

**Adopción de Tecnologías de Inteligencia Artificial: un estudio para las empresas en  
Colombia**

Por

Lina María Vera Otálvaro

Asesor

Karen Liseth Atis Ortega

Maestría en Economía Aplicada

Universidad EAFIT

2023

# **Adopción de Tecnologías de Inteligencia Artificial: un estudio para las empresas en Colombia**

## **Resumen**

Este documento proporciona una descripción completa de la adopción de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) por parte de las empresas colombianas discriminando el análisis por sectores económicos al aprovechar un nuevo módulo presentado en la Encuesta Pulso Empresarial (EPE) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2022. El módulo recopila datos de más de 8500 empresas sobre la adopción, razones de uso y no uso de tecnologías de IA. Se encuentra que la organización de procesos administrativos es la principal motivación para adoptar IA mientras que los costos de adquisición y la falta de experiencia para el uso son las barreras más importantes implementar tecnologías de IA. Mediante un modelo de probabilidad se evidencia que, entre otros factores, usar internet, plataformas digitales, hacer inversión en equipos de software, realizar actividades de investigación y desarrollo, incrementan la probabilidad de adoptar dichas tecnologías. En la investigación se añade como elemento innovador un conjunto de variables sobre percepciones y expectativas que tienen las empresas en cuanto a la situación económica presente y futura y su influencia en la adopción de tecnologías de IA.

## 1. Introducción

La adopción de tecnologías avanzadas como la robótica, la IA y otras tecnologías de emergentes se vienen extendiendo con rapidez en los últimos años, especialmente en el ámbito empresarial y economías industrializadas (Acemoglu et al, 2022). El desarrollo de la IA ha sido posible gracias al acceso y procesamiento de grandes cantidades de información y tiene aplicaciones en distintas áreas puesto que su función principal es imitar funciones cognitivas humanas (Merhi, 2022), en este sentido la IA permite a las empresas transformar la forma en que se diseñan, desarrollan y ofertan los productos y servicios; puede conducir a nuevos modelos de negocios; cambiar la forma de interacción con proveedores, clientes, inversionistas; permite la mejora el proceso de toma de decisiones; tiene potencial para revolucionar las cadenas de suministro, la producción y modelos comerciales entre otros (Hamm & Klesel, 2021)

A pesar de los potenciales beneficios de adoptar tecnologías de IA y las expectativas que se tienen en torno al desarrollo económico y empresarial (Chen, et al., 2021; Bérubé et al., 2021; Hamm & Klesel, 2021), existe una importante brecha en la adopción de tecnologías avanzadas entre los países, especialmente en los países de América Latina. Según la Séptima Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe desarrollado por la CEPAL (Comisión Económica para América latina) (2021), el peso económico del ecosistema digital (exportaciones e importaciones de productos y servicios de alta tecnología) dentro del PIB para los países de América Latina en el año 2020 fue de 3.98% frente a un 4.58% por parte de los países de la OCDE; así mismo, el índice de desarrollo de industrias digitales para los países de América latina fue de 18.63 frente al 43.21 para los países de América del Norte reflejando un importante rezago en la adopción de tecnologías.

El estudio de la CEPAL (2021) también muestra que el mayor reto en términos de reducción de las brechas tecnológicas se centra en la adopción de tecnologías avanzadas en los procesos productivos de las empresas, especialmente en cadenas de aprovisionamiento de materias primas y en los procesos de distribución y venta de productos y servicios. Adicionado a lo anterior, en América Latina existe limitada información que brinde evidencia de las estrategias tecnológicas que llevan a cabo las empresas en cuanto a transformación tecnológica, lo que ha dificultado el análisis de los factores que pueden estar incentivando o impidiendo su adopción.

Con base en lo anterior, el avance tecnológico impone grandes retos para el sector empresarial en términos de competitividad, mantenimiento de la cuota de mercado y afrontamiento a las disrupciones inesperadas, esto ya que las tecnologías de IA se constituyen en una de las más importantes megatendencias a nivel mundial (MinTIC, 2019). Lo anterior indica que las empresas para seguir siendo competitivas deben adaptarse a las nuevas presiones y demandas en el mercado, es decir deben acelerar esfuerzos hacia la adopción de las nuevas tecnologías de manera que puedan reaccionar de forma adecuada ante dichos desafíos competitivos (Sjøbakk, 2018; Sun & Medaglia, 2019)

Sin embargo, no se tiene una idea clara de cómo las empresas en un país emergente como Colombia están abordando esta temática. Es importante tener una comprensión general de como las organizaciones están realizando esfuerzos por adaptarse a un entorno tecnificado, así como también los motivos que impiden su adopción, es decir se hace relevante conocer aquellos factores que están incidiendo sobre la probabilidad de que las empresas decidan insertarse o no a los nuevos desafíos y megatendencias mundiales.

La información que desprende del análisis aquí planteado puede facilitar la aplicación de estrategias empresariales y también ser de utilidad para implicaciones de política pública, esto ya que las nuevas tecnologías tienen potenciales beneficios en cuanto al crecimiento empresarial y económico, pero también puede tener implicaciones negativas en el entorno laboral como la pérdida de empleo por la automatización de tareas u ocupaciones (Autor & Dorn, 2013; Frey & Osborne, 2017); desarrollo de nuevas habilidades (Pedro et al, 2019); sostenibilidad ambiental y equilibrio macroeconómico (MinTIC, 2019) entre otras preocupaciones que deberán ser temas de debate en el entorno empresarial y político en el corto y largo plazo.

El objetivo del presente estudio es dar a conocer de forma descriptiva como las empresas están abordando e introduciéndose en las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, el propósito de su uso, las barreras que impiden la adopción y además encontrar los factores que influyen en la introducción de las empresas colombianas a las tecnologías de IA teniendo en cuenta diferenciales por sectores mediante modelos de probabilidad, aquí se añade como propuesta innovadora, el papel que cumplen las expectativas y percepciones que tienen los dirigentes empresariales en cuanto a la situación económica presente y futura del país y de su propia empresa sobre la probabilidad de adoptar tecnologías de IA.

El cuerpo del documento se encuentra estructurado de la siguiente forma: la presente introducción hace parte de la primera sección, en la segunda realizo un análisis detallado de la literatura existente relacionada con los factores que motivan o desmotivan la adopción de tecnologías de IA , en la tercera sección se realiza un análisis de los datos y una descripción detallada de los tipos de tecnologías de IA que usan las empresas en Colombia diferenciando por sector económico así como las razones de uso y los motivos de no uso, en la cuarta sección se realiza un análisis de regresión econométrica mostrando los factores que determinan la probabilidad de adopción de tecnologías de IA y finalmente en la quinta sección se generan algunas conclusiones del estudio.

## **2. Literatura relacionada**

Dado que la inteligencia artificial se ha convertido en un nuevo campo de investigación (Alsheibani et al., 2019) los estudios que se centran en el análisis de los factores que inhiben o determinan el éxito en la adopción de este tipo de tecnologías se han venido incrementando considerablemente en los últimos años. Los análisis realizados hasta el momento se enfocan en las barreras que impiden que las empresas adopten nuevas tecnologías; proponer marcos para la adopción; otros estudios se enfocan en análisis microeconómico para determinados

sectores, mientras que otros se encargan de análisis y revisión de literatura para comprender las aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) y los desafíos relacionados.

Los estudios que analizan el estado de adopción de (IA) en un determinado contexto, han buscado reconocer las limitaciones, retos y barreras a las que se enfrentan las organizaciones para dicho propósito, además ofrecen información y una agenda de investigación para ayudar a los ejecutivos y gerentes a prepararse para la adopción de IA al igual que tomar decisiones informadas para acelerar el proceso de adopción (Alsheibani, et al., 2019; Mikalef et al., 2019; Benbya, et al.,2020; Bérubé et al.,2021), las metodologías utilizadas para estos propósitos se basan en encuestas estructuradas para empresas (Alsheibani, et al., 2019) o entrevistas expertos en IA (Bérubé et al.,2021; Jöhnk, et al., 2021); entrevistas a gerentes empresariales (Nam, 2021) incluso mediante el análisis de datos de redes sociales (Abioye, et al., 2021; Kar, 2021). Los resultados indican que las bajas expectativas sobre oportunidades y limitaciones de la IA, el riesgo, aspectos éticos, la seguridad y la falta de habilidades en el manejo de las IA son las principales barreras que inhiben la adopción esta tecnología en el ámbito empresarial.

