

Inteligencia artificial en los procesos de comercio exterior: estudio piloto sobre preparación, barreras y beneficios esperados en Guayaquil, Ecuador (2026)**Artificial intelligence in foreign trade processes: a pilot study of readiness, barriers, and expected benefits in Guayaquil, Ecuador (2026)***Johanna Cristina Hernandez Mantilla, Chenyin Emilio Wong Muñoz & Gabriel Germán Usiña Báscones***CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD****Julio - diciembre, V°7 - N°2; 2026****Recibido:** 07-09-2026**Aceptado:** 09-09-2026**Publicado:** 15-09-2026**PAIS**

- Ecuador, Milagro
- Ecuador, Milagro
- Ecuador, Milagro

INSTITUCION

- Universidad Estatal de Milagro
- Universidad Estatal de Milagro
- Universidad Estatal de Milagro

CORREO:

- ✉ jhernandezm8@unemi.edu.ec
- ✉ cwongm2@unemi.edu.ec
- ✉ gusinab@unemi.edu.ec

ORCID:

-  <https://orcid.org/0000-0002-6558-3222>
-  <https://orcid.org/0009-0006-7961-4284>
-  <https://orcid.org/0009-0003-7695-0790>

FORMATO DE CITA APA.

Hernandez, Y., Wong, C. & Usiña, G. (2026). Inteligencia artificial en los procesos de comercio exterior: estudio piloto sobre preparación, barreras y beneficios esperados en Guayaquil, Ecuador (2026). *Revista G-ner@ndo*, V°7 (N°2). Pág. 4262 – 4287.

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar, en una fase piloto, la preparación para la adopción de inteligencia artificial (IA), las barreras percibidas y los beneficios esperados en los procesos de comercio exterior de empresas ubicadas en Guayaquil, Ecuador. Se desarrolló un estudio aplicado, cuantitativo, no experimental y transversal, con alcance exploratorio-descriptivo para esta fase. El instrumento fue un cuestionario autoadministrado con escala Likert de cinco puntos, organizado en tres dimensiones: preparación para la adopción de IA, barreras para su implementación y beneficios esperados. El piloto registró 15 respuestas. El análisis descriptivo mostró medias de 3.73 para preparación, 3.91 para barreras y 4.16 para beneficios esperados. Los mayores niveles de acuerdo se observaron en la expectativa de reducción del tiempo de preparación, revisión documental y despacho aduanero (86.7 %) y de los costos operativos por embarque (86.7 %). La falta de personal especializado y las preocupaciones sobre privacidad, ciberseguridad y posibles errores de la IA destacaron como barreras, con 80.0 % de acuerdo en ambos casos. Los resultados del piloto sugieren una percepción favorable sobre la utilidad potencial de la IA, pero evidencian la necesidad de fortalecer capacidades humanas, gobernanza de datos, seguridad e interoperabilidad. Debido al tamaño muestral y a la disponibilidad de información agregada por ítem, los hallazgos deben interpretarse como evidencia preliminar; no son generalizables ni permiten establecer causalidad o contrastar de forma definitiva la hipótesis correlacional propuesta.

Palabras clave: inteligencia artificial; comercio exterior; logística; preparación organizacional; transformación digital; Guayaquil.

Abstract

This pilot study aimed to analyze readiness for artificial intelligence (AI) adoption, perceived barriers, and expected benefits in the foreign trade processes of firms located in Guayaquil, Ecuador. An applied quantitative, non-experimental, cross-sectional design was used, with an exploratory-descriptive scope for the pilot phase. Data were collected through a self-administered five-point Likert questionnaire organized into three dimensions: readiness for AI adoption, barriers to implementation, and expected benefits. The pilot recorded 15 responses. Descriptive analysis yielded mean scores of 3.73 for readiness, 3.91 for perceived barriers, and 4.16 for expected benefits. The highest levels of agreement concerned the expected reduction of document-preparation, review, and customs-clearance time (86.7%) and operating costs per shipment (86.7%). Lack of specialized personnel and concerns about privacy, cybersecurity, and potential AI errors emerged as salient barriers, with 80.0% agreement for both items. The pilot findings suggest a favorable perception of AI's potential value while highlighting the need to strengthen human capabilities, data governance, security, and interoperability. Because of the small pilot sample and the availability of aggregated item-level data, the findings are preliminary, cannot be generalized, and do not allow causal claims or definitive testing of the proposed correlational hypothesis.

Keywords: artificial intelligence; foreign trade; logistics; organizational readiness; digital transformation; Guayaquil.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una tecnología transversal para transformar actividades intensivas en información, predicción y coordinación. En las cadenas de suministro y en el comercio exterior, sus aplicaciones abarcan pronóstico, inventarios, transporte, selección de proveedores, clasificación documental, análisis de riesgos y apoyo a decisiones. La trayectoria de la literatura muestra una evolución desde aplicaciones expertas relativamente acotadas hacia capacidades analíticas y predictivas integradas en procesos empresariales (Min, 2010; Toorajipour et al., 2021; Pournader et al., 2021; Riahi et al., 2021; Sharma et al., 2022). La evidencia empírica reciente refuerza que el valor no reside en el algoritmo de manera aislada, sino en la forma en que la IA se incorpora a procesos, datos y rutinas organizacionales concretas (Cannas et al., 2024; Culot et al., 2024).

La adquisición de tecnología, sin embargo, no equivale automáticamente a capacidad organizacional. Mikalef y Gupta (2021) conceptualizan la capacidad de IA como la combinación de recursos tecnológicos, datos, habilidades humanas y recursos organizacionales capaces de generar desempeño. Desde la perspectiva de adopción, Shahzadi et al. (2024) muestran que los impulsores y barreras deben examinarse de forma conjunta a nivel tecnológico, organizacional y del entorno. Van Hoek (2024) documenta además una brecha entre el interés gerencial y la adopción efectiva de IA en procesos centrales de compras, mientras que Hendriksen (2023) subraya la necesidad de entender la IA como una innovación sociotécnica en la que el juicio humano y la reconfiguración de rutinas siguen siendo determinantes.

En el ámbito aduanero y de facilitación del comercio, la digitalización de procedimientos y el uso avanzado de datos constituyen condiciones habilitantes para la IA. UNCTAD (2024) destaca la modernización de los sistemas aduaneros mediante ASYCUDA, mientras que la United Nations Economic Commission for Europe (UNECE, 2024) analiza usos de IA en facilitación comercial y advierte sobre gobernanza, interoperabilidad y riesgos

asociados. En la administración tributaria y aduanera, Aslett et al. (2024) recomiendan evaluar casos de uso con criterios de responsabilidad, control y factibilidad; de forma complementaria, la World Customs Organization (WCO, 2025) identifica gestión de datos, infraestructura, aspectos legales y éticos, análisis costo-beneficio y desarrollo de capacidades como requisitos para la adopción. Cao y Zheng (2024) muestran aplicaciones específicas en supervisión de inspecciones aduaneras. A escala del comercio internacional, World Trade Organization (2025) examina cómo la IA puede reducir fricciones y costos, mientras que Arvis et al. (2023) resaltan la importancia de la confiabilidad logística y de los procesos fronterizos en el desempeño comercial. En Ecuador, los servicios digitales del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador forman parte del entorno operativo en el que se ejecutan las obligaciones de comercio exterior (SENAE, 2025).

