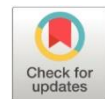


Indicadores de rendimiento de la cadena de suministro 5.0 para la agroindustria: revisión de literatura

Supply chain 5.0 performance indicators for agroindustry: a review of the literature

- 1 Nayeli Jhael García Prado  <https://orcid.org/0000-0001-8667-3318>
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial,
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador
ngarcia3499@uta.edu.ec
- 2 Franklin Geovanny Tigre Ortega  <https://orcid.org/0000-0003-0254-029X>
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial,
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador
fg.tigre@uta.edu.ec
- 3 Freddy Roberto Lema Chicaiza  <https://orcid.org/0000-0001-5987-8975>
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial,
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador
fr.leya@uta.edu.ec
- 4 Cesar Aníbal Rosero Mantilla  <https://orcid.org/0000-0001-7806-2955>
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial,
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador
cesararosero@uta.edu.ec
- 5 Carlos Humberto Sánchez Rosero  <https://orcid.org/0000-0002-2253-8448>
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial,
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador
carloshsanchez@uta.edu.ec
- 6 Alejandro Sigcha Quezada  <https://orcid.org/0000-0003-3205-6271>
Universidad de Cuenca, Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de
Ingeniería, Cuenca, Ecuador
erick.sigchaq@ucuenca.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/04/2024

Revisado: 14/05/2024

Aceptado: 26/06/2024

Publicado: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.3089>

Cítese:

García Prado, N. J., Tigre Ortega, F. G., Lema Chicaiza, F. R., Rosero Mantilla, C. A., Sánchez Rosero, C. H., & Sigcha Quezada, A. (2024). Indicadores de rendimiento de la cadena de suministro 5.0 para la agroindustria: revisión de literatura. *Conciencia Digital*, 7(3), 112-134.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.3089>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

resiliencia,
sostenibilidad,
enfoque en el ser
humano, COVID-
19.

Keywords:

resilience,
sustainability,

Resumen

Introducción: los desafíos del sector agroalimentario han impulsado a las empresas a buscar diferentes formas de mejorar su competitividad, lo que ha llevado al surgimiento de la industria 5.0. Esta nueva era industrial no solo se enfoca en la implementación de tecnología avanzada en las cadenas de suministro, sino también en fomentar la resiliencia, incrementar la sostenibilidad y mantener un enfoque centrado en el ser humano en todas las etapas. **Objetivos:** Proponer indicadores de evaluación de cadenas de suministro en la agroindustria, tomando en cuenta los tres pilares esenciales de la industria 5.0. **Metodología:** la selección de los indicadores se realizó a través de una revisión sistemática de literatura, utilizando la metodología de Fink. Se abarcó 97 artículos en inglés y portugués publicados entre los años 2020 y 2024. El análisis de estos documentos se llevó a cabo mediante el software Atlas.ti versión 2019, aplicando el modelo de las 4W (cuándo, quién, dónde y qué) y respondiendo a las tres preguntas de investigación planteadas mediante la estrategia PICO. **Resultados:** los resultados destacan un incremento en la publicación de artículos a partir de 2021, coincidiendo con el periodo posterior al pico más alto de contagios de COVID-19, cuando las empresas comenzaron a adaptarse a la nueva realidad. Durante este período, las empresas buscaron formas de mitigar el impacto de eventos disruptivos en sus actividades productivas y económicas, identificando factores clave de la Industria 5.0 para aplicar en las cadenas de suministro. **Conclusiones:** la implementación completa de la industria 5.0 aún enfrenta dificultades. Aunque en India se han realizado estudios significativos sobre el tema, su aplicación ha sido complicada. Finalmente, se proponen 21 posibles indicadores con sus variables para las cadenas agroalimentarias, basados en los tres elementos esenciales (sostenibilidad, resiliencia y enfoque en el ser humano) y ocho criterios clave derivados de estos elementos. **Área de estudio general:** Producción y Operaciones. **Área de estudio específica:** Diseño de materiales y producción. **Tipo de estudio:** revisión bibliográfica

Abstract

Introduction: the challenges of the agri-food sector have driven companies to look for different ways to improve their

human focus,
COVID-19.

competitiveness, which has led to the emergence of industry 5.0. This new industrial era not only focuses on the implementation of advanced technology in supply chains, but also on fostering resilience, increasing sustainability and maintaining a human-centric approach at all stages. **Aim:** supply chains in agribusiness, taking into account the three essential pillars of industry 5.0. **Methodology:** the selection of indicators was carried out through a systematic literature review, using Fink's methodology. It covered 97 articles in English and Portuguese published between 2020 and 2024. The analysis of these documents was carried out using the Atlas.ti software version 2019, applying the 4W model (when, who, where and what) and answering the three research questions posed through the PICO strategy. **Results:** The results highlight an increase in the publication of articles starting in 2021, coinciding with the period after the highest peak of COVID-19 infections, when companies began to adapt to the new reality. During this period, companies sought ways to mitigate the impact of disruptive events on their productive and economic activities, identifying key factors of Industry 5.0 to apply in supply chains. **Conclusions:** the complete implementation of Industry 5.0 still faces difficulties. Although significant studies have been carried out on the subject in India, its application has been complicated. Finally, 21 possible indicators are proposed with their variables for agri-food chains, based on the three essential elements (sustainability, resilience and human focus) and eight key criteria derived from these elements. General study area: Production and Operations. Specific study area: Materials design and production. Type of study: bibliographic review

Introducción

La agroindustria se enfrenta a un escenario desafiante y complejo en el siglo XXI (Guo et al., 2023). El cambio climático, la globalización, la creciente demanda de alimentos y la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria exigen un replanteamiento fundamental de las prácticas y modelos de producción y distribución de alimentos (Yun & Ülkü, 2023). En este contexto, la Industria 5.0 se perfila como un nuevo paradigma que proporciona un marco conceptual para transformar la cadena de suministro alimentaria en un modelo más sostenible, flexible y enfocado en el ser humano (Leng et al., 2022).

