

Modalidad: Artículo profesional y de investigación

Líneas de Investigación para la transformación sostenible de la Cadena de Abastecimiento hacia la Industria 5.0

Juan Pablo Franco Rubio¹, Natalia Mercedes Macri Muela¹, Verónica Lychenheim¹, Nolan Sánchez Tovar¹



¹Ingeniería en Logística, Universidad Tecnológica, Uruguay; juan.franco.r@utec.edu.uy, ORCID: 0009-0009-4900-3695; natalia.macri@utec.edu.uy, ORCID: 0009-0004-0715-3832; veronica.lychenheim@utec.edu.uy, ORCID: 0009-0008-9149-7556; nolan.sanchez@utec.edu.uy, ORCID: 0000-0001-9887-2744

Resumen

La logística desempeña un papel estratégico en el desarrollo regional y la competitividad empresarial, ampliando su enfoque hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental. Tecnologías como *IoT*, *blockchain* y *big data* mejoran la eficiencia, trazabilidad y resiliencia de las cadenas de suministro, beneficiando sectores desde la agroindustria hasta la logística urbana y el reciclaje. Esta evolución comprende la transición de la Industria 4.0 a la 5.0, donde innovación, digitalización y co-creación de valor se alinean con el bienestar humano y la protección ambiental.

En este contexto, el programa de Ingeniería Logística de UTEC está comprometido con la formación de profesionales capaces de enfrentar tendencias sostenibles en cadenas de abastecimiento. Las líneas de investigación propuestas incluyen el desarrollo económico local, la cooperación internacional, la minería de procesos, el uso eficiente de la energía, la logística inversa, el diseño de cadenas resilientes con criterios 3BL, la logística humanitaria en atención a las crisis y la educación en ingeniería como motor de cambio cultural y tecnológico.

Palabras Clave: Logística, sostenibilidad, Economía circular, Industria 5.0 y Resiliencia

Abstract

Logistics has transcended its traditional cost-reduction role, emerging as a critical driver of regional development that integrates economic, social, and environmental sustainability. Cutting-edge technologies like IoT, blockchain, and big data are revolutionizing supply chains, enhancing efficiency and resilience across diverse sectors

from agro-industrial production to urban logistics. This technological transformation aligns with the shift from Industry 4.0 to Industry 5.0, where innovation harmonizes with human well-being and environmental protection. UTEC's Logistics Engineering program responds to these global challenges by cultivating professionals equipped to navigate complex supply chain landscapes. Through strategic research initiatives including: international cooperation, process mining, sustainable energy management, and humanitarian logistics. The program aims to forge innovative solutions that drive technological and cultural transformation.

Key words: *Logistics, sustainability, circular economy, Industry 5.0, and resilience*

Introducción

Importancia de la Ingeniería Logística en el contexto actual.

El desarrollo regional disminuye las desigualdades mediante la generación de beneficios económicos y sociales. Dentro de este contexto, la logística desempeña un papel de gran importancia al promover la generación de empleo, dinamizando las exportaciones y fortaleciendo el Producto Interno Bruto. Un marco estratégico para la evolución de la logística no solo contribuye al mejoramiento continuo y la optimización de los recursos, sino que también establece conexiones entre los mercados y fomenta la inclusión, consolidando a la logística como un pilar para el crecimiento regional equilibrado y sostenible a lo largo del tiempo (Vieira et al., 2022).

Siendo que la logística experimenta una evolución continua, se resalta su aporte a la competitividad empresarial. Inicialmente orientada hacia la gestión de costos, la logística ha expandido su perspectiva hacia la sostenibilidad económica y social, dando lugar al concepto de cadena de abastecimiento sostenible. Aunque este enfoque está siendo ampliamente investigado, enfrenta desafíos prácticos, como la falta de intercambio de datos en tiempo real. Tecnologías como *Blockchain*, *IoT* y *Big Data* presentan soluciones innovadoras que posibilitan la superación de este tipo de barreras, al tiempo que se exploran sus beneficios y limitaciones en la práctica (Tan et al., 2020).

El desempeño logístico constituye al éxito organizacional, ejerciendo una influencia directa en la administración de la cadena de suministro, el *marketing* y los rendimientos financieros. Una logística eficaz orienta de manera consistente a las organizaciones hacia el logro de las metas estratégicas, optimizando operaciones y promoviendo el mejoramiento continuo de los factores que determinan el desempeño organizacional, consolidando a la logística como un pilar esencial de la competitividad empresarial (Acimovic et al., 2022).

Asimismo, las redes de distribución logística fortalecen la resiliencia corporativa al reducir costos de transporte y optimizar las operaciones. Estas redes no solo facilitan la

recuperación y adaptación de las empresas a fluctuaciones del mercado, sino que también disminuyen su vulnerabilidad. Además, su puesta en marcha contribuye al desarrollo sostenible, consolidando tanto la competitividad como la sostenibilidad (Muyulema-Allaica & Rodríguez-Balón, 2023).

Dentro del contexto de la satisfacción del cliente, la logística genera valor en respuesta a las expectativas de los consumidores, con el objetivo de preservar la competitividad en el mercado. Factores como la calidad de formación y comunicación del personal, las condiciones de los pedidos, la puntualidad, la gestión de inconformidades y el análisis de la información operativa ejercen una influencia significativa en la satisfacción del cliente y en el desarrollo comercial de las empresas (Uvet, 2020).

La pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la relevancia estratégica de la logística en la estabilidad de las cadenas de suministro a nivel mundial. Interrupciones o malas gestiones, como las experimentadas durante la crisis humanitaria, generaron repercusiones significativas a nivel nacional e internacional. Para mitigar estos efectos, se destaca la necesidad de diversificar proveedores, priorizar cadenas nacionales ante restricciones de transporte y adaptarse a cambios en los hábitos de consumo de los clientes, como por ejemplo el aumento de las compras en línea. La incorporación de políticas que garanticen la salud pública refuerza el papel de la logística en la resiliencia y sostenibilidad de las organizaciones (Khodoomi et al., 2024).

Además, la logística también atiende la demanda del comercio electrónico, especialmente tras la pandemia de COVID-19, adaptando las cadenas de suministro a nivel global. Los proveedores logísticos *Third-Party Logistics - 3PL* desempeñan un papel relevante en la optimización de funciones logísticas, considerando criterios como confiabilidad, tiempos de entrega, costos, gestión de redes y calidad del servicio. Entonces considerar un modelo de evaluación multicriterio permite priorizar enfoques sostenibles y eficientes, potenciando la toma de decisiones corporativas y el avance sostenible en el sector logístico (Wang et al., 2021).