Guayaquil representa un contexto pertinente para examinar esta transición por su concentración de actividades empresariales y logísticas vinculadas con importaciones y exportaciones. El problema no radica únicamente en la ausencia de herramientas inteligentes, sino en procesos fragmentados, duplicidad de registros, dependencia de experiencia individual, riesgos de errores documentales y costos asociados a almacenamiento, demoras o penalidades. En consonancia con los factores de desempeño logístico señalados por Arvis et al. (2023), la capacidad de procesar información con oportunidad y coordinar operaciones fronterizas resulta crítica. En este escenario, la IA podría contribuir a clasificar documentos, detectar anomalías, anticipar demanda, apoyar la gestión de riesgos y mejorar decisiones; no obstante, su utilidad depende de la calidad de los datos, la integración con los flujos de trabajo y la supervisión humana.

La pregunta central de la investigación es de qué manera la adopción de inteligencia artificial se relaciona con la eficiencia de los procesos de comercio exterior de las empresas ubicadas en Guayaquil durante 2026. El presente artículo reporta específicamente una fase piloto de 15 respuestas, cuyos ítems miden preparación para la adopción, barreras y beneficios esperados. En consecuencia, el objetivo es analizar descriptivamente estas tres

dimensiones, examinar el comportamiento inicial del instrumento y discutir sus implicaciones para una fase confirmatoria posterior. La hipótesis original sobre la relación entre adopción de IA y eficiencia operativa se conserva como proposición para el estudio ampliado, ya que el piloto no incorpora todavía una medida directa de adopción observada ni indicadores objetivos de eficiencia.

Inteligencia artificial y transformación de los procesos de comercio exterior

Las aplicaciones de IA en cadenas de suministro se concentran en actividades donde reconocer patrones, procesar grandes volúmenes de datos y comparar escenarios aporta ventajas sobre procesos exclusivamente manuales. Además de los usos operativos documentados por Toorajipour et al. (2021), Pournader et al. (2021) y Sharma et al. (2022), la IA se ha relacionado con la gestión anticipada de riesgos y la capacidad de respuesta ante perturbaciones. Baryannis et al. (2019) vinculan IA y gestión del riesgo de supply chain, e Ivanov et al. (2019) muestran cómo las tecnologías digitales modifican el análisis del efecto dominó y la exposición a disrupciones. En términos de desempeño, Dubey et al. (2020) y Wamba et al. (2020) evidencian que la analítica avanzada puede contribuir a resultados operativos cuando se combina con capacidades organizacionales y condiciones contextuales adecuadas.

La resiliencia constituye otra línea relevante. Belhadi et al. (2021) muestran cómo la analítica y las capacidades digitales pueden apoyar respuestas ante interrupciones; Modgil et al. (2022) vinculan explícitamente la IA con resiliencia de supply chain. La revisión de Zamani et al. (2023) y el análisis de Smyth et al. (2024) amplían esta perspectiva hacia big data y analítica prescriptiva, destacando que la anticipación de riesgos depende de la calidad de los datos, la capacidad de interpretación y la integración de la tecnología con procesos de decisión.

La aparición de IA generativa amplía el repertorio de aplicaciones hacia síntesis de información, generación asistida de documentos, apoyo al análisis y coordinación. Jackson et

al. (2024) proponen un marco basado en capacidades para su implementación en operaciones y supply chain, mientras que Li et al. (2024) muestran que su contribución depende de la coordinación y del dinamismo organizacional. Estas posibilidades incrementan también la necesidad de controles sobre exactitud, trazabilidad y explicabilidad, especialmente cuando las salidas del modelo pueden influir en decisiones reguladas (Kosasih et al., 2024).

En comercio exterior, el valor de una herramienta inteligente debe expresarse mediante indicadores operativos. Un sistema de reconocimiento documental, por ejemplo, debería evaluarse por la reducción en minutos de procesamiento, errores de digitación o correcciones; un modelo de predicción debería demostrar su utilidad en menor variabilidad, menos quiebres de inventario o mejor utilización de capacidad. Esta lógica evita el determinismo tecnológico: la presencia de IA no constituye por sí misma un resultado, sino una capacidad que debe integrarse a procesos y objetivos medibles.

Preparación organizacional para la adopción de IA

La preparación para adoptar IA puede entenderse como la disponibilidad de condiciones mínimas para evaluar, integrar y aprovechar soluciones inteligentes. Estas condiciones comprenden infraestructura, calidad de datos, interoperabilidad, conocimiento especializado, apoyo directivo, recursos económicos y capacidad de rediseñar procesos. Mikalef y Gupta (2021) muestran que una capacidad de IA se construye mediante la orquestación conjunta de recursos tangibles, habilidades humanas y recursos organizacionales; de ahí que la tecnología aislada sea insuficiente para generar desempeño.

Los estudios organizacionales recientes refuerzan esta perspectiva. Shahzadi et al. (2024) muestran que la preparación para la IA se explica mediante factores tecnológicos, organizacionales y ambientales, por lo que la disponibilidad de infraestructura debe analizarse junto con competencias, liderazgo y condiciones externas. De forma similar, van Hoek (2024) encuentra que la adopción real puede ser inferior al interés declarado, lo que evidencia una brecha entre entusiasmo tecnológico y capacidad de implementación. Esta lectura es

consistente con la noción de capacidad de IA de Mikalef y Gupta (2021): en el contexto guayaquileño, conviene medir no solo intención o expectativa, sino la existencia de recursos, datos, conocimientos y procesos que permitan ejecutar la adopción.

Barreras tecnológicas, humanas y de gobernanza

La adopción de IA introduce riesgos y necesidades de gobernanza que deben gestionarse desde el diseño del proyecto. Shahzadi et al. (2024) identifican restricciones asociadas con recursos, capacidades y contexto organizacional; en aplicaciones sensibles, la explicabilidad también resulta crítica porque las organizaciones necesitan comprender, validar y cuestionar resultados automatizados (Kosasih et al., 2024). En actividades de comercio exterior, la escasez de personal especializado, la interoperabilidad limitada, la inversión inicial, la privacidad y la ciberseguridad adquieren especial relevancia por el carácter comercial, documental y regulatorio de los datos. Las recomendaciones de Aslett et al. (2024) y WCO (2025) refuerzan la necesidad de evaluar gobernanza, seguridad, responsabilidad y capacidad institucional antes de escalar soluciones de IA.

