







Digital Strategies in the Performance of the Global Supply Chain in the Period of 2010-2022

Judith Cielo Milla Morales, Bachiller¹, Alvaro Alfonso Tafur Varas, Bachiller², Edwing Mishael Vasquez Holgado, Bachiller³, Adriana Guadalupe Tapia Guerra, Bachiller⁴, Fernando Leonardo Reyes Salazar, Bachiller⁵
and Julio Ricardo Moscoso Cuaresma, Ph. D Student⁶

¹⁻⁶ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201815172@upc.edu.pe, U201812187@upc.edu.pe, U20171E918@upc.edu.pe, U201815231@upc.edu.pe, U201723903@upc.edu.pe, julio.moscoso@upc.pe

Abstract– The objective of the paper is to analyze the research trends generated on the digital strategies applied in the performance of the supply chain established at a global level during the period 2010-2022, in addition to reviewing their evolution over time and application of the model's business in various technologies. As a methodology, a bibliographic review (SLR) was used from the literature published in Scopus databases. Through an exhaustive systematization, 41 articles were selected, classifying them by year of publication, type of quartile, number of citations, and according to the Sustainable Development Goals (SDG). In turn, the VOSviewer software was used to determine the concurrence between the variables. The literature findings reveal that the implementation of technological tools in the supply chain has been generated with a lack of government support, a deficit of trained personnel and a strong traditional management of the supply chain, the main challenges being those problems that Companies face to contribute to the adaptation of technologies in the improvement of processes and thus meet the goals set out in the SDGs and the improvement of the competitive advantages of nations.

Keywords--- Supply Chain, Industry 4.0, Sustainability, Sustainable Development, Logistics 4.0

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Estrategias digitales en el desempeño de la cadena de suministro global en el período de 2010-2022

Judith Cielo Milla Morales, Bachiller¹, Alvaro Alfonso Tafur Varas, Bachiller², Edwing Mishael Vasquez Holgado, Bachiller³, Adriana Guadalupe Tapia Guerra, Bachiller⁴, Fernando Leonardo Reyes Salazar, Bachiller⁵ and Julio Ricardo Moscoso Cuaresma, Ph. D Student⁶

¹⁻⁶ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201815172@upc.edu.pe, U201812187@upc.edu.pe, U20171E918@upc.edu.pe, U201815231@upc.edu.pe, U201723903@upc.edu.pe, julio.moscoso@upc.pe

Resumen— *El objetivo del paper es analizar las tendencias de investigación generadas sobre las estrategias digitales aplicadas en el desempeño de la cadena de suministro establecidas a nivel global durante el período 2010-2022, además de revisar su evolución en el tiempo y aplicación de los modelos de negocios en diversas tecnologías. Como metodología, se utilizó una revisión bibliográfica (SLR) a partir de la literatura publicada en la base de datos de Scopus. A través de una sistematización exhaustiva, se seleccionaron 41 artículos, clasificándolos por año de publicación, tipo de cuartil, número de citas y de acuerdo con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). A su vez, se hizo uso del software VOSviewer para determinar la concurrencia entre las variables. Los hallazgos de literatura revelan que la implementación de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministro se ha generado con una falta de apoyo gubernamental, un déficit del personal capacitado y una marcada gestión tradicional de la cadena de suministro, siendo los principales desafíos aquellos problemas que enfrentan las empresas para contribuir con la adaptación de las tecnologías en la mejora de los procesos y cumplir, de esta manera, con las metas planteadas en los ODS y la mejora de las ventajitas competitivas de las naciones.*

Palabras clave— *Cadena de Suministro, Industria 4.0, Sostenibilidad, Desarrollo Sostenible, Logística 4.0*

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las implicaciones de la tecnología de la industria 4.0 han transformado la forma de gestionar las cadenas de suministros globales [1] para no solo modernizar sus procesos, sino también lograr que sean aún más competitivas, eficientes, productivas y rentables en mercados de potencial crecimiento. En este panorama, las herramientas digitales e innovadoras se convierten en un aliado para alinear los procesos logísticos para que sean cada vez más sostenibles, es decir, tengan un mayor compromiso con el cuidado del medio ambiente [2]. En tal sentido, el rol gerencial tiene como finalidad mantener la creación de valor en cada una de las actividades asociadas, que van desde la obtención de materia prima hasta llegar al consumidor final, teniendo en cuenta, además, las necesidades exigentes de las tendencias que surgen en el entorno social, así como de la mayor adquisición de experiencias en el proceso de compra. Entonces, todo ello hace que la empresa deba obtener una capacidad de respuesta ante las fluctuaciones de la demanda, ya sea mejorando la planificación de recursos o la distribución de los almacenes [3]; generando, también, ahorro en costos, tiempo y servicio al cliente, lo que ya se ha vuelto posible gracias a la implementación de la digitalización en los procesos de fabricación, comercialización, transporte y almacenamiento.

Ahora bien, también se llega a incorporar la toma de decisiones de manera oportuna, reduciendo los posibles riesgos futuros y aumentando la productividad [4].

Por otro lado, a medida que se fortalece las integraciones económicas regionales, tanto el comercio y competencia de mercado entre las regiones se ha ido intensificando. Es de esta forma que, la logística se ha vuelto un punto clave a considerar dentro de la cadena de suministro internacional [5]. Dicho de otro modo, la logística ha jugado un rol importante en el desarrollo económico de cualquier nación, empero al ser un sector que consume grandes cantidades de energía también conlleva a reportar ciertos efectos negativos para el medio ambiente.

Un ejemplo claro del impacto de la globalización en la cadena de suministro se encuentra en el caso asiático que, agrupando a China, India, Singapur y Turquía, entre sus principales potencias comerciales, juega un papel determinante para la logística, la economía y la protección del medio ambiente [6]. Si resulta ser preocupante, como incluso estas naciones, tienen aún una tradicional dependencia al consumo de combustibles fósiles; realidad que es compartida, también, con aquellos países que cuentan con operaciones logísticas cercanos al Medio Oriente, tales como Afganistán, Bangladés, Bután, India, Maldivas, Nepal, Pakistán y Sri Lanka, países pertenecientes a la Asociación del Sur de Asia para la Cooperación Regional (SAARC). En virtud de ello, producto de una mala calidad de infraestructura en transporte y servicios logísticos que conlleva al uso de combustibles fósiles, las emisiones de carbono, el gasto en salud, las emisiones de gases de efecto invernadero y la inestabilidad política de los países de la SAARC se ha incrementado [7].