Finalmente, y en términos generales, la educación en logística afronta el desafío de capacitar el talento humano de los futuros profesionales, es por eso que se requiere seguir desarrollando habilidades prácticas en gestión logística en cada uno de los estudiantes. Estrategias basadas en concursos educativos han demostrado ser efectivas para abordar y reducir brechas en la apropiación del conocimiento, de tal forma, se consideran factores como la experiencia y motivación de los profesores, el liderazgo de los estudiantes en el equipo de trabajo y la comunicación efectiva de los participantes. Estas iniciativas facilitan el aprendizaje significativo, mejorando tanto la calidad educativa como el desarrollo de competencias prácticas para el desempeño tecnológico y profesional (Huang et al., 2024).

Contexto de UTEC y su enfoque innovador

La Universidad Tecnológica del Uruguay – UTEC es una institución pública orientada a la investigación, innovación y educación tecnológica, dedicada a asegurar la equidad en el acceso a la educación superior, particularmente en el interior del país. Su objetivo es formar talentos a nivel tecnológico y profesional, investigadores y emprendedores que aporten al progreso económico, social y tecnológico de Uruguay. A través de una propuesta educativa innovadora, vinculada al contexto productivo y orientada por valores como la excelencia, la flexibilidad, la calidad y la sostenibilidad, fomentando un desarrollo inclusivo y sostenible (UTEC, 2024b).

Un ejemplo ilustrativo de este compromiso es el programa académico de Ingeniería en Logística, que capacita a los estudiantes en la optimización de cadenas de suministro con un enfoque en eficiencia y sostenibilidad. El programa incluye un título intermedio de tecnólogo en logística al culminar el tercer año, facilitando una rápida inserción laboral. Este se lleva a cabo en las ciudades de Fray Bentos y Rivera, consolidando así el acceso educativo en regiones estratégicas del país (UTEC, 2024a).

El Plan Estratégico 2021-2025 refuerza esta perspectiva a través de ejes que amplían la oferta educativa en el interior del país, fomentando la innovación y fortaleciendo la vinculación con el entorno social y productivo. Adicionalmente, los ejes transversales, tales como la transformación digital, la internacionalización y el desarrollo profesional, promueven una gestión alineada con las exigencias del mercado (Consejo Directivo Central provisorio, 2020).

UTEC también aporta a la Estrategia Nacional de Desarrollo Uruguay 2050, respaldando la descentralización educativa, la sostenibilidad y la equidad territorial (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, 2019). Asimismo, se alinea con la visión de INALOG en la formación de tecnólogos y profesionales en logística para establecer a Uruguay como un *hub* logístico regional competitivo (INALOG, 2016). Este vínculo estratégico reafirma la relevancia de UTEC como agente de desarrollo sostenible e inclusivo en la nación, propiciando oportunidades para su evolución a mediano y largo plazo.

Gestión de la evolución del ámbito investigativo en ILOG ITR-SO y la identificación de líneas de investigación basadas en tendencias de la literatura científica reciente.

• Evolución del ámbito investigativo en ILOG ITR-SO

El artículo 30 de la Ley General de Educación Número 18.437 de Uruguay establece que las funciones sustantivas de una universidad son todas aquellas actividades que determinan su misión y propósito dentro de la sociedad para el cumplimiento de su función educativa, de investigación y de extensión (Poder Legislativo, 2008). De tal

forma, la Investigación científica y tecnológica implica la gestión del conocimiento humano en los diversos campos o áreas de estudio correspondientes a la oferta de formación académica de la institución. En este contexto, promueve el progreso del saber y la generación de soluciones innovadoras a problemas sociales, económicos, tecnológicos y culturales (Ramírez, 2018). Para este caso, la logística y la cadena de abastecimiento sostenible (UTEC, 2017). De este modo, las instituciones universitarias pueden funcionar como centros de producción científica y tecnológica que contribuyen al progreso de la sociedad mediante sus estudios e investigaciones.

El principal propósito de investigar radica en la generación de nuevo conocimiento para la humanidad, explorando fenómenos no comprendidos, explorando alternativas para la resolución de problemas aún sin resolver. Entonces, la investigación busca abordar interrogantes que no tienen respuestas claras o definitivas, expandiendo las fronteras del conocimiento humano (Espinoza & Eudaldo, 2020).

La investigación se caracteriza por su naturaleza exploratoria y creativa. Se trata de un proceso activo y proactivo cuyo objetivo es innovar o descubrir algo que no se sabía previamente. Los investigadores abordan problemas de forma crítica y creativa, planteando hipótesis, haciendo experimentos, y recolectando datos (Mesa_técnica_Investigación+_Creación. et al., 2021).

Los métodos de la investigación incluyen la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación, el análisis de datos, la realización de entrevistas, encuestas, pruebas de campo y revisión de literatura académica y científica. De este modo, la investigación se basa en un enfoque metódico y sistemático para obtener resultados válidos y confiables (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2023). Por lo tanto, el proceso de **estudio** implica la asimilación del conocimiento preexistente y su comprensión, es un proceso donde el individuo aprende lo que otros ya han descubierto. Pero **Investigar** es gestionar el avance para la generación de nuevo conocimiento para la humanidad, constituyendo un proceso activo y creativo que implica explorar lo desconocido, formulando preguntas realmente interesantes y buscando sus posibles caminos de respuesta a través de un enfoque metodológico.

Considerando que el ámbito investigativo de un programa de formación profesional con titulación intermedia a nivel tecnológico, como es el caso de Ingeniería Logística en el Instituto Tecnológico Regional Suroriente de UTEC – ILOG ITR-SO, no constituye una unidad independiente ni aislada del propósito formativo establecido en el plan de estudios vigente, sino que, por el contrario, forma parte de un sistema integrado de gestión del conocimiento en Logística y Cadena de Abastecimiento, se presenta a continuación una visión sistémica de integración, colaboración y desarrollo organizado y sostenible a lo largo del tiempo.