La supervisión humana es igualmente importante. Hendriksen (2023) sostiene que la IA en supply chain debe comprenderse dentro de un sistema sociotécnico y no como reemplazo automático de la interpretación profesional. En la misma dirección, Kosasih et al. (2024) destacan la relevancia de la explicabilidad para que los resultados algorítmicos puedan ser comprendidos y auditados. La adopción responsable exige reglas para validar recomendaciones, escalar incidentes, documentar decisiones, proteger datos y asignar responsabilidades. En consecuencia, la madurez tecnológica debe avanzar de forma paralela a la madurez organizacional y de control.

Beneficios esperados y eficiencia operativa

La eficiencia de los procesos de comercio exterior puede observarse mediante indicadores de tiempo, costo y calidad. En la propuesta original, los beneficios esperados se

expresan en reducción del tiempo de preparación, revisión documental y despacho aduanero; disminución de costos operativos por embarque; y reducción de costos asociados a almacenamiento, demoras o penalidades. Estas dimensiones son coherentes con la evidencia sobre analítica y desempeño operativo (Dubey et al., 2020; Wamba et al., 2020), así como con la lógica de facilitación comercial y modernización aduanera (UNCTAD, 2024; UNECE, 2024; World Trade Organization, 2025).

No obstante, una expectativa favorable no equivale a un efecto demostrado. Para sostener que la IA mejora la eficiencia será necesario observar simultáneamente el nivel de adopción y los indicadores operativos, controlar variables relevantes y aplicar análisis correlacional o multivariado con una muestra suficiente. Por esta razón, los beneficios esperados del piloto deben entenderse como percepción de utilidad y no como reducción real de tiempos o costos.

Hipótesis y lógica de investigación

La hipótesis general propuesta para la fase confirmatoria es: H1, existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre el nivel de adopción de inteligencia artificial y la eficiencia de los procesos de comercio exterior. La hipótesis nula H0 establece que no existe dicha relación. El estudio piloto reportado en este manuscrito no contrasta H1 porque los nueve ítems aplicados capturan preparación para la adopción, barreras y beneficios esperados, y la información analítica disponible está agregada por ítem, sin una matriz individual con medidas directas de adopción observada y eficiencia. El piloto se utiliza, por tanto, para describir tendencias preliminares y orientar el refinamiento del instrumento.

Figura 1. Modelo conceptual propuesto para la fase definitiva del estudio. Fuente: elaboración propia con base en la literatura revisada.

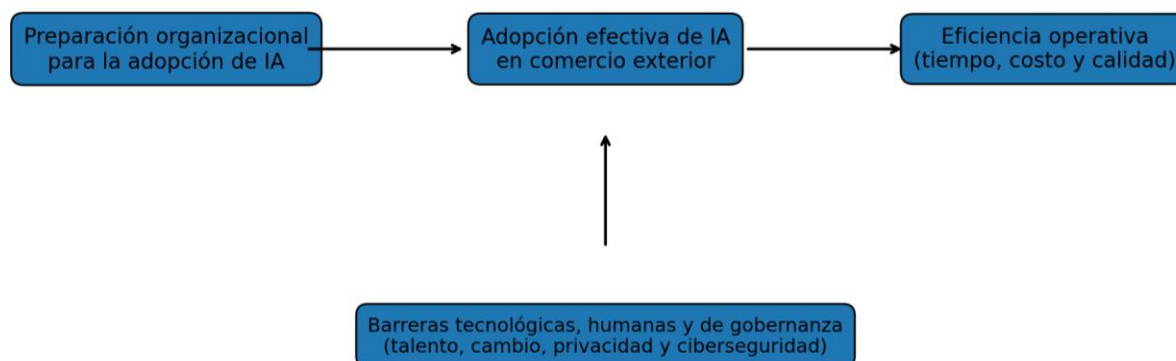


Tabla 1. Operacionalización teórica de las dimensiones disponibles en el instrumento piloto

Dimensión	Definición operativa	Indicadores/ítems	Interpretación
Preparación para la adopción de IA (A)	Condiciones y disposición percibida para considerar e integrar herramientas de IA en procesos de comercio exterior.	A1 consideración de implementación; A2 integración con sistemas logísticos/aduaneros; A3 uso documental.	Mide preparación e intención percibida; no mide adopción efectiva.
Barreras para la adopción (B)	Factores humanos, organizacionales y de seguridad que podrían dificultar una implementación futura.	B1 falta de personal especializado; B2 resistencia al cambio; B3 privacidad, ciberseguridad y errores.	Valores altos indican mayor percepción de obstáculos.
Beneficios esperados (E)	Resultados operativos que los participantes esperan obtener mediante IA.	E1 reducción de tiempos; E2 reducción de costos por embarque; E3 reducción de almacenamiento, demoras o penalidades.	Mide utilidad esperada; no demuestra mejoras operativas reales.

Nota. El instrumento piloto mide preparación, barreras y beneficios esperados. La relación adopción-eficiencia planteada en H1 deberá contrastarse en una fase confirmatoria mediante medidas explícitas de adopción observada, indicadores operativos y una base individual de respuestas.

Métodos y Materiales

La investigación se desarrolló como un estudio aplicado de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y transversal. Para esta publicación, el alcance es exploratorio-descriptivo, debido a que se analizan los resultados de un piloto de 15 participantes sin manipulación de variables. La fase confirmatoria posterior conservará el componente

correlacional previsto en el diseño original para examinar la asociación entre adopción de IA y eficiencia de los procesos de comercio exterior.

La población objetivo comprende empresas ubicadas en Guayaquil que realizan operaciones de importación o exportación. Como etapa previa a la aplicación definitiva, se ejecutó un piloto con 15 participantes ajenos a la muestra final. El procedimiento de selección del piloto no quedó documentado con suficiente detalle; por ello, no se atribuye un tipo de muestreo específico. Para una fase confirmatoria posterior, el diseño calcula de forma conservadora 385 respuestas válidas cuando se asume una población desconocida o muy grande, con 95 % de confianza, 5 % de error máximo y máxima variabilidad; dicho valor deberá ajustarse si se dispone de un marco poblacional finito y depurado.

La técnica de recolección fue la encuesta y el instrumento un cuestionario estructurado autoadministrado. El cuestionario incluyó preguntas de caracterización del informante y de la actividad empresarial, además de nueve afirmaciones medidas mediante una escala Likert de cinco puntos, donde 1 representa “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”. Los ítems se organizaron en tres bloques: preparación para la adopción de IA (A1-A3), barreras para la adopción (B1-B3) y beneficios esperados (E1-E3).