A diferencia de la Industria 4.0, que se centra en la automatización de procesos y la digitalización, la Industria 5.0 se enfoca en la interacción hombre-máquina, la ética, la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social (Gamboa-Rosales & López-Robles, 2023). Este nuevo paradigma busca capturar valor de las nuevas tecnologías respetando los recursos del planeta, proporcionando prosperidad más allá del empleo y situando al trabajador en el centro del proceso de producción (Mishra & Paul, 2023). Esto implica un cambio fundamental en la forma de planificar, gestionar y evaluar las cadenas de suministro de la industria agroalimentaria.

Este documento presenta un marco conceptual para evaluar las cadenas de suministro agroalimentarias en el contexto de la Industria 5.0, proponiendo indicadores específicos que abarcan sus tres elementos claves: sostenibilidad, resiliencia y enfoque centrado en el ser humano (Alves et al., 2023). Además, se sostiene que, mediante la aplicación de estos indicadores, las empresas agroalimentarias pueden mejorar su rendimiento, contribuir a un futuro más sostenible y afrontar mejor los retos del siglo XXI.

La estructura de este artículo está dividida en cuatro secciones esenciales. La primera sección presenta una revisión de la literatura sobre la Industria 5.0, la cadena de suministro agroalimentaria y los indicadores de desempeño. En la segunda sección se describe la metodología utilizada para sustentar el análisis de la literatura, aplicando la metodología Fink. La tercera sección comprende los resultados y la discusión, dividida en dos partes: el meta-análisis y el análisis descriptivo, obteniendo la tendencia de años de publicación y los indicadores de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio y se sugieren temas para futuras investigaciones.

Este enfoque integral no solo permitirá una mejora en la eficiencia y la sostenibilidad de las cadenas de suministro agroalimentarias, sino que también proporcionará un marco robusto para que las empresas agroalimentarias se adapten a los cambios y demandas del siglo XXI, asegurando la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de literatura (RLS) mediante la aplicación de la metodología Fink, la cual emplea siete pasos fundamentales para la identificación y selección de información relevante, además de asegurar la calidad y rigor de los resultados obtenidos (Fink, 2019, pp. 3–5). Garantizando que la investigación contenga los tres pilares esenciales de la industria 5.0 y los indicadores sean aplicados en la cadena de suministro agroalimentaria.

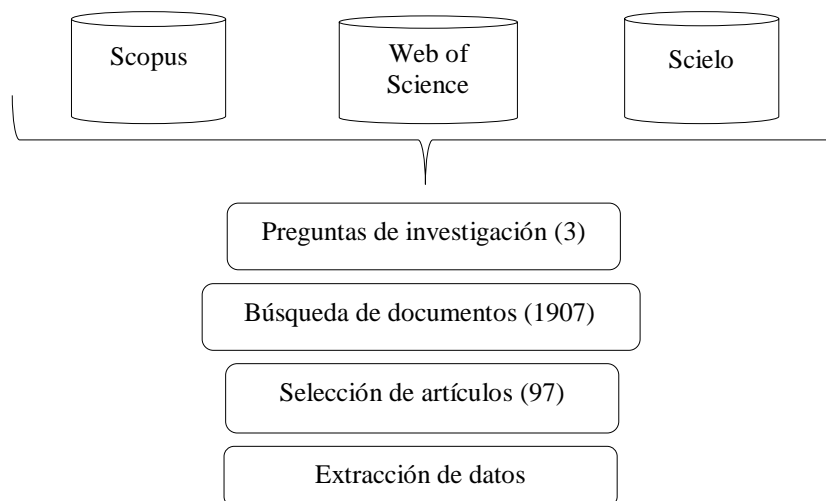
El paso inicial de la metodología Fink implica en la elección de las preguntas de investigación, para lo cual se implementó la estrategia PICO. Esta estrategia se enfoca en

definir la población, la intervención, la comparación y los resultados relevantes en relación con el tema bajo estudio. Las cuatro preguntas de investigación obtenidas son RQ1: ¿Cuál es la conceptualización, elementos o dimensiones de la Industria 5.0?, RQ2: ¿De qué manera la resiliencia, sostenibilidad y enfoque en el ser humano influye en la cadena de suministro?, RQ3: ¿Qué indicadores claves de la industria 5.0 han sido considerados para la cadena de suministro agroalimentaria?

En el segundo paso, se especificó las fuentes de bases de datos, exponiendo Scopus, Web of Science y Scielo como las plataformas designadas para la recopilación de información. La Figura 1, ilustra la revisión sistemática de literatura, exhibiendo las tres bases de datos utilizadas y el número de preguntas de investigación. Además, se identificó una población de 1907 artículos, de los cuales mediante los criterios de exclusión detallados en los pasos cuatro y cinco de esta metodología se seleccionó 97.

Figura 1

Fuentes de bases de datos



Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

En consecuencia, en el tercer paso se elaboraron las cadenas de búsqueda con los términos clave que responden a las preguntas de investigación previamente establecidas. Las cadenas empleadas fueron: "Industria 5.0" & "(Elemento OR Elementos)" OR "(Dimensión OR Dimensiones)"; "Cadena de suministro" & "Resiliencia" OR "Sostenibilidad" OR "Enfoque humano"; "Cadena de suministro" & "(Indicador OR Indicadores)" & "Industria 5.0" OR "Agro"; "Industria 5.0" & "Cadena de suministro" & "(Indicador OR Indicadores)" & "Factibilidad" OR "Agro".

Los pasos cuatro y cinco de esta metodología se utilizó para la aplicación de los criterios prácticos y metodológicos. En este proceso, se consideraron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Los criterios de inclusión abarcaron: a) Artículos de revistas certificadas; b) Artículos escritos en inglés y portugués; c) Artículos relacionados con la cadena de suministro agroalimentaria, elementos de la industria 5.0 e indicadores de Industria 5.0 para cadenas de suministro; d) Artículos publicados entre los años 2020 y 2024. En consecuencia, los criterios de exclusión fueron: a) Artículos duplicados; b) Artículos sin relación al tema; c) Artículos con antigüedad de más de 5 años.