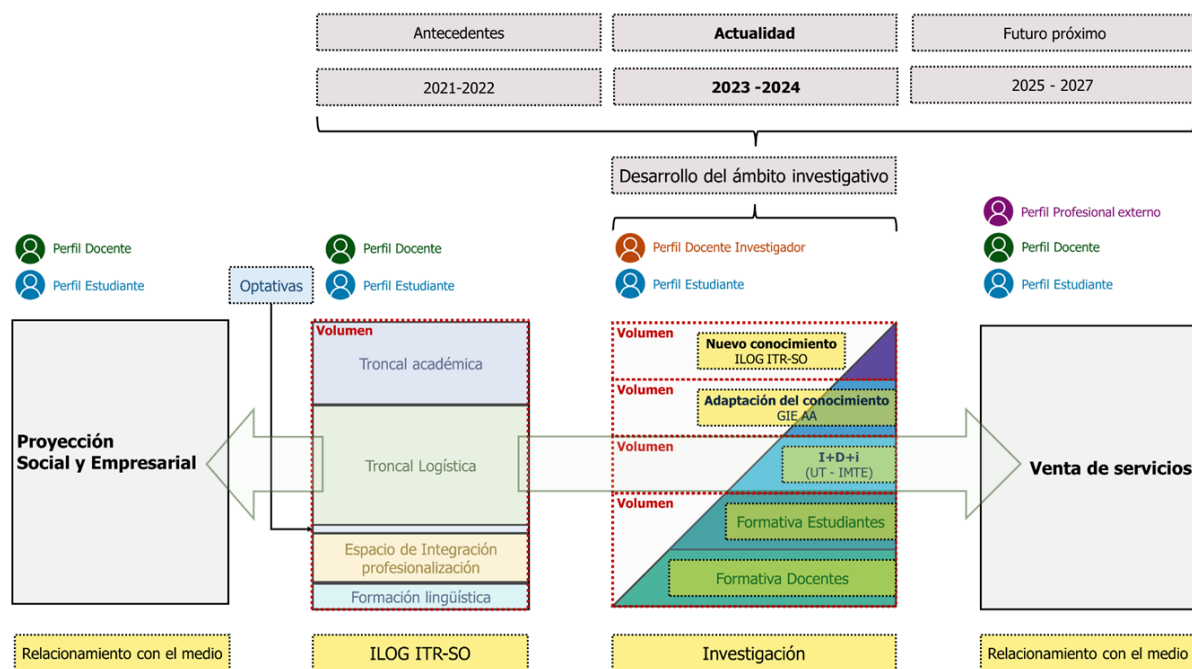


Fig. 1. ILOG ITR-SO como sistema integrado – enfocando el ámbito investigativo, elaboración propia, 2024

En la **Fig. 1** se presenta un concepto en desarrollo del sistema integrado correspondiente a ILOG ITR-SO, basado en el plan de estudios vigente, el cual está compuesto por 92 unidades curriculares y un total de 434 créditos. A nivel general, se puede identificar lo siguiente: La troncal académica, que representa el 29% del total de créditos del programa, La troncal Logística, con una participación del 42.2%, Las optativas, que aportan el 2.8%, El espacio de integración y profesionalización, con un 16.6%, y finalmente, La formación lingüística, que contribuye con el 9.2% del total de créditos.

Además de la gestión administrativa, en el desarrollo de la función sustantiva de formación académica interactúan, de manera tradicional, los perfiles Docente y Estudiante, dentro del marco de las Unidades Curriculares, conforme a la normatividad vigente de la UTEC. Este proceso permite el desarrollo de competencias y habilidades en los estudiantes a lo largo de su formación tecnológica y profesional.

• Contextos para la identificación de líneas de investigación

La definición de líneas de investigación varía considerablemente entre instituciones de países desarrollados y otros en vía de desarrollo, reflejando desigualdades en recursos, infraestructura y planificación estratégica. En países desarrollados, las líneas se establecen mediante procesos organizados que integran análisis prospectivo,

interdisciplinariedad y vinculación con políticas públicas y sectores productivos. Estas instituciones cuentan con financiamiento constante, acceso a tecnologías avanzadas y redes internacionales, permitiendo abordar problemas complejos globalmente y priorizar áreas para el avance del conocimiento humano. Además, implementan evaluaciones continuas para medir el impacto de sus investigaciones en publicaciones, patentes y proyectos financiados de una forma coherente.

En contraste, en países en vía de desarrollo, las líneas de investigación están limitadas por presupuestos insuficientes, infraestructuras relativamente insuficientes y menor conexión internacional. Se enfocan en resolver problemáticas locales como agricultura sostenible, acceso al agua, salud básica y educación, esenciales para el desarrollo social y económico. Sin embargo, dependen de financiamiento externo, lo que puede desviar prioridades hacia intereses de donantes y generar inestabilidad en el desarrollo y la evolución de los proyectos de interés. La falta de interdisciplinariedad y recursos dificulta implementar soluciones integrales y sostenibles en el tiempo.

Teniendo en cuenta la contextualización proporcionada por la Dirección de Investigaciones de la UTEC a través del Grupo de Investigación Estratégica en Agroalimentos, las áreas de fundamentación de la Unidad Tecnológica IMTE y principalmente la oferta de valor del programa de Ingeniería Logística - ILOG, se implementó un enfoque metódico basado en trabajo de *Barbara Kitchenham* para la elaboración de Revisiones Sistemáticas de Literatura – RSL (Kitchenham & Charters, 2007), con el ánimo de definir las líneas de investigación del programa. Este enfoque incluye la realización de una revisión sistemática de literatura científica en el ámbito de la cadena de abastecimiento sostenible.

Identificación de líneas de investigación basadas en tendencias y brechas en la literatura científica

Análisis preliminar

Se estableció sistemáticamente una colección de 277 artículos científicos, denominada bolsa de revisión general, los cuales fueron publicados en los últimos tres años, acerca de la cadena de abastecimiento sostenible, estos han sido revisados de forma exhaustiva por un grupo de docentes en ingeniería logística del ITR-SO, especializados en diversas áreas, a saber: Logística Empresarial, Logística de Servicios, Logística de Transporte, Logística de la Producción Industrial y el Diseño y la Gestión de Procesos. Los artículos científicos de resultados de investigación, revisiones de literatura y accesos anticipados, se recopilaron por medio de la herramienta de apoyo a los investigadores *Web of Science* - *WoS de Clarivate*. Fueron analizadas las tendencias del conjunto de artículos, enfocándose especialmente para este caso en los veinte artículos de revisión más relevantes según WoS, estos se denominarán en este escrito “revisiones de referencia”,

y de este subconjunto se identificarán las tendencias iniciales de las líneas de investigación a desarrollar en el ámbito académico durante el periodo 2025 - 2027.

Categorías de Web of Science	Número de registros	% de 277	Categorías de Web of Science	Número de registros	% de 20
Green Sustainable Science Technology	96	34.66%	Environmental Sciences	7	35.00%
Environmental Sciences	93	33.57%	Environmental Studies	7	35.00%
Operations Research Management Science	65	23.47%	Green Sustainable Science Technology	6	30.00%
Environmental Studies	64	23.11%	Management	4	20.00%
Management	52	18.77%	Engineering Industrial	3	15.00%
Engineering Industrial	50	18.05%	Operations Research Management Science	3	15.00%
Engineering Environmental	29	10.47%	Business	1	5.00%
Economics	28	10.11%	Energy Fuels	1	5.00%
Transportation Science Technology	27	9.75%	Engineering Manufacturing	1	5.00%
Business	26	9.39%	Engineering Mechanical	1	5.00%

Tabla 1. Categorías de **Web of Science**, bolsa de revisión VS revisiones de referencia. Elaboración propia, 2024.