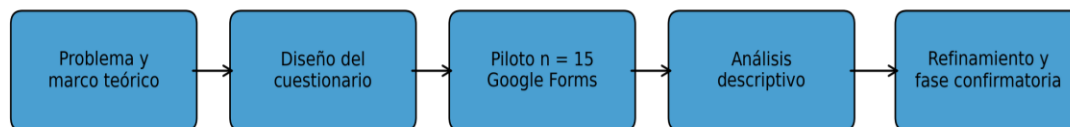
La información disponible para el análisis del piloto estuvo agregada por ítem y correspondió a 15 respuestas en cada una de las nueve afirmaciones. Debido a que no se dispuso de la matriz individual de respuestas, no se calcularon alfa de Cronbach, omega de McDonald, correlaciones, regresiones ni pruebas de hipótesis. Estos análisis deberán realizarse con la base individual durante la fase confirmatoria ampliada.

El análisis descriptivo se realizó a partir de las frecuencias agregadas disponibles. Para cada ítem se calculó la media ponderada y el porcentaje de acuerdo, definido como la suma de las categorías 4 (“de acuerdo”) y 5 (“totalmente de acuerdo”) sobre el total de 15 respuestas. También se calcularon medias simples por dimensión. Estos estadísticos se interpretan exclusivamente como resultados del piloto y no como estimaciones

representativas de la población empresarial de Guayaquil. En una fase ampliada deberán incorporarse medidas de confiabilidad, intervalos de confianza, tamaños del efecto y análisis correlacional o multivariado, de acuerdo con la estructura final del instrumento y la disponibilidad de datos individuales.

La participación fue voluntaria y anónima, y la información se recopiló con fines académicos. El estudio no incorpora datos personales identificables. Para futuras aplicaciones ampliadas se recomienda conservar evidencia del consentimiento informado, criterios de inclusión y exclusión, procedimientos de almacenamiento y protección de datos y aprobación institucional cuando corresponda.

Figura 2. Ruta metodológica del estudio piloto y proyección confirmatoria. Fuente: elaboración propia



Fase reportada en este artículo: piloto de 15 respuestas con análisis descriptivo.
La fase confirmatoria posterior incorporará una muestra ampliada, datos individuales y medidas de adopción y eficiencia.

Tabla 2. Ficha técnica de la investigación

Aspecto	Descripción
Enfoque	Cuantitativo, aplicado.
Diseño	No experimental y transversal.
Alcance del manuscrito	Piloto exploratorio-descriptivo.
Unidad de análisis	Participantes del piloto que respondieron un instrumento dirigido al contexto empresarial de comercio exterior en Guayaquil.
Piloto analizado	15 participantes, ajenos a la muestra definitiva.
Instrumento	Cuestionario estructurado con escala Likert de cinco puntos.
Aplicación	Encuesta autoadministrada; 15 respuestas válidas por ítem.
Dimensiones	Preparación para adopción (A), barreras (B) y beneficios esperados (E).
Análisis	Frecuencias, medias y porcentaje de acuerdo; sin inferencia estadística por no disponer de la matriz individual de respuestas.
Fase confirmatoria	El diseño original estima 385 respuestas válidas si la población es desconocida o muy grande; el tamaño deberá ajustarse al marco poblacional real.

Análisis de resultados

El estudio piloto muestra una percepción generalmente favorable hacia la posible incorporación de IA, acompañada de barreras relevantes. La dimensión de preparación para la adopción alcanza una media de 3.73 sobre 5. El ítem A3, relacionado con el uso de IA para revisar, extraer o clasificar documentos de comercio exterior, presenta la valoración más alta de esta dimensión ($M = 4.07$; 80.0 % de acuerdo). A1 y A2 alcanzan medias de 3.53 y 3.60, respectivamente, con 60.0 % de acuerdo en ambos casos. Estos resultados preliminares sugieren que la utilidad documental se reconoce con mayor claridad que la decisión organizacional de implementar o integrar IA en los sistemas existentes.

Las barreras percibidas obtienen una media de dimensión de 3.91. La falta de personal con conocimientos en IA (B1) registra $M = 4.13$ y 80.0 % de acuerdo, mientras que las preocupaciones sobre privacidad, ciberseguridad y posibles errores de la IA (B3) alcanzan $M = 4.07$ y también 80.0 % de acuerdo. La resistencia al cambio (B2) presenta una valoración menor, aunque todavía relevante ($M = 3.53$; 60.0 % de acuerdo). Dentro del piloto, las restricciones vinculadas con capacidades humanas y seguridad aparecen como más críticas que la resistencia interna.

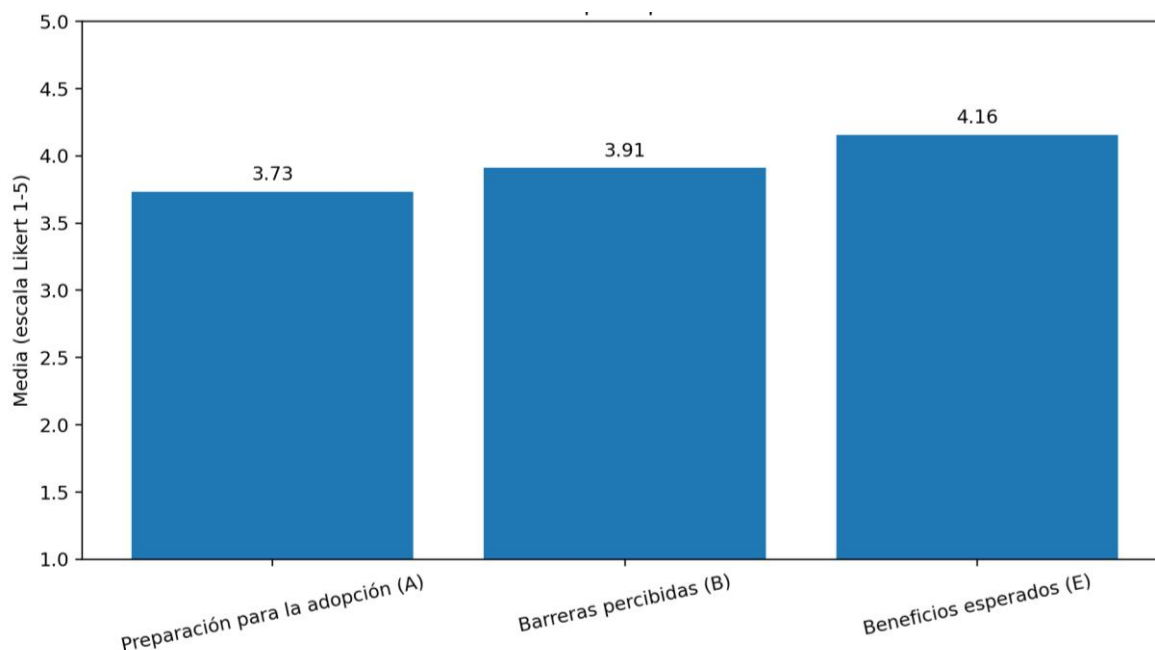
Los beneficios esperados constituyen la dimensión mejor valorada, con una media de 4.16. La expectativa de reducción del tiempo de preparación, revisión documental y despacho aduanero (E1) alcanza $M = 4.27$ y 86.7 % de acuerdo. La reducción de costos operativos por embarque (E2) obtiene $M = 4.20$ y 86.7 % de acuerdo. Finalmente, la reducción de costos asociados con almacenamiento, demoras o penalidades (E3) presenta $M = 4.00$ y 80.0 % de acuerdo. Las respuestas del piloto revelan una percepción elevada de utilidad potencial, especialmente en resultados relacionados con tiempo y costo.

