



.....

# **Digitalización e IA:** avances y desafíos sectoriales en América Latina y el Caribe

## **Prólogo**

La revolución digital está transformando profundamente las sociedades y economías del siglo XXI. En América Latina y el Caribe, esta transformación representa tanto una oportunidad histórica para acelerar el desarrollo inclusivo y sostenible, como un desafío crítico para las brechas estructurales que han limitado el potencial de la región durante décadas.

Para CAF —el banco verde y del crecimiento sostenible e inclusivo de América Latina y el Caribe— la digitalización y la inteligencia artificial constituyen elementos fundamentales para el desarrollo regional. Mientras economías avanzadas como Estados Unidos, Singapur o Corea del Sur han capitalizado estas transformaciones, América Latina y el Caribe ha enfrentado barreras persistentes: entornos económicos volátiles, alta informalidad, limitada infraestructura digital y brechas en habilidades digitales, entre otros factores.

Esta publicación examina el potencial transformador de la digitalización y la inteligencia artificial en sectores clave para América Latina y el Caribe: salud, educación, justicia, agricultura, servicios financieros y comercio exterior, así como el desarrollo de habilidades digitales en el sector público, reconociendo que la capacidad gubernamental es fundamental para el éxito de cualquier estrategia de transformación digital regional.

Los análisis demuestran que estas tecnologías tienen el potencial de beneficiar enormemente a la región, incrementando la productividad, ampliando el acceso a servicios esenciales y mejorando la competitividad. Sin embargo, esta transformación no es inevitable ni automáticamente beneficiosa. Requiere decisiones deliberadas, políticas bien diseñadas y coordinación efectiva entre todos los actores. Las recomendaciones que emergen están alineadas con la Estrategia de Digitalización de CAF, orientada hacia el mejoramiento de factores habilitantes: institucionalidad, infraestructura, datos y capacitación en habilidades digitales. Ejemplos de este compromiso incluyen la colaboración estratégica con la UNESCO para organizar la Primera Cumbre de Altas Autoridades en Inteligencia Artificial en América Latina y el Caribe, así como el apoyo para elaborar estrategias nacionales de IA en Costa Rica, Perú, República Dominicana y Uruguay.

El momento es propicio: la región cuenta con una base de capital humano sólida, un ecosistema empresarial dinámico y creciente conciencia sobre la importancia de la transformación digital. Esta publicación es una invitación a esa construcción colectiva, con la convicción de que una transformación digital bien gestionada puede ser un motor poderoso para el desarrollo inclusivo y sostenible de América Latina y el Caribe.

## Introducción

La digitalización ha reducido el costo de almacenamiento, computación y transmisión de datos. Por su parte, la inteligencia artificial (IA), a partir de la utilización de datos, hardware y conectividad, permite que máquinas realicen actividades que imitan la inteligencia humana, como la percepción, la resolución de problemas, la interacción lingüística o la creatividad. Ambas herramientas están transformando sectores estratégicos en América Latina y el Caribe, ofreciendo soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia, el acceso y la sostenibilidad.

CAF ha desarrollado una línea de investigación consistente sobre estos temas, con publicaciones recientes que evalúan los avances de los países de la región en su transformación digital y la adopción de IA. Como continuación de esta agenda de investigación, esta publicación sobre "Avances sectoriales en digitalización e implementación de IA" profundiza el análisis con un enfoque sectorial específico, examinando las oportunidades y desafíos particulares para la implementación de estas herramientas en diferentes industrias y ámbitos de actividad económica de la región.

En particular, en esta publicación se abordan los sectores de salud, educación, justicia, agricultura, servicios financieros y comercio exterior. También estudian las habilidades digitales de los empleados del sector público, condición esencial para la implementación de las estrategias de digitalización nacionales y la adopción de muchas herramientas sectoriales relacionadas con la provisión de servicios públicos. En cada uno de los capítulos se realiza un diagnóstico sobre el sector y se intenta aproximar la implementación de estas herramientas en la actualidad, en conjunto con un análisis de los beneficios y riesgos. Finalmente, se presenta un balance con recomendaciones de política para fomentar la adopción de estas tecnologías.

A modo de resumen, la digitalización y la IA tienen el potencial de aumentar el acceso a servicios, habilitar ganancias de eficiencia operativa y administrativa, mejorar la productividad, aumentar el acceso a mercados y mejorar el acceso a la información, tanto para los usuarios de los servicios como para sus oferentes. Dentro de los principales riesgos se identifican la ampliación de brechas de acceso a servicios, las potenciales filtraciones en la seguridad y privacidad de los datos y la implementación de algoritmos de IA con sesgos.

Para maximizar los beneficios de la digitalización y las herramientas basadas en inteligencia artificial en América Latina y el Caribe, y al mismo tiempo mitigar sus riesgos, se propone un conjunto integral de recomendaciones de política pública. En el plano normativo y de gobernanza, se destaca la necesidad de avanzar en estrategias nacionales y sectoriales de digitalización, establecer marcos regulatorios específicos para el uso de IA —que garanticen transparencia, trazabilidad y supervisión humana—, y promover entornos de prueba regulatoria como los sandboxes. En materia de infraestructura, es crucial reducir las brechas de acceso a internet y TICs, especialmente en sectores rurales y vulnerables, garantizar la interoperabilidad de los sistemas, y fortalecer la ciberseguridad. Finalmente, se enfatiza la importancia de mejorar las habilidades digitales tanto en la población general como en los funcionarios públicos, maestros y médicos, mediante programas de formación continua e inclusión de competencias digitales en los marcos de gestión del talento.

Como organismo de desarrollo comprometido con la transformación digital de la región, CAF trabaja activamente en la mejora de la cobertura y calidad del servicio de internet, la inclusión digital y la promoción de la digitalización empresarial e institucional. Esta publicación forma parte del compromiso institucional de generar conocimiento aplicado que contribuya a un desarrollo próspero, inclusivo y sostenible, proporcionando a los tomadores de decisión herramientas conceptuales y prácticas para navegar exitosamente la revolución digital en curso.



## **NOTA #1**

# **DIGITALIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR DE LA SALUD**

---

# **Digitalización e inteligencia artificial en el sector de la salud**

**Florencia Buccari**  
**Dolores de la Mata**  
**Matías Maljar**

## **Resumen**

La digitalización y el uso de inteligencia artificial (IA) están transformando los sistemas de salud a nivel global, ofreciendo soluciones a desafíos estructurales que afectan el acceso, la eficiencia y la sostenibilidad del sector. América Latina y el Caribe enfrenta serias limitaciones en estos frentes, con altos niveles de fragmentación en los sistemas de salud, desigualdad en el acceso, escasez de personal sanitario y una creciente carga de enfermedades crónicas. En este contexto, la adopción de herramientas digitales e IA presenta una oportunidad para modernizar los sistemas de salud de la región y subsanar algunas de los desafíos mencionados.

Este informe describe las principales aplicaciones de la digitalización y la IA en el sector salud, abarcando desde la telemedicina hasta los sistemas de gestión administrativa, así como diferentes usos de la IA en atención médica, administración de las instituciones de salud y asistencia a políticas públicas. Se documentan los beneficios potenciales asociados a la implementación de estas herramientas, como la ampliación del acceso, la mejora en la calidad de la atención, la eficiencia operativa y el acceso a la información. El documento también identifica las condiciones necesarias para su implementación, incluyendo la gobernanza y la seguridad de los datos, la infraestructura digital y las competencias de la fuerza laboral. A su vez, analiza desafíos en la implementación como la pérdida de empleos por automatización, aspectos éticos y sesgos de los algoritmos de IA y consideraciones con respecto a la calidad del servicio brindado.

A modo de cierre, se presentan recomendaciones de política para avanzar en una agenda de salud digital que permita relajar los principales problemas estructurales de los sistemas de salud de la región.

## **Situación de los sistemas de salud y el rol de la digitalización**

La inversión en salud ha ganado reconocimiento como una de las decisiones más estratégicas para el desarrollo de un país. Más allá de su impacto en el bienestar individual, una población saludable impulsa la productividad (Pinna Pintor et al., 2024) y fortalece el capital humano (Lee, 2024) generando un círculo virtuoso de crecimiento y prosperidad (Fumagalli et al., 2024). Además, existe creciente evidencia de que la salud y los sistemas de salud contribuyen de manera directa al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, al incidir en metas vinculadas con la reducción de la pobreza y la igualdad de género (O'Donnell, 2024; Wang y Torbica, 2024).

Sin embargo, América Latina y el Caribe no ha alcanzado la cobertura universal en salud y persisten desafíos estructurales y emergentes que limitan el fortalecimiento de sus sistemas sanitarios. A pesar de los avances en cobertura y calidad de la atención médica, una fracción significativa de la población continúa enfrentando dificultades para acceder a los servicios cuando los necesita (Báscolo et al., 2018; Houghton et al., 2020), tanto en lo que respecta a servicios básicos de prevención (OCDE y Banco Mundial, 2020) como curativos (Álvarez et al., 2020). Estas barreras afectan de manera desproporcionada a los sectores más vulnerables y a la población rural, profundizando desigualdades en distintos indicadores de salud a lo largo del ciclo de vida (Bancalari et al., 2025a). Estas brechas dependen tanto de factores de oferta —por la limitada capacidad de los sistemas— como de demanda, dado que muchas personas no cuentan con los recursos necesarios para cuidar adecuadamente su salud.

Entre las condiciones de oferta, destaca la fragmentación de los sistemas de salud en muchos países de la región, donde la cobertura y calidad de los servicios varían según la condición laboral y el nivel de ingresos de las personas (Álvarez et al., 2020; Bancalari et al., 2025b). Además, la región enfrenta una escasez estructural de recursos humanos y físicos, con un rezago considerable frente a los países de altos ingresos en cuanto a disponibilidad de médicos, enfermeros y otros profesionales de la salud (OCDE y Banco Mundial, 2020). A esta limitación se suma la insuficiencia de equipamiento de diagnóstico y tratamiento, lo que lleva a que muchas enfermedades sean detectadas en etapas avanzadas cuando su manejo es más costoso y menos efectivo (Ngwa et al., 2020).

A estos problemas estructurales se suman nuevas presiones derivadas de cambios demográficos. La población latinoamericana viene envejeciendo a un ritmo acelerado. Se estima que para 2050, uno de cada seis habitantes en ALC será mayor de 65 años (Álvarez et al., 2020). El envejecimiento poblacional se combina con una transición epidemiológica: hoy, más del 70% de la carga de enfermedad en la región proviene de enfermedades no transmisibles, como diabetes o hipertensión. Como resultado, la región enfrentará una creciente demanda de atención crónica y cuidados de largo plazo en las próximas décadas (Álvarez et al., 2020; CEPAL, 2022; Crosta et al., 2021) lo que implicará un aumento inevitable del gasto en salud.

Este escenario se da en un contexto de limitada inversión pública en el sector. Aunque el gasto público en salud ha aumentado en las últimas décadas, en promedio representa el 4,3% del PIB (OMS, 2025), por debajo del nivel del 6% recomendado por la OPS. A ello se suma una alta dependencia del gasto de bolsillo por parte de las familias, que representa el 30% del gasto total en salud, el doble que en los países de altos ingresos. Esta situación debilita la capacidad de los sistemas para actuar como mecanismos

efectivos de aseguramiento frente a los riesgos financieros asociados a eventos de enfermedad, y convierte al gasto en salud en una fuente potencial de empobrecimiento (Álvarez et al., 2020).

La digitalización del sector salud emerge como una oportunidad para transformar los sistemas de atención en América Latina y el Caribe. Si bien su implementación enfrenta múltiples desafíos —en parte derivados de las mismas barreras estructurales—, el diseño adecuado de estas herramientas puede contribuir a superar deficiencias, mejorar la equidad en el acceso y aumentar la eficiencia del sistema.

Este documento describe, en primer lugar, el conjunto de herramientas digitales utilizadas en la prestación de servicios de salud, como la telemedicina, así como aquellas implementadas en los procesos administrativos del sistema. También analiza cómo la inteligencia artificial —un campo en rápida expansión— está siendo aplicada en la práctica médica y en la gestión del sector salud. En segundo lugar, se resumen las principales oportunidades que ofrecen la digitalización y la IA para fortalecer los sistemas de salud frente a sus problemas más estructurales. En tercer lugar, se presenta un diagnóstico del grado de preparación y avance de los países de la región en la adopción de estas tecnologías, junto con los principales desafíos para su implementación a mayor escala. Finalmente, el documento concluye con una serie de recomendaciones de política orientadas a avanzar en una agenda de salud digital que permita relajar las restricciones estructurales del sistema y avanzar hacia una cobertura más equitativa, eficiente y sostenible.

## **Aplicaciones de la digitalización y la IA en el sector salud**

La digitalización está transformando los sistemas de salud al impactar dos dimensiones fundamentales: la práctica médica y la gestión de recursos. La incorporación de herramientas digitales ofrece nuevas posibilidades para diagnosticar, tratar y monitorear a los pacientes y para optimizar la asignación de recursos. En esta sección se describen las principales herramientas asociadas a la digitalización y aplicación de la IA en el sector de la salud.

### **Telemedicina**

La telemedicina comprende la prestación de servicios de salud a distancia, utilizando tecnologías de la información y la comunicación (TICs). Estas tecnologías permiten la interacción entre profesionales de la salud y pacientes sin necesidad de contacto físico, facilitando tanto la consulta como el seguimiento del estado de salud (Castillo et al., 2023; Martínez Pérez et al., 2020; OMS, 2010).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cabe destacar que, con frecuencia, los términos *telemedicina* y *telesalud* se utilizan de manera indistinta en la literatura (OMS, 2010; Wootton, 2001). Sin embargo, otras fuentes enfatizan que no son equivalentes, y proponen una distinción conceptual importante (Aizenberg, 2022; Chueke, 2015; Hersh et al., 2006). Desde esta perspectiva, telesalud es un concepto más amplio que incluye todas las actividades relacionadas con la salud que se realizan a distancia mediante las TICs. Esto abarca no solo la atención clínica —ámbito específico de la telemedicina—, sino también acciones educativas, de formación y de investigación, gestión de la salud pública, administración de portales informativos sobre salud, campañas de concientización, entre otros. En esta nota se adopta la definición que diferencia la telemedicina como un subconjunto específico dentro del marco más amplio de la telesalud.

El uso de TICs en el sistema de salud no es nuevo. A lo largo de los años, la telemedicina se ha convertido en una herramienta más para brindar atención integral. Abarcando diferentes tipos de condiciones (agudas y crónicas) y de atención (primaria y especializada), logró implementarse con éxito en una amplia variedad de afecciones médicas. En los países de la región, la telemedicina se remonta a finales de los años 80 e inicio de los 90, y, al igual que en el resto del mundo, ha tenido avances significativos por innovaciones en dispositivos portátiles y la creciente disponibilidad de banda ancha (Barbosa et al., 2021). A su vez, ganó fuerte impulso con la pandemia del Covid-19 (véase el Recuadro 1).

La telemedicina abarca diversas modalidades, que se adaptan a necesidades específicas (Cuadro 1). Existen cinco aplicaciones clave: teleconsulta, que facilita la atención sincrónica mediante plataformas digitales; telediagnóstico, que permite realizar diagnósticos a distancia; telemonitoreo, enfocado en el seguimiento continuo de pacientes mediante dispositivos portátiles; teleexperticia, que conecta profesionales para consultas clínicas complejas; y telecirugía, que habilita intervenciones quirúrgicas remotas mediante tecnología robótica avanzada. Las más comunes suelen ser la teleconsulta y el telediagnóstico. Algunas de estas prácticas, como la teleconsulta y la telecirugía, requieren conexión en tiempo real, mientras que otras pueden desarrollarse de manera sincrónica o asincrónica (Kazley et al., 2012). El Anexo I ofrece una revisión exhaustiva de estas cinco modalidades de telemedicina, incluyendo aplicaciones prácticas y evidencia sobre su efectividad en distintos contextos. En particular, se incorporan ejemplos concretos de implementación en América Latina y el Caribe.