Asimismo, en la actualidad, ha ido cobrando mayor relevancia dentro de la logística moderna el aspecto de sostenibilidad al prestar mayor atención a la conservación del medio ambiente y recursos en el proceso logísticos; a comparación de la logística tradicional que se enfoca más en obtener servicios eficientes y de bajo costo [5].

Por lo tanto, el presente artículo de investigación tiene como objetivo principal analizar las tendencias académicas generadas sobre la aplicación de las estrategias digitales en el desempeño de la cadena de suministro global durante los años 2010 y 2022, además de examinar su relación con el surgimiento de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 (Internet de las Cosas –IoT–, Big Data, Blockchain, etc.) y la sostenibilidad (enfaticando en el objetivo de Desarrollo

Sostenible: ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura). Por último, se describen las perspectivas futuras que tienen las estrategias tecnológicas en las organizaciones, creando un instrumento de concientización del uso de modelos de infraestructura resilientes e inclusivos.

II. MARCO TEÓRICO

A. *La cadena de suministro internacional y su necesidad de potenciación*

Guo y Zou indican principalmente que, una cadena de suministro se caracteriza por la integración colaborativa entre diferentes fases del proceso productivo con la finalidad de poseer una fiabilidad y flexibilidad de entrega asegurando la satisfacción del cliente [8]. No obstante, el modelo tradicional de la cadena de suministro se basa principalmente en las limitaciones tradicionales de la industria, la eficiencia de la producción en masa, la necesidad de trabajadores de ensamblaje de bajo costo y alto volumen [9].

Actualmente, la gestión respecto a la cadena de suministro es una de las más grandes problemáticas que enfrentan las empresas; siendo el desarrollo del tipo de gestión un factor que afecta en todas las actividades de una organización [10]. De esta manera, en la logística transfronteriza se presentan diversos problemas que en conjunto priorizan el análisis sobre los plazos de entrega, los costos del suministro, el servicio postventa y el intercambio de información, lo cual, dificulta la eficiencia en el desarrollo de la cadena de suministro [8]. Adicional a ello, debido a la gran velocidad de cambios respecto a diversos ámbitos en el mercado y en los clientes, las empresas necesitan mejorar los sistemas de gestión de calidad en las cadenas de suministro [10].

Los clientes, en la actualidad, esperan un proceso de pedido y entrega que se de en una forma simplificada y más rápida [10]. Es así como, las cadenas de suministro de empresas convencionales que no adquieren nuevos conocimientos respecto al mercado de optimización de la calidad y no cubren la satisfacción de sus clientes en todos los sentidos, generan limitaciones en su competitividad. Es evidente que son necesarias la adaptabilidad y utilización de proceso de automatización para la mejora del aprendizaje sobre las estrategias empresariales para la optimización del suministro [10]. Esta optimización, se puede dar con la integración de conceptos tecnológicos y, por supuesto, de la digitalización en todos el fujo de procesos; generando, de esta manera, una reducción de los costos y aumento de la calidad de los productos [11]. Cabe resaltar que, en la actualidad debido a los recursos presentes en el mercado, las cadenas de suministro son capaces de transformarse en mecanismos más inteligentes y eficientes para enfrentar los riesgos de una manera efectiva cumpliendo con los objetivos comerciales de las organizaciones empresariales [12].

B. *La influencia de la Industria 4.0 en los procesos logísticos*

Para lograr comprender la forma en que la Industria 4.0 se relaciona y ha influenciado los distintos procedimientos propios del ámbito logístico, es necesario, en primer lugar, comprender el origen de este concepto. La Industria 4.0, también conocida como Cuarta Revolución Industrial, pertenece a una serie de sucesos históricos y económicos que han impactado en la forma de producir bienes y servicios, y la forma de comercio de estos en múltiples industrias. El origen de este término se vincula a Henning Kagermann, quien se desempeñó como como directivo en la empresa alemana SAP, en el año 2011 [4]. Sin embargo, dentro de la comunidad científica todavía no existe un consenso sobre la definición de la Industria 4.0. No obstante, esta puede ser entendida como aquella relacionada al aumento de la digitalización y la automatización dentro de los diversos procedimientos vinculados al entorno de la fabricación de bienes y servicios, así como la estructuración de cadenas de valor con componentes digitales que propician la aparición de la comunicación entre los productos, sus entornos y los socios comerciales involucrados [13].

Asimismo, este concepto está compuesto por pilares tecnológicos representativos, las cuales serían los sistemas ciber-físicos, entendidos como la integración de los sistemas computacionales, redes y procesos físicos de trabajo para optimizar el manejo de cuantiosas cantidades de datos y liberar a la interconectividad de las máquinas del error humano y el Internet de las Cosas, el cual llega a ser una terminología empleada para explicar el uso del internet en el acceso a información mediante el uso de sensores remotos y el control de objetos físicos; y, la computación en la nube, que consiste en el uso de centros de datos más confiables al estar alojados en servidores web, evitando así el uso de grandes espacios físicos dedicados a almacenar servidores de información [14]. Sin embargo, es preciso resaltar que, en la actualidad, existen mayores tecnologías pertenecientes a la Industria 4.0 que contribuyen al mejoramiento de los mercados y la optimización de las cadenas de suministro.

Bajo este contexto, la influencia de la Cuarta Revolución Industrial resulta ser de gran importancia para la logística y los diferentes procesos de las cadenas de suministro internacional debido al uso de las nuevas tecnologías; como por ejemplo: el Internet de las Cosas, la colaboración cibernética, los sensores, las redes, entre otros, que contribuyen a incrementar exponencialmente el desempeño de los múltiples servicios vinculados a la cadena de suministro, como es el caso de la gestión de almacenes, la mejora de la seguridad de la mercadería que se transporta o comercia y la contribución con la sostenibilidad de los procesos de abastecimiento [1].

De igual forma, los métodos de organización para la producción y abastecimiento de distintos productos como el *Just-in-Time* y el *Just in Sequence* también se ven influenciados por las herramientas digitales propias de la Industria 4.0, siendo un ejemplo de ello el uso de tecnologías de auto identificación y el empleo de sistemas de información (ERP) [15]. Ahora bien, es necesario resaltar que todos los beneficios de los avances

tecnológicos no pueden ser explotados adecuadamente si no se cuenta con una infraestructura para su implementación.