Otra parte de los estudios relacionados se centran en la recopilación de literatura que presente una visión general de la implementación de la IA de manera que se amplíen estudios empíricos y teóricos en esta temática (Wirtz et al., 2019; Alhashmi et al., 2020; Cubric, 2020; Hamm & Klesel, 2021; Collins et al. 2021; Pai & Chandra, 2022). Las metodologías utilizadas para desarrollar dichos estudios se enmarcan en enfoques como el análisis semántico latente (Collins et al. 2021); el marco de RSE de Carroll (Pai & Chandra, 2022); el marco de Tecnología-Organización-Entorno (TOE) (Hamm & Klesel, 2021); el Modelo de aceptación de tecnología (TAM) (Cubric, 2020); entre otros enfoques cuyo resultado se centra en las dimensiones que desafían la adopción de IA concluyendo que se deben seguir aunando esfuerzos en los estudios existentes y dar uso a soluciones híbridas con enfoques multidisciplinarios para el diseño y la evaluación de la IA (Cubric, 2020).

Los estudios que crean marcos conceptuales y realizan discusiones teóricas, se orientan en concretar diseños de adopción de tecnologías de IA a nivel empresarial o sectorial, además identifican barreras y prácticas de la adopción de IA (Alsheibani, et al.,2018; Kar & Kushwaha, 2021; Chen et al., 2022) la metodología generalmente utilizada para estos estudios se centra en la teoría de Organizaciones Tecnológicas-Ambiente (TOE) y la teoría de la Difusión de la Innovación (DOI) (Alsheibani, et al.,2018) o análisis de contenidos (Kar & Kushwaha, 2021; Chen et al., 2022) los resultados que arrojan estos estudios son interpretaciones claras de las teorías de adopción de tecnologías de IA y hojas de ruta para la implementación eficiente de la IA. Aunque en menor medida otra parte de esta literatura se enfoca en la comprensión teórica de las especificidades de la adopción de IA en organizaciones públicas y como esto puede impactar aspectos fundamentales de la gobernanza (Wirtz et al., 2019; Neumann et al., 2022).

Si bien la literatura relacionada con los factores que influyen en la implementación de sistemas de IA es extensa y brinda un panorama general de aspectos que motivan, benefician y obstaculizan la implementación de tecnologías emergentes bien sea a nivel empresarial o

sectorial, las metodologías para alcanzar estos objetivos se han centrado en análisis cualitativos bien sea en los marcos literarios o en opiniones de expertos en tecnologías de IA, en adición los estudios que han generado propuestas empíricas a los marcos conceptuales de forma exploratoria lo han realizado bajo entrevistas estructuradas para gerentes empresariales con no más de 300 observaciones (organizaciones) (Alsheibani et al., 2019; Pai & Chandra, 2022; Chen et al., 2021; Wirtz et al., 2019) a su vez el enfoque ha sido ciertos sectores económicos como la industria hotelera en Dubai (Nam et al., 2021), sector del marketing (Chen et al., 2022); el sector salud (Alhashmi et al., 2021; Alhashmi et al., 2020) y el sector público (Neumann et al., 2022; Sun & Medaglia, 2019; Wirtz, et al., 2019)

Para el contexto colombiano se encontraron dos estudios que se relacionan con el análisis de los factores que pueden relacionarse con la adopción de tecnologías, el primero desarrollado por Parra et al. (2019) analiza cómo se ha venido presentando la transformación digital en las organizaciones, el estudio se enfoca en analizar diferencias sectoriales en el nivel de apropiación de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), es decir no realiza énfasis en la adopción de tecnologías de IA y no tiene en cuenta los cuatro sectores que en la presente investigación analizo. Por su parte, el estudio de Rojas-Berrio et al. (2022) realiza un análisis de los factores que influyen en la adopción de tecnologías 4.0 y los elementos que pueden obstaculizar dichas tecnologías, sin embargo, su análisis se enfoca en empresas PYMES sin diferenciarlas por sector económico.

El aporte a la literatura que realizo con esta investigación es un análisis detallado de las razones de adopción y no adopción de tecnologías en un país emergente brindando un panorama general de los factores que influyen en la probabilidad de adopción de IA diferenciando por sectores económicos incluyendo comercio, servicios, industria y construcción, en adición como elemento innovador de la investigación analizo el papel que cumplen las expectativas y percepciones de las empresas en cuanto a la situación económica presente y futura en la decisión de adoptar o no tecnologías de IA. Lo anterior mediante una reciente encuesta del DANE que incluye información de más de ocho mil empresas, de manera que la información resultante sea de utilidad para la toma de decisiones a nivel empresarial y público.

### **3. Módulo tecnológico de la EPE**

Para esta investigación utilizo datos de la EPE realizada por el DANE para el periodo de octubre de 2022. La encuesta se implementó desde abril de 2020 y su objetivo principal fue contar con mediciones oficiales y rápidas del estado de la actividad económica y del sector privado del país en medio de la pandemia por COVID-19, la encuesta se fue modificando de acuerdo con las necesidades de información de manera que permitiera medir la valoración y expectativas de las empresas en cuanto la confianza empresarial, resultado de operaciones, cambios en personal, canales de afectación, expectativas de ingresos, entre otros.

La EPE recolectó información para empresas ubicadas en Colombia que están incluidas en otras encuestas que realiza el DANE como la Encuesta Mensual de Servicios (EMS), la Encuesta Mensual de Alojamientos (EMA), la Encuesta Mensual de Comercio (EMC) y la Encuesta Mensual de Industria Manufacturera con Enfoque Territorial (EMMET) en adición con un conjunto de empresas de construcción de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), es decir que la EPE se constituye en una encuesta de gran alcance empresarial que tiene información de los sectores construcción, comercio, industria y servicios a nivel nacional y puede ser clasificada según las actividades de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, Revisión 4 (CIIU Rev. 4 A.C.)

La EPE publico resultados desde abril de 2020 hasta noviembre de 2022 de forma mensual. En octubre de 2022 la EPE implementó un set corto de preguntas sobre adopción de tecnologías de IA en adición con otras preguntas de interés en esta investigación. Por lo anterior, tomo los datos de esta encuesta para el periodo de octubre de 2022 y los utilizo como datos de corte transversal con 8143 observaciones para analizar los factores que se relacionan con la adopción de tecnologías de inteligencia artificial (IA),

El módulo que indagó sobre la adopción de tecnologías de IA fue sugerido por el Banco Mundial preguntando sobre los propósitos para el uso de las IA y las razones que explican el no uso de la IA, para ello se definió la IA como sigue a continuación:

*“La inteligencia artificial se refiere a sistemas que utilizan tecnologías como: minería de textos, visión artificial (por computadora), reconocimiento de voz, generación de lenguaje natural, aprendizaje automático, aprendizaje profundo para recopilar o usar datos para predecir, recomendar o decidir la mejor acción para lograr objetivos específicos, con diferentes niveles de autonomía” (BM, sf)*

En la siguiente tabla se muestra un resumen de estadísticas descriptivas de las variables que se utilizarán en este análisis. Como se observa, se tiene en análisis 8231 empresas, de estas aproximadamente el 9% adoptaron tecnologías de inteligencia artificial para octubre de 2022, el 47% de quienes dirigen o administran la empresa son mujeres, el 69% hace uso de internet y plataformas digitales, el 14% realizan inversión en equipos de software y soluciones digitales, el 5% implementa bienes y/o servicios nuevos o mejorados en sus procesos productivos, el 7% realiza actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) y el 39% ha implementado alguna estrategia de sostenibilidad ambiental.

También se tienen en cuenta algunas variables que pueden tener impactos positivos y negativos en las empresas, a estas variables las llamo externalidades. Se puede observar que el 12% de las empresas en análisis tuvieron disminución en el aprovisionamiento de los insumos necesarios para operar a octubre de 2022, se tuvieron cambios en la demanda de los productos, específicamente para el 33% de las empresas, así mismo el 11% afirmaron tener dificultades en el acceso a servicios financieros mientras que el 24% afirmaron sufrir durante dicho periodo disminución en el flujo de efectivo.