**Cuadro 1 . Modalidades de la telemedicina**

	<b>Teleconsulta</b>	<b>Telediagnóstico</b>	<b>Telemonitoreo</b>	<b>Teleexpertise</b>	<b>Telecirugía</b>
<b>Acción a distancia del médico</b>	Atender al paciente por llamada o videollamada	Acceder a información del paciente (como imagen de estudio) y diagnosticarlo	Monitorear las condiciones clínicas del paciente	Intercambiar información con otro médico al respecto de un determinado caso clínico	Realizar (o asistir/guía en el contexto de) una intervención quirúrgica
<b>Surge como alternativa a...</b>	Consulta presencial	Diagnóstico en el mismo centro de salud que se realiza la consulta	Seguimiento propio de síntomas o espaciado en el tiempo por un profesional	Segunda opinión u opinión de experto	Cirugía presencial (con el médico en la sala de operación)
<b>Relación principal</b>	Médico virtual-Paciente	Médico virtual-Paciente	Médico virtual-Paciente	Médico virtual-Médico local	Médico virtual-Paciente
<b>¿Involucra médicos locales?</b>	No	En ciertos casos	No	Si	Si
<b>¿Se realiza en tiempo real?</b>	Si	No necesariamente	No necesariamente	No necesariamente	Si
<b>¿Se necesitan equipos o dispositivos médicos?</b>	No	En ciertos casos	En ciertos casos	No	Si

Fuente: elaboración propia con base en Kazley et al. (2012), Dos Santos et al. (2013) y Simon (2019).

### **Recuadro 1: Inicios de la telemedicina en América Latina y el Caribe y el impulso debido al Covid-19**

Los inicios de la telemedicina en la región se remontan a finales de los 80' y principios de los 90'. En esa época surgieron estrategias individuales de organismos privados que vieron en el uso de las TICs herramientas que podrían ser facilitadoras de procesos tales como la atención o el diagnóstico a distancia (Chueke, 2015). Con el correr del tiempo la fueron adoptando instituciones de salud de diferente índole. En hospitales y clínicas públicas, fue integrada en muchas ocasiones gracias a los programas de salud nacionales (Camacho-Leon et al., 2022). Previo al Covid-19, el uso de la telemedicina mostraba notables diferencias entre países. En 2019, mientras que el 65% de los hospitales en Chile utilizaba alguna herramienta de telemedicina, menos del 30% de los hospitales en Argentina, Costa Rica, México, Perú y Colombia la implementaban (LeRouge et al., 2019). Impulsados por la pandemia, la adopción de esta modalidad de atención se incrementó exponencialmente en casi todos los países (Aizenberg, 2022; Bestsennyy et al., 2021; Omboni et al., 2022). La evidencia sugiere que la demanda de telemedicina no experimentó una reducción significativa a partir de entonces (Busso et al., 2022).

### **Digitalización de procesos administrativos**

Además del uso directo de las herramientas digitales en la práctica médica, el avance de la digitalización trajo aparejado mejoras en los procesos administrativos en general. Las aplicaciones específicas en el dominio de la salud también tienen el potencial de mejorar y complementar la práctica médica, optimizar la calidad de los servicios al paciente y hacer un uso más racional de los recursos en el sector.

Entre las principales aplicaciones se destacan los portales del paciente, incluyendo la reserva de turnos y gestión de citas médicas, las Historias Clínicas Electrónicas (HCEs) y las recetas médicas digitales. Las HCEs son herramientas clave, ya que consolidan toda la información sanitaria de los pacientes, mejorando la coordinación de cuidados y la toma de decisiones clínicas. Además de sus funciones asistenciales, las HCEs pueden ser utilizadas para monitorear la salud pública, mejorar la calidad de la atención y apoyar la investigación (OCDE, 2021). El Anexo II ofrece una revisión más detallada de estas aplicaciones.

**Inteligencia artificial**

La UNESCO definió a la Inteligencia Artificial (IA) como *“máquinas capaces de imitar ciertas funcionalidades de la inteligencia humana incluyendo la percepción, el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, la interacción del lenguaje e incluso la producción creativa”* (UNESCO, 2019). Estas tecnologías ayudan a médicos y personal de salud en muchas tareas: diagnósticos, tratamientos, cirugías, consultas a distancia (telemedicina), administración hospitalaria y toma de decisiones de políticas públicas (Cuadro 2).<sup>2</sup>

La IA en salud está creciendo rápidamente, sobre todo en países desarrollados (Ullah y Ali, 2025), en parte como consecuencia de la mayor disponibilidad de datos provenientes de la digitalización de la información médica (como las HCEs). En Estados Unidos, por ejemplo, la cantidad de dispositivos médicos con IA aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés) pasó de 6 en 2015 a 221 en 2023<sup>3</sup> (U.S. Food and Drug Administration, 2025).

La creciente adopción global de teléfonos móviles y la proliferación de aplicaciones digitales crean condiciones ideales para implementar tecnologías asistidas por la IA en cualquier lugar del mundo (Wahl et al., 2018). El Cuadro 2 describe las múltiples áreas en donde la IA puede aplicarse en el sector de la salud, incluyendo asistencia en la atención médica tanto presencial como remota, automatización y gestión de procesos administrativos, así como apoyo en políticas de salud pública, como la vigilancia epidemiológica y sistemas de alerta temprana de emergencias sanitarias. Todas estas aplicaciones se describen en mayor detalle en el Anexo III de este documento.

**Cuadro 2. Campos de aplicación de la IA**

La IA asiste a...	Tipo de asistencia	Acciones concretas
La atención médica	Diagnóstico	Reconocer patrones de enfermedades en imágenes, predecir enfermedades y

<sup>2</sup> En salud, se usan principalmente dos tipos de herramientas de IA. Por un lado, el aprendizaje automático (machine learning en inglés), que analiza grandes volúmenes de datos, como estudios médicos o historiales clínicos, para encontrar patrones y hacer predicciones. Por ejemplo, puede ayudar a detectar enfermedades o interpretar imágenes médicas. Por el otro, el procesamiento de lenguaje natural, que convierte el lenguaje humano, ya sea hablado o escrito, en información que puede ser leída y analizada por computadoras. Esto sirve, por ejemplo, para transformar lo que dice un médico en notas clínicas o para extraer información de textos científicos (Istasy et al., 2022; Jiang et al., 2017; Sahni et al., 2023).

<sup>3</sup> Dentro de dispositivos médicos basados en IA se incluye el software, tanto aquel que se desarrolla de forma independiente (por ejemplo, los que están diseñados para diagnosticar enfermedades) como aquel incorporado en equipos médicos. Estos datos no incluyen productos exentos de regulación de la FDA como el software diseñado para asistir en tareas administrativas.

		realizar clasificación de riesgo a partir de datos sanitarios y no sanitarios, brindar información actualizada y completa a los médicos por medio de los chatbots
	Tratamiento	Elegir fármacos, optimizar dosis, predecir reacciones adversas
	Cirugía	Optimizar en tiempo real la visual de los médicos, detectar márgenes tumorales, generar informes post-cirugía
La atención médica remota	Consulta remota	Brindar consultas por medio de asistentes virtuales
	Diagnóstico remoto	Analizar imágenes médicas en clínicas de zonas remotas o en dispositivos móviles
	Monitoreo remoto	Mejorar las capacidades de los dispositivos portátiles que monitorean a los pacientes
Administración de las instituciones sanitarias	Automatización de tareas rutinarias	Optimizar pagos y prescripciones, programar citas en línea, desarrollar sistemas de recordatorio de citas y de fechas de vacunación
	Gestión de recursos hospitalarios	Analizar datos en tiempo real sobre la ocupación de camas, el uso de equipos médicos, estimar demanda de vacunas, predecir inasistencias a turnos médicos
Las políticas públicas vinculadas a la salud	Vigilancia epidemiológica	Predecir y gestionar crisis y emergencias sanitarias

Fuente: elaboración propia en base a Alowais et al. (2023) y Shiwani et al. (2023)

En América Latina y el Caribe el desarrollo de la IA en el sector de la salud se encuentra aún en fase temprana. En la mayor parte de los países no están claras las regulaciones y se está permitiendo que se desarrollen proyectos de IA en salud aislados y sin demasiados controles normativos, éticos y/o legales (CLIAS, 2023). Por el momento, las herramientas de IA más avanzadas se concentran en hospitales y clínicas de alta tecnología de las principales áreas metropolitanas de la región (Paucar et al., 2024).

## Beneficios potenciales de la digitalización en el sector de la salud en América Latina y el Caribe

La digitalización y el uso de inteligencia artificial ofrecen oportunidades para mejorar los sistemas de salud en América Latina y el Caribe, especialmente para enfrentar los retos estructurales que limitan su capacidad de garantizar cobertura efectiva, eficiencia operativa y sostenibilidad financiera.

### Mayor acceso de la población a servicios de salud

Uno de los principales desafíos que enfrentan los sistemas de salud de la región es garantizar que todas las personas accedan efectivamente a los servicios cuando los necesitan. Las barreras al acceso son múltiples y pueden clasificarse en diferentes dimensiones: geográficas (como la distancia física a los centros de atención), económicas (falta de recursos para costear el transporte, los medicamentos o las consultas), de disponibilidad (ausencia de personal médico o de insumos, e implicando extensas demoras para obtener turnos o recibir atención), de aceptabilidad (percepción

negativa de la calidad de atención o del trato recibido), de conveniencia (falta de tiempo para asistir en horarios preestablecidos), y también culturales (desconfianza en los profesionales, diferencias idiomáticas o preferencia por prácticas de medicina tradicional o alternativa).

La digitalización tiene el potencial de derribar muchas de estas barreras y promover un mayor uso de los servicios de salud. Desde el punto de vista del paciente, modifica los costos relativos del acceso a la atención, haciéndolos más bajos. Herramientas como la teleconsulta, el telemonitoreo y el telediagnóstico reducen los costos indirectos (tiempo, transporte, pérdida de ingresos laborales), lo que resulta especialmente importante para hogares de bajos ingresos. La posibilidad de recibir atención médica a distancia elimina la necesidad de viajar físicamente a un centro de salud, lo cual es relevante en una región caracterizada por extensas distancias geográficas, una distribución desigual de los recursos de salud y una alta proporción de personas en empleos informales que no cuentan con licencias pagas cuando se requiere atención médica. Además de eliminar la barrera física, la telemedicina potencialmente relaja las restricciones de oferta de atención médica, al aumentar la disponibilidad de servicios en contextos donde hay escasez de profesionales, reduce los tiempos de espera para obtener una cita y mejora la conveniencia al flexibilizar los horarios de atención. Ekman (2018) calculó que, si la mitad de las consultas de atención primaria en Suecia se realizara online, el valor del tiempo ahorrado por los pacientes superaría los 500 millones de dólares. En este contexto, como señala Chueke (2023), fundamentalmente las teleconsultas se vuelven una promesa concreta para acercar servicios a las poblaciones alejadas de los centros neurálgicos, ya que como muestra el **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, esta modalidad no requiere equipamientos adicionales, más allá de la plataforma a través de la cual se realice la teleconsulta.

Existen investigaciones que sugieren que estos beneficios son bien recibidos por los pacientes y pueden incrementar su satisfacción. Kruse et al. (2021) documentan que en algunos casos los pacientes valoran positivamente la reducción de la carga logística asociada a la atención médica —como los desplazamientos, el cuidado de niños, las licencias laborales o incluso el estigma social de acudir a ciertas clínicas—, lo que se traduce en una experiencia más satisfactoria. De hecho, Greenhalgh et al. (2020) señalan que el uso de modalidades remotas puede aumentar la satisfacción del paciente, especialmente cuando se trata de consultas de seguimiento o situaciones clínicas que no requieren examen físico.

Por otro lado, la aplicación de la telemedicina para mejorar el acceso a atención médica para el manejo de enfermedades crónicas es fundamental de cara al cambio demográfico derivado del envejecimiento poblacional. Al incrementar la oferta y aumentar las probabilidades de atención temprana de condiciones que de otro modo avanzarían sin control, estas herramientas pueden prevenir tratamientos más costosos en etapas avanzadas, con beneficios tanto clínicos como económicos para el paciente y para el sistema de salud en su conjunto. Existe evidencia concreta de que las herramientas de la telemedicina son eficaces en el manejo de enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión e insuficiencia cardíaca (Barbosa et al., 2021) que concentran la mayor parte de la carga de enfermedad en la región. También han demostrado ser útiles para el seguimiento de enfermedades agudas o infecciosas en contextos de emergencia, como se evidenció durante la pandemia de COVID-19. En ambos casos, el acceso digital contribuye a garantizar continuidad de la atención.

## **Mejor funcionamiento y administración de los sistemas de salud en un contexto de fragmentación**

Como se describió en la sección anterior, la digitalización del sistema de salud también representa una estrategia para aumentar la eficiencia administrativa, y puede ser clave en un contexto donde los sistemas de la región enfrentan presupuestos limitados y fragmentación organizativa. Los sistemas de salud en ALC tienen un alto nivel de segmentación. La magnitud de la cobertura y la calidad de los servicios generalmente dependen de la condición laboral de las personas (Álvarez et al., 2020). En particular, la cobertura de salud está atada a la participación en el empleo formal, lo que deja a una gran parte de la población —que trabaja en la informalidad o transita entre sectores formales e informales— con coberturas fragmentadas, discontinuas o insuficientes. Esta situación genera fricciones importantes en el acceso a servicios médicos y continuidad de tratamientos para las personas, y puede repercutir en potenciales usos ineficientes de los recursos si los distintos subsistemas no están articulados entre sí o no comparten información.

En este escenario, la digitalización ofrece instrumentos para integrar funciones críticas del sistema de salud. Un ejemplo concreto es la HCE interoperable, que permite unificar la información clínica del paciente a lo largo del tiempo y entre distintos prestadores, evitando la pérdida de información al pasar de un subsistema a otro (por ejemplo, de un hospital público a una clínica privada). Este tipo de integración mejora la continuidad del cuidado, reduce duplicaciones innecesarias y permite decisiones clínicas más informadas, lo que redundaría en una mayor eficiencia global del sistema. Además, la posibilidad de integrar información proveniente de diferentes subsistemas puede ser crucial para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas públicas en el sector (véase el Recuadro 2).

La telemedicina también puede ayudar a conectar partes del sistema de salud que hoy funcionan de manera separada, especialmente en zonas alejadas o con pocos recursos. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también hace que la calidad de la atención no dependa tanto del lugar de residencia de cada persona.

### **Recuadro 2: Sistemas desarrollados por DATASUS en Brasil**

Con el objetivo de reducir costos y mejorar la calidad de los servicios prestados por el Sistema Único de Salud (SUS), el Ministerio de Salud de Brasil creó en 1991 el Departamento de Informática del SUS (DATASUS) (Gonçalves et al., 2023). Este organismo público tiene como principal responsabilidad el desarrollo de sistemas informáticos de salud y la provisión de soporte técnico a los distintos organismos del SUS. Los sistemas desarrollados por DATASUS constituyen la principal fuente de almacenamiento de datos de salud de la población de Brasil con información proveniente del Ministerio de Salud y de las secretarías estatales de salud. Específicamente, hay datos de registros nacionales, epidemiológicos, ambulatorios, regulatorios, sociales, financieros, de gestión, hospitalarios, entre otros. Son considerados una fuente relevante de información para las prácticas de los profesionales y permiten la generación de indicadores para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas públicas (Prudencio y Ferreira, 2021).

En sus inicios, en vez de haber creado un sistema unificado, se desarrollaron distintos sistemas conforme fueron requeridos. La fragmentación también se debió a la estructura descentralizada del SUS, en la que estados y municipios tienen autonomía para

administrar sus acciones y recursos. En el 2014, el gobierno desarrolló un servicio que incrementó la interoperabilidad entre todos estos sistemas, tanto en el sector de salud público como en el privado (Bastias-Butler y Ulrich, 2019; Berrío Zapata et al., 2016). Hasta 2020, DATASUS fue responsable de la creación de más de 200 sistemas. A pesar de haber tendido a la unificación, aún muchos de los sistemas no están integrados, lo que dificulta su interoperabilidad y dificulta muchas actividades que podrían realizarse mediante las nuevas tecnologías de ciencia de datos (Gonçalves et al., 2023).