En el paso seis, destinada a la revisión de la documentación, se empleó la herramienta informática Atlas.ti para facilitar la organización, análisis e interpretación de los resultados. El producto de este proceso fue la obtención de 21 códigos libres, los cuales se distribuyeron en seis grupos de códigos.

Para la fase final de esta metodología, se sintetizó los resultados obtenidos. La figura 2, presenta de manera visual el proceso llevado a cabo donde se aplicaron los criterios de exclusión previamente mencionados, evaluando la elegibilidad de 97 artículos.

Tabla 1

Aplicación de criterios de selección prácticos y metodológicos

Descripción	Artículos			Total de documentos	Documentos excluidos
	Scopus	WOS	Scielo		
Artículos obtenidos tras aplicar criterios de inclusión	893	983	31	1907	
Artículos luego del criterio de exclusión duplicados	879	528	28	1435	472
Artículos luego de leer el título	317	159	15	491	944
Artículos luego de leer resumen y conclusiones	184	47	4	235	256
Artículos luego de leer el documento completo	83	12	2	97	159

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Resultados y Discusión

Al examinar 97 artículos, la información se analiza en dos secciones principales: un meta-análisis y un análisis descriptivo. El meta-análisis permite sintetizar la información de forma sistemática, en la cual se utiliza un enfoque basado en las "4W", respondiendo a las cuatro preguntas fundamentales: ¿Cuándo?, ¿Quién?, ¿Qué? y ¿Dónde? Este enfoque busca comprender la influencia de los elementos de la Industria 5.0 en las cadenas de suministro agroalimentarias. La síntesis de estas preguntas proporciona una comprensión más profunda y estructurada sobre la temporalidad, los actores involucrados, los elementos específicos y los contextos geográficos donde se publica información de la Industria 5.0 en dicho sector. En cuanto, el análisis descriptivo se centra en temas

relevantes identificados en los artículos, tales como definiciones de Industria 5.0 e indicadores de cadena de suministro agroalimentaria 5.0. Este análisis es esencial para abordar las tres preguntas de investigación principales (RQ1, RQ2 y RQ3).

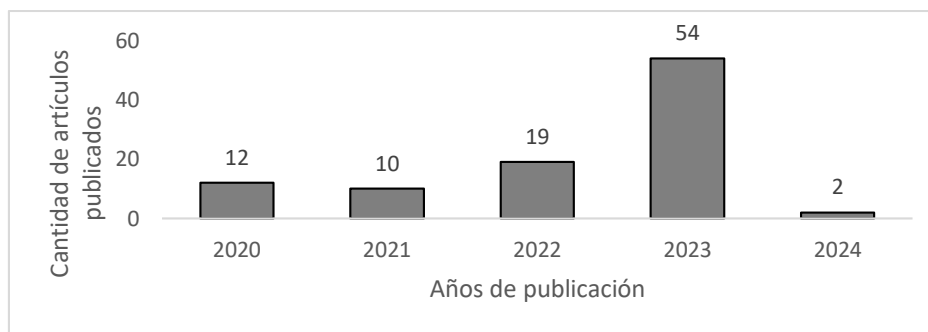
Meta-análisis

El manejo de datos se realizó utilizando la herramienta informática Atlas.ti versión 9, que permitió la codificación demográfica y la identificación de tendencias en años de publicación, nombres de revistas, países de origen de las investigaciones y temas principales tratados.

Al inicio de la pandemia, la principal preocupación era la salud humana. Sin embargo, a medida que la pandemia se prolongó más de lo previsto, las agroindustrias comenzaron a enfrentar problemas significativos en la provisión y a lo largo de la cadena de suministro. Este contexto condujo a un aumento en la atención y el interés en estudios de la Industria 5.0. En consecuencia, en 2023 se observa un notable incremento en la tendencia global, con 35 publicaciones adicionales en comparación con el 2022. La figura 2 presenta la evolución de los años de publicación, abarcando desde 2020 hasta inicios de 2024, con el objetivo de responder a la pregunta ¿cuándo? de las 4W.

Figura 2

Distribución temporal de los documentos seleccionados



Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

El análisis de los estudios sobre la Industria 5.0 revela un incremento significativo en el último año de investigación, indicando el creciente interés y relevancia de este tema a nivel global. Para responder a la pregunta "¿Dónde?", se ha realizado una distribución geográfica de los artículos seleccionados, como se muestra en la Figura 3. Este mapa mundial utiliza diferentes tonos de gris para indicar la frecuencia de publicaciones por país, proporcionando una visión clara de la distribución regional.

Asia del Sur y Oriental lidera en la producción de artículos, representando el 38% del total de publicaciones. En esta región, India destaca con el mayor número de

publicaciones, alcanzando un total de 14 artículos, seguido de China con 10 artículos. En el Medio Oriente, Irán contribuye significativamente con 6 publicaciones.

En Europa, España se destaca con 4 publicaciones. Otros países europeos como Francia, Italia, Alemania y Reino Unido tienen 2 publicaciones cada uno. Turquía, aunque geográficamente se extiende tanto en Europa como en Asia, cuenta con 3 publicaciones.

En América del Norte y del Sur, Estados Unidos presenta 2 publicaciones, mientras que Brasil y México registran 3 publicaciones cada uno, además Colombia y Ecuador contribuyen con 1 publicación. En Oceanía, Australia aporta 3 publicaciones. Finalmente, en África, Argelia está representada con 1 publicación.

Figura 3

Distribución mundial de los documentos seleccionados



Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Para abordar las preguntas "¿Quién?" y "¿Qué?", se seleccionaron 47 artículos de una muestra que incluyó 9 revistas. Se consideraron aquellos con una frecuencia de más de una publicación, representando el 48% del total de documentos. La revista "Sustainability" lidera con 15 artículos, enfocándose en investigaciones que contribuyen a la sostenibilidad mediante tecnología e innovación. Le sigue "Annals of Operations Research" con 6 publicaciones, a incluir diversas áreas como logística, fabricación y servicios. "Estrategia Empresarial y Medio Ambiente", también con 6 publicaciones, se especializa en la intersección entre cuestiones ambientales y la gestión empresarial.