Tabla 1 Estadísticas descriptivas

	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Adopción</b>		
Adopto tecnologías de IA =1	0,089	0,285
<b>Empresa</b>		
Sexo de quien dirige, gerencia la empresa: mujer	0,469	0,499
Usa internet y plataformas digitales: si	0,694	0,461
Inversión en equipos de software y soluciones digitales: si	0,144	0,351
Implementación de bienes o servicios nuevos o mejorados: si	0,049	0,216
Realiza actividades de I+D: si	0,074	0,261
Implementación de estrategia de sostenibilidad ambiental: si	0,391	0,488
<b>Externalidades</b>		
Disminución en el aprovisionamiento de insumos: si	0,122	0,327
Cambios en la demanda de productos: incremento	0,332	0,471
Dificultades de acceso a servicios financieros: sí	0,112	0,315
Disminución de flujos de efectivo: si	0,241	0,428
<b>Sector</b>		
Comercio	0,329	0,470
Construcción	0,068	0,251
Industria manufacturera	0,279	0,448
Servicios	0,324	0,468
<b>Percepciones y Expectativas</b>		
Situación económica presente del país: Mucho mejor-mejor	0,317	0,465
Situación económica futura del país: Mucho mejor-mejor	0,348	0,477
Situación económica presente de la empresa: Mucho mejor-mejor	0,462	0,499
Situación económica de la empresa futura: Mucho mejor-mejor	0,484	0,500
Comportamiento de ingresos presente: Aumentaron-aumentaron mucho	0,492	0,500
Comportamiento de ingresos futuros: Aumentarán	0,513	0,500
Comportamiento de la inversión: Aumentará	0,170	0,376
Percepción de seguridad: operar en Colombia es inseguro-muy inseguro	0,264	0,441
<b>Observaciones</b>	8231	

Notas: Datos del módulo de tecnología de EPE del DANE para el mes de octubre de 2022. I+D indica las empresas que realizaron actividades de inversión y desarrollo.

En adición se observa que el 33% de las empresas pertenecen al sector comercio, el 7% a construcción, el 28% a las industrias manufactureras, mientras que el sector servicios tiene una participación de 32% de las empresas. En esta investigación también tomo como variables relevantes las percepciones y expectativas que tienen las empresas en relación al presente y futuro económico bien sea del país como de las propias empresas, es así que el 32% y 46% de las firmas en análisis opino en octubre de 2022 que la situación económica del país y la empresa es mucho mejor- mejor comparada con la situación de hace un año, el 35% y el 48% también afirmo percepciones futuras positivas para el país y la empresa dentro



de un año, entre otras variables de percepción se encuentran los ingresos del presente con respecto a un año, el 49% afirmando que aumentaron y aumentaron mucho mientras que el 51% espera que estos ingresos aumenten. El comportamiento de la inversión futura es un poco menos optimista pues se tiene solo el 17% de las empresas afirmando que la inversión aumentara. Finalmente, el 26% del total de empresas aseguró que operar en Colombia es inseguro y muy inseguro.

### **3.1 Adopción de tecnologías de IA**

Esta subsección documenta las tasas de adopción de tecnología de IA, así como las motivaciones detrás de la adopción de tecnologías avanzadas y los factores que limitan una difusión más amplia de las mismas para las empresas en Colombia.

La Tabla 1 muestra la proporción de empresas que utilizan tecnologías de IA para llevar a cabo sus actividades económicas. La columna 1 indica que la proporción de empresas que utilizan tecnologías que analizan lenguaje escrito es relativamente baja, solo el 3.7% del total de empresas las usan (con un 2% para la industria manufacturera, 1.8% comercio, 1.3% servicios y 1% construcción), un poco más alta para el uso de tecnologías de IA que automatizan flujos de trabajo o asisten en la toma de decisiones 5.6% para el total de empresas.

Las empresas que hicieron uso de tecnologías que identifican objetos o personas con base en imágenes tuvieron un 4.1% de participación (un 3.1% para el sector construcción, 2.9% de la industria manufacturera y 1.8% para construcción y comercio); le siguen las tecnologías de IA que para aprendizaje automático para análisis de datos con 3.1% de participación para el total de empresas encuestadas (un 1.9% para empresas del sector construcción e industria manufacturera, 1% para servicios y 0.2% comercio).

Las tecnologías de IA que se usan con menor participación son aquellas que generan lenguaje escrito o hablado, las que convierten lenguaje hablado en formato legible por máquinas y en el porcentaje más bajo las que permiten movimientos físicos. En total, el 9% de las empresas en Colombia había adoptado al menos una de estas tecnologías de IA para octubre de 2022 (8.7% de las empresas de la industria manufacturera, 6.3% del sector construcción, 5.5% comercio y 13.2% servicios)

Tabla 2 Adopción de tecnologías de Inteligencia Artificial según sector económico

TECNOLOGÍAS DE IA							
	Analizan lenguaje escrito	Convierten lenguaje hablado en formato legible por máquinas	Generan lenguaje escrito o hablado	Identifican objetos o personas con base en imágenes	Aprendizaje automático para análisis de datos	Automatizan flujos de trabajo o asisten en la toma de decisiones (automatización de procesos robóticos basados en inteligencia artificial)	Permiten movimientos físicos de máquinas a través de decisiones autónomas basadas en observación de los alrededores
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Industria							
Manufacturera	2,0%	0,9%	1,2%	2,9%	1,9%	4,0%	0,6%
Construcción	1,0%	0,6%	0,6%	3,1%	1,9%	4,4%	1,0%
Comercio	1,8%	1,1%	0,5%	1,8%	0,2%	3,1%	0,0%
Servicios	1,3%	0,5%	0,8%	1,8%	1,0%	2,2%	0,2%
Total empresas	3,7%	1,6%	2,2%	4,1%	3,1%	5,6%	0,9%

Notas: Datos del módulo de tecnología de EPE del DANE para el mes de octubre de 2022. Las tasas de uso de tecnología se basan en las respuestas afirmativas a cada pregunta de las columnas (1)-(7) según el sector al que pertenecen las empresas encuestadas, para la industria manufacturera el total corresponde a 2102 empresas, para el sector construcción 522, comercio 2563 y servicios 2321.

### 3.2 Propósito del uso de tecnologías de IA

En general las empresas que hacen uso de algún tipo de tecnología de IA lo hacen para organizar procesos administrativos, estos procesos pueden ser por ejemplo asistentes administrativos virtuales, conversación de voz a texto para la redacción de documentos o agendamiento automatizados, traducción automática, entre otros, en la Figura 1. Se muestra que el 43% de las empresas que usan tecnologías de IA para dicho propósito, la mayor participación se encuentra en el sector de la construcción con el 63%, seguido del sector comercio 48%, servicios 42% e industria manufacturera 38%.

El mercadeo y las ventas es la segunda opción más frecuente de uso de tecnologías de IA para las empresas colombianas (33% total empresas, 43% comercio, 34% servicios, 25% industria manufacturera y 20% construcción). El uso de tecnologías de IA para el mercadeo y las ventas pudo estar ampliamente influenciado por la situación económica y social derivada de la pandemia pues las empresas afirmaron que por ejemplo se usaron chatbots basados en procesamiento de lenguaje natural para el servicio al cliente, perfilamiento de clientes por medio de redes sociales, optimización de precios, ofertas de mercado personalizadas, análisis de mercado basado en aprendizaje automático entre otras.