### **Mejorar el trabajo de los profesionales de la salud**

La IA puede actuar como un amplificador de capacidades clínicas, permitiendo que los profesionales trabajen de forma más eficiente y segura. Los sistemas de apoyo al diagnóstico pueden reducir errores clínicos, facilitar decisiones basadas en evidencia y ayudar a los profesionales a mantenerse actualizados. Esto es especialmente valioso en contextos donde los recursos formativos o de especialización son limitados.

Además, en el plano administrativo, la automatización de tareas repetitivas —como la carga de datos, la programación de turnos o el seguimiento de alertas— libera tiempo de los equipos clínicos para tareas de mayor valor agregado, mejorando la productividad del trabajo.

Desde la perspectiva del capital humano en salud, estas herramientas contribuyen a reducir el desgaste profesional, mejorar la calidad del entorno laboral y aumentar la capacidad de respuesta del sistema.

### **Más acceso a la información**

Finalmente, las herramientas digitales tienen el potencial de transformar la relación entre la población y el sistema de salud, al facilitar el acceso a información confiable, empoderar a los pacientes y fomentar conductas preventivas. Plataformas como portales web, aplicaciones móviles y chatbots basados en IA pueden ofrecer información personalizada, oportuna y basada en evidencia. Sin embargo, es fundamental que estas herramientas sean validadas y supervisadas por organismos públicos de salud, a fin de garantizar la calidad, seguridad y precisión de los contenidos.

Desde la perspectiva de salud pública, el uso de tecnologías de información en campañas de educación sanitaria, vacunación o manejo de enfermedades transmisibles permite ampliar el alcance y la eficacia de las intervenciones, mejorando el retorno social de las políticas preventivas. Además, la disponibilidad de datos en tiempo real y la posibilidad de integrarlos mediante sistemas interoperables habilitan una mejor vigilancia epidemiológica, análisis de tendencias y gestión proactiva de emergencias sanitarias.

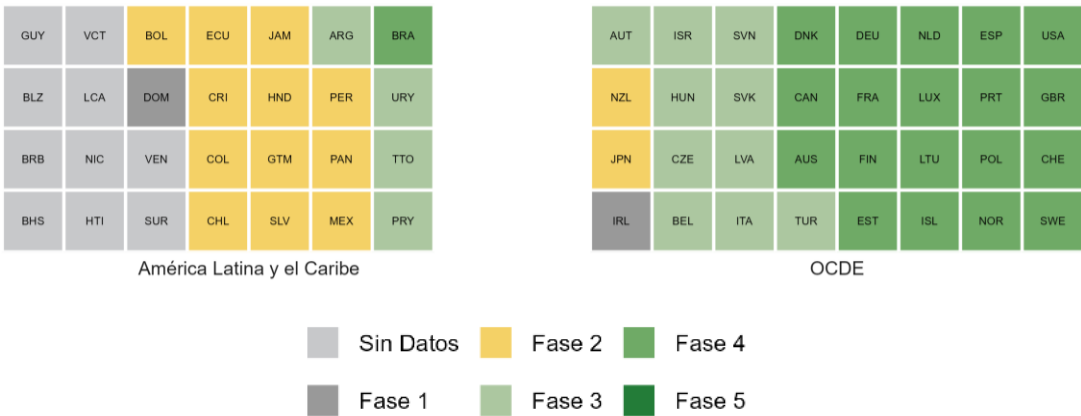
## **Condicionantes para la implementación**

Las posibilidades implementación de las herramientas digitales y de IA a mayor escala en los países de la región dependen crucialmente de su capacidad institucional y técnica. A continuación se abordan algunos elementos fundamentales para la implementación de herramientas digitales y de IA, entre los que se destacan la gobernanza y la seguridad de los datos, la infraestructura de TICs disponible, y las habilidades digitales de los trabajadores del sector.

Gobernanza y seguridad de la información personal

Una de las principales barreras para la digitalización y la adopción de IA en el sector de salud es el entorno institucional y organizacional (OCDE, 2019). En este sentido, OCDE (2023) y CAF (2021) reconocen que la gobernanza es un indicador de preparación de los países para su digitalización e implementación de IA. Como se puede observar en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los países de América Latina y el Caribe se encuentran en las primeras fases de desarrollo en las categorías de liderazgo y gobernanza en el Monitor Global de la Salud Digital (2024), quedando por detrás de los países de la OCDE.

Gráfico 1. Avances en la categoría de liderazgo y gobernanza en el Monitor Global de la Salud Digital



Nota: El gráfico muestra el avance de los países de América Latina y el Caribe y de la OCDE que no pertenecen a la región, siendo la fase 1 la de menor desarrollo y la fase 5 la más avanzada. Las fases de desarrollo de las categorías mencionadas resultan del promedio de avance en los indicadores que la componen.  
Fuente: Elaboración propia sobre la base de Monitor Global de Salud Digital (2024).

Uno de los primeros elementos que dan marco a la gobernanza es la elaboración de una estrategia de salud digital. De acuerdo con la OMS (2021), una estrategia exitosa que guíe la implementación de la digitalización en el sector salud debería establecer el liderazgo de los sistemas, los recursos financieros, humanos, organizacionales y tecnológicos y debería servir de base para los planes de acción particulares y la coordinación de los múltiples actores involucrados. Carnicero y Serra (2020) enfatizan la coordinación entre la Estrategia Nacional de Digitalización y la Estrategia Nacional de Salud Digital, y sus autoridades, en caso de que los países tuvieran ambas. Un relevamiento realizado por BID (2023) en 26 países de América Latina y el Caribe indica que la región presenta algún retraso respecto a la generación de Estrategias Nacionales de Salud Digital. Existen 16 países que prepararon una estrategia, aunque 8 de estos no la han publicado, 7 están en proceso de generarla y 3 países no tienen una estrategia. Por otro lado, casi la totalidad de los países de la OCDE que no pertenecen a la región (32 de 35) tienen una Estrategia Nacional de Salud Digital (OCDE, 2023).

Esto también aplica a la normativa específica referida a las HCEs y telemedicina. Pocos países en la región (Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, México, Perú y Uruguay) desarrollaron normas específicas para favorecer la implementación de sistemas de HCE (Bagolle et al., 2021; Boletín Oficial de la República Argentina, 2023). Además de esto, los autores resaltan otros aspectos que pueden actuar en detrimento

de la gobernanza de estos sistemas. Por ejemplo, el bajo nivel de detalle y especificaciones en cuanto a cómo se organizará y se implementará la transición entre historias clínicas en formato papel y HCE. En la gran mayoría de los países el tema de la transición está ausente de la normativa y no se encontró información con valor legal con respecto a los planes, roles y responsabilidades necesarios para asegurar una transición exitosa del papel hacia lo digital. Finalmente, los autores también resaltan una diversidad de definiciones de la HCE que existen en los países de la región, así como también en el grado de precisión respecto a la información a incluir en las HCEs. Slawomirski et al. (2023) realiza un relevamiento en 27 países de la OCDE y encuentra que 25 han avanzado en establecer requerimientos mínimos de HCE, aunque persisten diferencias en términos de las definiciones de los elementos a incorporar.

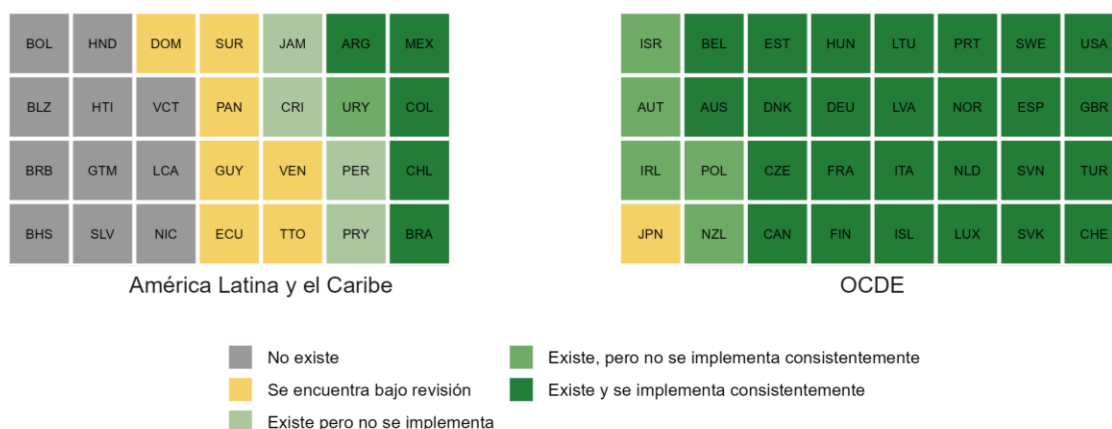
Al igual que con la HCE, pocos países de la región (Uruguay, Colombia, Panamá, Perú, y Paraguay) tienen leyes específicas para promover el servicio de telemedicina (Aizenberg, 2022). Otros 8 países tienen regulaciones vigentes que, en mayor o menor medida, disponen la habilitación de los servicios de telemedicina. Un caso destacado en este mismo informe es el de Perú, que, en su Documento Técnico Plan Nacional de Telesalud, contempla lineamientos, acciones estratégicas y orientaciones técnicas para implementar y desarrollar la telemedicina principalmente en áreas rurales o con limitada accesibilidad. Se mencionan también otros países que, si bien no tienen una normativa específica para telemedicina, lo tienen como un objetivo estratégico dentro de sus agendas digitales de gobierno. Este es el caso de República Dominicana, Brasil, Argentina, Chile, México, Guatemala y Guyana. Finalmente, el estudio destaca la falta de normativa en cuestiones particulares relacionadas con el servicio de telemedicina, particularmente en la prestación de servicios interjurisdiccionales, regulación y pago de honorarios profesionales, contratación de seguros para el ejercicio de la telemedicina, intervención de las sociedades científicas en la protocolización de los alcances de la atención por especialidad.

Dentro de los marcos normativos desarrollados para una exitosa gobernanza y adopción de la digitalización e implementación de IA en salud, un ítem fundamental es el de establecer mecanismos de gobernanza de los datos (Banco Mundial, 2023; OPS, 2021a). Esta arquitectura tiende a preservar los derechos de los ciudadanos en torno a su información sensible, con la intención de protegerlos contra ataques. Esto es relevante ya que la seguridad de los datos en las prácticas de medicina digital puede ser una de las barreras que impidan su implementación exitosa (Saigí-Rubió et al., 2022; Saliba et al., 2012). Asimismo, la gobernanza se propone mejorar la calidad y la precisión de los datos recolectados (y por consiguiente la eficiencia en su utilización) en conjunto con el fortalecimiento de las formas en las que pueden ser compartidos entre los actores con acceso homologado dentro del sistema de salud (es decir, su interoperabilidad) (Banco Mundial, 2023).

Las normativas de seguridad son fundamentales dentro del marco de gobernanza de los datos de salud, y deben balancear los objetivos de facilitar el intercambio de información y proteger los derechos de privacidad de los ciudadanos (Monitor Global de la Salud Digital, 2024). En los últimos años los países han progresado en la implementación de normativas en este sentido. De acuerdo con el Monitor Global de la Salud Digital (2024), el 72 % de los países han promulgado una legislación para proteger los datos de salud de las personas, regular las prácticas de intercambio de datos y establecer marcos de gestión del consentimiento. Este porcentaje es menor en América Latina y el Caribe, donde solo 60% de los países con información disponible han promulgado la legislación que refiere a la seguridad de la información con implicancias para los datos de salud. Un porcentaje aún menor (18%) han aprobado una legislación que se aplique de forma consistente (Gráfico 2).



**Gráfico 2. Existencia de ley de seguridad de datos relevante para la salud digital**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Monitor Global de Salud Digital (2024).

Los problemas de seguridad de la información cobran especial relevancia en el caso de la HCE, por lo que algunos países han establecido normativas específicas para la protección de los datos recolectados por estos sistemas. Bagolle et al. (2021) destacan el caso de Costa Rica, que orienta al desarrollo de niveles de seguridad para el acceso a HCE, especificando el límite relacionado con el nivel de acceso que cada usuario tiene asignado. Este país también permite que el paciente retire el consentimiento sobre el uso de sus datos. Otro grupo de países (Chile, México, Perú, Uruguay) establece que los sistemas de control de acceso a las HCEs deben identificar, tanto para acceder como para salir del documento, detalles como nombre, fechas, horas, cambios realizados, que son requeridos en el registro de las fichas clínicas.

Finalmente, como se mencionó anteriormente, la gobernanza también incluye las modalidades para compartir los datos entre distintas instituciones, es decir, su interoperabilidad. Hay algunos países de la región (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y Jamaica) que han establecido estándares para compartir datos de salud entre instituciones (Monitor Global de la Salud Digital, 2024). En el caso de Brasil, es el único país de ALC que resalta en el informe ya que además de aplicarse estos estándares, se realizan pruebas de conformidad de forma rutinaria para certificar a los implementadores y los datos se utilizan activamente para el monitoreo y la evaluación del sistema de salud.

### Infraestructura para digitalización y utilización de IA en salud

Las estrategias de implementación de herramientas digitales y de IA en el sector de la salud dependen en gran medida de la adopción y el acceso a tecnologías de la información (como por ejemplo celulares y computadoras) y del acceso y la calidad del servicio de internet (Saigí-Rubió et al., 2022; Saliba et al., 2012).

Los celulares se han convertido en los dispositivos más utilizados por la población a nivel mundial para conectarse a internet (Banco Mundial, 2024). Si bien el acceso a celulares se ha incrementado significativamente en las últimas décadas en la región, todavía un 20% de la población en promedio no accede a teléfonos móviles (CEPAL, 2023) y un porcentaje aún menor los utiliza activamente (Bagolle et al., 2022).

Por otro lado, el acceso a internet fijo en los hogares es muy dispar entre los países de la región. Por ejemplo, en Chile el 94% de los hogares tiene acceso a internet, mientras que en El Salvador solo el 32% accede a este servicio (CEPAL, 2023). Las brechas también son significativas entre zonas urbanas y rurales, en donde la diferencia llega a 37 puntos porcentuales; y entre los hogares de mayores y menores ingresos, donde también hay una diferencia de 30 puntos porcentuales. A esto se adicionan problemas en la calidad de este servicio. Alves et al. (2025) encuentran grandes heterogeneidades en la velocidad de descarga desde conexiones fijas de internet a nivel de jurisdicciones subnacionales para toda la región, con excepciones como Chile y Uruguay, donde las velocidades son más homogéneas. El 22 % de las jurisdicciones tienen velocidades inferiores a 25 Megabits por segundo (Mbps), lo que dificulta la realización de tareas simples como la descarga de archivos o email y conferencias en línea a través de múltiples dispositivos en simultáneo. Desde el punto de vista de los usuarios, la conectividad móvil es más relevante, y suele ser peor. En la jurisdicción promedio, la velocidad de descarga móvil es 50 % más baja que la fija y en el 37 % de las jurisdicciones es inferior a 25 Mbps.

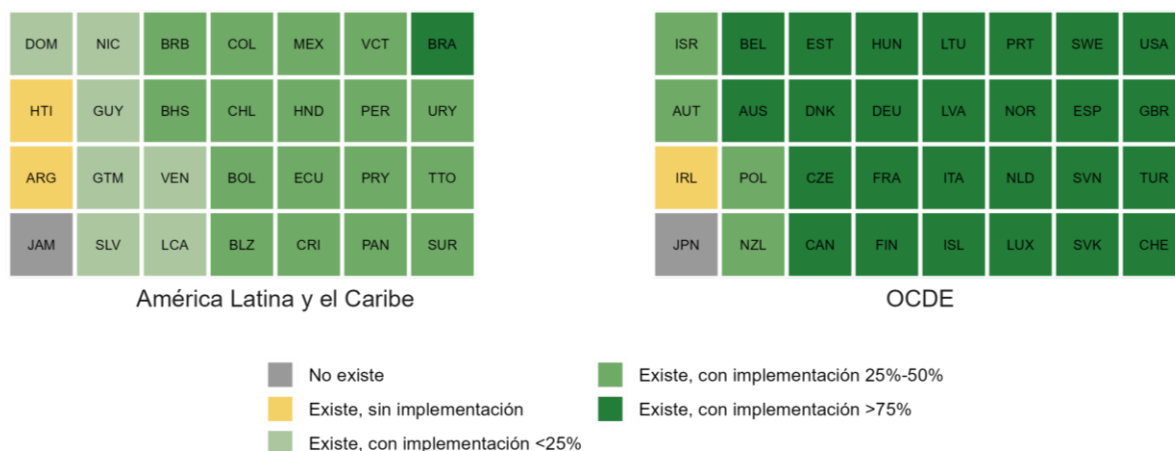
Estas dificultades en acceso a dispositivos móviles y a internet de calidad por parte de los ciudadanos tienen implicancias concretas de política pública. Una de ellas es que la implementación de herramientas de telemedicina debe contemplar la multicanalidad en la atención. Esto incluye modalidades de atención híbrida, en las que las personas que tienen algunas de las dificultades en acceso o conocimiento de las TICs necesarias acuden presencialmente a un centro de salud y, utilizando el equipamiento disponible en dicho centro y la ayuda de un asistente social, pueden utilizar los servicios de teleconsulta con otros especialistas (Bagolle et al., 2022).

