, especialmente mediante la gestión y difusión de información entre productores y actores del sector.

Towards white revolution 2.0: challenges and opportunities for the industry 4.0 technologies in Indian dairy Industry, Malik M.; Gahlawat V.K.; Mor R.S.; Hosseinian-Far A. (2024)

Objetivo del Proyecto o del documento es analizar los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de tecnologías de Industria 4.0 en la industria láctea india, identificando cómo herramientas digitales como IoT, inteligencia artificial, automatización, Big Data y sistemas inteligentes pueden transformar la eficiencia y la calidad en el sector lácteo, la metodología aplicada fue un tipo investigación descriptivo y analítica, con un enfoque cualitativo revisión documental y análisis de tecnologías aplicadas a la industria láctea, se revisaron artículos científicos, bases de datos académicas y análisis comparativo de tecnologías de Industria 4.0 aplicadas al sector lácteo, los hallazgos las tecnologías internet de las cosas y sensores inteligentes permiten monitoreo en tiempo real de procesos lácteos, la inteligencia artificial y Big Data mejoran la toma de decisiones y el análisis predictivo., Blockchain fortalece la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro. La automatización optimiza la productividad y reduce errores operativos. Los principales desafíos son los altos costos, la infraestructura limitada y la necesidad de capacitación tecnológica, este estudio aporta significativamente al proyecto de investigación porque aborda directamente la transformación digital y la implementación de tecnologías Industria 4.0 en la industria láctea, temática central del trabajo investigativo.

Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy, Casino F.; Kanakaris V.; Dasaklis T.K.; Moschuris S.; Stachtiaris S.; Pagoni M.; Rachaniotis N.P. (2020)

Objetivo principal es analizar cómo la tecnología blockchain puede fortalecer la trazabilidad, transparencia y seguridad de la cadena de suministro alimentaria mediante un estudio de caso aplicado al sector lácteo, metodología de estudio de caso, enfoque Cualitativo y tecnológico, técnica, implementación de blockchain en una cadena de suministro láctea, instrumentos modelos de arquitectura Blockchain, análisis de procesos logísticos y evaluación de trazabilidad digital. Hallazgos, el blockchain permite registrar información de manera segura e inalterable, la trazabilidad digital mejora la transparencia en la cadena de suministro, se reducen riesgos de fraude y pérdida de información, la tecnología fortalece el monitoreo de calidad y seguridad alimentaria, existen desafíos relacionados con costos, infraestructura y adopción tecnológica. El estudio realizado aporta al proyecto de investigación porque aborda directamente la transformación digital y la implementación de tecnologías inteligentes en la industria láctea, específicamente mediante blockchain aplicado a la trazabilidad alimentaria.

Determining the efficiency of cleaning a milk line made from different materials from contaminants. Paliy A.; Aliiev E.; Paliy A.; Nechyporenko O.; Baidevliatova Y.; Baydevliatov Y.; Lazorenko A.; Ukhovskyi V.; Korniienko L.; Sharandak P. (2021)

El objetivo de la investigación es determinar la eficiencia de los procesos de limpieza en líneas de leche elaboradas con distintos materiales, identificando su capacidad para evitar contaminantes y mejorar la seguridad e inocuidad en la industria láctea, metodología, tipo de investigación Experimental, con enfoque cuantitativo, técnica evaluación de procesos de limpieza y análisis microbiológico en líneas de leche fabricadas con diferentes materiales, instrumentos pruebas microbiológicas, análisis de superficies, medición de contaminantes y evaluación comparativa de materiales utilizados en líneas de procesamiento lácteo. Los resultados identificaron diferencias en la eficiencia de limpieza según el material de la línea de

leche, algunos materiales favorecen menor acumulación de residuos y microorganismos, los procesos adecuados de saneamiento reducen significativamente el riesgo de contaminación microbiológica, la optimización de limpieza contribuye al aseguramiento de calidad e inocuidad alimentaria. En relación con el proyecto de investigación es directamente con el aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea.

A proposed framework model for dairy supply chain Traceability, Tan A.; Ngan P.T. (2020)

Identificar los posibles roles de la tecnología Blockchain para superar los problemas de seguridad alimentaria en el sector lácteo nacional de Vietnam es el principal objetivo de la investigación, la metodología se basa en un enfoque inductivo con diseño cualitativo utilizando datos recogidos de múltiples fuentes secundarias. Se ha recomendado específicamente un marco que combine blockchain y tecnologías relacionadas para el sector lácteo nacional vietnamita para abordar los problemas de seguridad alimentaria y trazabilidad, resultados o hallazgos, el modelo propuesto mejora el seguimiento de productos en toda la cadena de suministro, la trazabilidad fortalece la transparencia y confianza del consumidor, los sistemas digitales optimizan el control de calidad y monitoreo logístico, la integración tecnológica contribuye a reducir riesgos de contaminación y pérdidas operativas. Se relaciona directamente ya que aborda la trazabilidad y transformación digital en la industria láctea, aspectos fundamentales para el aseguramiento de la calidad microbiológica y la seguridad alimentaria.

Ripple effect of moral hazard: ¿How does CSR misconduct impact firm performance in the dairy industry?, Meng X.; Zhu Y.; Zhong M. (2020)

Estudiar cómo la mala conducta de la responsabilidad social corporativa colectiva (RSC) afecta al rendimiento del mercado de las empresas en la industria láctea, metodología aplicada fue con un enfoque de estudio de eventos, se investigó el efecto dominó del incidente de melamina en China como choque exógeno, los resultados muestran que la mala conducta industrial en RSC tiene un efecto supresor sobre las empresas implicadas, supresión y efecto

de desbordamiento solapado sobre empresas nacionales que no estuvieron involucradas, así como efectos de desbordamiento para pares extranjeros. El estudio se relaciona con el proyecto de investigación porque evidencia cómo los problemas relacionados con la seguridad alimentaria y la responsabilidad social corporativa pueden afectar significativamente el desempeño y la reputación de las empresas de la industria láctea.

CONSUMER PERCEPTION TOWARDS TRACEABLE DAIRY PRODUCTS: AN EMPIRICAL STUDY, Malik M.; Gahlawat V.K.; Mor R.; Kharub M. (2024)

Explorar la percepción de los consumidores sobre la trazabilidad de productos dentro de la industria láctea. Busca abordar la brecha entre las prácticas del sector y las demandas de los consumidores investigando sus preferencias, percepciones y problemas, lo que conduce a una mayor toma de decisiones, transparencia y un futuro sostenible; metodología aplicada, se realizó una revisión bibliográfica para identificar lagunas en la investigación, los autores desarrollaron un cuestionario sobre trazabilidad en el contexto de la seguridad alimentaria y la concienciación sobre la calidad. Se utilizó análisis factorial exploratorio (EFA) para analizar los datos recogidos de 439 encuestados, y el análisis de componentes principales (PCA) para factorizar la categorización y analizar la percepción del consumidor sobre la trazabilidad. El análisis de fiabilidad de los datos muestra una fiabilidad significativamente alta de los datos. Se extrajeron cinco factores tras realizar la EFA, y las cargas de factores y la comunitaridad fueron aceptables, la investigación indica que la demanda de transparencia de los consumidores en la industria láctea está aumentando, los consumidores están cada vez más interesados en conocer el trasfondo histórico de los productos lácteos, las prácticas de producción y los aspectos éticos. La trazabilidad se convierte en un factor influyente en las compras y en la dedicación a una marca. La relación del estudio con el proyecto de investigación es porque analiza la percepción de los consumidores frente a la trazabilidad en productos lácteos, aspecto directamente relacionado con la transformación digital y el aseguramiento de la calidad en la industria láctea.