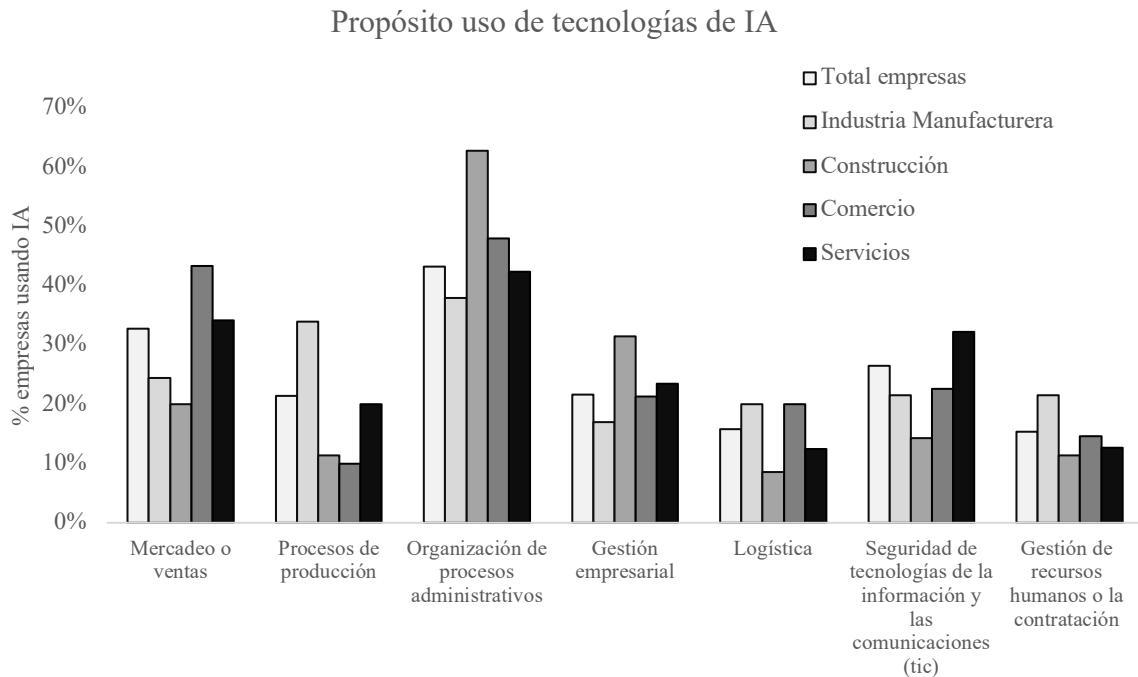


Figura 1 Uso de las tecnologías de IA, datos de la EPE para octubre de 2022.

El 27% del total de empresas en Colombia hacen uso de tecnologías de IA para la seguridad de las tecnologías de información y comunicación (TIC), por ejemplo, para el reconocimiento facial basado en visión artificial para la autenticación de usuarios de TIC, detección y prevención de ciberataques, entre otros, el análisis por sector económico muestra que el 32% del uso de este tipo de tecnología de IA corresponde al sector servicios, el 22% la industria manufacturera, el 23% el sector comercio y solo el 14% el sector construcción.

En cuanto al uso de tecnologías de IA para acompañar procesos de producción se tiene una participación del 21% de las empresas, dicho acompañamiento puede ser por ejemplo el mantenimiento predictivo basado en aprendizaje automático, herramientas para clasificar productos o encontrar defectos en productos, drones autónomos para la supervisión de la producción, seguridad o tareas de inspección, trabajos de ensamblaje entre otros. La industria manufacturera es quien tiene la mayor participación dentro de este propósito de uso con el 34% de participación seguido por el sector servicios (20%), el sector construcción (11%) y el comercio (10%).

Las menores participaciones en los propósitos de uso de IA se encuentran en la gestión empresarial (22% de participación para el total de empresas) dentro de esta categoría se encuentra por ejemplo el aprendizaje automático para analizar datos y ayudar a la toma de decisiones de inversión u otras decisiones, proyecciones de ventas o de negocios basados en aprendizaje automático, evaluación de riesgos, entre otras. Los procesos de logística también

tienen una baja participación (16% para el total de empresas) en esta categoría se encuentran por ejemplo los robots autónomos para soluciones de selección y empaque en bodegas, optimización de rutas basada en aprendizaje automático, robots autónomos para el envío, rastreo, distribución y clasificación de paquetes, drones autónomos para la entrega de paquetes entre otros. Así mismo el uso de tecnologías de IA es relativamente bajo para la gestión de recursos humanos o la contratación como, por ejemplo, preselección de candidatos, automatización de la contratación, perfilamiento de empleados o análisis de desempeño, etc. (15% para el total de empresas).

En resumen, estas estadísticas muestran que, si bien algunas empresas colombianas están empezando a adoptar tecnologías avanzadas para el desarrollo de sus actividades económicas, estas son relativamente pocas, mientras que los procesos en los que se usan tienen mayor participación en procesos administrativos, a su vez el uso de robots autónomos, chatbots entre otros procesos avanzados son poco utilizados en los procesos productivos de dichas empresas.

### **3.3 Razones del no uso de tecnologías de IA**

La EPE dentro del módulo de tecnologías de IA pregunta las razones por las que las empresas no han implementado dentro de sus procesos y actividades productivas el uso de tecnologías de IA, como se muestra en la Tabla 2 el 42.5% del total de empresas que no usan estas tecnologías, consideran que las mismas no son útiles para la empresa, la mayor participación de esta respuesta se encuentra para el sector de comercio (49.5%) seguido por el sector servicios (40.9%), las manufacturas (37.4%) y el sector de la construcción (36.4%)

Otro factor relevante a la hora de analizar las razones de no adopción de tecnologías de IA por parte de las empresas colombianas es el ámbito económico puesto que el 33% del total de empresas considera que los costos para acceder a dichas tecnologías son demasiado altos (construcción 39.7%, industria manufacturera 37.6%, servicios 33.9% y comercio 27%)

Seguido de los costos económicos, la experiencia en el uso de las tecnologías de IA es otro factor que impide que las empresas en Colombia hagan uso de dichas tecnologías, el 30.7% del total de empresas, el sector de la industria manufacturera presenta la mayor participación con el 33.6% del total de empresas del sector argumentando que no cuentan con experiencia relevante para el uso de tecnologías de IA.

Entre otras circunstancias que limitan el uso de tecnologías de IA con menor participación se encuentran la incompatibilidad de dichas tecnologías con los equipos de software o sistemas existentes en las empresas (7.9% total de empresas) le sigue las dificultades con la disponibilidad o calidad de los datos necesarios para el uso (4.1% total empresas), en adición, las empresas no tienen claridad sobre las consecuencias legales del uso de tecnologías de IA como por ejemplo la responsabilidad en caso de daños a terceros causados por su uso, lo que impide que las empresas hagan uso de IA para sus procesos productivos (3.7% total

empresas), de la misma forma se tiene inquietudes sobre la protección de datos y privacidad al usar tecnologías de IA (3.5% total empresas) y tampoco se hace uso por consideraciones éticas (1.3% total empresas).

Tabla 3 Adopción de tecnologías de Inteligencia Artificial según sector económico

RAZONES DE NO USO DE TECNOLOGÍAS DE IA								
	Los costos son demasiado altos	La empresa no cuenta con la experiencia relevante para su uso	Incompatibilidad con equipos, software o sistemas existentes	Dificultades con la disponibilidad o calidad de los datos necesarios para su uso	Inquietudes sobre la vulneración de la protección de datos y la privacidad	Falta de claridad sobre las consecuencias legales	Consideraciones éticas	Las tecnologías de inteligencia artificial no son útiles para la empresa
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Industria								
Manufacturera	37,6%	33,6%	10,3%	5,1%	3,5%	4,0%	1,4%	37,4%
Construcción	39,7%	31,2%	7,1%	3,6%	4,0%	1,9%	1,3%	36,4%
Comercio	27,0%	30,2%	5,8%	3,6%	3,2%	3,6%	1,4%	49,5%
Servicios	33,9%	28,6%	8,1%	3,8%	3,9%	3,8%	1,0%	40,9%
Total	33,0%	30,7%	7,9%	4,1%	3,5%	3,7%	1,3%	42,5%

Notas: Datos del módulo de tecnología de EPE del DANE para el mes de octubre de 2022. Las tasas para calcular las razones de no uso de tecnología se basan en las respuestas afirmativas a cada pregunta de las columnas (1)-(8) según el sector al que pertenecen las empresas encuestadas.

En resumen, los limitantes del uso de tecnologías de IA para las empresas en Colombia son en gran medida por falta de información sobre los potenciales beneficios de usar dichas tecnologías al igual que la falta de experiencia en el uso y los costos económicos que implica adoptar dichas tecnologías.