Tabla 3. Resultados descriptivos del estudio piloto

Ítem	1	2	3	4	5	Media	Acuerdo 4-5 (%)
A1	1	2	3	6	3	3.53	60.0
A2	1	1	4	6	3	3.60	60.0
A3	0	1	2	7	5	4.07	80.0
B1	0	1	2	6	6	4.13	80.0
B2	1	2	3	6	3	3.53	60.0
B3	0	1	2	7	5	4.07	80.0
E1	0	0	2	7	6	4.27	86.7
E2	0	1	1	7	6	4.20	86.7
E3	0	1	2	8	4	4.00	80.0

Nota. Frecuencias y medias correspondientes a la encuesta piloto (n = 15). El porcentaje de acuerdo corresponde a la suma de las categorías 4 y 5 sobre 15 respuestas.

Figura 3. Media descriptiva por dimensión en el estudio piloto (n = 15). Fuente:
elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto


Tabla 4. Síntesis de hallazgos e interpretación académica

Dimensión	Evidencia descriptiva	Interpretación
Preparación para la adopción	Media de dimensión = 3.73. A3 alcanza 80.0 % de acuerdo; A1 y A2, 60.0 %.	Existe apertura hacia aplicaciones documentales, pero la preparación para implementar e integrar IA aparece en un nivel intermedio.
Barreras percibidas	Media de dimensión = 3.91. B1 y B3 registran 80.0 % de acuerdo.	El talento especializado y la gobernanza de privacidad/ciberseguridad son obstáculos prioritarios.
Beneficios esperados	Media de dimensión = 4.16. E1 y E2 registran 86.7 % de acuerdo; E3, 80.0 %.	Se percibe alto potencial de reducción de tiempos y costos, aunque todavía como expectativa y no como desempeño observado.
Contraste de H1	No realizado en el piloto descriptivo; los datos agregados permiten caracterizar tendencias, pero no estimar asociación entre adopción y eficiencia.	H1 queda planteada para una fase confirmatoria con datos individuales, medidas de adopción observada e indicadores operativos.

Discusión

Los resultados descriptivos del estudio piloto presentan una configuración coherente con la literatura sobre adopción de IA: una percepción elevada de beneficios potenciales puede coexistir con niveles intermedios de preparación y barreras relevantes. Esta coexistencia evita interpretar el interés tecnológico como evidencia de madurez. Mikalef y Gupta (2021) muestran que el desempeño asociado con IA depende de la capacidad de combinar recursos tecnológicos, humanos y organizacionales; Shahzadi et al. (2024) ubican esos recursos dentro de un marco más amplio de condiciones tecnológicas, organizacionales y ambientales. Los estudios de casos de Cannas et al. (2024) y la revisión de evidencia empírica de Culot et al. (2024) refuerzan que la obtención de valor depende de la integración de la IA con procesos y decisiones específicas. Por tanto, la expectativa de reducir tiempos o costos no garantiza que una empresa esté preparada para capturar ese valor.

La dimensión de preparación obtiene una media inferior a la de beneficios esperados. El mayor acuerdo con A3 sugiere que las aplicaciones documentales constituyen un caso de uso fácilmente reconocible por los participantes. Esta percepción es consistente con la naturaleza intensiva en documentos del comercio exterior y con los procesos de modernización aduanera analizados por UNCTAD (2024), UNECE (2024), Aslett et al. (2024) y WCO (2025). Cao y Zheng (2024) muestran, además, que las aplicaciones de IA pueden integrarse a tareas concretas de supervisión e inspección aduanera. Sin embargo, la menor valoración relativa de A1 y A2 indica que reconocer un caso de uso no equivale a haber tomado la decisión de implementar ni a disponer de interoperabilidad suficiente para integrar herramientas inteligentes con sistemas logísticos y aduaneros.

El peso de las barreras humanas y de seguridad merece particular atención. La falta de personal especializado aparece como el obstáculo con mayor media dentro de la dimensión B, junto con la privacidad y la ciberseguridad. Este patrón converge con Shahzadi et al. (2024) y van Hoek (2024), quienes muestran que las capacidades internas y la preparación humana

condicionan la adopción efectiva. Hendriksen (2023) añade que el valor de la IA depende de la interacción entre tecnología y juicio profesional, mientras que Kosasih et al. (2024) muestran que la explicabilidad resulta esencial cuando las decisiones algorítmicas deben ser entendidas y supervisadas. En comercio exterior, la sensibilidad de datos comerciales, declaraciones, documentos de transporte y registros de clientes refuerza las recomendaciones de gobernanza y gestión del riesgo formuladas por Aslett et al. (2024) y WCO (2025).

La dimensión de beneficios esperados muestra las puntuaciones más altas. La reducción de tiempos documentales y de despacho y la disminución de costos por embarque son resultados coherentes con la lógica de automatización, analítica predictiva y facilitación del comercio. Las revisiones de Toorajipour et al. (2021), Pournader et al. (2021), Riahi et al. (2021) y Sharma et al. (2022) documentan aplicaciones de IA en planificación, inventarios, transporte y toma de decisiones; Dubey et al. (2020) y Wamba et al. (2020) relacionan capacidades analíticas con desempeño operativo. En escenarios de disrupción, Belhadi et al. (2021), Modgil et al. (2022), Zamani et al. (2023) y Smyth et al. (2024) muestran que IA y analítica también pueden contribuir a resiliencia y anticipación de riesgos. A nivel comercial, World Trade Organization (2025) plantea que la IA puede reducir fricciones y costos del intercambio internacional. No obstante, en el presente manuscrito estas coincidencias representan plausibilidad teórica y percepción esperada, no confirmación de impacto.

La evolución hacia IA generativa introduce oportunidades adicionales, pero no modifica la exigencia de capacidades organizacionales. Jackson et al. (2024) señalan que su implementación debe evaluarse según las capacidades necesarias para cada proceso, y Li et al. (2024) destacan el papel de la coordinación y el dinamismo para convertir estas herramientas en resultados de supply chain. En un contexto aduanero, estas tecnologías podrían asistir en síntesis documental, consulta de normas o detección preliminar de inconsistencias, pero la generación de respuestas plausibles y potencialmente incorrectas obliga a mantener validación experta, trazabilidad y controles de explicabilidad (Kosasih et al., 2024; Aslett et al., 2024).