C. La sostenibilidad y su relación con la tecnología en el campo de la logística

El término sostenibilidad fue empleado por primera vez en el año de 1987 con la publicación del informe titulado “Nuestro Futuro” (ahora conocido como informe de Brundtland). En aquel documento se definió la sostenibilidad como aquel desarrollo que satisface las necesidades de la actualidad sin provocar consecuencias que perjudiquen a las generaciones futuras [16]. Por tal motivo, la preocupación humana por limitar aquellas acciones que puedan poner en riesgo el medio ambiente en el largo plazo fue la principal causa de su origen. Ahora bien, en términos generales y más recientes, la sostenibilidad es vista como aquel desarrollo que prioriza la conservación del medio ambiente y sus ecosistemas mientras que paralelamente se mejora la calidad de la vida humana [17]. No obstante, en la actualidad, no solo se ve la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, sino también desde otros campos e incluso se relacionan con las nuevas tendencias tecnológicas.

En ese sentido, la digitalización es un elemento impulsor de la sostenibilidad en la dimensión económica (relacionada a la logística), ambiental (relacionada a los recursos) y social (relacionada al beneficio comunitario), pues funciona como facilitador de cooperación, conectividad, adaptabilidad, integración y control [18]. En contraste, el desarrollo de las nuevas tecnologías que conforman parte de la industria 4.0 vienen causando una gran revolución en la cadena de suministro, ya que existen desafíos que se presentan en las etapas de pre y post adopción, siendo las principales los problemas generados por la pérdida de talento humano, el financiamiento para su adquisición, la falta de conocimiento de las tecnologías, la escasez de proveedores especializados, entre otros [14]. No obstante, la aplicación de tales tecnologías tiene potencial para impulsar el desarrollo sostenible de la logística, pues influye directamente en los costos, tiempo de entrega, transporte, pronósticos, confiabilidad, entre otros [18].

Asimismo, actualmente, las actividades de la logística y transporte de las operaciones de la cadena de suministro no verde constituyen, también, una de las principales causas del cambio climático producto del alto consumo energético que contribuye a las emisiones de carbono [7]. Cabe mencionar que, la mejora de las empresas en materia de sostenibilidad tiene un impacto positivo en el desempeño de la cadena de suministro en aspectos de calidad, costos y tiempos de entrega si deciden aplicar políticas empresariales sostenibles y mecanismos de digitalización [11].

Por lo cual, las empresas han implementado prácticas ecológicas para obtener beneficios sociales, ambientales y económicos; pese a los costos derivados de la falta de conciencia del cliente y el apoyo gubernamental deficiente [7]. Es de esta manera que, ante la globalización de datos y el comercio nace un nuevo enfoque que promueve iniciativas para un desarrollo logístico inteligente y sostenible; el mismo que

tiene el potencial para mejorar la eficiencia de flujos económicos, ambientales, sociales y tecnológicos, y a la vez, incrementar la participación de los actores involucrados en las ciudades, preferentemente portuarias [19].

Sin lugar a duda, el uso de tecnologías y aplicaciones digitales en las operaciones logísticas redefinen los modelos de negocios tradicionales para equiparar la sostenibilidad en términos económicos, sociales y ambientales; los cuales se interconecta [18]. En efecto, la introducción de la industria 4.0 mejora la producción sostenible al mermar los residuos, el consumo de energía, materiales y agua. No obstante, la implementación de estas nuevas tecnologías en su fase inicial tiende a tener un efecto ambiental negativo por el incremento necesario del consumo de recursos energéticos y de materia prima [20].

III. METODOLOGÍA

La investigación es de enfoque cualitativo, básica y de nivel descriptivo, implementándose la aplicación de una revisión sistemática de literatura (SRL), cuyo rol fundamental se centró en proporcionar un análisis descriptivo a través de la recopilación de diferentes artículos de investigación [21]. Por tanto, la presente *review* cuenta como objetivo metodológico, además, ser un cimiento teórico para futuras investigaciones que analicen la cadena de suministro global.

A. Criterios de inclusión/exclusión

Se optó por definir, mediante una lista preliminar, los criterios de inclusión para la selección de aquellas investigaciones más relevantes para la validación del tema de estudio, siendo algunos de ellos el tipo de repositorio académico en el que se encuentra, el tipo de cuartil de la revista internacional e indexada a la cual pertenece, el año de publicación y, además, a qué objetivo de desarrollo sostenible se relaciona.

TABLA I
CRITERIOS DE INCLUSIÓN DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Base	Algoritmos (en título o palabras claves)	Área/ especialidad	Orden	Recurso
Scopus	Logistic 4.0 Supply Chain Industry 4.0 Sustainable Sustainability development Digitization	Social science Economics Management Sustainability Administrative science	Tipo de cuartil de revista a la cual pertenece Fecha de publicación	Articles
Todas las BD	Critical	(Especificados de cada base)	(Especificados de cada base)	(Especificados de cada base)

Adicionalmente a ello, se hizo uso de un algoritmo de búsqueda a base de “Keywords”: “Supply Chain”, “Industry 4.0”, “Sustainability”, “Sustainable Development” y “Logistics 4.0”, en motores de búsqueda de los repositorios indexados; así

como la elección de las investigaciones más pertinentes en función de aquellas teorías relacionadas a la cadena de suministro internacional y la digitalización comercial logística. Bajo este contexto, se determinó a Scopus como el repositorio principal, dado que es considerado como la base de datos más completa en cuanto a resúmenes y citas de literatura científica.

Por otro lado, se priorizó la elección de artículos de investigación de aquellas revistas de cuartil 1 y 2 arbitradas en los campos de estudio de la logística, las operaciones, la gestión y la economía. En cuanto a los tipos de documentos obtenidos, se eliminaron aquellas publicaciones vinculadas a actas de congresos, diarios, documentos de conferencias y reseñas.

B. Selección de artículos basados en títulos y resúmenes

Se tomó como primer criterio de selección aquellos títulos que fueran más pertinentes para continuar con la lectura de los resúmenes y determinar su contribución con la investigación; recolectándose en total 46 de 965 fuentes bibliográficas. Sin embargo, se descartaron dos artículos cuyo campo de estudio eran ajenos a los temas a tratar. Asimismo, la limitación temporal de las fuentes bibliográficas seleccionadas abarcó los últimos 12 años.