Identifying biofilm forming bacteria in cow milk in Mekong Delta, Viet Nam, Phong N.T.;

Lien B.H.; Nguyen P.T.B.; Tien H.V.; Vinh B.T. (2023)

Identificar bacterias formadoras de biofilm presentes en leche de vaca recolectada en el delta del Mekong, Vietnam, con el fin de evaluar riesgos microbiológicos asociados a la calidad y seguridad alimentaria, metodología, tipo de investigación experimental, enfoque cuantitativo, técnica Muestreo microbiológico y análisis de bacterias formadoras de biofilm en leche de vaca, instrumentos pruebas microbiológicas, cultivos bacterianos, identificación de microorganismos y evaluación de capacidad de formación. Se identificaron bacterias con capacidad de formar biofilms en muestras de leche de vaca, los microorganismos detectados presentan resistencia a procesos convencionales de limpieza, la formación de biofilms aumenta el riesgo de contaminación persistente en equipos y superficies, el monitoreo microbiológico es esencial para prevenir problemas de inocuidad alimentaria. se relaciona directamente con el control microbiológico y la presencia de microorganismos resistentes en la industria láctea, temática central del trabajo investigativo.

Economic Effects of a Potential Foodborne Disease: Potential Relationship between Mycobacterium Avium Subs. Paratuberculosis (MAP) in Dairy and Crohn's in Humans,

Chiu L.J.V.; Tauer L.W.; Smith R.L.; Grohn Y.T. (2020)

Evaluar los efectos económicos y de bienestar social derivados de un posible choque alimentario causado por la difusión de información sobre la presencia de MAP en la leche y su posible asociación con la enfermedad de Crohn, así como analizar el efecto de una intervención gubernamental destinada a reducir dicho riesgo, metodología Tipo de investigación, explicativa y aplicada. con un enfoque cuantitativo, aplicando encuestas a consumidores y modelación económica de escenarios de choque alimentario, se aplicaron instrumentos como lo son cuestionarios de percepción del riesgo, análisis estadístico de demanda y modelos de bienestar económico para estimar pérdidas sociales y cambios en el

consumo de leche, en los resultados encontrados de evidencio que el 19,6 % de los consumidores expuestos a la información sobre MAP dejarían de consumir leche a los precios actuales de mercado, solo el 5 % de estos consumidores volverían a sus niveles originales de consumo después de una intervención gubernamental, los costos sociales estimados del choque alimentario ascienden a aproximadamente 18.200 millones de dólares, la percepción de riesgo tiene un impacto significativo y duradero sobre la demanda de productos lácteos. En relación con el proyecto este estudio aporta de manera importante porque demuestra las consecuencias económicas, sociales y reputacionales que pueden derivarse de fallas en el control microbiológico de los productos lácteos.

Consumer Willingness to Pay for Food Safety Attributes in China: A Meta-Analysis, Yang W.; Fang L. (2021)

Este artículo empleó modelos de meta-regresión para analizar los resultados empíricos de las estimaciones de WTP para atributos de seguridad mediante una exhaustiva recuperación bibliográfica de estudios relevantes, metodología) de tipo de investigativo documental y explicativo con enfoque cuantitativo, técnica de metaanálisis y metarregresión, instrumentos revisión exhaustiva de literatura científica sobre disposición a pagar (WTP) por atributos de seguridad alimentaria en China; recopilación de datos secundarios provenientes de estudios previos; aplicación de modelos de metarregresión de efectos mixtos y análisis estadístico para identificar factores que influyen en la disposición a pagar de los consumidores, los resultados mostraron que, en distintos grados de significado, la WTP de los consumidores variaba según las distintas características del estudio. En cuanto a los tipos de productos alimenticios, se encontró que los productos lácteos se asocian con el mayor WTP. Este estudio se asocia con el proyecto porque demuestra la importancia que los consumidores otorgan a la seguridad alimentaria, la calidad y la trazabilidad en los productos lácteos.

Milk Quality Prediction Using Machine Learning. Bhavsar D.; Jobanputra Y.; Swain N.K.; Swain D. (2024)

Objetivo del proyecto es desarrollar un sistema basado en aprendizaje automático que permita predecir la calidad de la leche de manera rápida y precisa, utilizando variables fisicoquímicas y modelos de clasificación para apoyar el control de calidad en la industria láctea, metodología de investigación aplicada y experimental, con enfoque cuantitativo, técnica desarrollo y evaluación de modelos de Machine Learning, instrumentos, base de datos de calidad de leche obtenida de Kaggle, preprocesamiento de datos mediante Label Encoding y Min-Max Scaling, algoritmos Random Forest (RF) y Support Vector Machine (SVM), división de datos: 80 % entrenamiento y 20 % prueba, evaluación mediante Accuracy, Precision, Recall y F1-Score. Resultados, el algoritmo Random Forest obtuvo una exactitud del 92 %, superior al modelo SVM, random Forest alcanzó un Recall de 1.00 y un F1-Score de 0.92, el sistema permitió clasificar la leche en categorías de calidad alta, media y baja, los modelos de Machine Learning demostraron capacidad para apoyar la evaluación rápida de la calidad de la leche. Este artículo aporta de manera directa al proyecto de investigación porque demuestra cómo las tecnologías de transformación digital, específicamente la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, pueden aplicarse al aseguramiento de la calidad en la industria láctea.

Effect of Mycotoxins on Reproduction and Milk Quality of Dairy Cattle and its Amelioration by Natural Adaptogen "Betulin". Gnezdilova L.; Fedotov S.; Muradyan Z.; Rozinsky S.; Gade R.R. (2023)

Objetivo del documento es determinar el efecto de las micotoxinas en la reproducción y la calidad de la leche, así como su mejora mediante la "Betulina" en vacas Russian Black Pied holsteinizadas lactantes, divididas en 2 complejos que a su vez se dividieron en 2 grupos; metodología, tipo de investigación experimental, enfoque cuantitativo, técnica evaluación comparativa de grupos de ganado lechero expuestos a micotoxinas y tratados con Betulina, instrumentos , análisis de calidad de leche, evaluación de parámetros reproductivos, monitoreo

productivo y análisis de indicadores de salud animal, en los hallazgos se observó que las vacas con alto rendimiento lechero tienen tasas bajas ($82,14 \pm 1,59\%$) de descendencia productiva en el método extensivo, mientras que en el método intensivo de cría era mayor ($85,12 \pm 2,31\%$). Durante el experimento se observó contaminación por micotoxinas en el alimento, especialmente para la zearalenona (ZEN), cuya concentración fue de 9. 5% en ensilado de maíz y 8. 9% en pienso concentrado. En las vacas, la presencia de toxina ZEN o *Fusarium* contribuyó significativamente a la infertilidad y disminuyó la producción de leche ($8523. 9 \pm 112. 5$ frente a $7153. 8 \pm 99,7$ kg). Sin embargo, las vacas lactantes mostraron tolerancia a las micotoxinas, como lo demuestran cambios insignificantes en los indicadores de calidad de la leche en los animales sujetos. Además, el uso del adaptógeno natural "Betulin" contribuyó a un aumento en la producción de leche y a una mejora en la calidad y los parámetros sanitarios de la leche. Este estudio aporta al proyecto de manera directa ya que aborda factores que afectan la calidad e inocuidad de la leche, específicamente la presencia de contaminantes biológicos como las micotoxinas.