Además de la disponibilidad de TICs a nivel de la ciudadanía, es indispensable que las instituciones de salud y los actores involucrados en la digitalización del sector cuenten con la infraestructura correspondiente. A nivel general, los países en la región ya han avanzado en implementar y financiar la infraestructura necesaria para la digitalización en este sector, aunque se precisan mayores esfuerzos para alcanzar los niveles equivalentes a los países de la OCDE (Gráfico 3). Dentro de las necesidades particulares se incluyen sistemas que realicen la recolección y actualización de datos de los proveedores, administradores e instituciones de salud, así como también de los pacientes. Existen esfuerzos en este sentido en la región, aunque con distintos grados de avance: Argentina, Costa Rica y República Dominicana tienen sistemas de registro de los administradores de salud, aunque estos están incompletos; Brasil, Chile y Colombia tienen sistemas de registros que se encuentran completos y se actualizan con regularidad y, además, permiten la georreferenciación. Estos últimos tres países en conjunto con Costa Rica se destacan por tener un sistema de registro seguro y único de un 25% de los pacientes (Monitor Global de la Salud Digital, 2024).

Además de tener los sistemas y los registros, para que estos sean utilizados correctamente, es necesario que los datos que recaban sean interoperables, hecho que es particularmente relevante en sistemas de salud con múltiples subsistemas como es el caso de muchos países de ALC. La Organización Panamericana de la Salud ha lanzado un programa para apoyar el desarrollo de sistemas de salud interoperables (OPS, 2019).

Finalmente, para hacer uso de toda esta información con aplicaciones específicas mediante IA es necesario la implementación de cómputo en la nube. Algunos países de la región (11) ya cuentan con una plataforma de nube a disposición para todas las áreas del gobierno y otros (8) están en proceso de implementación (Banco Mundial, 2022).

**Gráfico 3. Existencia de planes para apoyar la expansión y mantenimiento de la infraestructura para salud digital**



Nota: el gráfico hace referencia al Indicador 18 del Monitor Global de Salud Digital. Las etiquetas son los códigos ISO3 de los países incluidos en cada región.

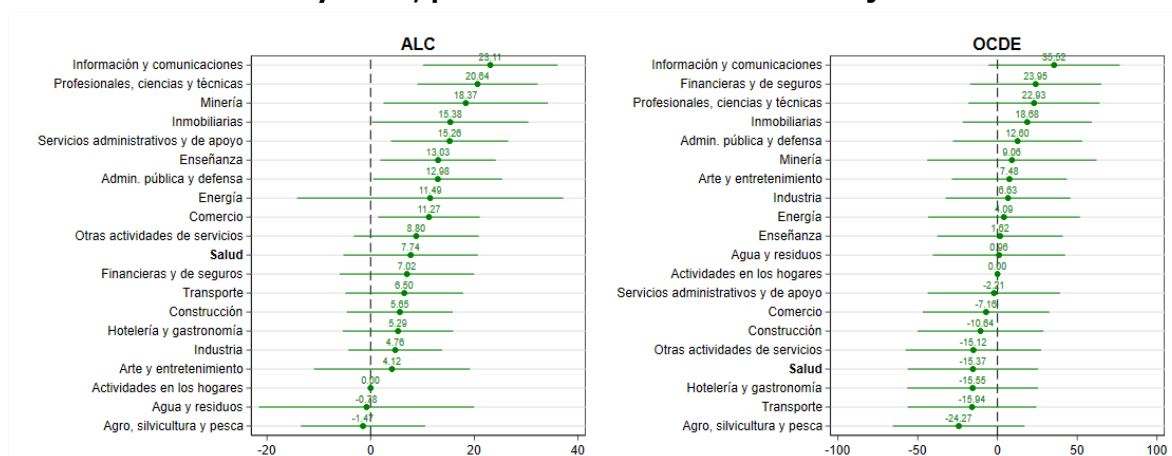
Fuente: elaboración propia sobre la base de Monitor Global de Salud Digital (2024).

## Habilidades digitales de la fuerza laboral

Las habilidades digitales de los trabajadores en el sector salud (médicos, enfermeras y cargos administrativos) son un pilar fundamental para la implementación exitosa de las herramientas digitales y de IA, y en muchos casos han sido un detractor en su desarrollo. Los datos disponibles destacan que las habilidades digitales de la población de América Latina y el Caribe se encuentran por debajo de los países desarrollados. De acuerdo con CEPAL (2025), en promedio el 45% de los latinoamericanos tiene habilidades digitales básicas, como enviar correos electrónicos con archivos adjuntos, mientras que este porcentaje es, por ejemplo, del 81% para la República de Corea. Esta brecha se incrementa cuando se consideran habilidades intermedias (como realizar un curso en línea o utilizar la banca por internet) y habilidades avanzadas (como encontrar, descargar y configurar software). Por su parte, un relevamiento realizado a partir de LinkedIn sobre las habilidades tecnológicas en IA en 10 países de la región concluye que las competencias de los trabajadores de la región se encuentran por debajo de los países desarrollados (CENIA, 2024). Sin embargo, estos datos no reportan el desempeño en dichas tareas.

El Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos (PIAAC por sus siglas en inglés) es el único que mide el desempeño las habilidades de la población adulta utilizando una metodología estándar, dentro de las cuales evalúa las habilidades digitales. En su primer ciclo de evaluación, realizado entre 2011 y 2018, relevó habilidades digitales de adultos de Chile, México, Ecuador y Perú. Considerando a la población empleada entre 25 y 65 años, el Gráfico 4 muestra que los trabajadores del sector salud en ALC obtuvieron puntajes mayores, pero no estadísticamente significativas, respecto a los obtenidos por trabajadores de actividades del hogar (grupo de referencia), encontrándose por debajo de sectores como enseñanza y de servicios administrativos y de apoyo y administración pública y defensa. En términos relativos a otros sectores, los trabajadores de la salud en ALC parecieran encontrarse mejor posicionados en términos de habilidades digitales con respecto al sector de actividades del hogar que los trabajadores de la salud de los países de la OCDE.

**Gráfico 4. Puntaje estandarizado en la prueba de habilidades digitales en países de ALC y OCDE, por sector de actividad del trabajador**

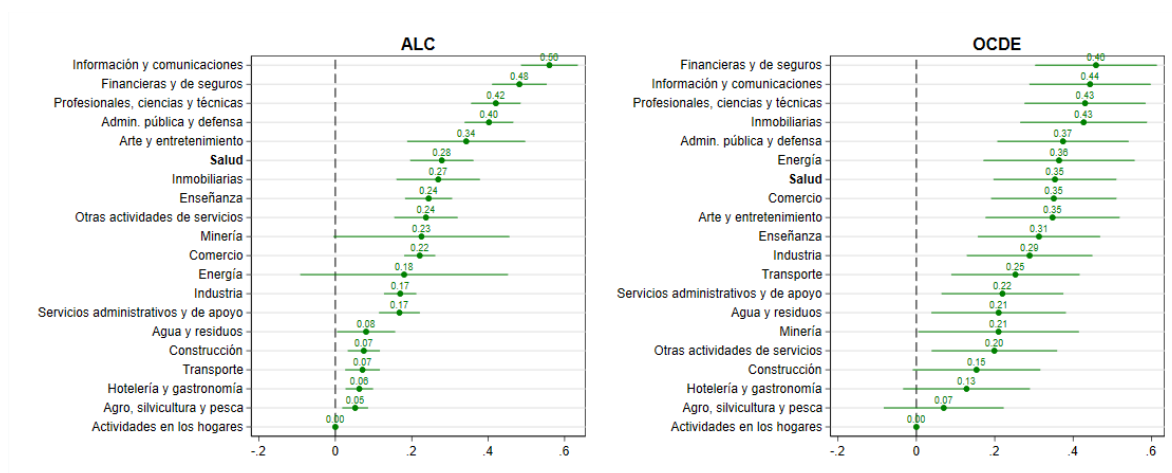


Nota: el gráfico ilustra los coeficientes estimados y los intervalos de confianza al 95%, de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios donde la variable dependiente es el puntaje estandarizado de la evaluación PSTRE (z-score). Se incluyen controles por edad, género, nivel educativo, tipo de empleo, relación laboral, status migratorio y efectos fijos por país. Se considera un set de 10 valores posibles del puntaje PSTRE. La muestra se restringe a trabajadores entre 25 y 65 años, que completaron el módulo de habilidades digitales. Se utilizan los microdatos del primer ciclo del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos realizado entre 2011 y 2018. Los países de ALC incluyen Chile, México, Ecuador y Perú y los de OCDE Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Irlanda, Japón, Holanda, Noruega, Polonia, Reino Unido (Inglaterra e Irlanda del Norte), República Checa, República Eslovaca, Suecia, Eslovenia, Grecia, Israel, Nueva Zelanda, Turquía, Hungría y Lituania. El gráfico muestra las diferencias al interior de las regiones, aunque también existen diferencias en el puntaje promedio en ALC (249) en relación con OCDE (280). Fuente: elaboración propia sobre la base de OCDE (2018).

A pesar de dichos resultados, la probabilidad de utilización de computadoras dentro del trabajo es mayor en trabajadores del sector salud con respecto a los trabajadores de actividades del hogar, como se puede observar en el Gráfico 5, encontrándose entre los sectores con mayor probabilidad de utilización. Aunque no se muestra en el gráfico, un análisis similar diferenciando por nivel educativo de los trabajadores señala que existe una diferencia significativa entre los profesionales de alto nivel educativo en relación con los de nivel educativo bajo o medio.

El Monitor Global de la salud también evalúa el avance en la implementación de políticas públicas para incrementar las habilidades digitales de los profesionales de la salud, pero la mayoría de los países de la región no tienen datos disponibles. En América Latina y el Caribe, Argentina, Brasil y Colombia incorporan las habilidades digitales dentro de los planes de entrenamiento para los profesionales de la salud previo a la incorporación al servicio; y Argentina, Brasil y Chile tienen entrenamientos a los que ya se encuentran en servicio (Monitor Global de la Salud Digital, 2024).

**Gráfico 5. Probabilidad de uso de computadora en actividades laborales en países de ALC y OCDE, por sector de actividad del trabajador**



Nota: el gráfico ilustra los coeficientes estimados y los intervalos de confianza al 95%, de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios donde la variable dependiente es una variable dicotómica que indica si el trabajador tiene experiencia usando la computadora en el trabajo. Se incluyen controles por edad, género, nivel educativo, tipo de empleo, relación laboral, status migratorio y efectos fijos por país. La muestra se restringe a trabajadores entre 25 y 65 años. Se utilizan los microdatos del primer ciclo del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos realizado entre 2011 y 2018. Los países de ALC incluyen Chile, México, Ecuador y Perú y los de OCDE Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Irlanda, Japón, Holanda, Noruega, Polonia, Reino Unido (Inglaterra e Irlanda del Norte), República Checa, República Eslovaca, Suecia, Eslovenia, Grecia, Israel, Nueva Zelanda, Turquía, Hungría y Lituania.

Fuente: elaboración propia sobre la base de OCDE (2018).

## Desafíos de la digitalización y uso de IA en salud

A pesar de sus beneficios, la digitalización y el uso de inteligencia artificial en salud presentan desafíos relevantes. A continuación, se abordan cuestiones vinculadas con la calidad del servicio, el impacto en el empleo, y los riesgos éticos y de sesgo asociados al uso de algoritmos.

### Consideraciones con respecto a la calidad del servicio

La implementación de herramientas digitales puede tener consecuencias perjudiciales sobre la calidad del servicio de atención médica. Esto puede suceder en casos en los que se amplía el acceso a los servicios de salud solo de forma digital, pero prevalecen brechas en el acceso a TICs y la calidad del servicio de internet. A su vez, la implementación de sistemas de HCE que no permiten la integración de los datos entre distintos servicios o prestadores médicos (es decir, no son interoperables) puede hacer que los pacientes desconfíen o les den baja valoración (Li et al., 2024). Esto también puede suceder si no se implementan los recursos necesarios para garantizar la seguridad de los datos médicos de los pacientes.

Por otro lado, la telemedicina y la utilización de IA para diagnósticos pueden generar cambios en la relación médico-paciente. Si bien anteriormente se mencionó que en algunos casos se demostró que la confianza de los pacientes aumenta, otros estudios muestran que afecta la confianza en estos servicios y el grado de atención que los pacientes perciben de los médicos en estas consultas (Andreadis et al., 2023). Asimismo, los diagnósticos realizados utilizando IA pueden ser percibidos como menos personalizados (Akingbola et al., 2024).

## **Pérdida de empleos por automatización**

La implementación de herramientas de IA, como se mencionó anteriormente, puede ayudar al personal de salud a ahorrar tiempo en algunas tareas, lo que podría aliviar la carga laboral en contextos con escasez de personal. Sin embargo, esto podría implicar que algunos puestos cuyas tareas tienen un gran componente factible de ser automatizado, se tornen innecesarios. Si bien los estudios de automatización de tareas en el sector salud son escasos, Spatharou et al. (2020) estiman que la IA podría ayudar a todo el personal de salud a reducir el 30% de las tareas administrativas hacia 2030. Esto varía entre los distintos oficios dentro del sector: con mayores impactos para posiciones de asistentes y técnicos (por ejemplo, aquellos encargados de diagnóstico por imágenes) y menores para médicos de distintas especialidades y enfermeras. Un estudio de la OCDE releva las percepciones de 18 asociaciones médicas en distintas regiones (incluyendo Brasil y Uruguay en ALC) sobre los impactos de IA en salud (Almyranti et al., 2024). En particular, cuando estas asociaciones son consultadas por los efectos en la fuerza de trabajo, 12 de ellas contestan que la IA cambiará la medicina radicalmente, pero los médicos seguirán siendo necesarios en la provisión del servicio y 5 creen que mejorará el trabajo del personal de salud.

## **Aspectos éticos y sesgos en los algoritmos de IA**

A la hora de implementar algoritmos de IA en el sector de la salud se deben tener en cuenta las implicaciones éticas de su implementación. Dentro de estas se incluyen los motivos y el contexto de la aplicación, ya que estos algoritmos pueden resultar en aumentos de las brechas de acceso o reemplazo de actividades que requieren de interacciones y relaciones humanas. En estos casos, es preciso que la regulación y la aprobación de estas herramientas considere la utilización y aplicación de dichos algoritmos.

A su vez, los modelos de IA utilizados en el contexto de diagnóstico o pronóstico de enfermedades tienen el riesgo de ser sesgados y perpetuar inequidades (Banco Mundial, 2024). Estos sesgos pueden provenir de la representatividad de los datos con los que son entrenados estos algoritmos o de los mismos algoritmos. Si los datos utilizados para entrenar el algoritmo no incluyen una cantidad suficiente de pacientes con características demográficas y médicas diversas, el software resultante podría no funcionar tan bien en esas poblaciones (Silcox, 2020). Además, es necesario considerar los fines con los que fueron recolectados los datos, ya que esto puede implicar que ciertas poblaciones estén sobre o subrepresentadas.<sup>4</sup> Las medidas para disminuir este tipo de sesgos apuntan a establecer requerimientos y definiciones de la información a ser recolectada por el sistema de salud (por ejemplo, en la HCE), favorecer que el ente encargado de su gobernanza asegure la calidad y la interoperabilidad de los datos.