En la **Tabla 1**, se aprecian las principales categorías en cada uno de los conjuntos de documentos analizados, inicialmente por afinidad a la propuesta de valor del programa, resaltan: la administración, la ingeniería industrial y los negocios como evidentes áreas de interés.

Citation Topics Meso	Número de registros	% de 277	Citation Topics Meso	Número de registros	% de 20
6.3 Management	130	46.93%	6.3 Management	9	45.00%
4.84 Supply Chain & Logistics	73	26.35%	4.84 Supply Chain & Logistics	4	20.00%
4.224 Design & Manufacturing	25	9.03%	4.187 Security Systems	2	10.00%
6.115 Sustainability Science	14	5.05%	4.224 Design & Manufacturing	2	10.00%
4.187 Security Systems	11	3.97%	4.61 Artificial Intelligence & Machine Learning	1	5.00%
4.61 Artificial Intelligence & Machine Learning	7	2.53%	6.115 Sustainability Science	1	5.00%
4.237 Safety & Maintenance	3	1.08%	6.153 Climate Change	1	5.00%
6.10 Economics	2	0.72%			
6.223 Hospitality, Leisure, Sport & Tourism	2	0.72%			
6.73 Social Psychology	2	0.72%			
1.273 Health Literacy & Telemedicine	1	0.36%			
2.165 Nanofibers, Scaffolds & Fabrication	1	0.36%			
3.87 Paper & Wood Materials Science	1	0.36%			
4.116 Robotics	1	0.36%			
4.169 Remote Sensing	1	0.36%			
4.284 Human Computer Interaction	1	0.36%			
6.153 Climate Change	1	0.36%			
6.263 Agricultural Policy	1	0.36%			

Tabla 2. Categorías **Topics Meso de Web of Science**, bolsa de revisión VS revisiones de referencia. Elaboración propia, 2024.

En la **Tabla 2**, se observan las principales categorías **Topics Meso de Web of Science**, que agrupan temas intermedios entre disciplinas amplias y palabras clave específicas, facilitando el análisis interdisciplinario de cada conjunto de documentos. Inicialmente, en relación con la propuesta de valor del programa, destacan la administración, la logística y la cadena de abastecimiento; de manera emergente, se identifican oportunidades de interés como el diseño y la manufactura, las aplicaciones de inteligencia artificial y las aplicaciones científicas para la sostenibilidad.

Citation Topics Micro	Número de registros	% de 277
6.3.385 Corporate Social Responsibility	116	41.88%
4.84.260 Supply Chain	61	22.02%
4.224.1040 Industry 4.0	25	9.03%
4.187.2766 Blockchain	10	3.61%
6.115.1554 E-waste	10	3.61%
4.84.471 Vehicle Routing Problem	9	3.25%
4.61.56 Fuzzy Sets	7	2.53%
6.3.2135 Sharing Economy	5	1.81%
4.237.651 Preventive Maintenance	3	1.08%
6.3.2 Knowledge Management	3	1.08%
6.3.65 Customer Satisfaction	3	1.08%
4.84.1632 Facility Location	2	0.72%
6.10.63 Corporate Governance	2	0.72%
6.115.234 Environmental Kuznets Curve	2	0.72%
6.115.880 Renewable Energy	2	0.72%
6.223.247 Tourism	2	0.72%
6.73.1507 Environmental Concern	2	0.72%
1.273.1608 Web Surveys	1	0.36%
2.165.679 Additive Manufacturing	1	0.36%
3.87.2131 Bioenergy	1	0.36%
4.116.1097 Biped Robot	1	0.36%
4.169.2376 Light Pollution	1	0.36%
4.187.1634 Rfid	1	0.36%
4.284.2778 Artificial Intelligence	1	0.36%
4.84.2450 Order Picking	1	0.36%

Citation Topics Micro	Número de registros	% de 20
6.3.385 Corporate Social Responsibility	6	30.00%
4.187.2766 Blockchain	2	10.00%
4.224.1040 Industry 4.0	2	10.00%
4.84.260 Supply Chain	2	10.00%
4.84.471 Vehicle Routing Problem	2	10.00%
6.3.2135 Sharing Economy	2	10.00%
4.61.56 Fuzzy Sets	1	5.00%
6.115.1554 E-waste	1	5.00%
6.153.558 Climate Change Adaptation	1	5.00%
6.3.1667 Six Sigma	1	5.00%

Tabla 3. Categorías **Topics Micro de Web of Science**, bolsa de revisión VS revisiones de referencia. Elaboración propia, 2024.

En la **Tabla 3**, se aprecian las principales categorías **Topics Micro de Web of Science**, estas identifican temas específicos y detallados basados en palabras clave, permitiendo análisis profundos y especializados para cada uno de los conjuntos de documentos, inicialmente y por afinidad a la propuesta de valor del programa, resaltan la responsabilidad empresarial social, la cadena de abastecimiento, el enrutamiento de vehículos y el mejoramiento continuo de la calidad y la eficiencia de los procesos organizacionales mediante la identificación y reducción de defectos, variabilidad y desperdicios. Así mismo, de forma emergente se identifican oportunidades de interés como la apropiación y el uso de tecnologías de la cuarta revolución industrial, el *Blockchain*, la gestión del desecho electrónico generado por dispositivos tecnológicos obsoletos o no funcionales, como computadoras, teléfonos y electrodomésticos, así como la economía colaborativa.

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Número de registros	% de 277
09 Industry Innovation And Infrastructure	166	59.9%
12 Responsible Consumption And Production	106	38.3%
11 Sustainable Cities And Communities	32	11.6%
13 Climate Action	19	6.9%
07 Affordable And Clean Energy	15	5.4%
02 Zero Hunger	4	1.4%
14 Life Below Water	4	1.4%
15 Life On Land	4	1.4%
04 Quality Education	2	0.7%
08 Decent Work And Economic Growth	2	0.7%

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Número de registros	% de 20
09 Industry Innovation And Infrastructure	11	55.00%
12 Responsible Consumption And Production	8	40.00%
11 Sustainable Cities And Communities	6	30.00%
13 Climate Action	2	10.00%
02 Zero Hunger	1	5.00%
07 Affordable And Clean Energy	1	5.00%
14 Life Below Water	1	5.00%
15 Life On Land	1	5.00%

Tabla 4. Principales Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con las tendencias de la literatura revisada. Elaboración propia, 2024.