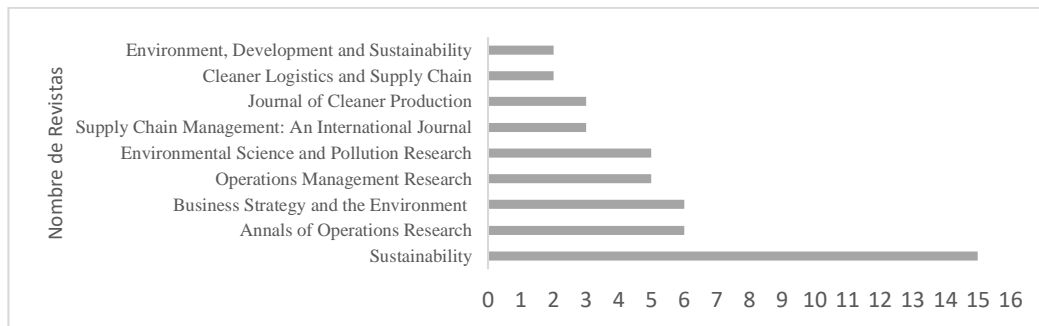
Con una frecuencia menor de 5 artículos, se destacan las revistas "Operations Management Research" y "Environmental Science and Pollution Research". La primera publica trabajos sobre prácticas de gestión innovadoras y eficiencias operativas, mientras

que la segunda se centra en investigaciones sobre contaminación ambiental y su impacto en los ecosistemas.

Entre las revistas con menor frecuencia, "Supply Chain Management: An International Journal", con 3 publicaciones, aborda aspectos de la gestión de la cadena de suministro y sostenibilidad. La revista "Journal of Cleaner Production", también con 3 publicaciones, se dedica a investigaciones sobre producción limpia y desarrollo sostenible. Las revistas con solo 2 publicaciones incluyen "Cleaner Logistics and Supply Chain", que se enfoca en la logística y gestión de la cadena de suministro desde una perspectiva sostenible, y "Environment, Development and Sustainability", que publica estudios sobre políticas ambientales y los Impactos del cambio climático en el desarrollo sostenible.

Figura 4

Frecuencia de artículos por revista



Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Cada una de estas revistas proporcionan información relevante respecto al tema a abordar con la finalidad de avanzar en prácticas sostenibles y la investigación en sus áreas respectivas contribuyendo a la selección de indicadores de la cadena de suministro 5.0.

Análisis descriptivo

En esta sección, se busca responder las tres preguntas de investigación planteadas mediante la estrategia PICO. Para responder a la RQ1, se dirige la atención hacia la Industria 5.0 con el propósito de explorar sus definiciones, componentes y elementos. De la muestra total seleccionada, 12 artículos proveen información relevante para esta pregunta de investigación. Por ejemplo, (Ivanov, 2023) define que la Industria 5.0 es la integración de tecnologías avanzadas y principios de gestión enfocados en el ser humano con la finalidad de crear sistemas de valor más eficientes y sostenibles. En la tabla 2, se presenta las definiciones más comunes de la Industria 5.0 de autores diferentes.

Tabla 2

Definiciones de la Industria 5.0

Definiciones	Referencias
La Industria 5.0 contempla el futuro industrial como un sistema orientado hacia el ser humano, sostenible y capaz de recuperarse ante desafíos.	Ivanov (2023), Mishra & Paul (2023), Villar et al. (2023)
La Comisión Europea definió el término Industria 5.0 como un prototipo industrial que surge como respuesta a las prioridades sociales y ambientales europeas, promoviendo la integración de prácticas sostenibles, la resiliencia y un enfoque centrado en las personas en las actividades empresariales.	Alves et al. (2023), Borchardt et al. (2022), Madsen & Berg (2021)
La Industria 5.0 se define como un enfoque que aprovecha la creatividad y experiencia de los humanos en colaboración con máquinas inteligentes y precisas para mejorar la eficiencia de procesos industriales.	Gamboa-Rosales & López-Robles (2023), Pizoón & Gola (2023)

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Considerando las definiciones de los autores, se observa que en los documentos revisados hay una concordancia en los componentes claves, los cuales pueden variar según el tipo de organización, determinando así la sostenibilidad, resiliencia y el enfoque del ser humano (Ivanov, 2023; Modgil et al., 2023). Este enfoque combina habilidades humanas con las capacidades de las máquinas impulsando a la innovación del proceso industrial (Mishra & Paul, 2023). El tema tiene un enfoque diferente a la Industria 4.0 ya que no solo se centra en la tecnología, si no que tiene implicaciones significativas en la transformación de operaciones y la gestión de la cadena de suministro promoviendo la productividad, eficiencia y viabilidad de las redes de la cadena de suministro en un entorno cambiante (Atif, 2023).

Con la finalidad de abordar la segunda pregunta de investigación RQ2, se presenta definiciones de cadena de suministro 5.0 y de cada uno de sus elementos principales determinando su influencia dentro de la cadena de suministro.

En los últimos años, la evolución de las cadenas de suministro tradicionales ha llevado al desarrollo del concepto de cadena de suministro 5.0. Esta nueva etapa se caracteriza por la integración de tecnologías inteligentes que permiten una reacción rápida a los cambios en la demanda y en el suministro, mediante la reasignación y reorganización eficiente de sus componentes (Ghufran et al., 2022; Hajar & Saida, 2022). Además, se enfoca en satisfacer las necesidades esenciales del ser humano y en la creación de valor sostenible (Tarigan et al., 2021; Villar et al., 2023).

En este contexto, la logística 5.0 está estrechamente relacionada con los principios de la industria 5.0, la cual busca integrar conceptos como transporte sostenible, almacenes verdes, embalaje ecológico y recursos humanos capacitados, con el objetivo de impulsar

la sostenibilidad y eficiencia de las operaciones logísticas (Trstenjak et al., 2022). A partir de esta definición, la Cadena de Suministro 5.0 se basa en la integración de la logística 5.0 y la Industria 5.0 para optimizar la gestión integral de la cadena de suministro (Jefroy et al., 2022).