Diseño metodológico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo, exploratorio y de tipo bibliométrico, mediante un diseño no experimental, transversal y documental. La población correspondió al total de publicaciones relacionadas con transformación digital, control microbiológico e industria láctea. La muestra estuvo conformada por artículos y revisiones científicas publicados entre 2020 - 2024, en inglés y español, indexados en Scopus, seleccionados con una estrategia de búsqueda específica.

Técnicas de búsqueda

Las técnicas de búsqueda se basaron en la identificación de literatura científica en la intersección entre la transformación digital, el control de calidad microbiológica y la industria

láctea. Para ello, se empleó una combinación de términos controlados y operadores booleanos (AND, OR), estructurados de la siguiente manera:

(TITLE-ABS-KEY ("Microbiological Quality" OR "Microbial Quality" OR "Quality Control" OR "Quality Assurance" OR "Food Safety" OR "Pathogen Detection" OR "Contamination" OR "Microbial Spoilage" OR "Hygiene Monitoring" OR "Microbial Testing" OR "Food Analysis") AND TITLE-ABS-KEY ("Dairy Industry" OR "Dairy Sector" OR "Dairy Products" OR "Milk Processing" OR "Milk" OR "Cheese" OR "Yogurt")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))

Estos términos fueron combinados mediante operadores booleanos para delimitar la búsqueda en la base de datos. Como resultado, se obtuvo un total de **35.621 registros iniciales**, los cuales fueron sometidos a un proceso de depuración para identificar aquellos pertinentes al objeto de estudio.

Criterios de inclusión y exclusión

Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión con el fin de depurar los registros y obtener una muestra representativa. *Criterios de inclusión:* Artículos científicos y revisiones publicados entre 2020 y 2024, Documentos en idioma inglés o español, publicaciones relacionadas con calidad, inocuidad, innovación o transformación digital en la industria láctea, dentro del área de Business, Management and Accounting. *Criterios de exclusión:* Documentos duplicados, publicaciones sin relación directa con el tema de estudio, registros con información incompleta o sin acceso al texto (anexo 1).

Identificación y selección de estudio

La selección de estudios se realizó siguiendo los lineamientos PRISMA 2020 adaptados para estudios bibliométricos. Inicialmente, se identificaron 35,621 registros en la base de datos Scopus (Anexo 2). Posteriormente, se aplicaron filtros relacionados con año de publicación, tipo de documento, idioma y área temática, eliminándose 27,342 registros. Los 8,279 registros restantes fueron revisados los títulos, resúmenes y metadatos bibliográficos. Durante esta fase de cribado se excluyeron 8,240 documentos por no presentar relación directa con la industria láctea, la calidad microbiológica, la transformación digital o la gestión de proyectos. Finalmente, se seleccionaron 39 documentos para el análisis bibliométrico final.

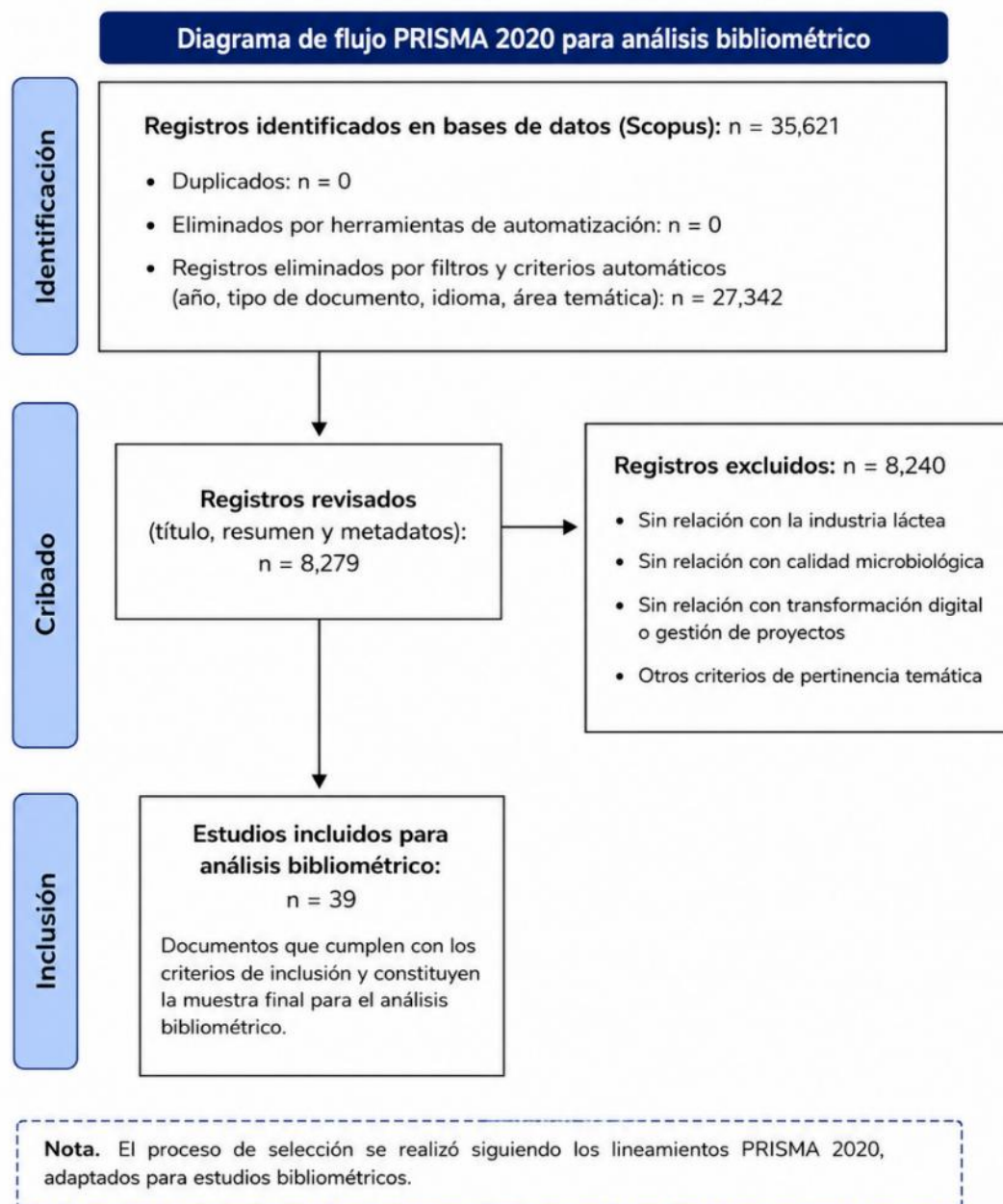
Consideraciones éticas

Este estudio investigación es de carácter bibliométrico y documental, por lo que no implicó intervención directa con seres humanos ni manipulación de información confidencial. El desarrollo del estudio se realizó bajo principios éticos de integridad académica, transparencia y respeto por la propiedad intelectual, garantizando la adecuada citación de las fuentes consultadas y el uso responsable de la información obtenida de bases de datos científicas.

Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección documental para el análisis bibliométrico

Figura 1.

Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección documental para el análisis bibliométrico



Herramientas de recolección de datos

La recolección de información del estudio se realizó a partir de fuentes secundarias, específicamente artículos científicos indexados en bases de datos académicas. La principal herramienta utilizada para la obtención de información fue la base de datos Scopus, la cual se seleccionó por su gran cobertura multidisciplinaria, calidad de indexación y disponibilidad de metadatos estructurados, los cuales son fundamentales para el desarrollo de estudios bibliométricos. Para la recuperación de la información se aplicó una búsqueda estructurada, construida mediante la combinación de palabras clave relacionadas con calidad microbiológica e industria láctea, utilizando operadores booleanos (AND, OR). Esta herramienta permitió delimitar y focalizar la información relevante para el estudio.

Una vez obtenidos los registros, estos fueron exportados y organizados en una matriz de datos en Microsoft Excel, herramienta utilizada para la sistematización, depuración y clasificación de la información, incluyendo las siguientes variables: autores, año de publicación, país, revista y palabras clave. Para el análisis de la información se utilizó el software Bibliometrix (Biblioshiny), el cual permitió procesar los datos y generar indicadores bibliométricos, redes de colaboración y mapas conceptuales. “Scopus fue seleccionada debido a su amplia cobertura multidisciplinaria y compatibilidad con herramientas bibliométricas como Bibliometrix.”

Validez y fiabilidad de los datos

La validez de la información se garantiza mediante la utilización de fuentes científicas indexadas en Scopus, lo cual asegura la calidad y rigor académico de los documentos analizados. La fiabilidad del estudio se respalda en el uso de herramientas estandarizadas de análisis bibliométrico y en la aplicación de una estrategia de búsqueda estructurada y replicable, lo que permite la reproducibilidad del proceso investigativo.

Análisis y Resultados obtenidos

Resumen de Producción Científica y Colaboración Internacional

El análisis bibliométrico se realizó sobre un total de 39 documentos científicos publicados entre 2020 y 2024, los cuales abordan la intersección entre la transformación digital, la gestión de la calidad microbiológica y la industria láctea. Durante este periodo, se identificó una tasa de crecimiento anual de -3,28 %, lo que indica una ligera disminución en las publicaciones recientemente realizadas. Este comportamiento sugiere que el campo ha alcanzado una etapa de madurez científica, caracterizada por investigaciones más focalizadas en áreas específicas de aplicación tecnológica. Las publicaciones proceden de 28 fuentes académicas, lo que evidencia una diversificación moderada de revistas especializadas que difunden conocimiento sobre control microbiológico, seguridad alimentaria e innovación digital. En total, participaron 167 autores, de los cuales solo uno publicó de forma individual, mientras que el resto lo hizo de manera colaborativa, reflejando una tendencia hacia el trabajo interdisciplinario e interinstitucional. La coautoría internacional representa el 33,33 % de los artículos analizados, lo que demuestra un alto nivel de cooperación internacional entre los autores.

Figura 2.

Resumen de indicadores bibliométricos de la producción científica (2020–2024).



Nota. Indicadores del análisis bibliométrico.

La colaboración científica se evidencia especialmente entre regiones con tradición investigativa en el sector alimentario y tecnológico, destacándose las alianzas entre países asiáticos y europeos. En promedio, cada documento fue elaborado por 4,49 autores, evidenciando la participación de equipos técnicos y académicos multidisciplinarios. En cuanto a los indicadores de contenido, se contabilizaron 373 palabras clave de autor y 377 referencias citadas, lo que muestra una amplia diversidad temática y un sólido sustento teórico en las publicaciones. Además, la edad promedio de los documentos es de 3,1 años, lo que confirma la actualidad y vigencia de las investigaciones incluidas. Finalmente, se observó un promedio de 17,79 citas por documento, indicador que refleja la relevancia y el impacto académico de los estudios en este campo. En conjunto, estos resultados permiten afirmar que la investigación sobre transformación digital y control microbiológico en la industria láctea se encuentra en un proceso de consolidación, con una base científica robusta y una colaboración internacional sostenida, que sienta las bases para futuros proyectos de innovación orientados al aseguramiento de la calidad y la seguridad alimentaria.

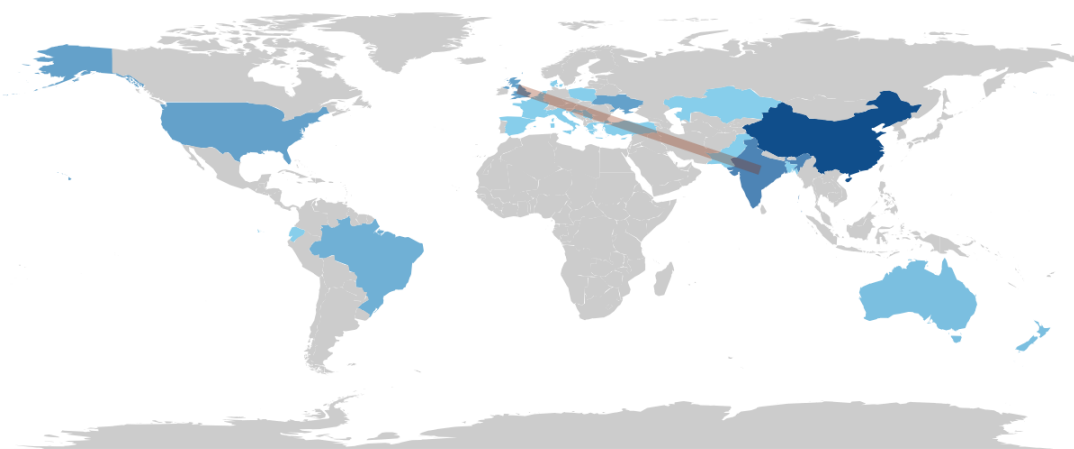
Mapa mundial de colaboración científica

El mapa (*Figura.3*) evidencia la distribución geográfica de las investigaciones científicas y de las colaboraciones realizadas en el campo de estudio entre 2020 y 2024. Se observa una alta concentración de publicaciones en China e India, países que lideran la investigación sobre transformación digital aplicada al control microbiológico en la industria láctea. En Europa, destacan Italia, España y el Reino Unido como nodos relevantes que establecen vínculos de cooperación académica y tecnológica, principalmente con Asia. En América Latina, Brasil muestra una presencia significativa, actuando como referente regional en temas de calidad y seguridad alimentaria digitalizada. Los tonos más claros representan países con menor producción o participación colaborativa, en lo que observas una necesidad de fortalecer la

investigación intercontinental y los proyectos conjuntos entre regiones emergentes. En general, la red refleja una tendencia hacia la internacionalización del conocimiento, donde las alianzas entre instituciones europeas y asiáticas impulsan la difusión científica y tecnológica relacionada con la gestión inteligente de la calidad en productos lácteos.