C. Selección de artículos basada en la lectura de textos completos

Luego de haber recopilado los artículos cuyos títulos y resúmenes se consideró aquellos más pertinentes con la temática de investigación, procediendo a realizar el análisis completo de cada uno de ellos, de modo que se filtre a los más rigurosos en cuanto al desarrollo de los resultados, discusión y conclusiones. Una vez hecho este análisis, se determinó que la cantidad de artículos cuyo contenido guardaba estrecha relación con la temática abordada coincidía con aquellos seleccionados en el filtro anterior, por lo que se utilizarán dichos trabajos de investigación para determinar las principales tendencias de investigación la materia de análisis.

Para más información sobre la sistematización se deja el siguiente enlace sobre el procesamiento de la data utilizada en el presente paper: bit.ly/3ik7dNE.

D. Análisis de datos

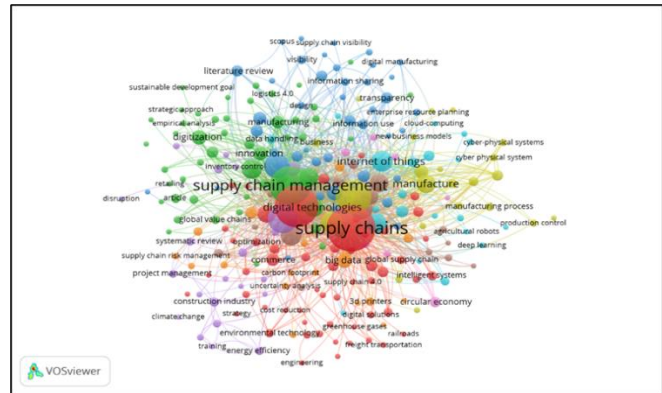


Fig. 1 Análisis bibliométrico sobre la concurrencia de los Keywords: “cadena de suministro” y “digitalización” mediante el software VOSviewer

A través del uso de la herramienta tecnológica *VOSviewer* el uso de estadística descriptiva, se analizaron 41 documentos seleccionados durante los años 2010 y 2022. Para su selección de tomaron en cuenta las siguientes variables de búsqueda: logística 4.0, digitalización, sostenibilidad y cadena de suministro (ver Fig. 1).

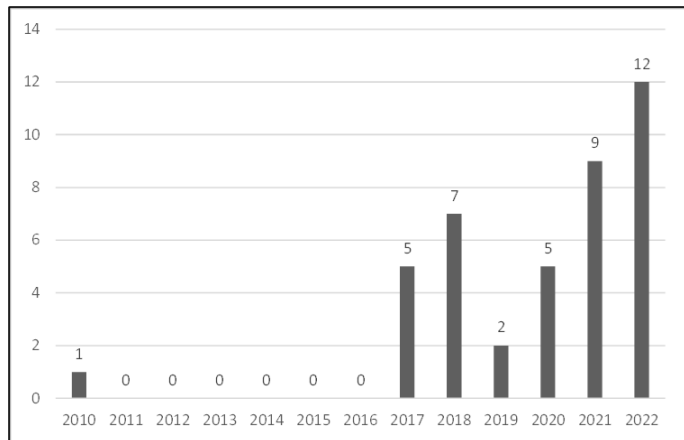


Fig. 2 Número de publicaciones distribuidas por año

La Fig. 2 determinó la existencia de una marcada tendencia creciente de investigaciones desde el 2019, teniendo su pico más alto en el 2022 con 12 papers de alta calidad. Esta situación fue posible por la proliferación de la digitalización de la cadena de suministro durante la pandemia provocada por la COVID-19, lo que supone un mayor interés en investigar áreas temáticas vinculadas a la “Logística 4.0”. Por otra parte, se presenta una baja tasa percibida desde el 2010 que podría deberse al incipiente conocimiento y transición de una logística tradicional a una inteligente y digitalizada.

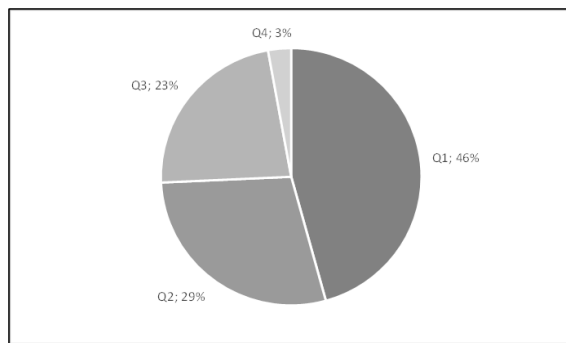


Fig. 3 Distribución de publicaciones por cuartil

Por otro lado, la Fig. 3. presenta la distribución de las publicaciones revisadas por cuartil de indexación. Los artículos publicados en el cuartil Q1 representaron el 46%, mientras que los papers del cuartil Q2 el 29%. Asimismo, los artículos de cuartil Q3, tuvieron un alcance del 23%; y, con una menor proporción los artículos publicados en el cuartil Q4, con un 3%.

IV. RESULTADOS

A. Oportunidades de la logística 4.0 en la cadena de suministro

El nivel del desempeño logístico se encuentra directamente relacionado con el grado de digitalización de los países involucrados [22]. La literatura, entonces, preferentemente destaca la mejora de la visibilidad y conectividad de la información en la cadena de suministro, con una implementación rápida y confiable de las redes de comunicación, así como de la eficiencia de la productividad logística y la reducción del impacto medio ambiental como algunos de los beneficios para la incorporación de la “Logística 4.0” en las políticas empresariales y de los gobiernos para hacer más competitivas a las organizaciones [3]. Cabe mencionar que, en la actualidad las cadenas de suministro son constituidas por redes de valor complejas; por lo cual, son sin lugar a duda una fuente vital de ventajas competitivas en la tradicional forma de hacer negocios [23]. Por tanto, implementar tecnologías digitales puede generar mayores ventajas competitivas que favorezcan al desarrollo de las economías a escala, siendo necesaria la implantación de los elementos de la Industria 4.0 en los procesos logísticos que administran el intercambio de mercancías con tecnología de punta [24].

Así también, algunas de las tecnologías implementadas para la mejora en la cadena de suministro en las organizaciones han utilizado, por ejemplo, la identificación por radiofrecuencia (RFID) y la aplicación de las tecnologías de la información (TI) [2]. Por otro lado, dentro de la cadena de suministro se encuentran resultados optimistas para la implementación de la logística de la cadena de frío. A pesar de contener aún un sistema complejo -tradicional- que todavía presenta deficiencias materiales, es alentadora la aplicación de nuevos modelos de negocios que usan la tecnología 5G y las redes NB-IoT como mecanismos de solución para tener el control de temperatura constante y a tiempo real de las telecomunicaciones y, por supuesto, un manejo a tiempo real del proceso de suministro [25].