En el ámbito de las cadenas de suministro agroalimentarias, uno de los temas más debatidos es su incidencia con respecto a los cambios climáticos (Yun & Ülkü, 2023). Por ello, la resiliencia ambiental se aborda como una estrategia crucial para absorber y recuperarse de las perturbaciones climáticas (Hägele et al., 2023). Esta resiliencia debe estar intrínsecamente ligada a la sostenibilidad, presentando aspectos clave de los elementos de la Cadena de Suministro 5.0, que buscan fortalecer la capacidad de respuesta ante estas variaciones.

La resiliencia es considerada uno de los principales pilares en este enfoque, ya que garantiza la adaptabilidad y estabilidad en entornos altamente cambiantes y dinámicos (Sharma et al., 2023). En los últimos años, los estudios sobre resiliencia han crecido significativamente. La Tabla 3 resume diversas definiciones y enfoques aportados por los investigadores, proporcionando una visión comprehensiva de cómo se puede implementar la resiliencia en la cadena de suministro agroalimentaria dentro del marco de la Cadena de Suministro 5.0.

Tabla 3

Definiciones de resiliencia

Definiciones	Referencias
Resiliencia es la capacidad de las empresas y sus socios para anticipar, prevenir y recuperarse de interrupciones. Implica una preparación proactiva, como la formulación de planes de emergencia, y la colaboración entre los socios para optimizar la creación de valor, incluso después de eventos de riesgo.	Das & Mcclung (2020), Sajjad (2021)
La resiliencia se manifiesta cuando los sistemas de fabricación pueden resistir condiciones difíciles y adaptarse a las interrupciones sin generar costos adicionales significativos.	El Korchi (2022)
La resiliencia de la cadena de suministro implica la capacidad de regresar a su estado original o adaptarse a uno nuevo tras ser perturbado.	Pu et al. (2023)

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Este enfoque es fundamental para enfrentar adversidades y crisis de manera efectiva. Uno de los aspectos esenciales para lograrlo es, la gestión de riesgos, que implica tener planes previstos para cualquier cambio o disrupción que pueda ocurrir (Zavala-Alcívar et al., 2020). La falta de flexibilidad puede limitar significativamente la resiliencia, subrayando

la importancia de contar con una cadena de suministro flexible y adaptable (Hägele et al., 2023). La integración de tecnologías avanzadas, como la automatización y la inteligencia artificial, facilita esta adaptabilidad, permitiendo responder de manera ágil y eficiente a las fluctuaciones en la demanda y el suministro.

Otro de los pilares esenciales es la sostenibilidad, que tiene como fin satisfacer las demandas actuales sin comprometer la disponibilidad de recursos de las futuras generaciones, promoviendo un entorno respetuoso con el medio ambiente y sostenible (Mwangi et al., 2022). Los autores que hacen énfasis en este tema proporcionan diferentes perspectivas como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Definiciones de sostenibilidad

Definiciones	Referencias
Se define como la gestión estratégica y transparente de las actividades de la cadena de suministro con un enfoque sostenible, considerando todo el ciclo de vida del producto o servicio para garantizar que se tome en cuenta los impactos ambientales.	López-Castro & Solano-Charris (2021)
Sostenibilidad hace referencia a utilizar sus productos a final de su ciclo de vida, teniendo un importante valor económico y una reducción de los impactos ambientales.	Sarkis (2021)

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Este elemento se sustenta en tres pilares fundamentales: social, ambiental y económico. Al integrarse estos pilares facilitan una gestión ambiental consciente en cada etapa de la cadena de suministro (Doyle-Kent & Kopacek, 2023). En los últimos años, como respuesta al calentamiento global, las empresas han intensificado sus esfuerzos para mitigar el impacto ambiental en todas sus fases, sin comprometer el desempeño de ninguna de ellas (Ababou et al., 2023).

Al considerar las dimensiones de la sostenibilidad, se puede evaluar el aspecto social en la industria agroalimentaria mediante la creación de nuevos modelos de negocios que integren beneficios sociales y sostenibles (Patidar et al., 2023). En cuanto al aspecto ambiental, las tecnologías empleadas en la Industria 5.0 serán fundamentales para reducir las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de recursos naturales en todas las etapas de la cadena de suministro, promoviendo así un equilibrio ecológico al minimizar el impacto ambiental (Ghufran et al., 2022). En el aspecto económico, se busca aumentar la rentabilidad mediante la reducción de costos de producción y la mejora de la eficiencia operativa.

Al hablar de cadena de suministro sostenible, es crucial abordar la Gestión Verde de la Cadena de Suministro (Trstenjak et al., 2023). Además, la integración de sostenibilidad y resiliencia se puede lograr mediante la adopción del enfoque LARG (Lean, Agile, Resilient, Green), el cual mejora la competitividad y sostenibilidad de la cadena de suministro, asegurando su adaptabilidad ante desafíos o crisis, como se evidenció durante la pandemia de COVID-19 (Sarkis, 2021).

El enfoque centrado en el ser humano en la cadena de suministro implica priorizar las necesidades e intereses humanos en cada eslabón de esta. Este enfoque resalta varios aspectos clave, como la prioridad del bienestar humano y la disposición de la tecnología al servicio de las personas (Alves et al., 2023). Es esencial que las tecnologías sean adaptadas a las necesidades humanas en lugar de que los humanos se adapten a ellas, colocando a las personas en el centro del proceso y priorizando la responsabilidad social (Villar et al., 2023). Esto asegura que las decisiones tomadas estén orientadas al bienestar humano ((Ivanov, 2023)). La implementación de este enfoque en la cadena de suministro agroalimentaria no solo mejora la calidad de vida de los trabajadores, sino que también puede aumentar la productividad, sostenibilidad y resiliencia del sistema. En la tabla 5, se presentan diversas definiciones del enfoque centrado en el ser humano desde diferentes perspectivas y contextos.