Figura 3.

Mapa mundial de colaboración científica.



Nota. Adaptado de Bibliometrix

Para complementar el análisis del mapa de colaboración, en la Tabla 1 se presenta la intensidad de colaboración entre países.

Tabla 1.

Análisis de colaboración científica por países.

Región / País	Colaboradores principales	Tipo de colaboración	Temas predominantes	Observaciones relevantes
China	India, Italia, Reino Unido	Internacional	Control microbiológico, sensores inteligentes,	Lidera la producción científica global; fuerte inversión en tecnologías 4.0

Región / País	Colaboradores principales	Tipo de colaboración	Temas predominantes	Observaciones relevantes
			trazabilidad digital	aplicadas a la inocuidad alimentaria.
India	China, Reino Unido, España	Internacional	IoT, monitoreo de calidad, <i>big data</i> en lácteos	Alta productividad y cooperación con Europa; foco en soluciones de bajo costo.
Italia	España, China, Brasil	Internacional	Calidad alimentaria, automatización, HACCP digital	Actúa como puente entre Europa y Asia; liderazgo en proyectos interdisciplinarios.
España	Italia, India, Reino Unido	Internacional	Inteligencia artificial, calidad microbiológica, digitalización industrial	Enfoca la investigación en la integración de sistemas digitales y sostenibilidad.
Reino Unido	China, India, España	Internacional	Data analytics, transformación digital, control de procesos	Alta participación en proyectos colaborativos financiados por la UE.
Brasil	Italia, España, Estados Unidos	Regional e internacional	Calidad láctea, seguridad alimentaria, digitalización de procesos	Destacado en Latinoamérica; creciente colaboración en redes globales.
Estados Unidos	Reino Unido, Brasil	Internacional	<i>Big Data</i> , análisis	Participación moderada,

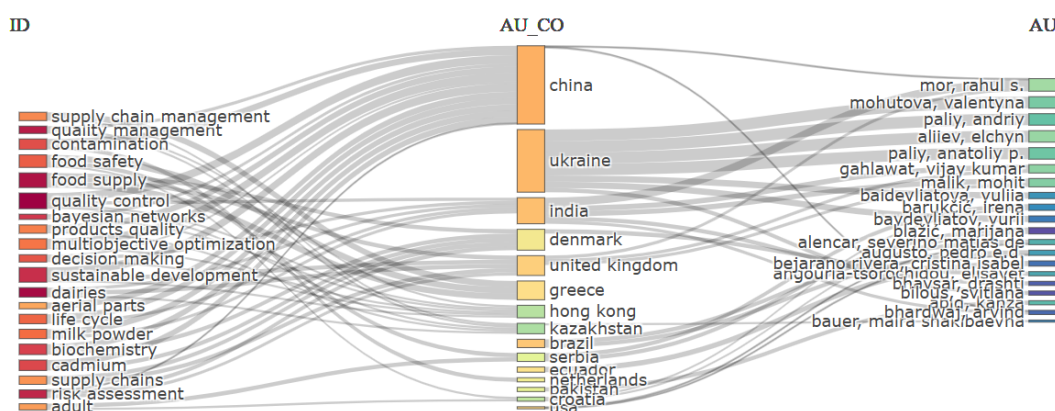
Región / País	Colaboradores principales	Tipo de colaboración	Temas predominantes	Observaciones relevantes
			predictivo, innovación alimentaria	centrada en aplicaciones tecnológicas y modelos de calidad.
Rusia	China, India	Internacional	Tecnología de procesamiento, microbiología aplicada	Colaboración focalizada en aspectos tecnológicos de la pasteurización.
Alemania	Italia, España, China	Internacional	Sistemas de trazabilidad, automatización, sostenibilidad	Relevante por su contribución a estándares digitales de calidad alimentaria.
Colombia / Latino América emergente	Brasil, España, México	Regional	Control microbiológico, BPM, transformación digital incipiente	Potencial de crecimiento; aún con baja representación en la red científica global.

Tabla 1. Fuente: Elaboración propia a partir del análisis bibliométrico.

Mapa de tres campos

Figura 4.

Mapa de tres campos (temas, países y autores).



Nota. Adaptado de Bibliometrix.

La gráfica representa la interconexión entre los temas de investigación (izquierda), los países de afiliación de los autores (centro) y los principales investigadores (derecha) en el campo de la transformación digital y el control de calidad microbiológico en la industria láctea, durante el periodo 2020–2024. En el eje central, los países con mayor investigación y colaboración internacional son China, Ucrania e India, evidenciando su papel protagónico en la investigación sobre gestión de calidad, seguridad alimentaria y sostenibilidad. China aparece como el principal nodo, vinculado con autores de alta productividad y una diversidad de temas como supply chain management, food safety, contamination y quality control.

Tabla 2.

Intensidad de colaboración científica entre países.

País de origen	País colaborador	Intensidad de colaboración (valor absoluto)
China	New zealand	171.48
China	Hong kong	114.11
Brasil	Usa	112.46

País de origen	País colaborador	Intensidad de colaboración (valor absoluto)
India	Usa	112.46
China	Bangladesh	90.24
China	India	79.61
United kingdom	Turkey	35.17
Ucrania	Poland	19.39
Serbia	Croatia	16.40
Brasil	Italy	12.07

Tabla 2. Elaboración propia con datos de Bibliometrix. País de origen y país colaborador.

Ucrania, aunque con menor volumen, muestra una concentración temática en redes bayesianas, optimización multiobjetivo y toma de decisiones, reflejando un enfoque más estadístico y analítico. India y el Reino Unido, por su parte, integran estudios sobre IoT, trazabilidad y desarrollo sostenible, con investigadores como Rahul S. Mor y Vijay Kumar Gahlawat en posiciones destacadas. Los temas dominantes (food safety, quality management, sustainable development, decision-making) revelan una orientación hacia la eficiencia y sostenibilidad en las cadenas de suministro lácteas, mientras que la conexión entre regiones refleja un creciente interés hacia digitalización y automatización de procesos de control microbiológico. En conjunto, el mapa visualiza cómo las tendencias temáticas y geográficas convergen en autores clave, consolidando la colaboración internacional y fortaleciendo la gestión de proyectos de innovación tecnológica en el sector alimentario.

Mapa de co-ocurrencia

Figura 5.

Mapa de co-ocurrencia de palabras clave.



Figura 5. Estructura conceptual del campo de investigación Adaptado de Bibliometrix.

El mapa (figura 5) Muestra la estructura conceptual del campo de investigación mediante la agrupación de palabras clave asociadas a los temas más estudiados entre 2020 y 2024. Cada color representa un clúster temático, es decir, un grupo de términos que suelen aparecer juntos en los mismos artículos, evidenciando líneas de investigación consolidadas.