Algunos ejemplos concretos dan cuenta de estos riesgos. Sánchez Ávalos et al. (2021) y Obermeyer et al. (2019) resaltan el caso de Estados Unidos, donde en 2019 se encontraba vigente un algoritmo en el sistema de salud que predecía qué pacientes podrían requerir mayores cuidados médicos, anticipando qué personas presentaban un riesgo elevado de complicaciones. Sin embargo, como no se contaba con una variable directa que midiera dicho riesgo, se utilizaba como indicador alternativo el gasto médico

<sup>4</sup> Otras razones que inducen sesgos en los datos son la falta de acceso de algunas personas a estudios cuyos resultados se utilizan en los algoritmos de aprendizaje automático, errores en el reporte de los pacientes, errores u omisiones en la entrada de datos en el caso de las HCEs o diferencias en el lenguaje entre la persona que realiza el registro y el paciente.

de los pacientes, bajo la suposición de que quienes estuvieran más enfermos gastarían más en tratamientos. Este enfoque terminó introduciendo un sesgo racial: el algoritmo tendía a subestimar las necesidades de atención médica de los pacientes de piel negra. Esto se debía a que, en promedio, esta población gastaba menos en salud que los pacientes de piel blanca, no necesariamente porque estuvieran más sanos, sino por factores económicos y estructurales. Este caso evidencia cómo la falta de concordancia entre la variable ideal y la información disponible puede ocultar desigualdades económicas y generar resultados sesgados en la toma de decisiones. Para evitar dichos sesgos, los reguladores y las entidades encargadas de habilitar la implementación del software basado en IA deberían incentivar que se divulguen detalles sobre las características de los pacientes que se utilizaron para entrenar el modelo y cómo se formatearon y etiquetaron los datos (Silcox, 2020).

Otro aspecto importante es que en ciertos contextos no se comprende cabalmente la forma en que los algoritmos de IA producen sesgos. Esto ha motivado a la generación de una rama de la literatura que se ha dedicado a la “explicabilidad” de los modelos de IA (*Explainable AI*), que intenta descifrar cómo funcionan, sus parámetros y variables más relevantes, sus errores y sesgos (Ali et al., 2023). Para poder entender los sesgos y riesgos en el funcionamiento, es necesario además testear y poner a prueba estos modelos en el contexto que serían utilizados previo a su lanzamiento (Silcox, 2020).

De acuerdo con el Monitor Global de la Salud Digital (2024), el 69% de los países no tienen protocolos, políticas o marcos normativos que gobiernen el uso de IA en salud, mientras que en el 21% de los casos estos se encuentran bajo revisión (es el caso de Brasil en la región). Dentro del 10% restante que tienen algún tipo de regulación, se encuentra Argentina, país que tiene un marco normativo aprobado, aunque no se aplica de forma consistente.

## **Consideraciones y recomendaciones de política**

En los últimos años, los países de América Latina y el Caribe han avanzado en la digitalización del sector salud, con una adopción creciente de herramientas como la historia clínica electrónica, la telemedicina y los sistemas de monitoreo remoto. El uso de IA en este ámbito aún se encuentra en una etapa incipiente, concentrado mayormente en hospitales de alta complejidad y en iniciativas piloto poco articuladas a nivel nacional.

A lo largo del documento se han resaltado algunos beneficios que pueden surgir de la implementación de herramientas digitales e IA, dentro de los que resaltan la ampliación del acceso a servicios de salud y la mejora en el funcionamiento y administración de los sistemas de salud. Para capitalizar estos beneficios, es fundamental avanzar en la infraestructura institucional y regulatoria, estimulando la formulación de estrategias nacionales de salud digital y en el desarrollo de marcos normativos específicos, por ejemplo, para la HCE y la telemedicina, con estándares técnicos claros y definiciones sobre roles institucionales.

Asimismo, es indispensable considerar las desigualdades en el acceso de la población a dispositivos móviles e internet de calidad (sobre todo entre poblaciones rurales y urbanas, pero también por nivel socioeconómico). En este contexto, la expansión de la telemedicina debe considerar incluir modalidades de atención híbrida, en las que las personas que tienen dificultades para acceder acudan presencialmente a un centro de salud y, con ayuda del personal y utilizando el equipamiento disponible, puedan utilizar los servicios de telemedicina. El monitoreo en términos de acceso y calidad del servicio

es imprescindible para evitar acentuar brechas ya existentes y mantener la confianza de los pacientes. En ningún caso la telemedicina debe pensarse como un reemplazo a la oferta presencial de los servicios médicos, sino como un elemento complementario para expandir el acceso, permitir mayor continuidad de tratamientos, y hacer un uso más eficiente de los recursos en los tipos de atención donde la evidencia haya mostrado el mayor impacto de estas herramientas.

La inversión en infraestructura digital específica para el sector salud es otro pilar clave. En el caso de los sistemas que realicen recolección de datos, tanto de pacientes como de centros de salud, es relevante que sean interoperables (que los datos puedan compartirse entre distintos sistemas). Esto es particularmente relevante en sistemas de salud fragmentados, como es el caso de América Latina y el Caribe. La regulación por parte de organismos públicos, como los ministerios de salud, es esencial para asegurar la protección de datos sensibles y fomentar el intercambio responsable de información. La implementación y regulación adecuada de las HECs debe ser un elemento central de esta agenda de políticas.

Para que esta infraestructura pueda ser utilizada de forma correcta es necesario fortalecer las capacidades institucionales y del personal de salud, promoviendo la formación en habilidades digitales, ética de datos y adopción de nuevas tecnologías. Las consideraciones éticas y la regulación de las aplicaciones de IA al ámbito de salud son cruciales en el camino por delante, ya que estas aplicaciones pueden amplificar desigualdades si no se desarrollan con criterios de equidad y transparencia, y evitando que reproduzcan sesgos preexistentes. Pocos países de la región han regulado estas aplicaciones.

Si bien la implementación de estas políticas requiere recursos financieros, institucionales y humanos, su capacidad para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos existentes y reducir costos evitables en el mediano y largo plazo las convierte en intervenciones potencialmente costo-efectivas para los sistemas de salud de América Latina y el Caribe.



## Referencias

- AGESIC. (2024, septiembre 10). *Presentación de resultados del informe Medición TIC y Salud*. <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/noticias/presentacion-resultados-del-informe-medicion-tic-salud>
- AGESIC. (2025a). *Receta Digital Nacional*. <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/node/3299>
- AGESIC. (2025b). *Salud Digital*. <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/politicas-y-gestion/programas/es-saluduy>
- Aizenberg, M. (2022). *Marco normativo de telemedicina: Estado actual y tareas pendientes*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0004176>
- Akingbola, A., Adeleke, O., Idris, A., Adewole, O., y Adegbesan, A. (2024). Artificial Intelligence and the Dehumanization of Patient Care. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*, 3, 100138. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2024.100138>
- Aldughayfiq, B., y Sampalli, S. (2021). Digital Health in Physicians' and Pharmacists' Office: A Comparative Study of e-Prescription Systems' Architecture and Digital Security in Eight Countries. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 25(2), 102–122. <https://doi.org/10.1089/omi.2020.0085>
- Ali, S., Abuhmed, T., El-Sappagh, S., Muhammad, K., Alonso-Moral, J. M., Confalonieri, R., Guidotti, R., Del Ser, J., Díaz-Rodríguez, N., y Herrera, F. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion*, 99, 101805. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805>

- Almyranti, M., Sutherland, E., Ash, N., y Eiszele, S. (2024). *Artificial Intelligence and the health workforce: Perspectives from medical associations on AI in health*. OECD Publishing.
- Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., Badreldin, H. A., Al Yami, M. S., Al Harbi, S., y Albekairy, A. M. (2023). Revolutionizing healthcare: The role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, 23(1), 689. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>
- Álvarez, F., Brassiolo, P., Toledo, M., Allub, L., Alves, G., De la Mata, D., Estrada, R., y Daude, C. (2020). *RED 2020: Los sistemas de pensiones y salud en América Latina. Los desafíos del envejecimiento, el cambio tecnológico y la informalidad*. CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1652>
- Andreadis, K., Muellers, K., Ancker, J. S., Horowitz, C., Kaushal, R., y Lin, J. J. (2023). Telemedicine Impact on the Patient–Provider Relationship in Primary Care During the COVID-19 Pandemic. *Medical Care*, 61. [https://journals.lww.com/lww-medicalcare/fulltext/2023/04001/telemedicine\\_impact\\_on\\_the\\_patient\\_provider.14.aspx](https://journals.lww.com/lww-medicalcare/fulltext/2023/04001/telemedicine_impact_on_the_patient_provider.14.aspx)
- Bagolle, A., Casco, M., Nelson, J., Orefice, P., Raygada, G., y Tejerina, L. (2022). *La gran oportunidad de la salud digital en América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0004153>
- Bagolle, A., Park, M., y Marti, M. (2021). *Marco normativo para la salud digital en América Latina y el Caribe: El caso de las historias clínicas electrónicas: Avances y tareas pendientes*. <http://dx.doi.org/10.18235/0003073>
- Bancalari, A., Berlinski, S., Buitrago, G., García, M. F., De La Mata, D., y Vera-Hernández, M. (2025a). Health inequalities in Latin America and the Caribbean: Child, adolescent, reproductive, metabolic syndrome and mental health. *Oxford*

- Open Economics*, 4(Supplement\_1), i77–i121.  
<https://doi.org/10.1093/ooec/odae028>
- Bancalari, A., Berlinski, S., Buitrago, G., García, M. F., De La Mata, D., y Vera-Hernández, M. (2025b). Health systems and health inequalities in Latin America. *Oxford Open Economics*, 4(Supplement\_1), i122–i147.  
<https://doi.org/10.1093/ooec/odae029>
- Banco Mundial. (2022). *GovTech Dataset* [Base de datos]. Grupo Banco Mundial.  
<https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037889/GovTech-Dataset>
- Banco Mundial. (2023). *Digital-in-Health: Unlocking the Value for Everyone*.
- Banco Mundial. (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. World Bank.
- Barbosa, W., Zhou, K., Waddell, E., Myers, T., y Dorsey, E. R. (2021). Improving Access to Care: Telemedicine Across Medical Domains. *Annual Review of Public Health*, 42(1), 463–481. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-090519-093711>
- Báscolo, E., Houghton, N., y Del Riego, A. (2018). Lógicas de transformación de los sistemas de salud en América Latina y resultados en acceso y cobertura de salud. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42.  
<https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.126>
- Bastias-Butler, E., y Ulrich, A. (2019). *Transformación digital del sector salud en América Latina y el Caribe: La historia clínica electrónica*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0001659>
- Behar, J. A., Liu, C., Kotzen, K., Tsutsui, K., Corino, V. D. A., Singh, J., Pimentel, M. A. F., Warrick, P., Zaunseder, S., Andreotti, F., Sebag, D., Kopanitsa, G., McSharry, P. E., Karlen, W., Karmakar, C., y Clifford, G. D. (2020). Remote health diagnosis and monitoring in the time of COVID-19. *Physiological Measurement*, 41(10), 10TR01. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/abba0a>

- Berrío Zapata, C., Rodrigues, F. de A., Lopes, R. de C. C., Carvalho, A. M. G. de, y Santana, R. C. G. (2016). Comportamiento informacional y políticas públicas de información: Consideraciones teóricas alrededor del caso de DATASUS en Brasil. *Investigación bibliotecológica*, 30(69), 19–42.
- Bestsennyy, O., Gilbert, G., Harris, A., y Rost, J. (2021). Telehealth: A quarter-trillion-dollar post-COVID-19 reality. *McKinsey & Company*, 9. <https://connectwithcare.org/wp-content/uploads/2021/07/telehealth-a-quarter-trillion-dollar-post-covid-19-reality.pdf>
- Boletín Oficial de la República Argentina. (2023). *PROGRAMA FEDERAL ÚNICO DE INFORMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE HISTORIAS CLÍNICAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA*. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/291214/20230731>
- Busso, M., Gonzalez, M. P., y Scartascini, C. (2022). On the demand for telemedicine: Evidence from the COVID-19 pandemic. *Health Economics*, 31(7), 1491–1505. <https://doi.org/10.1002/hec.4523>
- Cabrol, M., y Pombo, C. (2021). *Posibles transformaciones en salud, educación y trabajo a través de la digitalización en la salida de la pandemia en América Latina y el Caribe* (2021a ed.). Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0003726>
- CAF. (2021). *Experiencia: Datos e Inteligencia Artificial en el sector público*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1793>
- Camacho-Leon, G., Faytong-Haro, M., Carrera, K., Molero, M., Melean, F., Reyes, Y., Mautong, H., De La Hoz, I., y Cherrez-Ojeda, I. (2022). A Narrative Review of Telemedicine in Latin America during the COVID-19 Pandemic. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1361. <https://doi.org/10.3390/healthcare10081361>

- Carini, E., Villani, L., Pezzullo, A. M., Gentili, A., Barbara, A., Ricciardi, W., y Boccia, S. (2021). The Impact of Digital Patient Portals on Health Outcomes, System Efficiency, and Patient Attitudes: Updated Systematic Literature Review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(9), e26189. <https://doi.org/10.2196/26189>
- Carnicero, J., y Serra, P. (2020). *Governance for Digital Health: The Art of Health Systems Transformation*. <http://dx.doi.org/10.18235/0002661>
- Carvajal, T. M., Viacrusis, K. M., Hernandez, L. F. T., Ho, H. T., Amalin, D. M., y Watanabe, K. (2018). Machine learning methods reveal the temporal pattern of dengue incidence using meteorological factors in metropolitan Manila, Philippines. *BMC Infectious Diseases*, 18(1), 183. <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3066-0>
- Castillo, V. S., Cano, C. A. G., y Gonzalez-Argote, J. (2023). Telemedicine and mHealth Applications for Health Monitoring in Rural Communities in Colombia: A Systematic Review. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 9, e5. <https://doi.org/10.4108/eetpht.9.3400>
- CENIA. (2024). *Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial*. <https://indicelatam.cl/>
- CEPAL. (2022). *Envejecimiento en América Latina y el Caribe: Inclusión y derechos de las personas mayores*. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/ddc08951-1289-4e98-aae8-b5473fe6c3ef>
- CEPAL. (2023). *Observatorio de Desarrollo Digital*. <https://desarrollodigital.cepal.org/es>
- CEPAL. (2025). *Superar las trampas del desarrollo de América Latina y el Caribe en la era digital: El potencial transformador de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial*. <https://hdl.handle.net/11362/80841>

- Cho, T., y Miller, B. J. (2024). Using artificial intelligence to improve administrative process in Medicaid. *Health Affairs Scholar*, 2(2), qxae008. <https://doi.org/10.1093/haschl/qxae008>
- Choi, P. J., Oskouian, R. J., y Tubbs, R. S. (2018). Telesurgery: Past, Present, and Future. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.2716>
- Chueke, D. (2015). Panorama de la telemedicina en américa latina. *España: Publicaciones de la Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina*. <https://www.teleiberoamerica.com/publicaciones/TelemedicinaAmericaLatinaEyeforPharma04-16-2015.pdf>
- Chueke, D. (2023). Penetration of Telemedicine and Telehealth in Latin American Hospitals. *Telehealth and Medicine Today*, 8(1). <https://doi.org/10.30953/thmt.v8.383>
- CLIAS. (2023). *El impacto de la inteligencia artificial en la atención de la salud. Perspectivas y enfoques para América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.48060/tghn.125>
- Crosta, F., Navaridas, R., y Robla Vilá, L. (2021). Gasto público en salud: Envejecimiento, tecnología, crecimiento y no observables. *Económica*, 67, 019. <https://doi.org/10.24215/18521649e019>
- Davenport, T., y Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*, 6(2), 94–98. <https://doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94>
- De Souza, C. H. A., Morbeck, R. A., Steinman, M., Hors, C. P., Bracco, M. M., Kozasa, E. H., y Leão, E. R. (2017). Barriers and Benefits in Telemedicine Arising Between a High-Technology Hospital Service Provider and Remote Public Healthcare Units: A Qualitative Study in Brazil. *Telemedicine and E-Health*, 23(6), 527–532. <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0158>

- Descans, F., Tarazona, V., y De Bandt, D. (2025). Prescription patterns of anxiolytics in remote consultation versus in-person consultation: A cross-sectional study in French general practice. *BJGP Open*, BJGPO.2024.0176. <https://doi.org/10.3399/BJGPO.2024.0176>
- Diby, F., Zadi, S., Adoubi, A., Nguessan, E., Ehui, E., Yangni-Angate, K., Esse-Diby, C., y Ehua, S. (2017). Connaissances, attitudes et pratiques des professionnels de la santé face aux opportunités de diagnostic et de prise en charge des pathologies cardiovasculaires par la télémédecine en Côte d'Ivoire. *European Research in Telemedicine / La Recherche Européenne en Télémédecine*, 6(1), 42. <https://doi.org/10.1016/j.eurtel.2017.02.032>
- Dos Santos, A. de F., Fernández, A., Alves, H. J., De Souza, C., De Melo, M. do C. B., y Messina, L. A. (2013). *Desarrollo de la telesalud en América Latina*. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35495/S2013129\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35495/S2013129_es.pdf)
- Dubey, A., y Tiwari, A. (2023). Artificial intelligence and remote patient monitoring in US healthcare market: A literature review. *Journal of Market Access & Health Policy*, 11(1), 2205618. <https://doi.org/10.1080/20016689.2023.2205618>
- Ekman, B. (2018). Cost Analysis of a Digital Health Care Model in Sweden. *PharmacoEconomics - Open*, 2(3), 347–354. <https://doi.org/10.1007/s41669-017-0059-7>
- Fumagalli, E., Pinna Pintor, M., y Suhrcke, M. (2024). The impact of health on economic growth: A narrative literature review. *Health Policy*, 143, 105039. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105039>
- Galván, P., Velázquez, M., Benítez, G., Ortellado, J., Rivas, R., Barrios, A., y Hilario, E. (2017). Impacto en la salud pública del sistema de telediagnóstico implementado en Paraguay. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 41, e74.