Con respecto a la RFID, la literatura señala que las organizaciones deben de implementarlas de manera progresiva, máxime si utilizan los sistemas que incluyan el internet de las cosas (IoT) en los procesos logísticos. Por otro lado, la literatura reciente determina que la TI es una herramienta que mejora de manera significativa la comunicación entre clientes, proveedores y otros actores que participan en la cadena de suministro [2]. Casos de estudio aplicados en Brasil, por ejemplo, determinan que el internet de las cosas se presenta como una de las tecnologías que más porcentaje de inversión privada posee para la mejora de la eficiencia en el *supply chain management* [26].

Otra tecnología para tomar en consideración es la de *blockchain*; puesto que, puede ayudar a mejorar el rendimiento y mermar los problemas entre los actores involucrados al visibilizar las actividades dentro de la cadena de suministro con un flujo adecuado de transmisión de información; lo que de cierta forma aliviaría posibles fricciones comerciales [27].

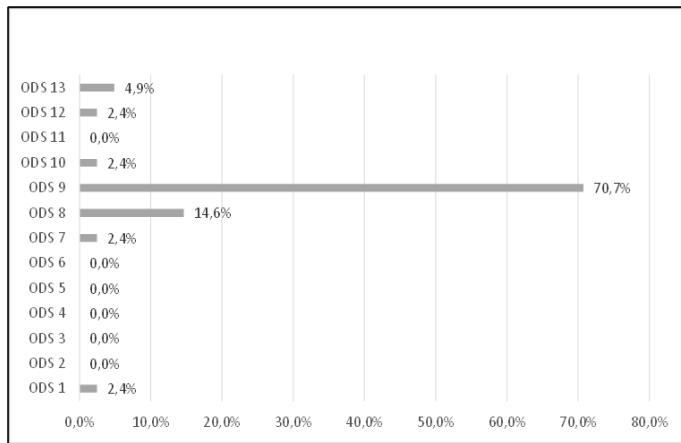


Fig. 4 Impacto de publicaciones según Objetivos de Desarrollo Sostenible

De la misma manera, la Fig. 4. presenta el impacto de las publicaciones sistematizadas con los objetivos de Desarrollo Sostenible, de las cuales se pudo obtener que la mayoría de ellas presentó un mayor impacto con el ODS 9 con un 70,7%, seguido del ODS 8 con un 14,6%, el ODS 13 con un 4,9% y los ODS 1, ODS 7, ODS 12 y ODS 13 con un 2,4% de impacto en total.

E. Criterio de división de los resultados

Para la estructuración de los resultados encontrados acerca de las principales tendencias de investigación que vinculan a las tecnologías propias de la Industria 4.0 con las cadenas de suministro, se ha optado por dividir esta sección en tres categorías que expliquen los hallazgos más relevantes identificados en los artículos de investigación recopilados para el desarrollo de la sistematización científica.

En primer lugar, se tuvo a bien en analizar las oportunidades de la logística 4.0 en la cadena de suministro. En el análisis se comprendió el potencial de las herramientas digitales de la Cuarta Revolución Industrial dentro del campo logístico, así como la interconexión entre ellas y los beneficios operativos en la cadena de suministro global.

En segundo lugar, se desarrolló una examinación de la literatura relacionada al impacto de la sostenibilidad en la *supply chain*. Se abordó, además, la forma en que el uso y la aplicación de la “Logística 4.0” impactan en las cuestiones medioambientales, de modo que se analice si los avances tecnológicos vienen permitiendo un desarrollo de las actividades de abastecimiento operativo en el largo plazo.

Finalmente, se estructuró un apartado en donde se estudian las perspectivas futuras de investigación de la cadena de suministro. Se explica, entonces, mediante la literatura recopilada y analizada, las recomendaciones que realizan los investigadores sobre las nuevas temáticas a ser estudiadas y que estén relacionadas al presente y futuro de la sostenibilidad, la industria 4.0 y los beneficios para la cadena de suministro en una era digitalizada.

Dicho de otro modo, esta tecnología ayuda a incrementar los procesos de transparencia y de rendición de cuentas, incluso de organizaciones gubernamentales [28]. De igual manera, esta tecnología tendría el potencial para fortalecer el comercio internacional en los procesos de transacción implementando contratos inteligentes que mejoren las cadenas logísticas y reduzcan el procesamiento de la información; lo cual se vería reflejado en una mayor facturación monetaria [29].

Por otra parte, en la actualidad tiende a ser complicado el verificar constantemente el movimiento de las mercancías y materias primas a través de la red de la cadena de valor; ante ello, surge la integración de la tecnología *blockchain* y el IoT como una solución que ayude a las empresas a simplificar y potenciar sus cadenas de suministro incrementando la escalabilidad, seguridad, inmutabilidad, auditoría, flujos de información, trazabilidad y calidad [23].

Por último, la información que no está bien gestionada puede terminar por generar interrupciones en la cadena de suministro y poner en riesgo el rendimiento empresarial; ante ello, aparece como una solución el análisis de *big data*, la cual permite gestionar la información de forma adecuada, oportuna y completa; lo que se traduce en una mejor toma de decisiones empresariales en aspectos operacionales y de rentabilidad [30]. Sin lugar a duda, la utilización de tecnología integrada puede ser un componente de la respuesta a este futuro. acelerar la implementación de la Industria 4.0 y transformar los procedimientos [23].

B. *Impacto de la sostenibilidad en la cadena de suministro*

El uso de combustibles fósiles es la fuente principal de los problemas en las actividades de la logística que buscan el camino de la sostenibilidad [5]. No obstante, la industria logística ampara el desarrollo y crecimiento de las economías, pero para su buen funcionamiento y aceptación de la comunidad se debe hacer énfasis en la ecologización de los nuevos modelos de negocios [31]. En tal sentido, la gestión de la cadena de suministro tradicional es una de las causas del daño hacia el medio ambiente en las actividades de proteger el medio ambiente. Es así como en la actualidad la contaminación ambiental no puede ser pasada por alto si lo que se busca es la generar la eficiencia de la sostenibilidad de la cadena de suministro [5].