Clúster rojo: liderado por food safety, integra conceptos como industry 4.0, food supply, traceability y sustainability. Este grupo refleja la implementación de tecnologías digitales para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y la trazabilidad en los sistemas productivos.

Clúster azul: gira en torno a quality control, dairies, sustainable development y multiobjective optimization, representando investigaciones orientadas a optimización de procesos en calidad de la industria láctea y su vínculo con la sostenibilidad. **Clúster verde:** asociado con quality management, bayesian networks y products quality, sugiere focalizar principalmente en la gestión de calidad basada en análisis estadísticos y toma de decisiones inteligentes. **Clúster**

violeta: agrupa términos como supply chain management, blockchain y dairy products,

evidenciando el interés creciente por el uso de tecnologías disruptivas para garantizar transparencia y eficiencia en las cadenas de suministro. **Clúster naranja:** compuesto por cadmium y biochemistry, representa un eje más específico relacionado con el control de contaminantes y aspectos bioquímicos en productos alimentarios. **(Anexo 3)**

En conjunto, el mapa revela una tendencia hacia la integración de la digitalización, sostenibilidad y gestión de calidad en la industria alimentaria, donde la seguridad alimentaria (food safety) actúa como eje central que articula las demás líneas de investigación.

Integración de la digitalización en las líneas de investigación

La digitalización se posiciona como un eje transversal que conecta las diferentes líneas temáticas del mapa. Conceptos como Industry 4.0, traceability, blockchain, IoT y data analytics se integran a las áreas de food safety y quality control, mostrando una clara evolución hacia sistemas inteligentes de gestión de calidad en la industria láctea. Esta integración evidencia cómo la adopción de tecnologías digitales (sensores, análisis predictivo, plataformas en la nube y automatización) fortalece los procesos de seguridad alimentaria, trazabilidad y sostenibilidad. Además, la relación entre los clústeres rojo (food safety – industry 4.0 – sustainability) y azul (quality control, dairies, optimization) revela que la digitalización no se enfoca a la automatización de procesos, sino que impulsa una transformación sistémica en la gestión de la calidad microbiológica, orientada a la eficiencia, la transparencia y la toma de decisiones basada en datos. La digitalización actúa como un vínculo integrador entre la innovación tecnológica y las buenas prácticas de calidad, consolidando un nuevo paradigma en la gestión de proyectos de transformación digital en el sector lácteo.

Mapa temático

Figura 6.

Mapa temático de la estructura conceptual del campo.

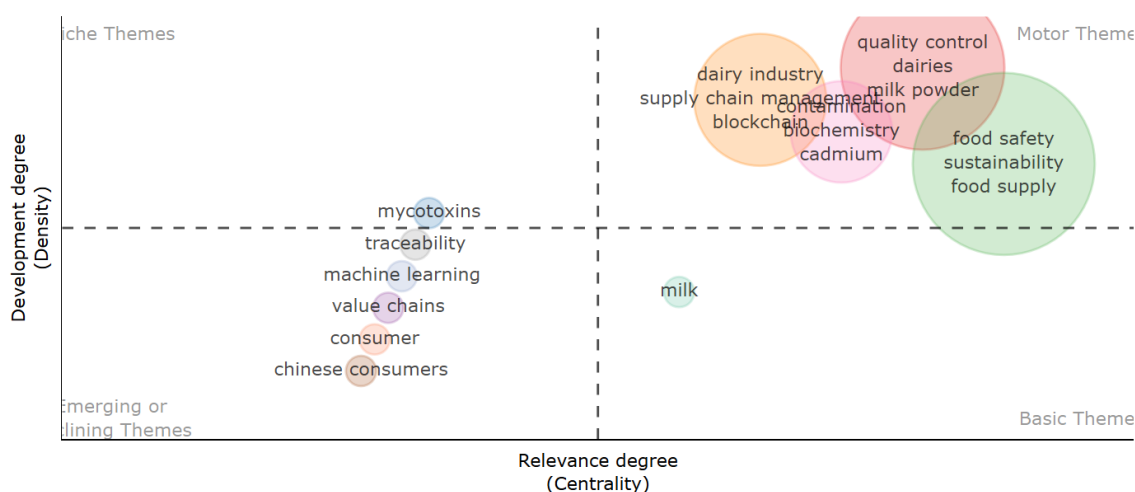


Figura 6. Adaptado de Bibliometrix. El mapa temático clasifica los tópicos en la investigación.

Según dos ejes: Eje X (Centrality): indica la relevancia o conexión temática con el resto del campo. Eje Y (Density): refleja el nivel de desarrollo interno de cada tema (madurez conceptual y metodológica).

Con base en esta representación, se distinguen cuatro cuadrantes:

Temas motores (Motor Themes) – cuadrante superior derecho Incluyen quality control, dairies, milk powder, food safety, sustainability y food supply. Estos temas presentan alta relevancia y alto desarrollo, consolidándose como los ejes centrales de investigación en la transformación digital aplicada al control microbiológico. Se evidencia la interconexión entre seguridad alimentaria, sostenibilidad y gestión de calidad, donde la digitalización actúa como elemento articulador.

Temas básicos y transversales (Basic Themes) – cuadrante inferior derecho agrupan conceptos como dairy industry, supply chain management, blockchain, biochemistry y cadmium. Estos tópicos son fundamentales para el campo y sirven de

soporte para la mayoría de los estudios. La aparición de blockchain resalta el papel creciente de la trazabilidad digital y las tecnologías emergentes en la cadena láctea.

Temas especializados o en desarrollo (Niche Themes) – cuadrante superior izquierdo Incluyen mycotoxins, traceability y machine learning. Representan áreas especializadas y de alta densidad metodológica, centradas en la aplicación de análisis predictivo e inteligencia artificial para el monitoreo de contaminantes y la mejora de la calidad microbiológica.

Temas emergentes cuadrante inferior izquierdo Aparecen términos como value chains, consumer y Chinese consumers. Son temas incipientes o con menor relevancia actual, posiblemente vinculados a estudios de comportamiento del consumidor y percepción de la calidad alimentaria, que podrían fortalecerse con nuevas perspectivas digitales

Análisis integrador de resultados

Los resultados evidencian que China e India lideran la producción científica, lo cual puede atribuirse a su alta inversión en tecnología y desarrollo industrial. Europa actúa como articulador de redes de colaboración, mientras que América Latina presenta una baja participación, reflejando una brecha en capacidades investigativas. La fuerte presencia de términos como "food safety", "quality control" y "Industry 4.0" indica que el campo ha evolucionado hacia enfoques integrados donde la digitalización no solo ayuda a la optimización procesos, sino que además permite una gestión predictiva basada en datos. Esto implica que las empresas lácteas que no adopten tecnologías digitales podrían quedar rezagadas en competitividad. De igual manera, se identifican oportunidades para Colombia en la adopción de modelos de calidad 4.0.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El estudio realizado permitió analizar el comportamiento bibliométrico de la producción científica relacionada con la transformación digital aplicada al aseguramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea durante el periodo 2020–2024, evidenciando un crecimiento y consolidación progresiva de este campo de investigación. Los resultados muestran que la integración de tecnologías de la Industria 4.0 ha adquirido relevancia estratégica en los sistemas de control de calidad y seguridad alimentaria.