#### 4. Probabilidad de adopción de tecnologías de IA

En esta sección analizo los factores que se relacionan con la probabilidad de adoptar tecnologías de inteligencia artificial (IA) por parte de las empresas, hago uso de modelos de probabilidad, específicamente una regresión logística de probabilidad (logit) y realizo controles de robustez de la especificación con un Modelo de Probabilidad Lineal (MPL) y un modelo probit<sup>1</sup>, adicionalmente estimaré efectos fijos por sector económico.

<sup>1</sup> Para la elección del modelo tomé en cuenta el criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC), para más detalle ver los anexos.

Con base en esto, la probabilidad de éxito (adoptar tecnologías de inteligencia artificial) se evaluará en una función  $G(z) = \Lambda(z)$  tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P(y = 1|x) = \Lambda(X_i'\beta + \varepsilon_i) \quad (1)$$

Donde:

$$\Lambda(X_i'\beta + \varepsilon_i) = \frac{\exp(X_i'\beta + \varepsilon_i)}{1 + \exp(X_i'\beta + \varepsilon_i)}$$

X es un vector de variables independientes que incluyen todas y cada una de las variables de empresa, las variables de externalidades, variables sobre percepciones y expectativas según empresa (i) que se detallaron en la Tabla 1, también incluyen efectos fijos por sector económico.  $\beta$  es un vector de parámetros a estimar,  $\varepsilon$  es el termino aleatorio de error.

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la ecuación (1), se dividió los resultados según la clasificación de las variables de las estadísticas descriptivas empezando por las características de la empresa que afectan la probabilidad de adopción de tecnologías de IA.

Tabla 4 resultados modelo de regresión características de la empresa

Variables empresa	(1) Adopción IA Logit	(2) Efectos marginales
Sexo de quien dirige, gerencia la empresa: mujer	-0.290*** (0.069)	-0.017*** (0.004)
Usa internet y plataformas digitales: si	0.890*** (0.078)	0.053*** (0.005)
Inversión en equipos de software y soluciones digitales: si	0.705*** (0.038)	0.042*** (0.002)
Implementación de bienes o servicios nuevos o mejorados: si	0.576*** (0.095)	0.034*** (0.006)
Realiza actividades de I+D: si	1.377*** (0.121)	0.081*** (0.007)
Implementación de estrategia de sostenibilidad ambiental: si	0.401*** (0.120)	0.024*** (0.007)
Observaciones	8,231	8,231

Nota: en la columna (1) se muestra el resultado del modelo logit y en la columna (2) los efectos marginales del nivel medio. Errores estándar clusterizados por sector entre paréntesis, significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Como se observa en la tabla 4 el modelo logit muestra la correlación de las variables de la empresa ante la probabilidad de adopción de tecnologías de IA, los resultados de la columna (1) no son directamente interpretables, sin embargo se observa que todas las variables son significativas al 5%, mientras que el signo indica por ejemplo que las mujeres que

administran o gerencian las empresas tienen menor probabilidad de adoptar tecnologías de IA en referencia a los hombres, específicamente, dicha probabilidad es menor en 1.7 puntos porcentuales (pp), este resultado sigue la línea del análisis de Cai, Fan, & Du (2017) y se puede explicar por diversidad de factores, por ejemplo las creencias de que la tecnología es un campo dominado por hombres o que los mismos tienen mayor competencia en el uso, entre otras concepciones sociales y culturales. Las dificultades históricas para acceder a recursos estratégicos que permitan adoptar tecnologías de IA como el acceso a servicios financieros pueden ser también uno de los factores más relevantes en los resultados de adopción tecnológica para las mujeres tal como lo sugieren Njiwa et al., (2023).

Por otra parte, aquellas empresas que usan internet y plataformas digitales incrementan la probabilidad de adopción de IA en 5.3 pp, aquellas que realizan inversión en equipos de software y soluciones digitales en 4.2 pp, las que implementan bienes o servicios nuevos o mejorados 3.4 pp, las que realizan actividades de I+D en 8.1 pp y aquellas que implementaron una estrategia de sostenibilidad ambiental en 2.4 pp. Estos resultados son similares a los encontrados por el estudio de Giotopoulos et al., (2017) quienes hallan efectos positivos la adopción de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en empresas que realizan actividades de innovación, el resultado puede tener justificación entonces en los potenciales efectos positivos que puede tener la IA sobre la gestión de la innovación, Rogers (2010) señaló que los beneficios de la innovación afectan positivamente la intención de adoptar nuevas tecnologías mientras que Johnson et al., 2022 encuentran que la IA se adopta para incrementar e iniciar exploración en diversos procesos de innovación.

Tabla 5 resultados modelo de regresión el papel de las externalidades

<b>Externalidades</b>	(1) Adopción IA Logit	(2) Efectos marginales
Disminución en el aprovisionamiento de insumos: si	0.126 (0.115)	0.007 (0.007)
Cambios en la demanda de productos: incremento	-0.255*** (0.039)	-0.015*** (0.002)
Dificultades de acceso a servicios financieros: sí	-0.612*** (0.194)	-0.036*** (0.011)
Disminución de flujos de efectivo: si	-0.346*** (0.095)	-0.020*** (0.006)
<b>Observaciones</b>	8,231	8,231

Nota: en la columna (1) se muestra el resultado del modelo logit y en la columna (2) los efectos marginales del nivel medio. Errores estándar clusterizados por sector entre paréntesis, significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

La Tabla 5 muestra los resultados del modelo de probabilidad mostrando el papel que cumplen algunas externalidades sobre la probabilidad de adoptar o no tecnologías de IA, como se observa, las afectaciones por cambios en el aprovisionamiento de los insumos

necesarios para la producción no tienen influencia significativa sobre la probabilidad de adoptar IA, sin embargo los cambios en la demanda de productos o servicios si lo es, contrario a lo esperado, un incremento en la demanda de productos o servicios disminuye la probabilidad de adoptar tecnologías de IA en aproximadamente 1.5pp esto podría tener explicación en que las empresas al ver incrementadas la demanda de los productos o servicios que ofrecen, no ven utilidad en el uso de la IA, tal como se observó en la sección 3, el 42.5% del total de empresas que no han adoptado IA indican que las mismas no son útiles para la empresa.

Las dificultades en el acceso a servicios financieros afecta de forma negativa la probabilidad de adopción en aproximadamente 3.6pp, como muestra Cubric (2020) en los resultados de una revisión sistemática de literatura, las barreras más importantes en la adopción de IA se centra en los altos costos de adquisición, la infraestructura, el apoyo técnico, disponibilidad de conjuntos de datos, entre otros que requieren importantes inversiones económicas en las que el acceso a servicios financieros se torna relevante, aquí evidencio que las dificultades de acceso a servicios financieros es una barrera importante en la adopción de IA conforme a otros estudios realizados (Ulrich, Frank, & Kratt, 2021; Bhalerao et al., 2022). Un factor adicional que está relacionado con el acceso a servicios financieros es la disminución del flujo de efectivo que manifestaron tener las empresas, hecho que disminuye en 2pp la probabilidad de adoptar tecnologías de IA.

Tabla 6 resultados modelo de regresión diferenciales por sector

Sector	(1) Adopción IA Logit	(2) Efectos marginales
Construcción	0.092*** (0.026)	0.005*** (0.001)
Industria manufacturera	0.101*** (0.031)	0.005*** (0.002)
Servicios	0.682*** (0.017)	0.044*** (0.001)
Observaciones	8,231	8,231

Nota: en la columna (1) se muestra el resultado del modelo logit y en la columna (2) los efectos marginales del nivel medio. La categoría base de análisis es el sector comercio. Errores estándar clusterizados por sector entre paréntesis, significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Como se observa en la Tabla 6 el cálculo de los efectos fijos por sector económico muestra que la adopción de tecnologías de IA es superior en 4.4 pp para el sector servicios frente al sector comercio. El sector de la industria manufacturera y construcción tienen en conjunto una probabilidad 0.5 pp superior de adoptar IA frente al sector comercio, es decir el sector comercio tiene el mayor rezago en la adopción de tecnología mientras que el sector servicios tiene mayores probabilidades de adoptar IA, esto se explica debido a que el sector servicios



generalmente mantiene un mayor contacto con redes, internet y las telecomunicaciones (Chen, Li & Chen, 2021) lo que facilita la promulgación y adopción de nuevas tecnologías, Hradecky et al. (2022) señalan que las aplicaciones de la IA se discuten con mayor frecuencia en el sector servicios puesto que este ha sido de los primeros sectores en adoptarla, en adición el sector servicios puede tener mayor información sobre aplicación y sus potenciales beneficios, caso contrario a lo que ocurre con el sector comercio que generalmente se concentra en instalaciones y exhibiciones físicas de sus productos.