Por otro lado, una de las formas más eficientes de minimizar el impacto de la logística contra el medio ambiente es la transformación y reconfiguración digital de la cadena de suministro a fin de minimizar las huellas de carbono y obtener mejores resultados en los procesos de eliminación de residuos tóxicos que dañen nuestro ecosistema [31]. Sin embargo, la ausencia de una estrategia congruente que ayude a gestionar la sostenibilidad de las naciones sus cadenas de valor es uno de los mayores retos en el proceso de digitalización, pues se tiene presente aspectos como el cambio de la estructura organizacional, las necesidades de mejorar las cualidades del personal involucrado y la misma gestión del cambio [14]. En ese sentido, las necesidades ambientales y económicas de las empresas que buscan la sostenibilidad se deben manejar bajo un

cuidadoso criterio de selección, implementación y gestión de la tecnología, caso contrario se generarán deficiencias operativas.

Desde otra perspectiva, el papel de mejorar la cadena de suministro recae en las operaciones de la logística portuaria o ciudades portuarias por medio de la aplicación de tecnologías digitales a fin de lograr una logística inteligente y sostenible capaz de generar sistemas competitivos y automatizados de grandes escalas productivas y con instalaciones y/o infraestructura ecológica, siendo la disminución del consumo de energía fósil, la eliminación de residuos, entre otros, criterios válidos para evaluar la eficiencia de la logística global [19]. Sin embargo, es pertinente considerar también que el uso de tecnologías propias de la industria 4.0, y por consiguiente la digitalización de las operaciones para lograr una mayor sostenibilidad, implican la adopción de costos en investigación, desarrollo e implementación por parte de las empresas. Es por ello por lo que debería considerarse a las organizaciones como sistemas, para los cuales se estructure un enfoque y plan de gestión específico, de modo que se incluyan las distintas herramientas tecnológicas dentro de su cadena de suministro, de modo que esta pueda transformarse en una “Cadena 4.0” [11].

Ahora bien, a pesar de la existencia de investigaciones que presentan la inclusión de la “Industria 4.0” como una alternativa con potencial para lograr la sostenibilidad de las industrias, tal como la logística y los demás agentes vinculados a la cadena de suministro, todavía existe una carencia de estudios empíricos que validen la relación de causalidad entre las herramientas de la Cuarta Revolución Industrial y la sostenibilidad [21] [20].

Por último, la literatura sugiere que las *Pymes* sean las organizaciones que más utilicen tecnologías asociadas a la Industria 4.0, ya que, al contener eficacia en la gestión de las variables tecnológicas y digitales, pueden generar mejoras sustanciales para la sostenibilidad [11]; sin embargo, la evidencia, también, identifica debilidades para su implementación en este tipo de entidades, debido a que su uso requiere de la capacidad de refinamiento y desarrollo en la implementación de modelos de negocios que requieran las tecnologías que provee la Industria 4.0, a fin que éstas puedan alcanzar alta capacidad de adaptación a los sistemas económicos y sociales de las naciones. Por esta razón se requiere de flexibilidad ante cambios repentinos que ocurran producto de la globalización y el desarrollo tecnológico [14].

V. DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Acontecimientos de gran magnitud, como la pandemia provocada por la COVID-19, han servido como punto de inflexión para las organizaciones que prestan los servicios de logística y suministro, razón por la cual no es recomendable seguir en la senda de los modelos de negocios tradicionales; y, por el contrario, es necesario desarrollar el uso de nuevas estrategias empresariales que permitan superar las distintas barreras tecnológicas, económicas y/o de otra índole para la adopción de sistemas de abastecimiento digital [32]. Es por ello por lo que surge el potencial del uso la Industria 4.0, la misma

que, además, presenta una aceleración para innovar en las formas de transportar volúmenes de mercancías cada vez mayores [33]. No obstante, la literatura en países menos adelantados determina que a corto plazo, todavía se observa cierta resistencia para adoptar herramientas digitales debido a sus altos costos de implementación y su carácter innecesario [34]. Este tipo de pensamiento puede significar un riesgo para la industria logística, puesto que trunca la evolución de los procesos de abastecimiento.

A pesar de esta resistencia, lo que se muestra en las investigaciones actualmente desarrolladas es que la adopción de herramientas como el “Internet de las Cosas”, “*Blockchain*”, “*Big Data*”, etc., servirán para la medición cada vez más precisa de aspectos como la demanda y la trazabilidad de la mercadería, lo cual optimizará los procesos logísticos en mayor medida [15]. Asimismo, Bugarčić, Skvarciany y Stanišić señalan que, los entes gubernamentales son cada vez más conscientes de que los procesos logísticos tienen una incidencia indirecta en el crecimiento del comercio internacional, razón por la cual se busca el aumento del desempeño de los distintos agentes involucrados [35]; sin embargo, aún es escasa la inversión pública en la adopción de las nuevas tecnologías o en crear *smartcities* para el desarrollo de la competitividad de las cadenas globales de valor. Por tanto, la Industria 4.0 es una oportunidad para el futuro de la cadena de suministro global.

Adicionalmente a ello, la literatura señala ampliamente que las cuestiones de seguridad y/o ciberseguridad representan una cuestión de gran relevancia para el uso de las tecnologías digitales, puesto que la información de las industrias adquirirá una mayor importancia futurista en los nuevos modelos de negocios [36]. Esto se debe a que el insumo principal de las herramientas de la Cuarta Revolución Industrial, especialmente las aplicables a la cadena de suministro, vienen a ser los “datos”, los cuales se usan para la programación de herramientas y análisis de diferentes estrategias de negocios que surgen como resultado del uso de las nuevas tecnologías descritas en la presente investigación.

Por otra parte, en cuanto a la sostenibilidad y la cadena de suministro a futuro, si bien se tiene la expectativa de que la adopción de una “Logística 4.0” traiga beneficios a la sostenibilidad de las operaciones, la evidencia todavía resulta escasa [36]. Es por ello por lo que se espera que la aparición de nuevas investigaciones de enfoque cuantitativo que sirvan como catalizador para la adopción de procesos sostenibles dentro de las cadenas de suministro, al basarse en evidencia, preferentemente en estadística que correlacione de manera positiva las variables de la “Industria 4.0”, la “Logística 4.0”, y “sostenibilidad” [36].