En ese sentido, se identificó que países como China e India lideran la producción científica y las colaboraciones internacionales, mientras que el continente europeo desempeña un papel muy importante en la articulación de proyectos y desarrollo tecnológico. Esto refleja un alto nivel de interdisciplinariedad, donde convergen áreas relacionadas con seguridad alimentaria, ingeniería, analítica de datos y gestión de proyectos.

Desde el análisis temático, se evidenció que conceptos como food safety, quality control, trazabilidad y sostenibilidad constituyen los principales ejes de investigación, asociados al uso de tecnologías como Internet de las Cosas, *Big Data*, inteligencia artificial y blockchain. Estas herramientas están favoreciendo la transición hacia modelos de control microbiológico más predictivos, automatizados y basados en datos.

Por otra parte, el estudio permitió identificar una limitada participación de países emergentes, especialmente en América Latina, lo que evidencia una brecha en el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas del sector. Esto representa una gran oportunidad para fortalecer la investigación, la innovación y la implementación de soluciones digitales orientadas al mejoramiento de la calidad microbiológica en la industria láctea colombiana.

Finalmente, la investigación aporta una visión integral del estado actual del conocimiento científico en este campo, identificando tendencias, vacíos y oportunidades de investigación que

pueden orientar futuros proyectos de transformación digital y fortalecimiento de la calidad microbiológica en la industria láctea, contribuyendo al desarrollo de sistemas productivos más eficientes, seguros y sostenibles.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se hace la recomendación de fortalecer la investigación en países emergentes como Colombia, promoviendo la integración de tecnologías digitales en la industria láctea, con el fin de reducir la brecha existente frente a países líderes como China e India.

Se sugiere a las empresas del sector lácteo implementar tecnologías de la Industria 4.0, tales como sensores inteligentes, sistemas de trazabilidad digital, análisis de datos y herramientas de inteligencia artificial, que permitan mejorar el control microbiológico y optimizar la toma de decisiones.

Desde el ámbito académico, se recomienda desarrollar estudios que integren de manera más profunda la gestión de proyectos con la transformación digital, ya que se identificó una limitada articulación entre estos enfoques, lo cual representa un vacío en la literatura científica. Del mismo modo, se propone fomentar la colaboración internacional, especialmente entre América Latina y regiones con mayor desarrollo tecnológico, con el fin de fortalecer el intercambio de conocimiento y la innovación del sector.

Se recomienda también orientar futuras investigaciones hacia temas emergentes, como el uso de machine learning, blockchain y análisis predictivo en el control microbiológico, dado su alto potencial de desarrollo y aplicación. Finalmente, se sugiere a las organizaciones adoptar un enfoque integral que combine tecnología, calidad y sostenibilidad, con el objetivo de garantizar la inocuidad alimentaria, mejorar la eficiencia productiva y aumentar la competitividad en el sector lácteo.

Referencias

- Abid, K., Shams, Z. I., Tahir, M. S., & Zubair, A. (2024). Determination of heavy metals in cow's and buffalo's fresh raw milk from different areas of Pakistan. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 42(3).
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Balthazar, C., Silva, H., Moraes, J., Andrade, M., Santillo, A., Albenzio, M., Granato, D., Freitas, M., & Cruz, A. (2017). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.002>
- Bauer, M. S., Mukhametov, A. E., & Trifonov, P. V. (2023). Relationship between the state of the country's logistics and perishable goods output. *Journal of Food System Dynamics*, 12(4).
- Bhavsar, D., Jobanputra, Y., Swain, N. K., & Swain, D. (2024). Milk quality prediction using machine learning. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*.
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Bilous, S., Kyryliuk, Y., Kyryliuk, I., Proshchalykina, A. M., & Stachowiak, Z. (2021). Scenario forecasting of consumption of organic livestock products in Ukraine. *Agricultural and Resource Economics*, 7(3).
- Burkitbayeva, S., Janssen, E., & Swinnen, J. F. M. (2021). Regulations, value chains and food standards in developing countries. *International Food and Agribusiness Management Review*.

- Caro, D., Restrepo, J., & Pérez, C. (2022). Gestión de la inocuidad alimentaria en la industria láctea: revisión bibliográfica y análisis de tendencias. *Revista Tecnología y Ciencia*, 33(2), 54–69. <https://doi.org/10.22201/fac.tecnologiayciencia.2022.02.54>
- Codex Alimentarius. (2011). *Code of hygienic practice for milk and milk products (CAC/RCP 57-2004)*. FAO/WHO.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO.
- Forsythe, S. (2010). *The microbiology of safe food* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Fox, P., & McSweeney, P. (2015). *Advanced dairy chemistry*. Springer.
- Fuentes-Doria, D., Toscano-Hernández, A., & Maldonado-Guzmán, G. (2020). Bibliometric analysis in management and business research: A systematic literature review. *Journal of Business Research*.
- Gálvez, A., Abriouel, H., López, R., & Omar, N. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1–2), 51–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.001>
- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., & Czeczotko, M. (2021). Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average Polish diet. *Nutrients*, 13(6), 1771. <https://doi.org/10.3390/nu13061771>

- Guiné, R., Correia, P., Florença, S., Ferrão, A., Cardoso, A., & Anjos, O. (2020). Study of the influence of different factors on consumers' perception about dairy products. *Sustainability*, 12(3), 998. <https://doi.org/10.3390/su12030998>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Holsinger, V., Rajkowski, K., & Stabel, J. (1997). Milk pasteurisation and safety: A brief history and update. *International Journal of Food Microbiology*, 35(1), 1–14.
- INVIMA. (2021). *Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios de los alimentos lácteos en Colombia*. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.
- Jay, J., Loessner, M., & Golden, D. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). Springer.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. National Academy of Science and Engineering.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.
- Kowalczyk, S., Makarewicz-Wujec, M., Ambroziak, W., & Kozłowska-Wojciechowska, M. (2021). Consumer perception of ethical and sustainable consumption in Poland. *Sustainability*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/su13052560>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Mendes, G., Madalena, D., Pereira, C., & de Souza, C. (2020). Quality parameters and consumer acceptance of fermented dairy beverages. *Food Research International*, 136, 109497. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109497>

- Miloradovic, Z., Blazic, M., Barukcic, I., Font i Furnols, M., Smigic, N., Tomasevic, I., & Miocinovic, J. (2022). Serbian, Croatian and Spanish consumers' beliefs towards artisan cheese. *British Food Journal*, 124(10), 3257–3273. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2021-0409>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Política para el fortalecimiento del sector lácteo colombiano*.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Murphy, S., Martin, N., Barbano, D., & Wiedmann, M. (2016). Influence of raw milk quality on processed dairy products. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10128–10149. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11172>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., & Mulrow, C. D. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Pertsevoi, F., Koshel, E., Sabadash, S., Mashkin, M., Mohutova, V., & Volokh, V. (2020). Development of technology for preparing the thermostable milk-containing filling and study of infrared spectra of its components. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11-107), 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214903>
- Quigley, L., O'Sullivan, O., Stanton, C., Beresford, T., Ross, R., Fitzgerald, G., & Cotter, P. (2013). The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), 664–698. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12030>
- Scheldeman, P., Goossens, K., Rodriguez-Diaz, M., Pil, A., Goris, J., Herman, L., & Heyndrickx, M. (2005). Incidence and diversity of potentially highly heat-resistant spores at dairy farms.