Tabla 5

Definiciones de enfoque en el ser humano

Definiciones	Referencias
El enfoque del ser humano en cadenas de suministro está alineado con prácticas de sostenibilidad en las dimensiones de resiliencia, derechos humanos y laborales.	Alves et al. (2023)
Acentuar las necesidades humanas sobre las operaciones, es decir, se enfocan en potenciar las habilidades, competencias y el bienestar de su personal como un elemento primordial para el éxito y la mejora continua de la organización.	Ivanov (2023)
La centralidad en el ser humano fusiona tecnologías digitales con la colaboración de trabajadores altamente capacitados, dando como resultado productos personalizados, innovadores y de alta calidad.	Villar et al. (2023)

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Tras la pandemia de COVID-19, se ha impulsado un rediseño en las cadenas de suministro agroalimentarias. Esta adecuación responde a la necesidad crítica de garantizar la seguridad alimentaria, dado que cualquier interrupción en estas cadenas impacta directamente en la disponibilidad de alimentos para la población (Kumar et al., 2023). En este contexto, aumentar la resiliencia en las cadenas de suministro es crucial para mitigar

la vulnerabilidad ante diversos riesgos naturales, como huracanes, inundaciones y sequías (Yun & Ülkü, 2023).

Uno de los desafíos más apremiantes que enfrenta actualmente la industria agroalimentaria es el cambio climático. Los aumentos en la temperatura, las variaciones en las precipitaciones y la frecuencia de eventos climáticos extremos son factores que pueden provocar pérdidas significativas y aumentar los costos operativos (Yun & Ülkü, 2023). Para abordar estos problemas, la tabla 6 presenta aspectos fundamentales basados en los pilares esenciales de la cadena de suministro 5.0, destacando estrategias para mejorar la adaptabilidad y la eficiencia del sistema agroalimentario frente a estas amenazas.

Tabla 6

Aspectos fundamentales de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0

Elementos	Criterio	Descripción
Sostenibilidad	Perspectiva ambiental	Mediante la reducción de desplazamientos en la cadena de suministro y el uso de vehículos de transporte ecológicos contribuyen a reducir la huella de carbono (Trstenjak et al., 2023).
	Desarrollo de los modelos de negocio sostenible	Al crear empresas sostenibles, se garantiza la transformación de la materia prima agrícola en alimentos de manera rentable, generando beneficios para la sociedad sin agotar permanentemente los recursos naturales (Kumar et al., 2023).
	Equilibrio entre calidad y rentabilidad	La economía en la cadena de suministro es importante por lo que se busca la cantidad adecuada, en los plazos de tiempo acordados, la calidad prevista y al costo óptimo (Leng et al., 2022).
Resiliencia	Evaluación de la resiliencia	Se busca implementar en la planificación de gestión de riesgos (Mohammed, 2020).
	Flexibilidad	Adaptarse rápidamente a las interrupciones del entorno y cambios (Villar et al., 2023).
	Uso del IoT	Con la finalidad de reaccionar rápidamente a interrupciones por medio de IA, IoT e interfaces de programación, recopilando, almacenando y procesando datos (Metwally et al., 2020).

Tabla 6

Aspectos fundamentales de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0 (continuación)

Elementos	Criterio	Descripción
Enfoque en el ser humano	Derechos humanos y bienestar de los trabajadores	Garantizar las condiciones laborales justas y respetuosas a los trabajadores, para aumentar productividad (Borchardt et al., 2022).
	Tecnología centrada en el ser humano	Implica integración de los dispositivos y colaboración entre humanos y robots para mejorar la productividad y ergonomía de los trabajadores (Villar et al., 2023)

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Para abordar la última pregunta de investigación (RQ3), se proponen posibles indicadores que pueden aplicarse tanto en la Industria 5.0 como en otros sectores industriales, según sus necesidades específicas. A partir de los documentos seleccionados, se han identificado indicadores y variables que se presentan como herramientas esenciales para facilitar el monitoreo, la comprensión de los parámetros críticos y la toma de decisiones en el proceso de adaptación hacia una Industria 5.0.

Tabla 7

Definiciones de enfoque en el ser humano

Indicadores de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0			
Elementos	Criterio	Indicador	Posibles Variables
Sostenibilidad	Perspectiva ambiental	Consumo de combustibles	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de combustible consumido - Frecuencia de reabastecimiento - Kilómetros recorridos - Costo de combustible
		Cantidad de vehículos ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Número de vehículos ecológicos - Vida útil - Costo de adquisición y mantenimiento
		Certificación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Número de certificaciones obtenidas - Frecuencia de auditorías - Cumplimiento de normas y regulaciones ambientales
		Huella de carbono	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad desprendida de emisiones de CO2 de vehículos - Medición y reporte de emisiones - Costo de compensación de carbono

Tabla 7
Definiciones de enfoque en el ser humano (continuación)

Indicadores de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0				
Elementos	Criterio	Indicador	Posibles Variables	
	Desarrollo de modelos de negocio sostenibles	Innovación y tecnología sostenible	<ul style="list-style-type: none"> - Adopción de tecnologías verde - Colaboración en proyectos sostenibles - Capacitación en sostenibilidad 	
		Eficiencia del uso de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de materia primas por unidad de producción - Tasa de utilización de materias primas recicladas 	
		Reducción de desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de reciclaje de residuos - Implementación de prácticas de economía circular 	
	Equilibrio entre calidad y rentabilidad	Margen de beneficio		<ul style="list-style-type: none"> - Costo de producción sostenible - Inversión en tecnología verde - Ingresos por productos sostenibles
			Índice de calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción del cliente - Durabilidad y ciclo de vida del producto - Conformidad con estándares sostenibles
Resiliencia	Flexibilidad	Flexibilidad en logística y transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Rutas alternativas - Capacidad de almacenamiento temporal 	
		Tiempo de respuesta ante disrupciones	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de detección - Tiempo de recuperación - Planes de contingencia 	
	IoT	Cantidad de datos recuperados y almacenados	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de almacenamiento - Disponibilidad de datos en tiempo real - Seguridad de datos 	
		Uso de inteligencia artificial para análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Número de algoritmos de IA implementados - Tiempo de procesamiento de datos 	
	Gestión de riesgos	Tiempo de recuperación ante perturbaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de inactividad - Tiempo de respuesta - Costo de recuperación 	
		Capacidad de adaptación a cambios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de contingencia climática - Capacitación y formación 	