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En primer lugar, las tendencias de investigación resaltan que la implementación y uso de las nuevas tecnologías tendrán un impacto directo positivo en el nivel de desempeño de las cadenas de suministro; puesto que, mejora los procesos logísticos haciéndolos sostenibles, inteligentes, simples,

eficientes y seguros. Dicho de otro modo, brinda la posibilidad de resolver todas aquellas posibles interrupciones recurrentes que puedan surgir en las cadenas de suministro y poner en riesgo el rendimiento en general; todo ello, ayuda a constituir ventajosas competitivas frente a las grandes redes de valor que se vuelven cada vez más complejas. Cabe mencionar que, para acelerar y potenciar este proceso de implementación de la “Logística 4.0” es necesario el uso de tecnologías integradas. No obstante, pese a los beneficios a mediano y largo plazo que otorgan estas nuevas tecnologías, en su etapa inicial podrían tener un efecto adverso medioambiental producto del exceso de consumo de recursos energéticos y los costes que implicaría traspasar de una logística tradicional a una inteligente y sostenible.

En segundo lugar, la literatura resalta la carencia de políticas y protocolos para la migración de una cadena de suministro tradicional hacia una con un mayor grado de sostenibilidad, por lo que, si bien los resultados iniciales señalan que la “Industria 4.0” tendrá un impacto beneficioso para el desarrollo de las operaciones en las cadenas de suministro, es necesario que se estudien adecuadamente la forma en que cada una de estas tecnologías contribuirá al desarrollo de cada empresa, puesto que no todas las organizaciones existentes tienen las mismas capacidades y recursos para efectuar una migración hacia un sistema diferente. Asimismo, es necesario que se realicen más investigaciones empíricas que puedan ser capaces de vincular la causalidad de las herramientas de la “Cuarta Revolución Industrial” y el mayor grado de sostenibilidad de las cadenas de suministro.

Por último, el análisis de la información rescatada de los diferentes artículos de investigación resalta la viabilidad de transformar y digitalizar la cadena de suministro con el apoyo de las tecnologías provenientes de la Industria 4.0, pues cada vez las empresas se encuentran en un entorno más competitivo que demanda procesos más eficientes, automatizados y con el menor número de errores. Caso contrario, existe la posibilidad de que las empresas que se nieguen al cambio tecnológico corran el riesgo de quedar obsoletas en el futuro, tal y como ocurrió durante la pandemia provocada por la COVID-19, en donde la intervención física humana fue mínima por los protocolos sanitarios establecidos por los gobiernos de los distintos países desarrollados. En tal sentido, la implementación de las tecnologías como el IoT, la *Big Data*, el *BlockChain*, entre otros, son una realidad en los procesos logísticos actuales y resultan siendo una ventaja competitiva para las naciones; sin embargo, en el futuro exige de tecnologías con modelos de negocios más eficientes y sostenibles en el tiempo para poder llevar a cabo sus operaciones.

Es así como, con respecto a la primera conclusión, se recomienda a los futuros investigadores realizar estudios sobre la implementación y uso de tecnologías integradas en las cadenas de suministro actuales debido a los beneficios que conllevan: resolución de interrupciones en la cadena y optimización del suministro global. Asimismo, las empresas pueden empezar con el delineamiento de nuevas estrategias de

negocios que incluyan hojas de ruta definidas para favorecer al desarrollo sostenible y la digitalización. Aquí podrán identificar las capacidades con las que cuenta hasta el momento, ya sea en términos de mano de obra, gestión administrativa, logística, etc. De igual manera, será necesario la continua investigación respecto a tecnologías que ayuden a la cadena de suministro y que simultaneo a ello sean sostenibles desde su etapa de implementación.

Ahora, con respecto a la segunda conclusión, es recomendable que se realicen investigaciones sobre la participación de los gobiernos en el rol fundamental de apoyo y promoción para el uso de estas nuevas tendencias de automatización digital en el comercio internacional, ya sea través de programas de créditos y financiamiento o proyectos logísticos. La literatura es marcada en señalar que las empresas no solo tengan iniciativa para desarrollo empresarial, sino que cuenten con recursos de investigación para implementar medidas y herramientas digitales, siendo una de ellas la inversión monetaria en el personal, así como en la construcción de la infraestructura tecnológica.

Finalmente, debido a que es necesario que el personal encargado del uso de las tecnologías propias de la Industria 4.0 tenga los conocimientos adecuados, es recomendable que a futuro se desarrollen nuevas investigaciones sobre la capacitación y el capital humano de las naciones y las organizaciones privadas para determinar si se encuentran óptimas para el uso de las nuevas tecnologías. Es de esta manera que las organizaciones pertenecientes al rubro logístico podrán explotar los potenciales beneficios de la “Cuarta Revolución Industrial” dentro de las cadenas de suministro. Asimismo, se estaría contribuyendo con estudios que denoten el avance de las compañías con acciones relacionadas con los ODS 8 y ODS 9. Para impulsar dicha iniciativa, los investigadores tienen que priorizar, también, estudios cualitativos que describan la visión actual de los cuerpos directivos y de los mismos especialistas para evaluar la viabilidad de los proyectos, además de la trazabilidad, productividad y eficiencia de sus costos.

REFERENCIAS

[1] K. Aravindaraj and P. Rajan, “A systematic literature review of integration of industry 4.0 and warehouse management to achieve Sustainable Development Goals (SDGs)”, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, December 2022, doi:10.1016/j.clscn.2022.100072.

[2] A. Lagorio, G. Zenezini, G. Mangano and R. Pinto, “A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25(7), 1043-1066, November 2022, doi:10.1080/13675567.2020.1850661.

[3] S. El Hamdi and A. Abdellah, “Logistics: Impact of Industry 4.0”. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9), April 2022, doi:10.3390/app12094209.

[4] M. Abdirad and K. Krishnan, “Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review”, *Engineering Management Journal*, 1-15, July 2020, doi:10.1080/10429247.2020.1783935.

[5] M. Fan, Z. Wu, S. A. Qalati, D. He and R. Y. Hussain, “Impact of Green Logistics Performance on China’s Export Trade to Regional Comprehensive Economic Partnership Countries”, *Frontiers in Environmental Science*, 10, May 2022, doi:10.3389/fenvs.2022.879590.

[6] N. M. Suki, N. M. Suki, A. Sharif, and S. Afshan, “The role of logistics performance for sustainable development in top Asian countries: Evidence from advance panel estimations”. *Sustainable Development*, 29(4), pp. 595-606, January 2021, doi.org/10.1002/sd.2160.

[7] S. A. Khan, C. Jian, Y. Zhang, H. Golpîra, A. Kumar and A. Sharif, “Environmental, social and economic growth indicators spur logistics performance: From the perspective of South Asian Association for Regional Cooperation countries”. *Journal of Cleaner Production*, 214, pp. 1011-1023, March 2019, doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.322.