Tabla 7 resultados modelo de regresión el papel de las percepciones y expectativas sobre la adopción de tecnologías de IA

<b>Percepciones y Expectativas</b>	(1) Adopción IA Logit	(2) Efectos marginales
Situación económica presente del país: Igual	-0.171*** (0.038)	-0.010*** (0.003)
Situación económica futura del país: Igual	0.113*** (0.017)	0.007*** (0.001)
Situación económica presente de la empresa: Igual	0.233* (0.126)	0.014* (0.008)
Comportamiento de ingresos futuros: Iguales	0.197*** (0.057)	0.012*** (0.004)
Comportamiento de la inversión: Disminuirá	0.473*** (0.148)	0.035*** (0.011)
Seguridad: operar en Colombia es inseguro-muy inseguro	0.255*** (0.066)	0.015*** (0.004)
Constante	-3.723*** (0.162)	
<b>Observaciones</b>	8,231	8,231

Nota: en la columna (1) se muestra el resultado del modelo logit y en la columna (2) los efectos marginales del nivel medio. La categoría base para la situación económica presente, futura del país es mucho mejor-mejor; la categoría base para la situación económica presente y futura de la empresa es mucho mejor-mejor. La categoría base para el comportamiento de ingresos futuros es aumentaron-aumentaron mucho. La categoría base del comportamiento de la inversión es aumentará y la categoría base de la seguridad para operar en Colombia es seguro-muy seguro. Errores estándar clusterizados por sector entre paréntesis, significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Un aporte importante en esta investigación es lo referente a las percepciones y expectativas que tienen las empresas respecto a la situación económica presente y futura del país y la empresa, al igual que la percepción de seguridad de operar en el país frente a la decisión de adoptar tecnologías de IA, en la Tabla 7 muestro evidencia de que las empresas que consideran que la situación económica presente es igual a la que tenía el país hace un año (2021<sup>2</sup>) disminuyen la probabilidad de adopción de IA en aproximadamente 1 pp. así mismo muestro que las empresas que consideran que la situación económica del país dentro de un

<sup>2</sup> Año en el que iniciaba la recuperación económica tras la pandemia por COVID-19.

año será similar a la presente (2022<sup>3</sup>) incrementan la probabilidad de adoptar inteligencia de IA en 0.7 pp.

Las expectativas presentes de la situación económica de la empresa también explican la adopción de tecnologías de IA, como se observa en la Tabla 7, aquellas empresas que consideran que la empresa se está comportando de forma similar en términos económicos respecto al año 2021 incrementan la probabilidad de adopción de IA en 1.4 pp. así mismo las empresas que consideran que los ingresos futuros serán iguales a los que tenían en el momento de la encuesta incrementan la probabilidad de adopción en 1.2pp.

En cuanto a los resultados del comportamiento de la inversión, aquellas empresas que consideran que disminuirá en el futuro, incrementan la probabilidad de adopción de IA en aproximadamente 3.5 pp. esto puede deberse a que si las empresas esperan invertir menos, la IA puede ser beneficiosa en cuanto a la reducción de costos e incrementos potenciales en productividad y eficiencia que les ayude a mantener sus márgenes de ingresos tal como lo sugiere Cubric (2020), esto va en línea con el resultado sobre la percepción de seguridad de operar en Colombia, aquellas empresas que creen que es muy inseguro e inseguro incrementan la probabilidad de adopción de IA en 1.5pp, esto puede deberse a que los empresarios ven los potenciales de la IA para disminuir los problemas de seguridad (en términos de delincuencia) a los que se enfrentan<sup>4</sup>.

## 5. Conclusiones

La literatura relacionada con la adopción de tecnologías de IA ha documentado importantes beneficios de su aplicación en el ámbito empresarial (Cubric, 2020; Hamm & Klesel, 2021; Chen, Li & Chen 2021; Pai & Chandra, 2022), sin embargo, la introducción de estas tecnologías en un país emergente como Colombia es incipiente y hasta el momento se tiene poca o nula información de los tipos de tecnologías que han adoptado las empresas así como la utilidad que tienen las mismas sobre las actividades productivas, tampoco se ha documentado las barreras y factores que pueden estar incentivando o limitando la inmersión a la IA.

En este estudio lleno el vacío de literatura mencionado anteriormente aprovechando un módulo sobre adopción de tecnologías de IA que realizó el DANE en 2022 y que se constituye en una de las más recientes y completas encuestas realizadas a las empresas en Colombia, encuentro que solo el 9% de un total de 8231 empresas hace uso de tecnologías de IA, siendo el sector económico del comercio el más rezagado. Encuentro que los principales usos de la IA se concentran en la organización de procesos administrativos y el uso para mercadeo o ventas. Así mismo encuentro que dentro de las principales barreras que impiden la adopción

---

<sup>3</sup> Se hace referencia a la situación económica presente el momento en que se hizo la encuesta que fue en octubre de 2022.

<sup>4</sup> Este resultado también puede ser contradictorio en la medida en que varios estudios (Cubric, 2020; Abioye et al., entre otros) han documentado que una de las barreras a la hora de adoptar IA en las empresas son los interrogantes entorno a la privacidad, la seguridad y la ética.

de IA es el desconocimiento de la utilidad que puede tener la IA en las empresas, seguida de las percepciones de altos costos de adquisición y la falta de experiencia relevante para el uso.

Mediante un modelo de logístico de probabilidad encuentro que las empresas que están dirigidas por mujeres, las firmas que han visto incrementada su demanda en productos o servicios, las que tienen dificultades en el acceso a servicios financieros y perciben disminución en el flujo de efectivo disminuyen la probabilidad de adoptar tecnologías de IA. Por su parte, aquellas empresas que están en constante innovación: realizando inversión en equipos de software o soluciones digitales, aquellas que implementan servicios nuevos o mejorados, han implementado estrategias de sostenibilidad ambiental y realizan actividades de I+D incrementan significativamente la posibilidad de adoptar IA.

Finalmente encuentro evidencia empírica de que las expectativas de la situación económica presente y futura del entorno país y de las propias empresas tiene resultados sobre la probabilidad de adoptar IA, específicamente muestro que las empresas que consideran la situación económica del país es mejor mucho-mejor que la de hace un año y las firmas que consideran que su situación económica será similar dentro de un año incrementan la probabilidad de adoptar IA. Entre otros resultados también encuentro que aquellas empresas que consideran que sus ingresos futuros serán iguales a los presentes, las que consideran que la inversión disminuirá y las que piensan que operar en Colombia es muy inseguro-inseguro incrementan la probabilidad de introducción de tecnologías de IA.

Si bien la IA tiene potenciales de mejorar los procesos productivos de las empresas que la adoptan también se plantean interrogantes para aquellas que no lo hacen, estas desaparecerán del mercado en un futuro próximo? o se verán obligadas a seguir las tendencias tecnológicas de otras empresas para mantener su competitividad?, estas cuestiones imponen grandes retos para el entorno económico pues es probable que las empresas deban adaptarse a las presiones del mercado y hacer frente a las actuales y futuras disrupciones tecnológicas.

En este sentido, dos actores cumplen papeles importantes en el afrontamiento de estos retos: las empresas tienen la responsabilidad de informarse sobre los potenciales ventajas y desventajas que pueden tener las nuevas tecnologías como la IA en cada uno de sus procesos productivos, así como también el capital humano necesario que les permita adquirir experiencia relevante para el uso de IA. Un segundo actor son los entes gubernamentales quienes deben seguir aunando esfuerzos en cuanto al acceso a nuevas tecnologías, capacitaciones empresariales, incentivos a la innovación, acceso a servicios financieros teniendo en cuenta enfoques diferenciales por género de quien dirige las empresas y además por sector de actividad económica. El mejoramiento del entorno económico del país, el equilibrio macroeconómico, la sostenibilidad ambiental y el entorno de seguridad también deberán ser temas importantes de debate en torno a la perspectiva de tecnologías de IA.