Tabla 7
Definiciones de enfoque en el ser humano (continuación)

Indicadores de la cadena de suministro agroalimentaria 5.0			
Elementos	Criterio	Indicador	Posibles Variables
Enfoque al ser humano	Derechos humanos y bienestar	Seguridad laboral	- Cantidad de empleados capacitados en seguridad laboral - Índice de implementación de medidas de seguridad
		Tasa de accidentes laborales	- Número de accidentes laborales - Clasificación de accidentes según su gravedad
		Condiciones laborales justas	- Índice de equidad salarial - Acceso a beneficios laborales
	Tecnología centrada en el ser humano	Encuestas de satisfacción del empleado	- Índice de satisfacción - Identificación de áreas de mejora
		Capacitaciones de nuevas tecnologías	- Participación en programas de capacitación - Retención del conocimiento
		Ergonomía	- Inversiones en mejoras ergonómicas - Formación en prácticas ergonómicas

Nota: basado en la revisión sistemática de literatura

Estos indicadores y sus variables se enfocan en los pilares fundamentales de la cadena de suministro 5.0: sostenibilidad, resiliencia y enfoque centrado en el ser humano. Las empresas que adopten estos indicadores se posicionan para afrontar desafíos del siglo XXI, promoviendo sostenibilidad, justicia laboral y contribuyendo a un futuro próspero en el mercado global. Esto permite que la agroindustria sea más robusta y adaptable ante disrupciones.

Conclusiones

- La significativa escalada en la cantidad de publicaciones desde 2022 destaca la urgencia de integrar los principios de la Industria 5.0 en las cadenas de suministro agroalimentarias. La pandemia de COVID-19 ha revelado la vulnerabilidad y necesidad de resiliencia en las cadenas de suministro globales, subrayando la pertinencia y aplicabilidad de este nuevo paradigma. Este estudio contribuye a la ciencia al proporcionar una base empírica que valida la necesidad de un cambio hacia modelos más resilientes y sostenibles en la agroindustria.

- La investigación ha identificado y validado 21 indicadores específicos basados en la sostenibilidad, resiliencia y un enfoque centrado en el ser humano. Estos indicadores no solo proporcionan un marco robusto para evaluar y mejorar las cadenas de suministro agroalimentarias, sino que también representan una contribución significativa al campo al establecer un estándar para el monitoreo y adaptación de las prácticas agroindustriales a los principios de la Industria 5.0. La validación por parte de profesionales del campo asegura la relevancia y aplicabilidad de estos indicadores en contextos reales, incrementando la fiabilidad y utilidad de los resultados.
- Este estudio no solo ha generado un conjunto de indicadores aplicables, sino que también ha propuesto un marco metodológico para la evaluación de las cadenas de suministro agroalimentarias en el contexto de la Industria 5.0. Este aporte metodológico es crucial para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas, facilitando un análisis más profundo y estructurado de las cadenas de suministro en diversas industrias agroalimentarias.
- Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas para la industria agroalimentaria. Al acoger los indicadores propuestos, las empresas pueden mejorar su rendimiento y contribuir a un futuro más sostenible. Además, este tema abre un abanico de temas para futuras investigaciones, como son: estudios de aplicación de la Industria 5.0 en distintos tipos de productos agroalimentarios, evaluando la sostenibilidad y resiliencia o incluso estudio de los efectos a largo plazo de la implementación de la Industria 5.0 en las cadenas de suministro agroalimentarias analizando los factores económicos.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al proyecto de investigación "Enhancing the Agrifood Supply chain towards Industry 5.0 (AGRO5) in the Ecuadorian Andes" por el apoyo proporcionado, que ha sido fundamental para el desarrollo de esta revisión de literatura. Además, reconocemos el apoyo incondicional y la colaboración de la Universidad Técnica de Ambato y la Universidad de Cuenca, cuyas contribuciones académicas han enriquecido significativamente este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores del artículo indican que no existe ningún tipo de conflicto de interés.

Referencias Bibliográficas

- Ababou, M., Chelh, S., & Elhiri, M. (2023). A bibliometric analysis of the literature on food industry supply chain resilience: Investigating Key Contributors and Global Trends. *Sustainability*, 15(11), 8812. <https://doi.org/10.3390/su15118812>
- Alves, J., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A systematic review. *Processes*, 11(1), 193. <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- Atif, S. (2023). Analyzing the alignment between circular economy and industry 4.0 nexus with industry 5.0 era: an integrative systematic literature review. *Sustainable Development*, 31(4), 2155–2175. <https://doi.org/10.1002/sd.2542>
- Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., Scavarda, A. R., Nogueira, E. O., & Poltosi, L. C. (2022). Industry 5.0 Beyond Technology: An Analysis Through the Lens of Business and Operations Management Literature. *Organizacija*, 55(4), 305–321. <https://doi.org/10.2478/orga-2022-0020>
- Das, K., & Mcclung, W. (2020). Green and resilient supply chain design model. *International Journal of Precision Technology*, 9(2-3), 235-269. <https://doi.org/10.1504/IJPTECH.2020.112059>
- Doyle-Kent, M., & Kopacek, P. (2023). *Optimising human potential through diversity and inclusion for industry/production 4.0, 5.0 and 6.0* [The International Symposium for Production Research, Towards Industry 5.0]. DOI:[10.1007/978-3-031-24457-5_22](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24457-5_22)
- El Korchi, A. (2022). Survivability, resilience and sustainability of supply chains: The COVID-19 pandemic. *Journal of Cleaner Production*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134363>
- Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: from the internet to paper* (Fifth Edit). Thousand Oaks, CA: Sage Publications. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2636360>
- Gamboa-Rosales, N. K., & López-Robles, J. R. (2023). Evolving from Industry 4.0 to Industry 5.0: evaluating the conceptual structure and prospects of an emerging field. *Transinformação*, 35. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202335e237319>
- Ghufran, M., Khan, K. I. A., Ullah, F., Alaloul, W. S., & Musarat, M. A. (2022). Key enablers of resilient and sustainable construction supply chains: a system thinking approach. *Sustainability*, 14(19), 11815. <https://doi.org/10.3390/su141911815>