Un aporte metodológico del trabajo consiste en identificar una desalineación entre la hipótesis original y el contenido efectivo del instrumento piloto. H1 propone una relación entre adopción de IA y eficiencia operativa, mientras que los nueve ítems aplicados capturan preparación, barreras y beneficios esperados. Para contrastar la hipótesis en una fase confirmatoria será necesario incorporar medidas explícitas de adopción observada —por ejemplo, número de procesos con IA, intensidad de uso o nivel de integración— y métricas objetivas de eficiencia, como tiempo promedio de procesamiento documental, tiempo de despacho, costo por operación, tasa de errores, costos por demoras o incidencias. Esta ampliación permitirá pasar de un diagnóstico de percepciones a un diseño capaz de examinar asociaciones empíricas.

La principal limitación del estudio es el tamaño reducido del piloto ($n = 15$) y la disponibilidad únicamente de frecuencias agregadas por ítem, sin una matriz individual de respuestas. Esta condición impide estimar confiabilidad interna, correlaciones, regresiones, estructura factorial o efectos estadísticos a partir de la información disponible. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia preliminar orientada a describir tendencias y refinar el instrumento, sin generalización al conjunto de empresas de Guayaquil.

A pesar de estas limitaciones, el estudio aporta evidencia piloto y una base conceptual y operativa para investigar la adopción de IA en un nodo logístico de una economía emergente. La combinación de preparación organizacional, barreras y beneficios esperados funciona como diagnóstico preliminar; posteriormente, la fase confirmatoria deberá incorporar adopción observada y desempeño operativo para evaluar con mayor rigor el vínculo propuesto entre IA y eficiencia del comercio exterior. Esta orientación resulta consistente con la necesidad de fortalecer confiabilidad, coordinación e información en cadenas logísticas y procesos fronterizos destacada por Arvis et al. (2023) y con el entorno digital de servicios aduaneros disponible en Ecuador (SENAE, 2025).

Conclusiones y recomendaciones

La investigación permite establecer, desde una perspectiva conceptual y metodológica, que la inteligencia artificial posee un elevado potencial de transformación en los procesos de comercio exterior, especialmente en actividades caracterizadas por grandes volúmenes de información, tareas documentales repetitivas, análisis de riesgo, planificación logística y necesidad de respuestas oportunas. Su incorporación puede favorecer la transición desde modelos predominantemente reactivos hacia esquemas de gestión más predictivos y basados en datos.

En el estudio piloto se observa una predisposición favorable hacia la incorporación de IA. La dimensión de preparación para la adopción alcanza una media aproximada de 3.73 sobre 5, lo que refleja una valoración moderadamente alta y, al mismo tiempo, una brecha entre reconocer la utilidad de la tecnología y disponer de condiciones suficientes para implementarla de manera efectiva.

Dentro de la preparación, la posibilidad de emplear IA para revisar, extraer y clasificar documentación de comercio exterior presenta una de las valoraciones más altas. En el contexto del piloto, este resultado sitúa la automatización documental como un caso de uso prioritario para futuras pruebas, debido a la intensidad documental de importaciones y exportaciones y a la posibilidad de medir su desempeño mediante tiempos de procesamiento, correcciones, errores y reprocesos.

Los beneficios esperados constituyen la dimensión mejor valorada del estudio piloto, con una media conjunta aproximada de 4.16 sobre 5. Los participantes anticipan posibles reducciones en tiempos de preparación y despacho, costos operativos por embarque y gastos asociados con almacenamiento, demoras o penalidades. Estas percepciones son compatibles con la literatura sobre IA, analítica y facilitación del comercio, aunque no constituyen por sí solas evidencias de ahorro efectivo.

Las barreras presentan una media conjunta aproximada de 3.91 sobre 5. La falta de personal especializado y las preocupaciones sobre privacidad, ciberseguridad y posibles errores de los sistemas aparecen como restricciones especialmente relevantes. En consecuencia, la adopción de IA debe entenderse como un proceso de transformación organizacional que requiere capital humano, gobernanza, infraestructura y controles, y no como una decisión exclusiva de adquisición tecnológica.

La resistencia al cambio obtiene una valoración menor que las barreras vinculadas con talento y seguridad. Este patrón sugiere que, dentro del escenario analizado, el desafío principal no sería únicamente convencer a los trabajadores de utilizar nuevas herramientas, sino crear las condiciones técnicas y organizacionales que les permitan hacerlo con seguridad, comprensión y responsabilidad.

El estudio refuerza la idea de que la presencia de IA no constituye por sí sola un indicador de eficiencia. Una empresa puede incorporar software inteligente sin mejorar resultados si mantiene datos incompletos, procesos fragmentados, sistemas incompatibles o responsabilidades difusas. La creación de valor depende de la integración entre tecnología, calidad de datos, rediseño de procesos, competencias humanas y mecanismos de supervisión.

Los casos de uso con mayor pertinencia potencial en comercio exterior incluyen clasificación y extracción documental, detección de inconsistencias, análisis de riesgos, predicción de demanda, apoyo a inventarios, optimización de rutas y asistencia a decisiones logísticas y aduaneras. En todos ellos, la tecnología debe operar como soporte a la decisión y bajo esquemas de validación humana cuando existan implicaciones regulatorias, financieras o de cumplimiento.

Una estrategia gradual basada en proyectos piloto ofrece mayor capacidad de aprendizaje que una transformación generalizada desde el inicio. Vincular cada prueba con indicadores concretos -tiempo de procesamiento, tasa de errores, costo por operación,

demoras, incidencias o porcentaje de intervención manual- permite determinar si una solución genera mejoras reales antes de ampliar su alcance.

Desde una perspectiva de competitividad, la IA puede convertirse en una capacidad relevante para empresas vinculadas con el comercio exterior de Guayaquil si contribuye a mejorar trazabilidad, velocidad de respuesta, coordinación y calidad de decisión. No obstante, la magnitud de esa contribución deberá comprobarse mediante datos operativos reales y diseños que permitan distinguir el efecto de la tecnología de otros factores empresariales.

En términos académicos, el estudio contextualiza el debate internacional sobre IA y supply chain management en el comercio exterior ecuatoriano y propone una ruta para pasar del análisis de expectativas a la medición de adopción observada y eficiencia. La articulación entre preparación, barreras y beneficios esperados puede funcionar como etapa diagnóstica previa a un modelo explicativo más completo.

La principal restricción para interpretar los resultados es el carácter piloto de la aplicación y el tamaño reducido de 15 respuestas. Por ello, las medias y porcentajes describen únicamente a los participantes analizados y no deben generalizarse al universo empresarial de Guayaquil. La disponibilidad futura de la matriz individual y de una muestra ampliada permitirá evaluar confiabilidad, validez y asociaciones entre variables.