- Garzon-Chavez, D., Romero-Alvarez, D., Bonifaz, M., Gaviria, J., Mero, D., Gunsha, N., Perez, A., Garcia, M., Espejo, H., Espinosa, F., Ligña, E., Espinel, M., Quentin, E., Teran, E., Mora, F., y Reyes, J. (2021). Adapting for the COVID-19 pandemic in Ecuador, a characterization of hospital strategies and patients. *PLOS ONE*, 16(5), e0251295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251295>
- Ghorbanian, A., Zareinejad, M., Rezaei, S. M., Sheikhzadeh, H., y Baghestan, K. (2013). A novel control architecture for physiological tremor compensation in teleoperated systems. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 9(3), 280–297. <https://doi.org/10.1002/rcs.1436>
- Gonçalves, C. L., Pereira, L., y Akkari, A. C. S. (2023). eHealth: A Focus on Software Architectures for Brazilian Public Health. En Y. Iano, O. Saotome, G. L. Kemper Vásquez, C. Cotrim Pezzuto, R. Arthur, y G. Gomes De Oliveira (Eds.), *Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21)* (Vol. 207, pp. 334–341). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9_33)
- Graham, T. A. D., Ali, S., Avdagovska, M., y Ballermann, M. (2020). Effects of a Web-Based Patient Portal on Patient Satisfaction and Missed Appointment Rates: Survey Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(5), e17955. <https://doi.org/10.2196/17955>
- Greenhalgh, T., Wherton, J., Shaw, S., y Morrison, C. (2020). Video consultations for covid-19. *BMJ*, m998. <https://doi.org/10.1136/bmj.m998>
- Guillies Rivas, N. A. (2022). *Efectos de la pandemia de covid-19 en modelos de predicción de pacientes que no se presentan a citas presenciales y teleconsultas* [Universidad de Chile]. <https://doi.org/10.58011/NFDS-Z711>



- Hersh, W. R., Hickam, D. H., Severance, S. M., Dana, T. L., Krages, K. P., y Helfand, M. (2006). Telemedicine for the medicare population: Update. *Evidence Report/Technology Assessment*, 131, 1–41.
- Houghton, N., Bascolo, E., y Del Riego, A. (2020). Monitoring access barriers to health services in the Americas: A mapping of household surveys. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 44, 1. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.96>
- Hyman, P. (2020). The Disappearance of the Primary Care Physical Examination—Losing Touch. *JAMA Internal Medicine*, 180(11), 1417. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.3546>
- Irfan, F. (2020). Artificial Intelligence: Help or Hindrance for Family Physicians? *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 37(1). <https://doi.org/10.12669/pjms.37.1.3351>
- Istasy, P., Lee, W. S., Iansavichene, A., Upshur, R., Gyawali, B., Burkell, J., Sadikovic, B., Lazo-Langner, A., y Chin-Yee, B. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Health Equity in Oncology: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(11), e39748. <https://doi.org/10.2196/39748>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H., y Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Kazley, A. S., McLeod, A. C., y Wager, K. A. (2012). Telemedicine in an International Context: Definition, Use, and Future. En N. Menachemi y S. Singh (Eds.), *Advances in Health Care Management* (Vol. 12, pp. 143–169). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1108/S1474-8231\(2012\)0000012011](https://doi.org/10.1108/S1474-8231(2012)0000012011)
- Kierkegaard, P. (2013). E-Prescription across Europe. *Health and Technology*, 3(3), 205–219. <https://doi.org/10.1007/s12553-012-0037-0>

- Kruse, C. S., Williams, K., Bohls, J., y Shamsi, W. (2021). Telemedicine and health policy: A systematic review. *Health Policy and Technology*, 10(1), 209–229. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.10.006>
- Kumbara, A. B., Iyer, A. K., Green, C. R., Jepson, L. H., Leone, K., Layne, J. E., y Shomali, M. (2023). Impact of a Combined Continuous Glucose Monitoring-Digital Health Solution on Glucose Metrics and Self-Management Behavior for Adults With Type 2 Diabetes: Real-World, Observational Study. *JMIR Diabetes*, 8, e47638. <https://doi.org/10.2196/47638>
- Lau, P., Tran, M. T., Kim, R. Y., Alrefae, A. H., Ryu, S., y Teh, J. C. (2023). E-prescription: Views and acceptance of general practitioners and pharmacists in Greater Sydney. *Australian Journal of Primary Health*, 30(1). <https://doi.org/10.1071/PY22240>
- Lee, I. (2024). Co-benefits from health and health systems to education. *Health Policy*, 142, 105016. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105016>
- LeRouge, C. M., Gupta, M., Corpart, G., y Arrieta, A. (2019). Health System Approaches Are Needed To Expand Telemedicine Use Across Nine Latin American Nations. *Health Affairs*, 38(2), 212–221. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2018.05274>
- Li, E., Lounsbury, O., Clarke, J., Ashrafian, H., Darzi, A., y Neves, A. L. (2024). Patient and caregiver perceptions of electronic health records interoperability in the NHS and its impact on care quality: A focus group study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(1), 370. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02789-5>
- Marr, B. (2017). First FDA approval for clinical cloud-based deep learning in healthcare. *Forbes*. *Forbes Publishing Company, New York City*. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/01/20/first-fda-approval-for-clinical-cloud-based-deep-learning-in-healthcare/>

- Martínez Pérez, D. C., Agudelo García, Á. M., Andrade Carrillo, R., García Cano, J. F., y Porras Cataño, S. M. (2020). Telepsiquiatría: Una experiencia exitosa en Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 49(4), 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2019.06.005>
- Mecklai, K., Smith, N., Stern, A. D., y Kramer, D. B. (2021). Remote Patient Monitoring—Overdue or Overused? *New England Journal of Medicine*, 384(15), 1384–1386. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2033275>
- Medinaceli Díaz, K. I., y Silva Choque, M. M. (2021). Impacto y regulación de la Inteligencia Artificial en el ámbito sanitario. *REVISTA IUS*, 15(48). <https://doi.org/10.35487/rius.v15i48.2021.745>
- Ministerio de Salud de Argentina. (2024, junio 18). *Receta Electrónica*. <https://www.argentina.gob.ar/receta-electronica>
- Ministerio TIC de Colombia. (2024, diciembre 4). *Con 3.900 pacientes monitoreados en el país, telemedicina de 'SaludTIC' avanza en San Andrés*. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-399044.html>
- Mohan, A., Wara, U. U., Arshad Shaikh, M. T., Rahman, R. M., y Zaidi, Z. A. (2021). Telesurgery and Robotics: An Improved and Efficient Era. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.14124>
- Monitor Global de la Salud Digital. (2024). *The State of Digital Health 2023*. <https://digitalhealthmonitor.org/stateofdigitalhealth23>
- Mulukuntla, S. (2016). The Evolution of Electronic Health Records: A Review of Technological, Regulatory, and Clinical Impacts. *EPH-International Journal of Medical and Health Science*, 2(1), 28–36.
- Navarro, E. M., Ramos Álvarez, A. N., y Soler Anguiano, F. I. (2022). A new telesurgery generation supported by 5G technology: Benefits and future trends. *Procedia Computer Science*, 200, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.202>

- Ngwa, W., Olver, I., y Schmeler, K. M. (2020). The Use of Health-Related Technology to Reduce the Gap Between Developed and Undeveloped Regions Around the Globe. *American Society of Clinical Oncology Educational Book*, 40, 227–236. [https://doi.org/10.1200/EDBK\\_288613](https://doi.org/10.1200/EDBK_288613)
- Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., y Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 366(6464), 447–453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>
- OCDE. (2018). *Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC) 1st Cycle, log files* [Base de datos]. <https://www.oecd.org/en/data/datasets/piaac-1st-cycle-database.html>
- OCDE. (2019). *Health in the 21st Century: Putting Data to Work for Stronger Health Systems*. OECD Publishing.
- OCDE. (2021). *Development Co-operation Report 2021: Shaping a Just Digital Transformation*. OECD. <https://doi.org/10.1787/ce08832f-en>
- OCDE. (2023). *Health at a Glance 2023: OECD Indicators*. <https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en>.
- OCDE y Banco Mundial. (2020). *Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020*. OECD. <https://doi.org/10.1787/740f9640-es>
- Ochoa Chaves, L., Jiménez Alvarado, O. M., y Martínez De Lemos, F. (2023). *Expediente digital único en salud (EDUS) de Costa Rica: Buenas prácticas, historia e implementación*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0005019>
- O'Donnell, O. (2024). Health and health system effects on poverty: A narrative review of global evidence. *Health Policy*, 142, 105018. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105018>

- Omboni, S., Padwal, R. S., Alessa, T., Benczúr, B., Green, B. B., Hubbard, I., Kario, K., Khan, N. A., Konradi, A., Logan, A. G., Lu, Y., Mars, M., McManus, R. J., Melville, S., Neumann, C. L., Parati, G., Renna, N. F., Ryvlin, P., Saner, H., ... Wang, J. (2022). The worldwide impact of telemedicine during COVID-19: Current evidence and recommendations for the future. *Connected Health*. <https://doi.org/10.20517/ch.2021.03>
- OMS. (2010). *Telemedicine: Opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth*. 93.
- OMS. (2021). *Global Strategy on Digital Health 2020-2025* (1st ed). World Health Organization.
- OMS. (2025). *Global Health Expenditure Database* [Base de datos]. <https://apps.who.int/nha/database>
- O'Neill, C., Matias, M. V., Peixoto, V. R., O'Neill, H., Aguiar, P., y Castela, E. (2022). Consulta Não Presencial no Serviço Nacional de Saúde Português Durante a Pandemia de COVID-19: Estudo da Opinião dos Médicos e Implicações para o Futuro. *Acta Médica Portuguesa*, 35(6), 455–467. <https://doi.org/10.20344/amp.16724>
- OPS. (2021a). *Ocho principios rectores de la transformación digital del sector de la salud. Un llamado a la acción panamericana*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53730>
- OPS. (2021b). *Portales de pacientes seguros, interoperables y con datos de calidad*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54910>
- Osmani, F., Arab-Zozani, M., Shahali, Z., y Lotfi, F. (2023). Evaluation of the effectiveness of electronic prescription in reducing medical and medical errors (systematic review study). *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 81(3), 433–445. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2022.12.002>

- Paucar, E. W. C., Paucar, H. Z. C., Paucar, D. R. C., Paucar, G. V. C., y Sotelo, C. G. M. (2024). Artificial Intelligence as an Innovation Tool in Hospital Management: A Study Based on the SDGs. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(1), e04089. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v5.n01.pe04089>
- Paul, M., Maglaras, L., Ferrag, M. A., y Almomani, I. (2023). Digitization of healthcare sector: A study on privacy and security concerns. *ICT Express*, 9(4), 571–588. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2023.02.007>
- Pinna Pintor, M., Fumagalli, E., y Suhrcke, M. (2024). The impact of health on labour market outcomes: A rapid systematic review. *Health Policy*, 143, 105057. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105057>
- Prudencio, D. D. S., y Ferreira, C. A. (2021). Departamento de Informática do SUS – DATASUS: A gestão de dados de saúde no Brasil e sua contribuição para a inclusão digital. *Biblios Journal of Librarianship and Information Science*, 78, 35–43. <https://doi.org/10.5195/biblios.2020.852>
- Rahimi, B., y Timpka, T. (2011). Pharmacists' views on integrated electronic prescribing systems: Associations between usefulness, pharmacological safety, and barriers to technology use. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 67(2), 179–184. <https://doi.org/10.1007/s00228-010-0936-9>
- Saavedra, J., y Cafagna, G. (2025, abril 7). Inteligencia Artificial en los sistemas de salud ¿qué falta en América Latina y el Caribe? [Blog]. *World Bank Blogs*. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/inteligencia-artificial-sistemas-salud-america-latina-caribe>
- Sahni, N., Stein, G., Zimmel, R., y Cutler, D. (2023). *The Potential Impact of Artificial Intelligence on Healthcare Spending* (No. w30857; p. w30857). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w30857>

- Saigí-Rubió, F., Borges do Nascimento, I. J., Robles, N., Ivanovska, K., Katz, C., Azzopardi-Muscat, N., y Novillo Ortiz, D. (2022). The Current Status of Telemedicine Technology Use Across the World Health Organization European Region: An Overview of Systematic Reviews. *Journal of Medical Internet Research*, 24(10), e40877. <https://doi.org/10.2196/40877>
- Saliba, V., Legido-Quigley, H., Hallik, R., Aaviksoo, A., Car, J., y McKee, M. (2012). Telemedicine across borders: A systematic review of factors that hinder or support implementation. *International Journal of Medical Informatics*, 81(12), 793–809. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2012.08.003>
- Sánchez Ávalos, R., González, F., y Ortiz, T. (2021). *Uso responsable de la IA para las políticas públicas: Manual de ciencia de datos*. <https://doi.org/10.18235/0002876>
- Semigran, H. L., Linder, J. A., Gidengil, C., y Mehrotra, A. (2015). Evaluation of symptom checkers for self diagnosis and triage: Audit study. *BMJ*, h3480. <https://doi.org/10.1136/bmj.h3480>
- Shaban-Nejad, A., Michalowski, M., y Buckeridge, D. L. (2018). Health intelligence: How artificial intelligence transforms population and personalized health. *Npj Digital Medicine*, 1(1), 53, s41746-018-0058–0059. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0058-9>
- Shen, J., Zhang, C. J. P., Jiang, B., Chen, J., Song, J., Liu, Z., He, Z., Wong, S. Y., Fang, P.-H., y Ming, W.-K. (2019). Artificial Intelligence Versus Clinicians in Disease Diagnosis: Systematic Review. *JMIR Medical Informatics*, 7(3), e10010. <https://doi.org/10.2196/10010>
- Shin, E. K., Mahajan, R., Akbilgic, O., y Shaban-Nejad, A. (2018). Sociomarkers and biomarkers: Predictive modeling in identifying pediatric asthma patients at risk