- Guo, L., Sun, D., Warraich, M. A., & Waheed, A. (2023). Does industry 5.0 model optimize sustainable performance of Agri-enterprises? Real-time investigation from the realm of stakeholder theory and domain. *Sustainable Development*, 31(4), 2507–2516. <https://doi.org/10.1002/sd.2527>
- Hägele, S., Grosse, E. H., & Ivanov, D. (2023). Supply chain resilience: a tertiary study. *International Journal of Integrated Supply Management*, 16(1), 52–81. <https://doi.org/10.1504/IJISM.2023.10050753>
- Hajar, R., & Saida, N. (2022). *Supply chain management, between resilience and sustainability: a literature review* [2022 IEEE 14th International Conference of Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2022]. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA55056.2022.9938028>
- Ivanov, D. (2023). The industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1683–1695. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892>
- Jefroy, N., Azarian, M., & Yu, H. (2022). Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What are the implications for smart logistics? *Logistics*, 6(2), 26. <https://doi.org/10.3390/logistics6020026>
- Kumar, V., Yetkin Ekren, B., Wang, J., Shah, B., & Frederico, G. F. (2023). Investigating the impact of COVID-19 on sustainable food supply chains. *Journal of Modelling in Management*, 18(4), 1250–1273. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2022-0072>
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279–295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
- López-Castro, L. F., & Solano-Charris, E. L. (2021). Integrating resilience and sustainability criteria in the supply chain network design. A systematic literature review. *Sustainability*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910925>
- Madsen, D. Ø., & Berg, T. (2021). An exploratory bibliometric analysis of the birth and emergence of industry 5.0. *Applied System Innovation*, 4(4), 87. <https://doi.org/10.3390/asi4040087>
- Metwally, A. B. M., Ali, S. A. M., & Mohamed, A. T. I. (2020, octubre 26). *Resilience and agility as indispensable conditions for sustaining viable supply chain during pandemics: the case of Bahrain* [2020 International Conference on Data Analytics

- for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy, ICDABI 2020].
<https://doi.org/10.1109/ICDABI51230.2020.9325609>
- Mishra, D. K., & Paul, D. (2023). *Industry 5.0: human touch and the future* [2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development, OTCON 2022].
<https://doi.org/10.1109/OTCON56053.2023.10113946>
- Modgil, S., Singh, R. K., & Agrawal, S. (2023). Developing human capabilities for supply chains: an industry 5.0 perspective. *Annals of Operations Research*, 1-31
<https://doi.org/10.1007/s10479-023-05245-1>
- Mohammed, A. (2020). Towards ‘gresilient’ supply chain management: a quantitative study. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104641.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104641>
- Mwangi, G. M., Despoudi, S., Espindola, O. R., Spanaki, K., & Papadopoulos, T. (2022). A planetary boundaries perspective on the sustainability: resilience relationship in the Kenyan tea supply chain. *Annals of Operations Research*, 319, 661–695. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04096-y>
- Patidar, A., Sharma, M., Agrawal, R., & Sangwan, K. S. (2023). Antecedents of a resilient sustainable supply chain. *Procedia CIRP*, 116, 558–563.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.094>
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. *Machines*, 11(2), 203.
<https://doi.org/10.3390/machines11020203>
- Pu, G., Qiao, W., & Feng, Z. (2023). Antecedents and outcomes of supply chain resilience: integrating dynamic capabilities and relational perspective. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 31(4), 706–726.
<https://doi.org/10.1111/1468-5973.12473>
- Sajjad, A. (2021). The COVID-19 pandemic, social sustainability and global supply chain resilience: a review. *Corporate Governance*, 21(6), 1142–1154.
<https://doi.org/10.1108/CG-12-2020-0554>
- Sarkis, J. (2021). Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations and Production Management*, 41(1), 63–73.
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0568>

- Sharma, M., Antony, R., & Tsagarakis, K. (2023). Green, resilient, agile, and sustainable fresh food supply chain enablers: evidence from India. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05176-x>
- Tarigan, Z. J. H., Siagian, H., & Jie, F. (2021). Impact of internal integration, supply chain partnership, supply chain agility, and supply chain resilience on sustainable advantage. *Sustainability*, 13(10), 5460. <https://doi.org/10.3390/su13105460>
- Trstenjak, M., Mustapić, M., Gregurić, P., & Opetuk, T. (2023). Use of green industry 5.0 technologies in logistics activities. *Tehnicki Glasnik*, 17(3), 471–477. <https://doi.org/10.31803/tg-20230518185836>
- Trstenjak, M., Opetuk, T., Đukić, G., & Cajner, H. (2022). Logistics 5.0 implementation model based on decision support systems. *Sustainability*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116514>
- Villar, A., Paladini, S., & Buckley, O. (2023). Towards supply chain 5.0: redesigning supply chains as resilient, sustainable, and human-centric systems in a post-pandemic world. *Operations Research Forum*, 4(3). <https://doi.org/10.1007/s43069-023-00234-3>
- Yun, N. Y., & Ülkü, M. A. (2023). Sustainable supply chain risk management in a climate-changed world: review of extant literature, trend analysis, and guiding framework for future research. *Sustainability*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151713199>
- Zavala-Alcívar, A., Verdecho, M.-J., & Alfaro-Saiz, J.-J. (2020). Resilient strategies and sustainability in agri-food supply chains in the face of high-risk events. *Proceedings*, 21, 23–25. <https://doi.org/10.1007/978-3>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