La hipótesis H1 —una relación positiva y estadísticamente significativa entre adopción de IA y eficiencia de los procesos de comercio exterior— no puede considerarse confirmada con este piloto. Su contraste exige una medida explícita de adopción observada, indicadores objetivos de eficiencia y datos individuales suficientes para ejecutar análisis correlacionales y multivariados. El valor del piloto reside en identificar tendencias preliminares y orientar el diseño de esa fase confirmatoria.

En síntesis, el mayor aporte potencial de la IA al comercio exterior no radica en reemplazar integralmente la intervención humana, sino en desarrollar sistemas híbridos capaces de combinar procesamiento masivo de datos y capacidad predictiva con

conocimiento especializado, supervisión profesional, trazabilidad y responsabilidad. Esa complementariedad constituye una condición central para una transformación tecnológica sostenible y confiable.

Recomendaciones

Se recomienda que las empresas de comercio exterior desarrollen inicialmente un diagnóstico de madurez digital que evalúe infraestructura tecnológica, disponibilidad y calidad de datos, interoperabilidad de sistemas, competencias del personal, ciberseguridad y nivel de automatización existente. Este diagnóstico permitirá establecer si la organización se encuentra preparada para iniciar proyectos de IA y qué brechas deben cerrarse primero.

La adopción debería comenzar mediante casos de uso piloto de bajo riesgo y alto impacto, priorizando actividades repetitivas y medibles. La extracción automática de información de documentos, clasificación de archivos, detección de inconsistencias y asistencia para revisión documental constituyen alternativas apropiadas para una primera etapa.

Cada proyecto debe vincularse con indicadores clave de desempeño. Como mínimo, se recomienda medir tiempo promedio de procesamiento documental, tiempo de despacho, número de errores, porcentaje de reprocesos, costo por operación, costos por demoras y almacenamiento, productividad y porcentaje de procesos que requieren intervención manual.

Se recomienda establecer una estrategia formal de gobernanza de datos que defina responsabilidades sobre captura, almacenamiento, modificación, utilización, conservación y eliminación de información. La calidad de los modelos estará condicionada por la confiabilidad, integridad y trazabilidad de los datos utilizados en su funcionamiento.

Antes de integrar aplicaciones de IA con sistemas logísticos, comerciales o aduaneros, las organizaciones deben fortalecer ciberseguridad y protección de información. Esto implica controles de acceso, autenticación, respaldo, cifrado cuando corresponda, evaluación de proveedores, trazabilidad de acciones y procedimientos para gestión de incidentes.

Debe desarrollarse un programa permanente de capacitación que combine conocimientos de comercio exterior con competencias en IA, analítica de datos, automatización, ciberseguridad y transformación digital. La formación debe diferenciarse según funciones de gerencia, coordinación, operaciones, documentación, cumplimiento y tecnología.

Se recomienda mantener esquemas human-in-the-loop en decisiones sensibles. Los resultados producidos por herramientas de IA deben poder revisarse, explicarse y auditarse, particularmente en clasificación, cumplimiento, gestión de riesgos y documentación crítica. La responsabilidad final sobre decisiones relevantes no debe quedar diluida en el sistema automatizado.

Las organizaciones deberían establecer un comité o instancia de gobernanza de transformación digital e IA integrado por responsables de operaciones, comercio exterior, tecnología, seguridad de la información, aspectos legales o de cumplimiento y dirección empresarial. Este equipo debería evaluar casos de uso, riesgos, resultados y criterios de escalamiento.

La interoperabilidad debe considerarse un requisito estratégico. Las soluciones seleccionadas deberían facilitar integración con ERP, sistemas documentales, plataformas logísticas, sistemas de transporte, bases de datos y demás infraestructuras utilizadas durante las operaciones de importación y exportación, evitando crear nuevos silos de información.

Se recomienda evitar inversiones basadas únicamente en tendencias tecnológicas. Antes de adquirir una solución, cada empresa debería definir el problema que desea resolver, el indicador que pretende modificar, el costo actual del problema, el costo total de implementación y el beneficio esperado. Esta lógica permite evaluar retorno de inversión y priorizar proyectos con valor operacional verificable.

Las empresas deberían implementar mecanismos periódicos de auditoría algorítmica y control de calidad, evaluando precisión, errores, sesgos, seguridad, estabilidad, trazabilidad

y desempeño. En sistemas generativos o de recomendación, debe verificarse además la posibilidad de respuestas incorrectas, inconsistentes o no sustentadas.

Se recomienda impulsar proyectos colaborativos entre empresas, universidades, operadores logísticos, actores portuarios y entidades vinculadas con comercio exterior. Estos espacios pueden favorecer transferencia tecnológica, formación especializada, investigación aplicada y desarrollo de pilotos adaptados al contexto ecuatoriano.

Para la fase confirmatoria de la investigación se recomienda ampliar la recolección de datos a la muestra que resulte del marco poblacional actualizado y conservar/exportar la matriz individual de respuestas desde Google Forms o el sistema utilizado. El cálculo conservador de 385 respuestas válidas puede emplearse cuando la población sea desconocida o muy grande, pero deberá corregirse mediante población finita cuando se conozca el número de empresas elegibles. La base individual permitirá realizar análisis de confiabilidad, validez y contraste de hipótesis que no son posibles con las frecuencias agregadas del piloto.

La confiabilidad del instrumento deberá evaluarse nuevamente utilizando alfa de Cronbach y, de ser posible, omega de McDonald, tanto de forma global como por dimensiones. Posteriormente conviene estudiar la estructura del instrumento mediante análisis factorial exploratorio y, cuando el tamaño muestral y la calidad de los datos lo permitan, análisis factorial confirmatorio.

Para contrastar H1 se recomienda utilizar correlaciones de Pearson o Spearman de acuerdo con la naturaleza y distribución de los datos y, posteriormente, modelos de regresión múltiple, PLS-SEM o ecuaciones estructurales cuando el modelo teórico, el tamaño muestral y los supuestos estadísticos lo justifiquen. Los análisis deben reportar intervalos de confianza, tamaños del efecto y diagnóstico de supuestos.

Las futuras aplicaciones deben incorporar indicadores objetivos de eficiencia y no depender exclusivamente de percepción. Entre ellos se incluyen minutos de procesamiento,

tiempos de liberación, costos por operación, número de incidencias, días de almacenamiento, errores documentales, reprocesos y productividad antes y después de implementar la herramienta.

Se recomienda desarrollar posteriormente un diseño longitudinal o cuasiexperimental que compare indicadores antes, durante y después de la implementación de un caso de uso. Esta aproximación permitiría evaluar con mayor solidez si los cambios observados se mantienen en el tiempo y si pueden asociarse razonablemente con la tecnología introducida.