En la **Tabla 4** se presentan los principales Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS relacionados con la literatura revisada según *Web of Science*. Destacan el ODS 9, que

corresponde a la construcción de infraestructuras resilientes, la promoción de la industrialización sostenible y el fomento de la innovación; el ODS 12, orientado a garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; y el ODS 11, cuyo objetivo es lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

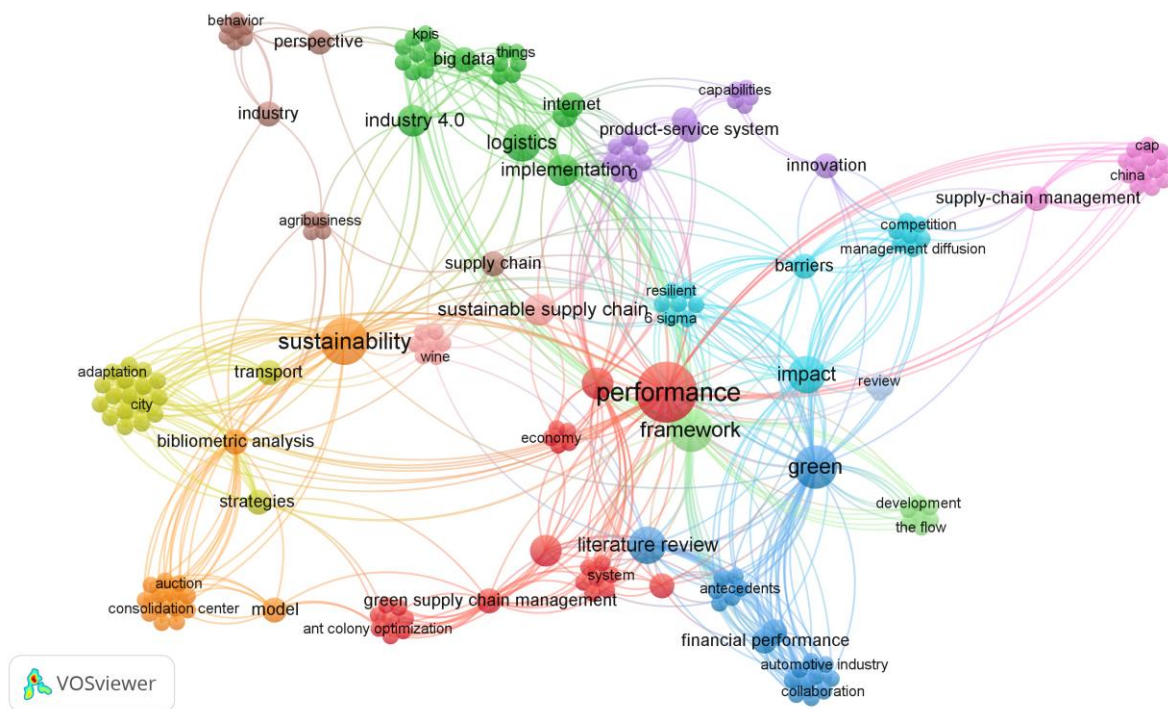


Fig. 2. Análisis de co-ocurrencia de palabras clave, elaboración propia por medio de la herramienta VOSviewer, 2024.

En la **Fig. 2** se presenta un análisis de co-ocurrencia de 183 palabras clave extraídas de los veinte artículos de revisión de literatura que constituyen las revisiones de referencia. En la parte superior de la figura, se observa la relación entre la producción industrializada orientada hacia la frontera tecnológica y los servicios relacionados. En el lado derecho, se identifica la cadena de abastecimiento y su vínculo con el desempeño, así como el impacto de los factores económicos y sostenibles. Finalmente, en la parte inferior izquierda, se aprecia la cadena de abastecimiento sostenible, enfocada en estrategias y modelos relacionados con la distribución logística del transporte.

Resultados de la Revisión

La integración de las ideas presentadas en las distintas referencias construye un mapa conceptual amplio y complejo sobre la transformación de las cadenas de suministro en el tránsito desde la Industria 4.0 hacia la futura Industria 5.0. De manera consistente, se observan fuerzas que impulsan a las organizaciones a adoptar tecnologías digitales,

prácticas sostenibles, estrategias circulares y mecanismos que incrementen la resiliencia ante interrupciones y riesgos. Un análisis en conjunto de las fuentes científicas delinea tendencias convergentes que redefinen la forma en que las cadenas de valor se conciben, operan y evolucionan.

- **Digitalización, sostenibilidad y resiliencia como ejes integradores**

La digitalización, potenciada por *IoT*, *IA*, *blockchain*, *big data*, computación en la nube, robótica o gemelos digitales, no se limita a optimizar procesos. Más bien, actúa como un habilitador integral que impulsa la transición hacia prácticas sostenibles, mejora la trazabilidad, la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante disrupciones. Diversos contextos, desde el sector agroindustrial (Osuna-Velarde et al., 2024) y los puertos marítimos inteligentes (Basulo-Ribeiro & Teixeira, 2024), hasta la logística urbana sostenible (Mansouri et al., 2023) y el reciclaje (Xie et al., 2023) apuntan a que el uso estratégico de las tecnologías de la Industria 4.0 facilita la resiliencia, la co-creación de valor y la adaptación a la evolución de los escenarios del mercado, incluidos aspectos normativos. Esta convergencia se refuerza en visiones como la de la Cadena de Suministro Resiliente 4.0 (Marinagi et al., 2023), (Wang et al., 2023) o en la adopción de prácticas verdes en la manufactura y el sector energético (Xu et al., 2023).

- **Sostenibilidad, economía circular y triple resultado - 3BL**

La sostenibilidad ya no es un agregado opcional, ahora es un imperativo que integra el triple resultado: factores económicos, ambientales y sociales. Si bien la Gestión de Cadenas de Suministro Verdes – GSCM se enfocaba inicialmente en mitigar impactos ambientales (Awain et al., 2023), (Asha et al., 2022), la evolución hacia la Gestión Sostenible de la Cadena de Suministro – SSCM (Tronnebati & Jawab, 2023) también incorpora aspectos sociales y económicos, buscando un balance ampliado. Este camino es visible en la producción agroindustrial (Osuna-Velarde et al., 2024), la industria alimentaria (Mastos & Gotzamani, 2022), el reciclaje (Xie et al., 2023), la industria del petróleo y gas (Otsubo & Chapman, 2023) y la manufactura comprometida con la transformación energética (Xu et al., 2023). La economía circular, impulsada por el *IoT* y la adopción de modelos de negocio circulares – CBM (Ding et al., 2023), (Atif, 2023), cierra el ciclo productivo, reduciendo residuos y abriendo oportunidades para la integración de los servicios, impulsando la colaboración y la innovación continua.