[8] H. Guo and T. Zou, “Cross-Border E-Commerce Platform Logistics and Supply Chain Network Optimization Based on Deep Learning”. *Mobile Information Systems*, May 2022. doi:10.1155/2022/2203322.

[9] L. Kubáč and O. Kodym, “The impact of 3D printing technology on supply chain”, *MATEC Web of Conferences*, 134, November 2017, doi:10.1051/mateconf/201713400027.

[10] H. Nozari, A. Szmelter-jarosz and J. Ghahremani-nahr, “Analysis of the Challenges of Artificial Intelligence of Things (AIoT) for the Smart Supply Chain (Case Study: FMCG Industries)”, *Sensors*, 22(8), April 2022, doi:10.3390/s22082931.

[11] P.-E. Dossou, “Impact of Sustainability on the supply chain 4.0 performance”. *Procedia Manufacturing*, 17, 452-459, November 2018, doi:10.1016/j.promfg.2018.10.069.

[12] K. Butner, “The smarter supply chain of the future. Strategy and Leadership”, 38(1), 22-31, January 2010, doi:10.1108/10878571011009859.

[13] P. Dallasega, E. Rauch and C. Linder, “Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review”, *Computers in Industry*, 99, 205-225, April 2018, doi:10.1016/j.compind.2018.03.039.

[14] S. Bag, A. Telukdarie, J.H.C. Pretorius and S. Gupta, “Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions”. *Benchmarking*, 28(5), 1410-1450, May 2021, doi:10.1108/BIJ-03-2018-0056.

[15] E. Hofmann y M. Rüsçh, M. “Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics”, *Computers in Industry*, 89, 23-34, April 2017, doi:10.1016/j.compind.2017.04.002.

[16] Naciones Unidas, “Desarrollo sostenible”, <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

[17] S. Madroñero-Palacios and T. Guzmán-Hernández, “Sustainable development. Applicability and its trends”, *Tecnología en Marcha*, 31(3), 122-130, July 2018, doi:10.18845/tm.v31i3.3907.

[18] Y. Kayikci, “Sustainability impact of digitization in logistics”, *Procedia Manufacturing*, 21, 782-789, March 2018, doi:10.1016/j.promfg.2018.02.184.

[19] G. D’Amico, K. Szopik-Depczyńska, I. Dembińska, and G. Ioppolo, “Smart and sustainable logistics of Port cities: A framework for comprehending enabling factors, domains and goals”, *Sustainable Cities and Society*, 69, June 2021, doi:10.1016/j.scs.2021.102801.

[20] M. Beltrami, G. Orzes, J. Sarkis, and M. Sartor, “Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory”, *Journal of Cleaner Production*, 312, August 2021, doi:10.1016/j.jclepro.2021.127733.

[21] J. Adolf, A. Olmedo, and E. Ferrer, “El artículo de revisión”, *Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 1(6), July 2008, https://www.uv.es/joguigo/valencia/Recerca_files/el_articulo_de_revisio.pdf.

[22] A. Moldabekova, R. Philipp, H-E. Reimers, and B. Alikozhayev, “Digital technologies for improving logistics performance of countries”, *Transport and Telecommunication*, 22(2), 207-216, April 2021, doi:10.2478/tj-2021-0016.

[23] A. Bhat, R. Nor, H. Mansor, and M. Amiruzzaman, “Leveraging Decentralized Internet of Things (IoT) and Blockchain Technology in International Trade”, *2021 International Conference on Cyber Security and Internet of Things (ICSIoT)*, 1-6, December 2021, doi:10.1109/ICSIoT55070.2021.00010.

[24] A. Moldabekova, R. Philipp, A. Satybaldin, and G. Prause, “Technological Readiness and Innovation as Drivers for Logistics 4.0*”, *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(1), 145-156, January 2021, doi:10.13106/jafeb.2021.vol8.no1.145.

[25] C. Duan and G. Wang, “Operational research application based on 5G cold chain logistics”, *ACM International Conference Proceeding Series*, 1860-1864, November 2021, doi:10.1145/3482632.3484056.

- [26] J. Corrêa, M. Sampaio and R. de Castro Barros, "An exploratory study on emerging technologies applied to logistics 4.0". *Gestao e Producao*, 27(3), September 2020, doi:10.1590/0104-530X5468-20.
- [27] S. E. Chang and Y. Chen, "When blockchain meets supply chain: A systematic literature review on current development and potential applications". *IEEE Access*, 8, 62478-62494, March 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.2983601.
- [28] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives". *International Journal of Information Management*, 39, 80-89, April 2018, doi:10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.
- [29] S. Valeria, D. Vitaliia, T. Kateryna, H. Rostyslav, and Y Oleg, "The Impact of Blockchain Technology on International Trade and Financial Business". *Universal Journal of Accounting and Finance*, 10(1), 102-112 January 2022, doi:10.13189/ujaf.2022.100111.
- [30] S. Altendorfer-Kaiser, "The influence of big data on production and logistics: A theoretical discussion". *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 513, 221-227, August 2017, doi:10.1007/978-3-319-66923-6_26.
- [31] W. Gan, W. Yao, S. Huang, and Y. Liu, "A Study on the Coupled and Coordinated Development of the Logistics Industry, Digitalization, and Ecological Civilization in Chinese Regions". *Sustainability (Switzerland)*, 14(11), May 2022, doi:10.3390/su14116390.
- [32] H. Gupta, A. Kumar, S. Kusi-Sarpong, S.A. Khan, and S.C. Sharma, "Strategies to overcome barriers to innovative digitalization technologies for supply chain logistics resilience during pandemic". *Technology in Society*, 69, May 2022, doi:10.1016/j.techsoc.2022.101970.
- [33] J. Rymarczyk, "The impact of industrial revolution 4.0 on international trade". *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(1), 105-117, March 2021, doi:10.15678/EBER.2021.090107.
- [34] M. Tu, "An exploratory study of internet of things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management a mixed research approach". *International Journal of Logistics Management*, 29(1), 131-151, February 2018, doi:10.1108/IJLM-11-2016-0274.
- [35] F. Bugarčić, V. Skvarciany, and N. Stanišić, "Logistics performance index in international trade: Case of central and eastern european and western balkans countries". *Business: Theory and Practice*, 21(2), 452-459, June 2020, doi:10.3846/btp.2020.12802.
- [36] M. Woschank, A. Kaiblinger, and P. Miklautsch, "Digitalization in industrial logistics: Contemporary evidence and future directions". *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1322-1333, March 2021.