Finalmente, investigaciones posteriores deberían ampliar el ámbito territorial y comparar Guayaquil con otros nodos logísticos del Ecuador. Esto permitiría construir un diagnóstico nacional de madurez y adopción de IA en comercio exterior, identificar diferencias por tamaño y actividad empresarial y generar recomendaciones de política pública y competitividad sectorial.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

El estudio presenta tres limitaciones principales: el tamaño reducido del piloto ($n = 15$), la disponibilidad únicamente de frecuencias agregadas por ítem y la ausencia de una matriz individual de respuestas para efectuar análisis inferenciales. Estas condiciones limitan la generalización y no permiten calcular confiabilidad interna, correlaciones, regresiones, estructura factorial o significación estadística de la hipótesis.

Asimismo, el instrumento piloto mide preparación, barreras y beneficios esperados, pero no incorpora todavía una escala completa de adopción observada ni indicadores objetivos de eficiencia. Esta brecha entre los constructos medidos y la hipótesis correlacional debe corregirse en la fase confirmatoria para garantizar coherencia entre pregunta de investigación, variables, instrumento y análisis.

Como líneas futuras, se propone ampliar y validar el instrumento con una muestra suficiente, incorporar variables de control como tamaño de empresa, actividad de importación/exportación y nivel de digitalización, y evaluar longitudinalmente casos de uso

concretos. También se recomienda preservar la base individual del piloto y de las aplicaciones posteriores para poder estimar confiabilidad y efectuar análisis inferenciales. La comparación entre sectores y nodos logísticos permitirá determinar si los factores de adopción y desempeño se mantienen o varían según el contexto.

Referencias bibliográficas

- Arvis, J.-F., Ojala, L., Shepherd, B., Ulybina, D., & Wiederer, C. (2023). Connecting to compete 2023: Trade logistics in an uncertain global economy - The Logistics Performance Index and its indicators. World Bank. <https://doi.org/10.1596/39760>
- Aslett, J., González, I., Hadwick, D., Hamilton, S., Hardy, M. A., & Pérez, A. (2024). Understanding artificial intelligence in tax and customs administration (Technical Notes and Manuals 2024/006). International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9798400290435.005>
- Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: State of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2179-2202. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1530476>
- Belhadi, A., Kamble, S., Jabbour, C. J. C., Gunasekaran, A., Ndubisi, N. O., & Venkatesh, M. (2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120447. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120447>
- Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: A multiple case study research. *International Journal of Production Research*, 62(9), 3333-3360. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2232050>
- Cao, Q., & Zheng, X. (2024). Application of artificial intelligence technology in the supervision of customs clearance machine inspection. *World Customs Journal*, 18(2), 51-76. <https://doi.org/10.55596/001c.122754>
- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry*, 162, 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Bryde, D. J., Giannakis, M., Foropon, C., Roubaud, D., & Hazen, B. T. (2020). Big data analytics and artificial intelligence pathway to operational performance under the effects of entrepreneurial orientation and environmental dynamism: A study of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 226, 107599. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107599>
- Hendriksen, C. (2023). Artificial intelligence for supply chain management: Disruptive innovation or innovative disruption? *Journal of Supply Chain Management*, 59(3), 65-76. <https://doi.org/10.1111/jscm.12304>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Jackson, I., Ivanov, D., Dolgui, A., & Namdar, J. (2024). Generative artificial intelligence in supply chain and operations management: A capability-based framework for analysis and implementation. *International Journal of Production Research*, 62(17), 6120-6145. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2309309>
- Kosasih, E. E., Papadakis, E., Baryannis, G., & Brintrup, A. (2024). A review of explainable artificial intelligence in supply chain management using neurosymbolic approaches.
-

- International Journal of Production Research, 62(4), 1510-1540.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2281663>
- Li, L., Liu, Y., Jin, Y., Cheng, T. C. E., & Zhang, Q. (2024). Generative AI-enabled supply chain management: The critical role of coordination and dynamism. *International Journal of Production Economics*, 277, 109388.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109388>
- Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, 58(3), 103434.
<https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434>
- Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(1), 13-39.
<https://doi.org/10.1080/13675560902736537>
- Modgil, S., Singh, R. K., & Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: Learning from COVID-19. *The International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1246-1268. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0094>
- Pournader, M., Ghaderi, H., Hassanzadegan, A., & Fahimnia, B. (2021). Artificial intelligence applications in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 241, 108250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108250>
- Riahi, Y., Saikouk, T., Gunasekaran, A., & Badraoui, I. (2021). Artificial intelligence applications in supply chain: A descriptive bibliometric analysis and future research directions. *Expert Systems with Applications*, 173, 114702.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114702>
- Servicio Nacional de Aduana del Ecuador. (2025). Servicios para operadores de comercio exterior. <https://www.aduana.gob.ec/servicios-para-oces/>
- Shahzadi, G., Jia, F., Chen, L., & John, A. (2024). AI adoption in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(6), 1125-1150. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2023-0431>
- Sharma, R., Shishodia, A., Gunasekaran, A., Min, H., & Munim, Z. H. (2022). The role of artificial intelligence in supply chain management: Mapping the territory. *International Journal of Production Research*, 60(24), 7527-7550.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2029611>
- Smyth, C., Dennehy, D., Fosso Wamba, S., Scott, M., & Harfouche, A. (2024). Artificial intelligence and prescriptive analytics for supply chain resilience: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 62(23), 8537-8561. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2341415>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502-517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- United Nations Conference on Trade and Development. (2024). ASYCUDA report 2024: Innovation for a changing world. United Nations.
<https://unctad.org/publication/asycuda-report-2024>
- United Nations Economic Commission for Europe. (2024). White paper on the use of artificial intelligence in trade facilitation. UN/CEFACT.
<https://unece.org/trade/documents/2024/04/white-paper-use-artificial-intelligence-trade-facilitation>
-

- van Hoek, R. (2024). Insight from industry - Early lessons learned about AI adoption in core procurement processes, directions for managers and researchers. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(4), 794-803. <https://doi.org/10.1108/SCM-02-2024-0143>
- Wamba, S. F., Dubey, R., Gunasekaran, A., & Akter, S. (2020). The performance effects of big data analytics and supply chain ambidexterity: The moderating effect of environmental dynamism. *International Journal of Production Economics*, 222, 107498. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.09.019>
- World Customs Organization. (2025). Detailed report on the adoption of artificial intelligence and machine learning in Customs. WCO Smart Customs Project. <https://www.wcoomd.org/en/topics/facilitation/activities-and-programmes/disruptive-technologies/smart-customs-project.aspx>
- World Trade Organization. (2025). World Trade Report 2025: Making trade and AI work together to the benefit of all. World Trade Organization. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr25_e.htm
- Zamani, E. D., Smyth, C., Gupta, S., & Dennehy, D. (2023). Artificial intelligence and big data analytics for supply chain resilience: A systematic literature review. *Annals of Operations Research*, 327(2), 605-632. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04983-y>
-