## Referencias

- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J. M. D., Bilal, M., ... & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering*, 44, 103299.
- Acemoglu, D., Anderson, G. W., Beede, D. N., Buffington, C., Childress, E. E., Dinlersoz, E., ... & Zolas, N. (2022). Automation and the workforce: A firm-level view from the 2019 Annual Business Survey (No. w30659). National Bureau of Economic Research.
- Alhashmi, S. F., Alshurideh, M., Al Kurdi, B., & Salloum, S. A. (2020). A systematic review of the factors affecting the artificial intelligence implementation in the health care sector. In *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (AICV2020)* (pp. 37-49). Springer International Publishing.
- Alsheibani, S. A., Cheung, D., & Messom, D. (2019). Factors inhibiting the adoption of artificial intelligence at organizational-level: A preliminary investigation.
- Alsheibani, S., Cheung, Y., & Messom, C. (2018). Artificial Intelligence Adoption: AI-readiness at Firm-Level. *PACIS*, 4, 231-245.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American economic review*, 103(5), 1553-1597.
- Benbya, H., Davenport, T. H., & Pachidi, S. (2020). Artificial intelligence in organizations: Current state and future opportunities. *MIS Quarterly Executive*, 19(4).
- Bérubé, M., Giannelia, T., & Vial, G. (2021). Barriers to the Implementation of AI in Organizations: Findings from a Delphi Study.
- Bhalerao, K., Kumar, A., Kumar, A., & Pujari, P. (2022). A Study of Barriers and Benefits of Artificial Intelligence Adoption in Small and Medium Enterprise. *Academy of Marketing Studies Journal*, 26, 1-6.
- BM. s.f propuesta de cuestionario sobre Inteligencia Artificial para empresas en Colombia
- Cai, Z., Fan, X., & Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis. *Computers & Education*, 105, 1-13.
- CEPAL, N. (2021). Informe de la Séptima Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe.
- Chen, H., Li, L., & Chen, Y. (2021). Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*, 8(1), 36-68.

- Chen, L., Jiang, M., Jia, F., & Liu, G. (2022). Artificial intelligence adoption in business-to-business marketing: toward a conceptual framework. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 37(5), 1025-1044.
- Collins, C., Dennehy, D., Conboy, K., & Mikalef, P. (2021). Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Information Management*, 60, 102383.
- Cubric, M. (2020). Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in business and management: A tertiary study. *Technology in Society*, 62, 101257.
- DANE. (2022) Encuesta Pulso Empresarial. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.
- Giotopoulos, I., Kontolaimou, A., Korra, E., & Tsakanikas, A. (2017). What drives ICT adoption by SMEs? Evidence from a large-scale survey in Greece. *Journal of Business Research*, 81, 60-69.
- Hamm, P., & Klesel, M. (2021). Success Factors for the Adoption of Artificial Intelligence in Organizations: A Literature Review. In *AMCIS*.
- Hradecky, D., Kennell, J., Cai, W., & Davidson, R. (2022). Organizational readiness to adopt artificial intelligence in the exhibition sector in Western Europe. *International journal of information management*, 65, 102497.
- Jöhnk, J., Weißert, M., & Wyrski, K. (2021). Ready or not, AI comes—an interview study of organizational AI readiness factors. *Business & Information Systems Engineering*, 63, 5-20.
- Johnson, P. C., Laurell, C., Ots, M., & Sandström, C. (2022). Digital innovation and the effects of artificial intelligence on firms' research and development—Automation or augmentation, exploration or exploitation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121636.
- Kar, A. K., & Kushwaha, A. K. (2021). Facilitators and barriers of artificial intelligence adoption in business—insights from opinions using big data analytics. *Information Systems Frontiers*, 1-24.
- Merhi, M. I. (2022). An evaluation of the critical success factors impacting artificial intelligence implementation. *International Journal of Information Management*, 102545.
- Mikalef, P., Fjørtoft, S. O., & Torvatn, H. Y. (2019). Artificial Intelligence in the public sector: a study of challenges and opportunities for Norwegian municipalities. In *Digital Transformation for a Sustainable Society in the 21st Century: 18th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2019, Trondheim*,

Norway, September 18–20, 2019, Proceedings 18 (pp. 267-277). Springer International Publishing.

MINTIC. (2019) Aspectos básicos de la Industria 4.0

Nam, K., Dutt, C. S., Chathoth, P., Daghfous, A., & Khan, M. S. (2021). The adoption of artificial intelligence and robotics in the hotel industry: Prospects and challenges. *Electronic Markets*, 31, 553-574.

Neumann, O., Guirguis, K., & Steiner, R. (2022). Exploring artificial intelligence adoption in public organizations: a comparative case study. *Public Management Review*, 1-27.

Njiwa, M. K., Atif, M., Arshad, M., & Mirza, N. (2023). The impact of female dominance on business resilience: A technology adoption perspective. *Journal of Business Research*, 161, 113846.

Pai, V., & Chandra, S. (2022). Exploring Factors Influencing Organizational Adoption of Artificial Intelligence (AI) in Corporate Social Responsibility (CSR) Initiatives. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 14(5), 4.

Pai, V., & Chandra, S. (2022). Exploring Factors Influencing Organizational Adoption of Artificial Intelligence (AI) in Corporate Social Responsibility (CSR) Initiatives. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 14(5), 4.

Parra, D. T., Angulo, L., Sandoval, J., & Guerrero, C. D. (2019, June). Digital transformation in Colombia: An exploratory study on ICT adoption in organizations. In 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE.

Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development.

Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster.

Rojas-Berrio, S., Rincon-Novoa, J., Sánchez-Monrroy, M., Ascúa, R., & Montoya-Restrepo, L. A. (2022). Factors influencing 4.0 technology adoption in manufacturing SMEs in an emerging country. *Journal of Small Business Strategy*, 32(3), 67-83.

Sjøbakk, B. (2018). The strategic landscape of Industry 4.0. In *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2018, Seoul, Korea, August 26-30, 2018, Proceedings, Part II* (pp. 122-127). Springer International Publishing.

Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly*, 36(2), 368-383.

Ulrich, P., Frank, V., & Kratt, M. (2021, May). Adoption of Artificial Intelligence Technologies in German SMEs-Results from an Empirical Study. In *PACIS* (p. 189).

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596-615.

## Anexos

### Anexo 1 Estadísticas descriptivas tabla completa

	Media	Desviación Estándar
<b>Adopción</b>		
Adopto tecnologías de IA =1	0,089	0,285
<b>Empresa</b>		
Sexo de quien dirige, gerencia la empresa mujer =1	0,469	0,499
Usa internet y plataformas digitales 1= si	0,694	0,461
Inversión en equipos de software y soluciones digitales 1= si	0,144	0,351
Implementación de bienes o servicios nuevos o mejorados 1=si	0,049	0,216
Realiza actividades de I+D 1=si	0,074	0,261
Implementación de estrategia de sostenibilidad ambiental 1=si	0,391	0,488
<b>Externalidades</b>		
Disminución en el aprovisionamiento de insumos 1= si	0,122	0,327
Cambios en la demanda de productos 1= incremento	0,332	0,471
Dificultades de acceso a servicios financieros 1= sí	0,112	0,315
Disminución de flujos de efectivo 1=si	0,241	0,428
<b>Sector</b>		
Comercio	0,329	0,470
Construcción	0,068	0,251
Industria manufacturera	0,279	0,448
Servicios	0,324	0,468
<b>Percepciones y Expectativas</b>		
Situación económica presente del país: Mucho mejor-mejor	0,317	0,465
Situación económica presente del país: Igual	0,247	0,431
Situación económica presente del país: Mucho peor-peor	0,436	0,496
Situación económica futura del país: Mucho mejor-mejor	0,348	0,477
Situación económica futura del país: Igual	0,293	0,455
Situación económica futura del país: Mucho peor-peor	0,359	0,480
Situación económica presente de la empresa: Mucho mejor-mejor	0,462	0,499
Situación económica presente de la empresa: Igual	0,345	0,475
Situación económica presente de la empresa: Mucho peor-peor	0,193	0,395
Situación económica de la empresa futura: Mucho mejor-mejor	0,484	0,500
Situación económica de la empresa futura: Igual	0,349	0,477
Situación económica de la empresa futura: Mucho peor-peor	0,167	0,373
Comportamiento de ingresos presente: Aumentaron-aumentaron mucho	0,492	0,500
Comportamiento de ingresos presente: Iguales	0,285	0,451
Comportamiento de ingresos presente: Disminuyeron- disminuyeron mucho	0,224	0,417
Comportamiento de ingresos futuros: Aumentarán	0,513	0,500
Comportamiento de ingresos futuros: Disminuirán	0,134	0,341
Comportamiento de ingresos futuros: Iguales	0,353	0,478
Comportamiento de la inversión: Aumentará	0,170	0,376
Comportamiento de la inversión: Disminuirá	0,063	0,243
Comportamiento de la inversión: Igual	0,767	0,423
Percepción de seguridad: operar en Colombia es inseguro-muy inseguro	0,264	0,441
<b>Observaciones</b>	8231	