- **Presiones externas, políticas y gobernanza**

La transformación tecnológica y sostenible requiere que Gobiernos, clientes, proveedores, empleados y la sociedad civil ejerzan presión en aspectos normativos, coercitivos y relacionales (Marculetiu et al., 2023), forzando a las empresas a interiorizar criterios de sostenibilidad, a mejorar la gestión de riesgos frente al cambio climático (Yun & Ülkü, 2023), a adoptar energías limpias (Otsubo & Chapman, 2023) y a buscar mayor

coherencia con las metas internacionales de reducción de carbono. Estas presiones evidencian la necesidad de marcos regulatorios claros, incentivos, gobernanza corporativa sólida (Mansouri et al., 2023) y estrategias globales que alinean a todos los involucrados, desde las grandes corporaciones hasta las PYMES con limitaciones de recursos (Kosasih et al., 2023).

- **El factor humano, la cultura corporativa y la Industria 5.0**

La evolución hacia la Industria 5.0, caracterizada por sistemas hiper-cognitivos, IA avanzada y robótica sinérgica, no ignora el componente humano. Al contrario, el éxito de la transformación digital y sostenible depende en gran medida de la gestión de recursos humanos con orientación sostenible (Murillo-Ramos et al., 2023) y de la capacidad cultural de las organizaciones para asimilar los cambios. Es importante desarrollar competencias, promover la adopción de tecnologías limpias, facilitar el aprendizaje continuo y asegurar que la co-creación de valor involucre la satisfacción del cliente (Zhao et al., 2023). Sólo así se integrará la dimensión humana, social y cultural, garantizando que los avances tecnológicos no se queden en lo instrumental, sino que generen legitimidad, aceptación y beneficios compartidos.

- **Nuevos modelos de negocio y colaboración intersectorial**

La integración de los servicios y la adopción de Sistemas Producto-Servicio – PSS (de Souza et al., 2023), sumadas a los Modelos de Negocio Circulares - CBM habilitados por el *IoT* (Ding et al., 2023), representan la capacidad de la Industria 4.0 para repensar la creación y entrega de valor. La colaboración entre los actores de la cadena: logísticos, energéticos, agroindustriales, comerciantes electrónicos, recicladores, así como otros, establece puentes entre sectores antes aislados y favorece plataformas digitales compartidas, intercambio de datos y alineamiento de objetivos. La circularidad y la sostenibilidad se convierten en catalizadores de la innovación en las organizaciones, la transparencia, la trazabilidad y la integración de soluciones de extremo a extremo.

- **Hacia una visión integral y sistémica**

Las revisiones consultadas confluyen en una visión integral, donde las cadenas de suministro se convierten en ecosistemas complejos, dinámicos y orientados al largo plazo. La digitalización, la economía circular, la resiliencia, la responsabilidad social, las políticas adecuadas, la cultura empresarial y la satisfacción del cliente componen un entramado en el cual optimizar costos o cumplir normas ambientales no es suficiente. El objetivo es generar valor sostenible, reducir emisiones, cerrar ciclos productivos, adaptarse con flexibilidad a la incertidumbre y responder a las múltiples problemáticas del entorno.

- **De la Industria 4.0 a la Industria 5.0**

La Industria 5.0 no consiste únicamente en mejorar la eficiencia o la resiliencia, sino en armonizar el progreso tecnológico con las necesidades humanas y la protección ambiental. La convergencia de los estudios revisados señala que esta transición requiere políticas coherentes, incentivos, capacitación, marcos de análisis robusto, colaboraciones intersectoriales y metodologías que permitan cuantificar avances y detectar brechas. La transformación no sólo es técnica, sino también institucional, social y cultural, comprometiendo a todos los stakeholders en la construcción de cadenas verdaderamente inteligentes, responsables y con un impacto positivo en la sociedad y el planeta.

Líneas de investigación propuestas

La transformación de las cadenas de suministro en el tránsito desde la Industria 4.0 hacia la Industria 5.0, tal como delinean las referencias examinadas, va más allá de la simple adopción de tecnologías digitales o la implementación de prácticas aisladas de sostenibilidad. A medida que las organizaciones se enfrentan a presiones regulatorias, exigencias sociales, cambios en los diferentes mercados y desafíos ambientales vertiginosos, la cadena de valor se reconfigura como un ecosistema complejo y sistémico, en el cual la digitalización, la resiliencia y la sostenibilidad funcionan como ejes integradores. Esta convergencia no solo impulsa la eficiencia operativa y la trazabilidad, sino que facilita la adopción de estrategias circulares, la co-creación de valor y la capacidad de adaptación ante la incertidumbre.

En este marco, la logística empresarial y los servicios desempeñan un papel central, pues se convierten en el hilo conductor que interconecta la producción, la distribución, el consumo y el retorno de materiales en el ciclo productivo. La logística no se limita a optimizar costos o tiempos, sino que asume una función estratégica: articular la economía circular, la economía verde y la economía azul, que aprovecha los recursos marinos y costeros de manera responsable y equilibrada, vinculando mercados emergentes con centros de consumo y fomentando la transferencia de conocimientos a través de la cooperación internacional. De igual manera, el fortalecimiento de la producción de agroalimentos, la adecuación a las economías con mercados emergentes y la integración de energías limpias en procesos productivos resaltan la necesidad de alinear la logística con los objetivos del desarrollo económico local y el bienestar social.

Dada la complejidad del panorama, la Ingeniería Logística y la Cadena de Abastecimiento requieren líneas de investigación que aborden la multidimensionalidad del fenómeno, a saber:

- **Desarrollo económico local y cooperación internacional.**

Las cadenas de suministro deben verse no solo como mecanismos de intercambio comercial, sino como palancas para el desarrollo regional y la integración global. Esto implica investigar cómo la adopción de tecnologías digitales, energías limpias y prácticas responsables en la logística empresarial pueden impulsar el crecimiento económico local, la creación de empleos y la seguridad alimentaria. La cooperación internacional se vuelve primordial para compartir experiencias, alinear estándares y promover prácticas responsables en mercados emergentes, fortaleciendo así la producción agroalimentaria y la conexión con la demanda específica.

- **Minería de procesos y la administración de procesos de negocio - BPM.**

La digitalización genera enormes cantidades de datos que, mediante la minería de procesos y el BPM, pueden convertirse en información valiosa para optimizar flujos, reducir emisiones y mejorar la eficiencia energética. Estas herramientas permiten mapear y rediseñar las redes logísticas, fomentando una logística inversa más efectiva, reciclaje y reaprovechamiento de materiales, así como una gestión más transparente y colaborativa en las cadenas de suministro. De tal forma, las empresas pueden reajustar sus procesos productivos en entornos competitivos y cambiantes, adaptándose a la realidad de los mercados emergentes y los patrones de consumo dinámicos.