- of hospital revisits. *Npj Digital Medicine*, 1(1), 50.  
<https://doi.org/10.1038/s41746-018-0056-y>
- Shiwlani, A., Khan, M., Sherani, A. M. K., y Qayyum, M. U. (2023). Synergies of AI and smart technology: Revolutionizing cancer medicine, vaccine development, and patient care. *International Journal of Social, Humanities and Life Sciences*, 1(1), 10–18.
- Silcox, C. (2020). *Artificial Intelligence in Health Care: Promises and Challenges*.  
<https://doi.org/10.18235/0002845>
- Simon, P. (2019). Telemedicine. En A. André (Ed.), *Digital Medicine* (pp. 9–27). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-98216-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-98216-8_2)
- Slawomirski, L., Lindner, L., de Bienassis, K., Haywood, P., Oliveira Hashiguchi, T. C., Steentjes, M., y Oderkirk, J. (2023). *Progress on implementing and using electronic health record systems: Developments in OECD countries as of 2021* (OECD Health Working Papers No. 160; OECD Health Working Papers, Vol. 160).  
<https://doi.org/10.1787/4f4ce846-en>
- Spatharou, A., Hieronimus, S., y Jenkins, J. (2020). *Transforming healthcare with AI: The impact on the workforce and organizations*. McKinsey & Company.  
<https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/transforming-healthcare-with-ai#/>
- Steinman, M., Morbeck, R. A., Pires, P. V., Abreu Filho, C. A. C., Andrade, A. H. V., Terra, J. C. C., Teixeira Junior, J. C., y Kanamura, A. H. (2015). Impact of telemedicine in hospital culture and its consequences on quality of care and safety. *Einstein (São Paulo)*, 13(4), 580–586. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082015GS2893>
- Subhi, A., Jalal, D., y Samal, M. (2023). Doctor Appointment System. *Ph. D. dissertation*.  
[https://lfu.edu.krd/wp-content/uploads/2023/06/20230620\\_074338\\_compressed.pdf](https://lfu.edu.krd/wp-content/uploads/2023/06/20230620_074338_compressed.pdf)



- Tejedor, S., Pérez-Escoda, A., Ventín, A., Tusa, F., y Martínez, F. (2020). Tracking Websites' Digital Communication Strategies in Latin American Hospitals During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 9145. <https://doi.org/10.3390/ijerph17239145>
- Tejerina, L. (2023, diciembre 4). Historia clínica electrónica a nivel nacional: Dos lecciones de Costa Rica [Blog]. *Gente Saludable*. <https://blogs.iadb.org/salud/es/historia-clinica-electronica-a-nivel-nacional-dos-lecciones-de-costa-rica/>
- Ullah, W., y Ali, Q. (2025). Role of artificial intelligence in healthcare settings: A systematic review. *Journal of Medical Artificial Intelligence*, 8, 24–24. <https://doi.org/10.21037/jmai-24-294>
- UNESCO. (2019). *International Conference on Artificial Intelligence and Education, Planning Education in the AI Era: Lead the Leap*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370967.locale=es>
- U.S. Food and Drug Administration. (2025, marzo 25). *AI/ML-Enabled Medical Devices List* [Base de datos]. <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-enabled-medical-devices>
- Villena, F., Pérez, J., Lagos, R., y Dunstan, J. (2021). Supporting the classification of patients in public hospitals in Chile by designing, deploying and validating a system based on natural language processing. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), 208. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01565-z>
- Wahl, B., Cossy-Gantner, A., Germann, S., y Schwalbe, N. R. (2018). Artificial intelligence (AI) and global health: How can AI contribute to health in resource-poor settings? *BMJ global health*, 3(4), e000798.

- Wang, Y., y Torbica, A. (2024). Investigating the relationship between health and gender equality: What role do maternal, reproductive, and sexual health services play? *Health Policy*, 149, 105171. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2024.105171>
- Wootton, R. (2001). Recent advances: Telemedicine. *BMJ*, 323(7312), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7312.557>

## Anexo I: Modalidades de telemedicina

En este Anexo se definen con mayor precisión las modalidades de telemedicina mencionadas en la sección “Aplicaciones de la digitalización y la IA en el sector salud”.

En primer lugar, la **teleconsulta** incluye las consultas médicas a distancia mediante interacciones sincrónicas por llamada o videollamada entre pacientes y profesionales (Kierkegaard, 2013). Algunos estudios muestran que este tipo de servicios es altamente valorado por los trabajadores urbanos que no tienen tiempo para visitar a un médico presencialmente o que prefieren evitar esperas largas en el área de urgencias de hospitales y clínicas (Simon, 2019). En el marco de ciertos servicios de teleconsultas, está habilitada la emisión de documentos oficiales como recetas médicas, que se validan mediante una firma digital (Descans et al., 2025). Con la llegada de la pandemia esta modalidad de atención creció exponencialmente en todos los países (Behar et al., 2020; O'Neill et al., 2022), con un rol estratégico permitiendo la evaluación y clasificación de los pacientes de manera remota antes de su desplazamiento a centros de salud (Busso et al., 2022).

Por otro lado, el **telediagnóstico** posibilita que los profesionales de la salud accedan a la información del paciente y puedan hacer un diagnóstico de manera remota. Si bien en muchos casos el telediagnóstico requiere de equipos médicos en el lugar donde se encuentra el paciente, pueden emplearse dispositivos no médicos —como teléfonos móviles o computadoras—. Algunos diagnósticos aún presentan desafíos sin la presencia física del paciente o sin equipos tradicionales (Hyman, 2020), aunque los avances tecnológicos están reduciendo estas limitaciones.

Entre las aplicaciones más comunes del telediagnóstico se encuentran el análisis remoto de exámenes radiológicos, el envío de fotografías de retina para análisis oftalmológicos, imágenes de células o tejidos para telemicrobiología o telepatología y fotografías para diagnósticos dermatológicos (Dos Santos et al., 2013).

La evidencia reciente de la implementación del telediagnóstico en Paraguay es alentadora: en el marco del sistema de telemedicina del ministerio de Salud Pública y Bienestar Social se generó un ahorro de USD 2 millones en 16 meses, con un porcentaje elevado de diagnósticos correctos (93%), sin comprometer la calidad del servicio (95% de los pacientes reportaron estar satisfechos con la atención) (Galván et al., 2017).

El **telemonitoreo**, también conocido como el monitoreo remoto de pacientes (MRP), consiste en el uso de dispositivos portátiles que permiten recopilar datos clínicos en tiempo real, registrando indicadores fisiológicos y biométricos directamente desde el entorno cotidiano del paciente. Según Simon (2019), el telemonitoreo presenta potencial para prevenir complicaciones asociadas a enfermedades crónicas y reducir internaciones evitables. Se ha utilizado esta modalidad principalmente para el seguimiento de personas con hipertensión, diabetes, asma o insuficiencia cardíaca (Hersh et al., 2006). Para ello, los dispositivos más utilizados son tensiómetros para medir la presión arterial y los medidores de glucosa en sangre. Los datos de alta frecuencia generados por estos dispositivos ofrecen una valiosa oportunidad para mejorar la gestión de enfermedades, facilitar intervenciones tempranas y fortalecer la continuidad de los cuidados (Castillo et al., 2023; Mecklai et al., 2021).

Actualmente se está implementando una iniciativa pionera en Colombia, que desde septiembre de 2024 brinda monitoreo remoto a pacientes en municipios pequeños y zonas aisladas. Según fuentes oficiales, para diciembre de 2024 el programa ya había

distribuido 3.993 dispositivos y monitoreaba a 3.759 pacientes en 17 hospitales del país (Ministerio TIC de Colombia, 2024).

La **teleexpertise** (o teleinterconsulta) se refiere a la situación en la que dos o más profesionales de la salud se ponen en contacto virtualmente para tratar un caso clínico de un paciente. Se emplea para diagnósticos complejos, segundas opiniones o colaboración entre especialistas. Habitualmente está acompañado del intercambio de imágenes médicas, informes u otros datos mediante plataformas digitales. Para habitantes de zonas remotas, la teleexpertise representa una oportunidad, ya que los expertos generalmente atienden en centros urbanos (Dos Santos et al., 2013; Simon, 2019). Diby et al. (2017) demostraron que la teleexpertise en Costa de Marfil mejoró la atención de patologías cardiovasculares, compensando de esa forma la escasez de médicos especialistas. Un ejemplo documentado de aplicación de la teleexpertise en América Latina y el Caribe tiene lugar en Brasil, en el marco del Programa de Desarrollo Institucional del Sistema Único de Salud (PROADI-SUS por sus siglas en portugués). Uno de los objetivos del programa es mejorar el servicio de urgencias y emergencias en las áreas remotas del país. Para ello, los profesionales de las unidades remotas pueden consultar casos clínicos con especialistas de los hospitales de alta tecnología, donde una segunda opinión puede ser clave para evaluar posibles mejoras en el diagnóstico o tratamiento (De Souza et al., 2017; Steinman et al., 2015).

La **telecirugía** permite que un cirujano realice una operación a distancia, con la ayuda de robots controlados por computadora, utilizando imágenes de alta definición que le permiten ver con gran detalle y mover los instrumentos con mucha precisión (Ghorbanian et al., 2013; Mohan et al., 2021). Esto es especialmente útil en zonas donde hay pocos cirujanos, al tiempo que elimina las barreras geográficas que impiden una intervención quirúrgica oportuna y de alta calidad (Choi et al., 2018). Los beneficios de la telecirugía por el momento no están disponibles para todos, ya que requiere la incorporación de equipos de alto costo, instalaciones especializadas y personal capacitado. Esta es la principal razón por la cual los sistemas de salud en los países en desarrollo descartan por el momento su aplicación (Navarro et al., 2022).

## **Anexo II: Digitalización de procesos administrativos dentro del sistema de salud**

Además de facilitar la atención remota, el avance de la digitalización trajo aparejado mejoras en los procesos administrativos. En primer lugar, se optimizaron procesos tradicionales como la reserva de turnos, la consulta de resultados e informes médicos, los pagos y la emisión de recetas (Carini et al., 2021). En ese sentido, muchas instituciones sanitarias implementaron portales en línea que permiten a los pacientes realizar estas actividades (Graham et al., 2020; OPS, 2021b). De los 58 hospitales y clínicas de alta complejidad con mejor ranking en América Latina y el Caribe según *América Economía*, Tejedor et al. (2020) mostraron que el 82,1% ofrece la posibilidad de programar citas médicas a través de sus respectivas páginas web y el 76,8% cuenta con un espacio general de consulta a través de un correo electrónico o un formulario. En comparación al sistema tradicional de llamadas telefónicas, la reserva online de turnos médicos les da a los pacientes la facultad de elegir médicos y horarios disponibles en cualquier momento desde sus dispositivos. Desde la óptica de las instituciones de salud también trae beneficios, ya que reduce la carga de trabajo administrativo y los costos operativos (Subhi et al., 2023). Asimismo, el uso de la receta médica en formato electrónico representa un avance, ya que posibilita que la prescripción médica se realice desde cualquier lugar. Rahimi y Timpka (2011), Osmani et al. (2023) y Lau et al. (2023) han documentado que el formato electrónico disminuye los errores en la prescripción, controla mejor los medicamentos expedidos por farmacias, laboratorios y droguerías y refuerza la seguridad ante intentos de falsificación de los documentos y de las firmas respecto a la receta en papel. En la última década, muchos países han adoptado la receta digital en sus sistemas de salud. Esto se ha implementado de forma completa en varios países desarrollados (Aldughayfiq y Sampalli, 2021) y en la región, Argentina y Uruguay han avanzado recientemente en este aspecto, reglamentando leyes para impulsar su uso de forma obligatoria (AGESIC, 2025a; Ministerio de Salud de Argentina, 2024).

En segundo lugar, la digitalización permitió ampliar la información disponible, preservarla y hacerla más integrada mediante las Historias Clínicas Electrónicas (HCEs). Esta herramienta incluye registros electrónicos sobre las condiciones de salud de los pacientes, así como resultados de análisis y estudios, sin importar dónde y cuándo se hayan producido. Su objetivo principal es que los médicos puedan acceder de manera rápida al historial de los pacientes, y en algunos casos, permiten que los pacientes las consulten y accedan a su propia información médica (Bagolle et al., 2021; Medinaceli Díaz y Silva Choque, 2021; Paul et al., 2023). Las HCEs tienen otros usos relevantes para los sistemas de salud. Según una encuesta realizada en 2021 en los países de la OCDE, los usos secundarios más comunes son el monitoreo de la salud de la población y el seguimiento de la seguridad y la calidad de la atención (Slawomirski et al., 2023). Otro uso adicional es el apoyo a la investigación y la innovación, como el caso del Health Data Hub de Francia (OCDE, 2021).

Dinamarca, Suecia y Australia se suelen citar como los referentes en la adopción de las HCEs, con sistemas que ofrecen una cobertura integral y están integrados en las prácticas de atención médica (Mulukuntla, 2016). En América Latina y el Caribe, muchos hospitales y centros de salud aún no adoptaron sistemas de HCE, lo que dificulta la integración de soluciones digitales (Saavedra y Cafagna, 2025). En Costa Rica, la implementación del Expediente Digital Único en Salud, que se realizó entre 2013 y 2018, ha permitido que todos los centros de atención primaria cuenten con HCE (Slawomirski

et al., 2023). Durante el período de implementación, los principales desafíos estuvieron relacionados con la infraestructura tecnológica, los recursos humanos y el financiamiento. Además, el proyecto enfrentó resistencias debido a brechas tecnológicas y generacionales, miedo a la tecnología, prácticas arraigadas, preocupaciones sobre el control institucional del personal y dudas sobre la estabilidad de los sistemas informáticos. Para superar estos obstáculos, se establecieron redes de gestión del cambio, se diseñó un plan de comunicación para cada centro de salud, se organizaron capacitaciones entre pares y se consideraron las necesidades de los usuarios (Ochoa Chaves et al., 2023). Durante la pandemia, este sistema fue clave para sistematizar datos sobre la ocupación hospitalaria, facilitar el acceso remoto a la información clínica, reducir desplazamientos a centros de salud y, por ende, el riesgo de contagio. Actualmente, el expediente cubre aproximadamente al 92% de la población de Costa Rica. Además, una parte importante de la población valora positivamente el sistema (Ochoa Chaves et al., 2023; Tejerina, 2023).

En Uruguay, la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento (AGESIC) a través del programa "Salud Digital", apoya desde 2012 al Sistema Nacional Integrado de Salud (SNIS) y la HCE nacional (AGESIC, 2025b; Medinaceli Díaz y Silva Choque, 2021). La HCE puede registrar información de consultas realizadas con proveedores de salud de naturaleza muy distinta (consultas móviles, de atención primaria u odontológicas). El sistema es interoperable debido a los estándares existentes de datos compartidos (Bastias-Butler y Ulrich, 2019). De acuerdo a mediciones oficiales, el uso de registros electrónicos médicos se incrementó sustancialmente en los últimos años: mientras que en 2014 solo el 28% de las instituciones declaraban que todos o la mayoría de los registros se hacían en formato electrónico, en 2023 este porcentaje ascendía al 84% (AGESIC, 2024).

## Anexo III: Aplicaciones de la IA en el sector de la salud

Este anexo presenta una selección de aplicaciones del uso que se está dando a la IA en el sector de la salud. Al tratarse de un campo muy dinámico y específico al sector, estos ejemplos deben tomarse como ilustrativos y no exhaustivos, ya que nuevas herramientas, usos y evaluaciones emergen de manera constante.

### ***Asistencia de IA en atención médica***

**Diagnóstico médico asistido por IA.** Los algoritmos de IA permiten realizar diagnósticos y clasificaciones de riesgo con alta precisión, en algunos casos comparable o superior a la de profesionales humanos (Banco Mundial, 2024, CAF, 2021; Marr, 2017, Shiwlani et al., 2023). Durante la pandemia de COVID-19, la IA ayudó en hospitales a clasificar pacientes según la gravedad, mejorando la gestión de los recursos médicos (Garzon-Chavez et al., 2021).

Por ejemplo, la IA se usa de manera significativa para analizar radiografías, tomografías y resonancias magnéticas (Shiwlani et al., 2023). Además de imágenes, la IA puede analizar otros tipos de datos (como aquellos provenientes de las HCEs) para diagnosticar enfermedades o evaluar riesgos clínicos (Alowais et al., 2023). También se están usando modelos que consideran factores sociales, como el lugar donde vive una persona o su nivel de ingresos para predecir qué pacientes tienen riesgo de ser reingresados a hospitales (Shaban-Nejad et al., 2018; Shin et al., 2018).

**Apoyo indirecto a decisiones médicas.** Algunas herramientas basadas en IA pueden asistir al diagnóstico de manera indirecta a través de la gestión de la información, brindándoles a los médicos información actualizada y completa de revistas, libros de texto y prácticas clínicas. Esto contribuye a reducir los errores diagnósticos que ocurren en la práctica clínica cotidiana (Jiang et al., 2017).