Applied and Environmental Microbiology, 71(3), 1480–1494.

<https://doi.org/10.1128/AEM.71.3.1480-1494.2005>

Soni, A., Oey, I., Silcock, P., & Bremer, P. J. (2016). Bacillus spores in the food industry: A review on resistance and response to novel inactivation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1139–1148. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12231>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). *Big data* in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

World Economic Forum. (2020). *Innovation with a purpose: The role of technology innovation in accelerating food systems transformation*. World Economic Forum.

Yang, R., Ramsaran, R., & Wibowo, S. (2022). The effects of risk aversion and uncertainty avoidance on information search and brand preference: Evidence from the Chinese dairy market. *Journal of Food Products Marketing*, 28(6), 257–275. <https://doi.org/10.1080/10454446.2022.2106606>

Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., Sakao, T., Huisingh, D., & Almeida, C. M. V. B. (2019). A framework for *Big Data* driven product lifecycle management. *Journal of Cleaner Production*, 210, 138–150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.290>

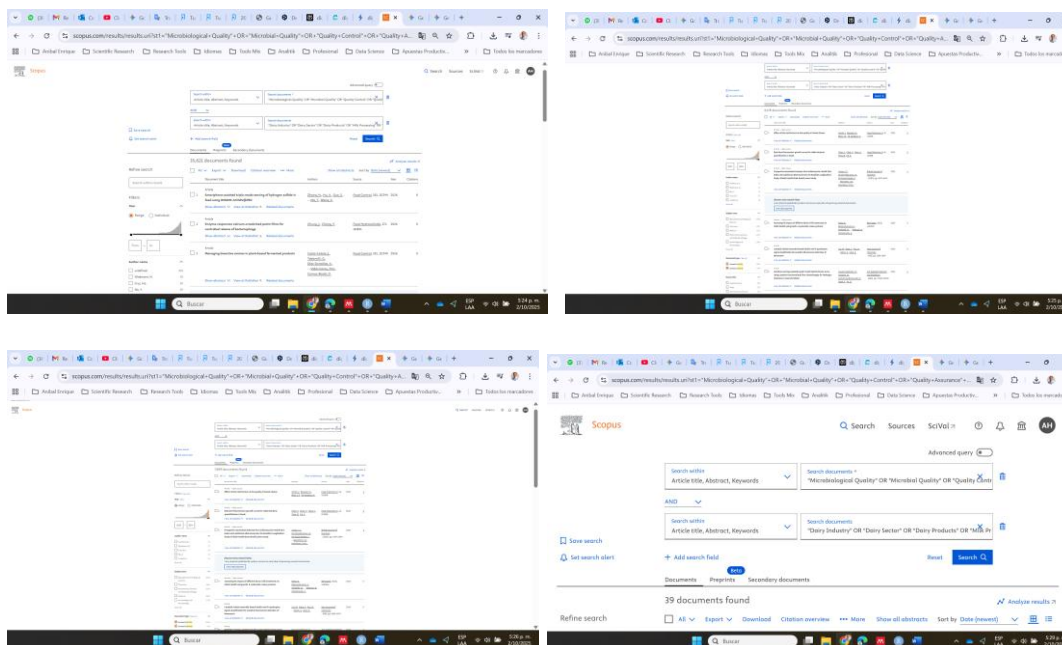
Anexo 1. Instrumento

Se presenta la base de datos de artículos científicos recuperados de la plataforma Scopus

[illegible]

Anexo 2. Evidencias de la estrategia de búsqueda

Se presentan las capturas de pantalla que evidencian la estrategia de búsqueda aplicada en la base de datos Scopus, estas imágenes muestran la ecuación de búsqueda, filtros utilizados y resultados obtenidos, garantizando la transparencia, trazabilidad y reproducibilidad del proceso de selección.



Anexo 3. Clústeres temáticos y métricas de centralidad de la red de coocurrencia de palabras clave.

En este anexo se presentan los términos identificados en la red de coocurrencia de palabras clave generada mediante bibliometrix, se incluyen indicadores de ocurrencia, agrupamiento temático y métricas de centralidad.

COccurrence	Words	Cluste	Cluster_Label	btw_centrality	clos_centrality	pagerank_centrality
4	quality control	1	quality control	1,169.947	0,002	0,013
3	dairies	1	quality control	1,058.815	0,002	0,009
3	milk powder	1	quality control	2,118.571	0,002	0,009
3	sustainable development	1	quality control	1,114.795	0,002	0,01
2	decision making	1	quality control	341,328	0,002	0,007
2	life cycle	1	quality control	89,614	0,002	0,007
2	multiobjective optimization	1	quality control	317,684	0,002	0,007
2	products quality	1	quality control	391,641	0,002	0,007
2	mycotoxins	2	mycotoxins	72	0,043	0,005
10	food safety	3	food safety	7,374.373	0,003	0,02
4	sustainability	3	food safety	976,814	0,002	0,009
3	food supply	3	food safety	1,042.342	0,002	0,009
3	quality management	3	food safety	1,449.638	0,002	0,009
3	risk assessment	3	food safety	2,831.592	0,002	0,01
2	bayesian approach	3	food safety	573,428	0,002	0,005
2	bayesian networks	3	food safety	689,45	0,002	0,007
2	supply chains	3	food safety	1,137.935	0,003	0,007
2	value chains	4	value chains	951,436	0,002	0,005
3	dairy industry	5	dairy industry	722,043	0,002	0,005
3	supply chain management	5	dairy industry	1,206.812	0,003	0,006
2	blockchain	5	dairy industry	138,925	0,002	0,004
2	dairy products	5	dairy industry	713,469	0,002	0,004
2	industry 4.0	5	dairy industry	30,328	0,002	0,004
2	chinese consumers	6	chinese consumers	760	0,002	0,004
3	contamination	7	contamination	2,042.340	0,002	0,008
2	biochemistry	7	contamination	1,071.321	0,002	0,007
2	cadmium	7	contamination	1,071.321	0,002	0,007
2	traceability	8	traceability	45,986	0,002	0,003
2	milk	9	milk	66	0,038	0,005
2	consumer	10	consumer	573	0,002	0,006
2	machine learning	11	machine learning	384,033	0,002	0,005

Anexo 4. Ficha de revisión de literatura

FICHA RAE	
Documento N.	
Nombre del Documento	
Autor	
Año	
Lugar	
Referente Bibliográfico APA 7	
Tema Central	
Objetivo del Proyecto o del Documento	
Justificación - Importancia	
Resumen	
Problema de Investigación	
Metodología (Tipo, Enfoque, Técnica e Instrumentos)	
Preguntas o Guías Orientadoras	
Conclusiones	
Resultados o Hallazgos	
Relación con el Proyecto de Investigación	