- **Cadena de abastecimiento sostenible y resiliente.**

La sostenibilidad y la resiliencia son objetivos necesarios. Estudiar metodologías y modelos cuantitativos que integren la Triple Línea de Resultados - 3BL, económico, ambiental y social, es imprescindible para diseñar cadenas de abastecimiento más equilibradas, que fomenten la utilización responsable y eficiente de la energía, e incorporen prácticas verdes, energías renovables y responsabilidad social. Además, al considerar la logística inversa, se fortalece la capacidad de reutilizar, reparar, reciclar y renovar productos, cerrando el ciclo productivo y reduciendo el desperdicio de los recursos.

- **Logística humanitaria.**

En un mundo marcado por el cambio climático, las crisis humanitarias y las fluctuaciones del mercado, la logística humanitaria adquiere relevancia estratégica. Investigar cómo optimizar redes de distribución de emergencia, asegurando el abastecimiento de bienes esenciales y fortaleciendo la resiliencia local ante desastres a corto y mediano plazo son metas urgentes. Esto implica el estudio de modelos para el despliegue de recursos, el trazado de rutas seguras y el aprovisionamiento oportuno, integrando la perspectiva social, cultural y política, así como la dimensión humana que caracterizará la Industria 5.0.

- **Educación en ingeniería.**

Ninguna de las transformaciones anteriormente descritas es posible sin el desarrollo de competencias técnicas, sociales y culturales. La educación en Ingeniería Logística y la Cadena de Abastecimiento debe priorizar enfoques pedagógicos que preparen a los futuros tecnólogos y profesionales para la complejidad del siglo XXI. Esto incluye conocimientos en digitalización, economía circular, estrategias energéticas y agilidad organizacional. La formación debe inspirar sensibilidad cultural, pensamiento sistémico, capacidad de aprendizaje continuo y aptitud para la colaboración internacional, impulsando la adopción de tecnologías limpias y la creación de valor compartido.

Conclusiones para el Desarrollo del Ámbito Investigativo de Ingeniería Logística (2025-2027)

Para alinearse con el plan de desarrollo de UTEC y los objetivos de Uruguay 2050, se sugiere investigar cómo las tecnologías digitales y prácticas sostenibles en logística pueden impulsar el crecimiento económico regional, generar empleo y mejorar la seguridad alimentaria. La cooperación internacional facilitará el intercambio de conocimientos y estándares, fortaleciendo la producción agroalimentaria y conectando mercados emergentes con centros de consumo, promoviendo equidad e inclusión. La optimización de procesos y la logística inversa mediante el acercamiento a la frontera tecnológica aportará a la reducción de emisiones, el uso responsable y eficiente de la energía y contribuirá a la economía circular, incrementando la resiliencia frente a las fluctuaciones del mercado. Finalmente, la educación en ingeniería debe desarrollar competencias técnicas, sociales y culturales en sostenibilidad y gestión de riesgos, preparando a los futuros profesionales para enfrentar desafíos logísticos modernos y promover una cultura empresarial responsable.

Referencias

Acimovic, S., Mijuskovic, V., Markovic, D., & Spasenic, A. (2022). THE RELATIONSHIP BETWEEN LOGISTICS AND ORGANIZATIONAL PERFORMANCE IN A SUPPLY CHAIN CONTEXT [Article]. *SERBIAN JOURNAL OF MANAGEMENT*, 17(2), 333-349. <https://doi.org/10.5937/sjm17-37401>

Asha, L. N., Dey, A., Yodo, N., & Aragon, L. G. (2022). Optimization Approaches for Multiple Conflicting Objectives in Sustainable Green Supply Chain Management [Review]. *Sustainability*, 14(19), 24, Article 12790. <https://doi.org/10.3390/su141912790>

Atif, S. (2023). The role of industry 4.0-enabled data-driven shared platform as an enabler of product-service system in the context of circular economy: A systematic literature

review and future research directions [Review]. *Business Strategy and Development*, 6(3), 275-295. <https://doi.org/10.1002/bsd2.238>

Awain, A., Al-Ansi, A., & Jaboob, M. (2023). [Green Supply Chain Management: A Comprehensive Review of Research, Applications and Future Directions]. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 14, 118-133. <https://doi.org/10.24425/mper.2023.147194>

Basulo-Ribeiro, J., & Teixeira, L. (2024). Industry 4.0 Supporting Logistics Towards Smart Ports: Benefits, Challenges and Trends Based on A Systematic Literature Review [Review]. *JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT-JIEM*, 17, 492-515. <https://doi.org/10.3926/jiem.6180>

Consejo Directivo Central provisorio, U. (2020). *Plan*

Estratégico 2021-2025 <https://utec.edu.uy/uploads/documento/7c1a87937c7c1028ecb3a4546a8dfb3efec9097b.pdf>

de Souza, N. L. S., Flores, M. R., Cauchick-Miguel, P. A., & Frazzon, E. M. (2023). Analysis of product-service system logistics strategies in e-commerce: a literature review [Review]. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 20(4), 14, Article e20231693. <https://doi.org/10.14488/bjopm.1693.2023>

Ding, S. T., Tukker, A., & Ward, H. (2023). Opportunities and risks of internet of things (IoT) technologies for circular business models: A literature review [Review]. *Journal of Environmental Management*, 336, 13, Article 117662. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117662>

Espinoza, F., & Eudaldo, E. (2020). El objetivo en la investigación. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2023). *Metodología de la investigación. Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta* (2 ed.). McGraw-Hil.

Huang, S., Cheng, H., & Luo, M. (2024). Exploring Factors Influencing Student Performance and Educational Strategies in Logistics Management Contests: An ISM Study [Article]. *SYSTEMS*, 12(2), Article 49. <https://doi.org/10.3390/systems12020049>

INALOG. (2016). *Uruguay Logístico*. <http://www.inalog.org.uy/es/home/>

Khodoomi, M., Seif, M., & Hanne, T. (2024). Effects and challenges of the COVID-19 pandemic in supply chain management: a text analytics approach [Article]. *SUPPLY CHAIN FORUM*, 25(4), 486-503. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2253523>

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE Technical Report.

https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Kitchenham/publication/302924724_Guidelines_for_performing_Systematic_Literature_Reviews_in_Software_Engineering/links/61712932766c4a211c03a6f7/Guidelines-for-performing-Systematic-Literature-Reviews-in-Software-Engineering.pdf

Kosasih, W., Pujawan, I., & Karningsih, P. (2023). [Integrated Lean-Green Practices and Supply Chain Sustainability for Manufacturing SMEs: A Systematic Literature Review and Research Agenda]. *SUSTAINABILITY*, 15, Article 12192. <https://doi.org/10.3390/su151612192>

Mansouri, B., Sahu, S., & Ülkü, M. A. (2023). Toward Greening City Logistics: A Systematic Review on Corporate Governance and Social Responsibility in Managing Urban Distribution Centers [Review]. *Logistics-Basel*, 7(1), 20, Article 19. <https://doi.org/10.3390/logistics7010019>