Notas: Datos del módulo de tecnología de EPE del DANE para el mes de octubre de 2022. I+D indica las empresas que realizaron actividades de inversión y desarrollo.



## Anexo 2 Regresión completa y chequeos de robustez (Probit, MPL)

	(1) Adopción IA Logit	(2) Emg Logit	(3) Adopción IA probit	(4) Emg Probit	(5) Adopción IA MPL
Sexo de quien dirige, gerencia la empresa: mujer	-0.290*** (0.069)	-0.017*** (0.004)	-0.151*** (0.035)	-0.019*** (0.004)	-0.020** (0.006)
Usa internet y plataformas digitales: si	0.890*** (0.078)	0.053*** (0.005)	0.436*** (0.042)	0.056*** (0.006)	0.049** (0.012)
Inversión en equipos de software y soluciones digitales: si	0.705*** (0.038)	0.042*** (0.002)	0.380*** (0.014)	0.049*** (0.002)	0.082*** (0.009)
Implementación de bienes o servicios nuevos o mejorados: si	0.576*** (0.095)	0.034*** (0.006)	0.314*** (0.056)	0.040*** (0.007)	0.081*** (0.013)
Realiza actividades de I+D: si	1.377*** (0.121)	0.081*** (0.007)	0.779*** (0.085)	0.099*** (0.011)	0.210** (0.046)
Implementación de estrategia de sostenibilidad ambiental: si	0.401*** (0.120)	0.024*** (0.007)	0.207*** (0.060)	0.026*** (0.008)	0.028** (0.005)
Disminución en el aprovisionamiento de insumos: si	0.126 (0.115)	0.007 (0.007)	0.036 (0.054)	0.005 (0.007)	0.007 (0.006)
Cambios en la demanda de productos: incremento	-0.255*** (0.039)	-0.015*** (0.002)	-0.138*** (0.028)	-0.018*** (0.004)	-0.020* (0.007)
Dificultades de acceso a servicios financieros: sí	-0.612*** (0.194)	-0.036*** (0.011)	-0.296*** (0.111)	-0.038*** (0.014)	-0.028* (0.012)
Disminución de flujos de efectivo: si	-0.346*** (0.095)	-0.020*** (0.006)	-0.159** (0.064)	-0.020** (0.008)	-0.026* (0.010)
Construcción	0.092*** (0.026)	0.005*** (0.001)	0.033* (0.018)	0.004* (0.002)	0.003 (0.002)
Industria manufacturera	0.101*** (0.031)	0.005*** (0.002)	0.050*** (0.009)	0.005*** (0.001)	0.000 (0.004)
Servicios	0.682*** (0.017)	0.044*** (0.001)	0.345*** (0.007)	0.047*** (0.001)	0.049*** (0.003)
Situación económica presente del país: Igual	-0.171*** (0.038)	-0.010*** (0.003)	-0.082** (0.035)	-0.010** (0.005)	-0.011* (0.004)
Situación económica presente del país: Mucho peor-peor	-0.008 (0.176)	-0.000 (0.011)	-0.007 (0.093)	-0.001 (0.012)	0.001 (0.014)
Situación económica futura del país: Igual	0.113*** (0.017)	0.007*** (0.001)	0.055*** (0.006)	0.007*** (0.001)	0.007*** (0.001)
Situación económica futura del país: Mucho peor-peor	0.055 (0.118)	0.003 (0.007)	0.023 (0.059)	0.003 (0.007)	0.001 (0.009)
Situación económica presente de la empresa: Igual	0.233* (0.126)	0.014* (0.008)	0.128** (0.062)	0.017** (0.009)	0.018* (0.007)
Situación económica presente de la empresa: Mucho peor-peor	0.043 (0.053)	0.002 (0.003)	0.010 (0.020)	0.001 (0.002)	0.005 (0.003)

Continúa...

	(1) Adopción IA Logit	(2) Emg Logit	(3) Adopción IA probit	(4) Emg Probit	(5) Adopción IA MPL
Situación económica de la empresa futura: Igual	-0.038 (0.098)	-0.002 (0.006)	-0.012 (0.053)	-0.002 (0.007)	-0.001 (0.007)
Situación económica de la empresa futura: Mucho peor-peor	-0.042 (0.239)	-0.002 (0.014)	-0.018 (0.121)	-0.002 (0.015)	0.001 (0.018)
Comportamiento de ingresos presente: iguales	-0.139 (0.119)	-0.008 (0.007)	-0.091 (0.069)	-0.011 (0.009)	-0.012 (0.007)
Comportamiento de ingresos presente: Disminuyeron-disminuyeron mucho	-0.135 (0.167)	-0.008 (0.010)	-0.068 (0.084)	-0.009 (0.011)	-0.010 (0.009)
Comportamiento de ingresos futuros: Disminuirán	-0.012 (0.056)	-0.001 (0.003)	-0.015 (0.027)	-0.002 (0.003)	-0.002 (0.003)
Comportamiento de ingresos futuros: Iguales	0.197*** (0.057)	0.012*** (0.004)	0.092*** (0.031)	0.012*** (0.004)	0.014 (0.006)
Comportamiento de la inversión: Disminuirá	0.473*** (0.148)	0.035*** (0.011)	0.226*** (0.057)	0.035*** (0.009)	0.042** (0.008)
Comportamiento de la inversión: Igual	-0.066 (0.073)	-0.004 (0.004)	-0.032 (0.041)	-0.004 (0.005)	-0.002 (0.007)
Percepción de seguridad: operar en Colombia es inseguro-muy inseguro	0.255*** (0.066)	0.015*** (0.004)	0.133*** (0.034)	0.017*** (0.004)	0.021** (0.006)
Constante	-3.723*** (0.162)		-2.019*** (0.079)		0.009 (0.011)
Observaciones	8,231	8,231	8,231	8,231	8,231

Nota: en la columna (1) se muestra el resultado del modelo logit y en la columna (2) los efectos marginales del nivel medio en la columna (3) el resultado del modelo probit y en la (4) sus efectos marginales. En la columna (5) se muestra el resultado del Modelo de Probabilidad Lineal (MPL). La categoría base para la situación económica presente, futura del país es mucho mejor-mejor; la categoría base para la situación económica presente y futura de la empresa es mucho mejor-mejor. La categoría base para el comportamiento de ingresos futuros es aumentaron-aumentaron mucho. La categoría base del comportamiento de la inversión es aumentará y la categoría base de la seguridad para operar en Colombia es seguro-muy seguro. Errores estándar clusterizados por sector entre paréntesis, significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

### Anexo 3 Elección modelo de probabilidad

Modelo	N	df	AIC	BIC
Logit	8.231	3	4256,96	4278,00
Probit	8.231	3	4257,23	4278,28
MPL	8.231	3	1778,88	1799,93

Nota: N es el número de observaciones AIC muestra el criterio de información de Akaike y BIC el criterio de información Bayesiano. MPL es el Modelo de Probabilidad Lineal.