Marculetiu, A., Ataseven, C., & Mackelprang, A. W. (2023). A review of how pressures and their sources drive sustainable supply chain management practices [Review]. *Journal of Business Logistics*, 44(2), 257-288. <https://doi.org/10.1111/jbl.12332>

Marinagi, C., Reklitis, P., Trivellas, P., & Sakas, D. (2023). The Impact of Industry 4.0 Technologies on Key Performance Indicators for a Resilient Supply Chain 4.0 [Review]. *SUSTAINABILITY*, 15, Article 5185. <https://doi.org/10.3390/su15065185>

Mastos, T., & Gotzamani, K. (2022). Sustainable Supply Chain Management in the Food Industry: A Conceptual Model from a Literature Review and a Case Study [Review]. *Foods*, 11(15), 27, Article 2295. <https://doi.org/10.3390/foods11152295>

Mesa_técnica_Investigación+_Creación., cienciometría., E. t., Generación, D., & Conocimiento., d. (2021). *Investigación +*

Creación: Definiciones Y Reflexiones. Ministerio

de Ciencia, Tecnología e Innovación. Retrieved from https://minciencias.gov.co/sites/default/files/m601pr04g02_investigacion_creacion_-_definiciones_y_reflexiones.pdf

Murillo-Ramos, L., Huertas-Valdivia, I., & García-Muiña, F. (2023). Exploring the cornerstones of green, sustainable and socially responsible human resource management [Review]. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MANPOWER*, 44, 524-542. <https://doi.org/10.1108/IJM-12-2021-0696>

Muyulema-Allaica, J., & Rodríguez-Balón, J. (2023). Distribution Networks with Transshipment as an Element of Business Resilience: A Systematic Review [Review]. *REVISTA CIENTIFICA*, 47(2), 39-54. <https://doi.org/10.14483/23448350.20430>

Oficina de Planeamiento y Presupuesto, d. U. (2019). **Estrategia Nacional de**

Desarrollo Uruguay 2050. Dirección de Planificación.
https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Uruguay_Estrategia_Desarrollo_2050.pdf

Osuna-Velarde, D. V., Salazar-Echeagaray, J. E., Bueno-Fernández, M. M., Rosado-Castellanos, D. U., Cañarte-Vélez, C. R., Baque-Cantos, M. A.,...Rincón-Guio, C. (2024). The confluence of Logistics 4.0 and agribusiness: A systematic review and future directions [Review]. *Journal of Infrastructure Policy and Development*, 8(2), 15, Article 2871. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i2.2871>

Otsubo, Y., & Chapman, A. (2023). [Assessing Corporate Vendor Selection in the Oil and Gas Industry: A Review of Green Strategies and Carbon Reduction Options]. *SUSTAINABILITY*, 15, Article 16249. <https://doi.org/10.3390/su152316249>

Poder_Legislativo, A. G. d. S. y. I. C. d. R. d. I. R. O. d. U. (2008). *Ley General de Educación N° 18.437.* <https://www.gub.uy/ministerio-desarrollo-social/comunicacion/publicaciones/ley-18437-ley-general-educacion>

Ramírez, R. (2018). *La investigación científica y tecnológica y la innovación como motores del*

desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372642>

Tan, B., Wang, F., Liu, J., Kang, K., & Costa, F. (2020). A Blockchain-Based Framework for Green Logistics in Supply Chains [Article]. *SUSTAINABILITY*, 12(11), Article 4656. <https://doi.org/10.3390/su12114656>

Tronnebati, I., & Jawab, F. (2023). Green and Sustainable Supply Chain Management: A Comparative Literature Review [Review]. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 17(1), 115-126.

UTEC. (2023a). *Grupos de investigación estratégica.* <https://utec.edu.uy/es/investigacion/grupos-de-investigacion-estrategica/>

UTEC. (2023b). *Unidad Tecnológica de Industrialización y Mantenimiento con Tecnologías Emergentes.* <https://utec.edu.uy/es/investigacion/unidad-tecnologica/unidad-tecnologica-de-industrializacion-y-mantenimiento-con-tecnologias-emergentes/>

UTEC. (2024a). *Ingeniería en Logística: Pensar, innovar y saber hacer en el marco de una logística sustentable.* <https://utec.edu.uy/es/educacion/carrera/ingenieria-en-logistica/>

UTEC. (2024b). *Sobre UTEC*. <https://utec.edu.uy/es/sobre-utec/>

UTEC, I. (2017). *PLAN DE*

ESTUDIOS Ingeniería en Logística.
<https://utec.edu.uy/uploads/plan/0069022d84b36cde11f5549b66c610d14bf0b3a3.pdf>

Uvet, H. (2020). Importance of Logistics Service Quality in Customer Satisfaction: An Empirical Study [Article]. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT-AN INTERNATIONAL JOURNAL*, 13(1), 1-10. <https://doi.org/10.31387/oscm0400248>

Vieira, T., Silva, A., Garcia, J., & Alves, W. (2022). Boosting Regional Socioeconomic Development through Logistics Activities: A Conceptual Model [Article]. *BUSINESS SYSTEMS RESEARCH JOURNAL*, 13(3), 63-83. <https://doi.org/10.2478/bsrj-2022-0025>

Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., Dang, T. T., & Lu, C. M. (2021). A Compromised Decision-Making Approach to Third-Party Logistics Selection in Sustainable Supply Chain Using Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Methods [Article]. *Mathematics*, 9(8), 27, Article 886. <https://doi.org/10.3390/math9080886>

Wang, Y., Yang, Y., Qin, Z., Yang, Y., & Li, J. (2023). A Literature Review on the Application of Digital Technology in Achieving Green Supply Chain Management [Review]. *SUSTAINABILITY*, 15, Article 8564. <https://doi.org/10.3390/su15118564>

Xie, S. H., Gong, Y., Kunc, M., Wen, Z. G., & Brown, S. (2023). The application of blockchain technology in the recycling chain: a state-of-the-art literature review and conceptual framework [Review]. *International Journal of Production Research*, 61(24), 8692-8718. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2152506>

Xu, Y., Liu, A. J., Li, Z. X., Li, J. X., Xiong, J. M., & Fan, P. (2023). Review of Green Supply-Chain Management Diffusion in the Context of Energy Transformation [Review]. *Energies*, 16(2), 16, Article 686. <https://doi.org/10.3390/en16020686>

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 [Review]. *Sustainability*, 15(17), 32, Article 13199. <https://doi.org/10.3390/su151713199>

Zhao, X. Q., Gao, L. X., & Huang, Z. (2023). Customer satisfaction evaluation for drugs: A research based on online reviews and PROMETHEE-II method [Review]. *Plos One*, 18(6), 24, Article e0283340. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283340>