### ***Asistencia de IA en atención médica remota***

**Consultas médicas virtuales.** Existen aplicaciones basadas en IA que ayudan a las personas a entender sus síntomas y decidir si deben ir al médico, que pueden ser muy útiles para evitar consultas presenciales innecesarias (Irfan, 2020). Semigran et al. (2015) encontraron que una muestra de verificadores de síntomas en Estados Unidos, Reino Unido, Países Bajos y Polonia brindaron asesoramiento adecuado en el 80% de los casos de emergencia. Hasta la fecha, estas herramientas fueron desarrolladas por compañías privadas y otras organizaciones como el Servicio Nacional de Salud en Reino Unido (NHS por sus siglas en inglés) y la Academia Estadounidense de Pediatría (AAP por sus siglas en inglés).

**Diagnóstico y monitoreo en zonas remotas.** Las tecnologías asistidas por IA pueden apoyar las decisiones médicas cuando no hay equipos médicos ni profesionales especialistas locales para realizar un diagnóstico certero. Portal Telemedicina es una plataforma que llega a más de 33 millones de pacientes, incluyendo clínicas en Brasil. La plataforma usa IA para evaluar síntomas y recomendar un tratamiento. Para asegurar la calidad de la atención, los resultados son evaluados y confirmados por médicos antes de la comunicación a los pacientes. Este proceso también informa retroactivamente al algoritmo para mejorar los modelos. Durante la pandemia, la plataforma pudo detectar casos de COVID-19 en menos de diez minutos con una precisión del 95% (Cabrol y Pombo, 2021).

Los algoritmos de IA permiten extender el telediagnóstico más allá de la radiología (que es la aplicación más utilizada), abarcando especialidades como dermatología, cardiología, oftalmología y endoscopia digestiva (Simon, 2019). A su vez, estos algoritmos pueden incluirse en sistemas de monitoreo remoto (Dubey y Tiwari, 2023; Kumbara et al., 2023).

### ***Asistencia a la administración de las instituciones sanitarias***

La IA es capaz de automatizar procesos rutinarios, liberando tiempo del personal administrativo en tareas repetitivas (Cho y Miller, 2024; Davenport y Kalakota, 2019). En el sector de la salud, puede optimizar los pagos y las prescripciones, la programación de turnos, los controles en línea en los centros médicos, la digitalización de los historiales médicos, las llamadas de recordatorio para las citas de seguimiento y las fechas de vacunación (CAF, 2021). Los algoritmos también pueden ser entrenados para predecir las inasistencias de los pacientes a los turnos médicos (Guillies Rivas, 2022).

Asimismo, las tecnologías asistidas por IA pueden facilitar y agilizar la clasificación de los pacientes para su tratamiento. En el sistema público de salud chileno, los pacientes que requieren atención especializada o cirugía son derivados por un médico general e ingresan a una lista de espera, donde se verifica si sus casos están cubiertos por las Garantías Explícitas en Salud (GES) -un conjunto de 80 condiciones médicas prioritarias-. Errores en esta clasificación pueden dejar a los pacientes sin prioridad y con largos tiempos de espera. Para abordar este problema, Villena et al. (2021) desarrollaron un algoritmo de IA que clasifica automáticamente las derivaciones como GES o no GES, basándose en datos como el motivo de la derivación y la edad del paciente. Probado durante siete meses en un hospital público, el sistema superó a los profesionales en precisión y velocidad, y sus autores destacan que su adopción podría facilitar el trabajo clínico, mejorar el acceso a atención prioritaria y evitar sanciones por clasificaciones incorrectas.

Finalmente, los algoritmos de IA pueden analizar datos en tiempo real sobre la ocupación de camas y el uso de equipos médicos, con vistas a disminuir los costos operativos de las instituciones. En algunos casos permiten anticipar picos de demanda en los servicios de salud (Shen et al., 2019) y en otros casos disminuyen los desabastecimientos (CAF, 2021).

### ***Asistencia a las políticas públicas vinculadas a la salud***

La IA ofrece nuevas herramientas para mejorar la planificación y gestión de las políticas sanitarias. Entre sus aplicaciones más relevantes, se destaca la predicción de brotes y epidemias, lo que permite anticiparse a emergencias y responder de forma más rápida y eficaz (OCDE, 2023). Carvajal et al. (2018) desarrollaron una herramienta de aprendizaje automático para identificar patrones climáticos y de uso del suelo asociados con la transmisión del dengue en Manila (Filipinas). El algoritmo aprendió, a lo largo de numerosas iteraciones, a perfeccionar su modelo para predecir la incidencia del dengue con mayor precisión. Los investigadores trabajaron con el gobierno filipino para ampliar el programa (Wahl et al., 2018).





## NOTA #2

# EDTECH E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

---

# **EdTech e IA en educación: potencial transformador y desafíos en América Latina y el Caribe**

**Florencia Buccari**

**Diego Fernández Meijide**

## **Resumen**

Este documento analiza el potencial de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (IA) para mejorar el alcance y la calidad educativa en América Latina y el Caribe (ALC). Aunque los países de la región han logrado avances en la cobertura educativa, persisten desafíos significativos en materia de aprendizajes. En este contexto, las intervenciones Edtech y la incorporación de la IA ofrecen oportunidades relevantes: además de contribuir al cierre de brechas en el rendimiento escolar, pueden ampliar el acceso de estudiantes en zonas remotas, facilitar la inclusión de personas con discapacidad, transformar los entornos y el diseño de aprendizaje, y promover el desarrollo de habilidades digitales.

Sin embargo, el aprovechamiento de estos beneficios depende de la preparación de los centros educativos, maestros y estudiantes de la región en términos del acceso a TICs y al desarrollo de habilidades digitales. En este documento se evidencia que, si bien se ha avanzado en las últimas décadas, la región continúa teniendo desafíos importantes en términos infraestructura educativa y de acceso a los dispositivos e internet, acentuando en algunos casos inequidades socioeconómicas. También se identifican brechas significativas en las habilidades digitales tanto de estudiantes como de docentes.

Además de estos condicionantes, el documento subraya los retos asociados a la implementación de tecnologías que deben considerarse para evitar efectos no deseados. En el caso de las intervenciones Edtech, es necesario evaluar su impacto en la interacción entre estudiantes y docentes, así como en la atención y el bienestar físico y mental de los alumnos. Respecto a las aplicaciones de IA, se deben contemplar los cambios en las formas de aprendizaje y evaluación, procurando que no perjudiquen los resultados educativos. También es crucial garantizar la calidad de los contenidos y mitigar posibles sesgos en los algoritmos. Finalmente, se abordan las implicancias en términos de privacidad y seguridad de los datos recolectados por estas herramientas.

## Introducción

Los países de América Latina y el Caribe (ALC) han logrado avances significativos en términos de la expansión educativa en el siglo XX. Un ejemplo de esto es la universalización de la escuela primaria en la mayoría de los países (Álvarez et al., 2025). Gracias a esta expansión educativa, 6 de cada 10 individuos nacidos en la década de 1980 superaron el nivel educativo de sus padres (De La Mata et al., 2022).

Sin embargo, la calidad educativa sigue siendo materia pendiente en la región: de acuerdo con los últimos datos del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés) un 75% de los alumnos no alcanzan niveles básicos de comprensión en matemática (Álvarez et al., 2025). Estas cifras esconden una elevada heterogeneidad en función del estatus socioeconómico de los adolescentes y sus familias. La persistencia en los problemas de calidad educativa explica, en parte, por qué el aumento de la cobertura educativa no se ha traducido en mejores habilidades (cognitivas y no cognitivas), que son cruciales para el acceso a buenos empleos (Arreaza et al., 2023). Finalmente, la población adulta de ALC cuenta con menos años de educación promedio que su equivalente en países desarrollados (Arias Ortiz et al., 2024; Berniell et al., 2016).

La formación equitativa de capital humano es un pilar fundamental para la construcción de sociedades más inclusivas y prósperas (Álvarez et al., 2025). En esta nota se explora el potencial de las tecnologías digitales y las aplicaciones de inteligencia artificial (IA) para disminuir algunas de las brechas y desafíos pendientes de la educación primaria y secundaria en los países de la región. Las siguientes secciones presentan las principales intervenciones EdTech y aplicaciones de inteligencia artificial en educación, que buscan fortalecer el aprendizaje de los alumnos, mejorar la profesionalización de los docentes y apoyar sus actividades diarias, resaltando su impacto sobre los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Se discute el rol de la digitalización y la IA en la gestión de los sistemas educativos, y, cuando es posible, se incluyen ejemplos de evaluaciones e implementaciones en países de América Latina y el Caribe. La nota continúa con un análisis de los beneficios asociados a la adopción de estas tecnologías, seguido por una sección que examina las condiciones necesarias para su implementación efectiva, incluyendo la preparación de escuelas, docentes y estudiantes en la región. Finalmente, se abordan los principales desafíos que enfrenta la integración de estas herramientas en los sistemas educativos, y se concluye con un conjunto de recomendaciones de política.

## Principales intervenciones Edtech e inteligencia artificial: ¿cuáles son y que sabemos de su impacto?

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) aplicadas a la educación, conocidas comúnmente como EdTech, han sido implementadas en los países de ALC desde hace varias décadas (Rodríguez-Segura, 2022). Estas herramientas tecnológicas tienen el potencial de incidir en aspectos cognitivos, no cognitivos y ambientales del proceso educativo, ya sea en una o en varias etapas del ciclo (Escueta et al., 2020). Su público objetivo han sido estudiantes, maestros, y actores involucrados en distintas tareas de gestión del sistema educativo. En los últimos años, con los avances en los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA), sus aplicaciones en el ámbito educativo se han incrementado.

El Cuadro 1 clasifica las intervenciones más populares de EdTech e IA, con base en las revisiones de literatura de Escueta (2020), Rodríguez-Segura (2022) y Angrist et al. (2025) y considerando las evaluaciones de impacto realizadas en países en desarrollo. También se numeran algunos ejemplos de herramientas y aplicaciones en países de la región.

**Cuadro 1. Clasificación de intervenciones EdTech e implementación de IA, herramientas y ejemplos de intervenciones en países de la región**

<b>Tipos de intervenciones</b>	<b>Herramientas que incluye</b>	<b>Ejemplos de intervenciones en ALC</b>
Acceso a tecnología	Provisión de computadoras, teléfonos celulares, e internet para estudiantes, maestros y centros educativos.	Provisión de internet a gran escala para escuelas primarias en Perú  PROMACE Aulas Digitales Móviles en Jujuy, Argentina  Plan Ceibal en Uruguay
Mejoras a la instrucción	Instrucción a distancia, complementos para la enseñanza en el aula e interacción remota entre docentes y padres	Telesecundaria en México
Aprendizaje autónomo o autodirigido	Aprendizaje e instrucción asistido por computadora*	Plataforma Adaptativa de Matemáticas en Uruguay
Intervenciones conductuales apoyadas en tecnología	Incentivos e información para alumnos, maestros y padres	Mensajes de texto a través de la aplicación GURÍ Familia en Uruguay
Inteligencia artificial (IA) generativa y chatbots	Sistemas de tutoría inteligente Evaluación automática  Sistemas de retroalimentación	Plataforma ALEKS en Uruguay

Nota: \*comúnmente conocido como CAL y CAI por sus siglas en inglés.

Fuente: elaboración propia con base en Rodríguez-Segura (2022) y Angrist, et al.(2025).

Las intervenciones de **acceso a la tecnología** afectan principalmente el entorno de aprendizaje (Escueta et al., 2020) y pretenden subsanar la baja penetración de TICs para su utilización en entornos educativos e incluso reemplazar la falta de otros insumos (como por ejemplo libros). También se han diseñado con el objetivo de incrementar las habilidades digitales (Rodríguez-Segura, 2022). Dentro de este tipo de intervenciones se encuentran la provisión de computadoras para estudiantes (conocidas comúnmente como One Laptop per Children – OLPC). Algunos estudios que evalúan el impacto de estas estrategias en la región no han encontrado cambios en el rendimiento educativo en Colombia (Barrera-Osorio y Linden, 2009), Perú (Cristia et al., 2017), Uruguay (de Melo et al., 2014; Yanguas, 2020), y Costa Rica (Meza-Cordero, 2017). Los resultados de estas intervenciones dependen crucialmente de la incorporación en el proceso de aprendizaje

e instrucción. Esta categoría también incorpora la provisión de internet en escuelas. Un ejemplo de ello es el Plan Huascarán en escuelas públicas en Perú, para el que se han encontrado mejoras modestas en los resultados educativos los primeros años luego de que los centros educativos acceden al servicio (Lakdawala et al., 2023). Estos efectos aumentan a partir del segundo año. Otro ejemplo de estas intervenciones en la región es el de Aulas Digitales Móviles en el marco del "Programa de Mejora del Acceso y la Calidad Educativa de la Provincia de Jujuy" (PROMACE) en Argentina. Este programa consistía en equipar los establecimientos educativos de dicha jurisdicción con herramientas digitales (notebooks, proyectores, pizarras digitales) y capacitar a los docentes para su utilización (Katz et al., 2023).

Si bien las intervenciones de acceso a la tecnología no han mostrado aumentos consistentes en los rendimientos educativos de los estudiantes afectados, es importante considerar que pueden ser complemento o base para otras intervenciones y tener efectos sobre las habilidades digitales, como se verá en las secciones siguientes (Rodríguez-Segura, 2022).

Las intervenciones orientadas a mejorar la instrucción, así como las de aprendizaje autónomo o autodirigido, pueden tener objetivos estratégicos diferenciales. Algunas buscan complementar la oferta educativa existente, por ejemplo, facilitando la implementación de clases de apoyo. Otras se plantean como sustitutos de las modalidades educativas tradicionales, permitiendo por ejemplo la expansión de los servicios educativos a zonas remotas a través de modalidades digitales, en reemplazo de la construcción de escuelas tradicionales. En su revisión, Bulman y Fairlie (2016) encuentran que las intervenciones que tienen el primer objetivo tienen un efecto generalmente positivo, mientras que en el segundo se observan efectos cercanos a cero.<sup>1</sup>

Las intervenciones de Edtech orientadas a **mejorar la instrucción** buscan complementar las brechas de conocimiento de los docentes, facilitar la cobertura educativa en zonas remotas con escasez de personal capacitado, y contribuir a la escalabilidad de programas de formación tanto para estudiantes como para maestros. Un ejemplo en la región de intervenciones que amplían el acceso a la educación en zonas remotas fue la implementación de telesecundarias en México, diseñadas para atender a estudiantes de los primeros años del nivel secundario en comunidades rurales o marginadas mediante emisiones televisivas dentro del aula, facilitadas por un docente presencial con conocimientos generales (UNESCO, 2024). En este caso, Fabregas y Navarro-Sola (2025) muestran que esta intervención incrementó las tasas de graduación del primer ciclo de secundaria en comparación con zonas similares sin acceso al programa. Si bien Borghesan y Vasey (2024) observan resultados positivos en los aprendizajes de los estudiantes que acceden a estas escuelas, los mayores beneficios se observan para el estudiante promedio. En el caso de los estudiantes que estaban más avanzados antes de ingresar, los beneficios pueden ser menores porque no tienen la posibilidad de realizar preguntas más avanzadas. A su vez, los alumnos de menores puntajes al entrar a la telesecundaria, podrían requerir algún tipo de adecuación de la clase y del currículo.

Otro ejemplo de estas intervenciones es un piloto implementado en Paraguay, que utilizó tecnología de audio mediante CDs para la enseñanza de matemáticas en nivel inicial, complementada con el apoyo presencial de maestros generalistas. En una evaluación de este piloto, Naslund-Hadley et al. (2014) encontraron resultados positivos en el

<sup>1</sup> Algunas investigaciones que utilizan la sustitución de las clases presenciales por virtuales en el contexto del COVID-19 en países desarrollados dan cuenta de pérdidas en los aprendizajes de los alumnos (Engzell et al., 2021; Maldonado y Witte, 2022).

rendimiento de los estudiantes en pruebas estandarizadas y una reducción en las brechas entre estudiantes de distintos niveles.

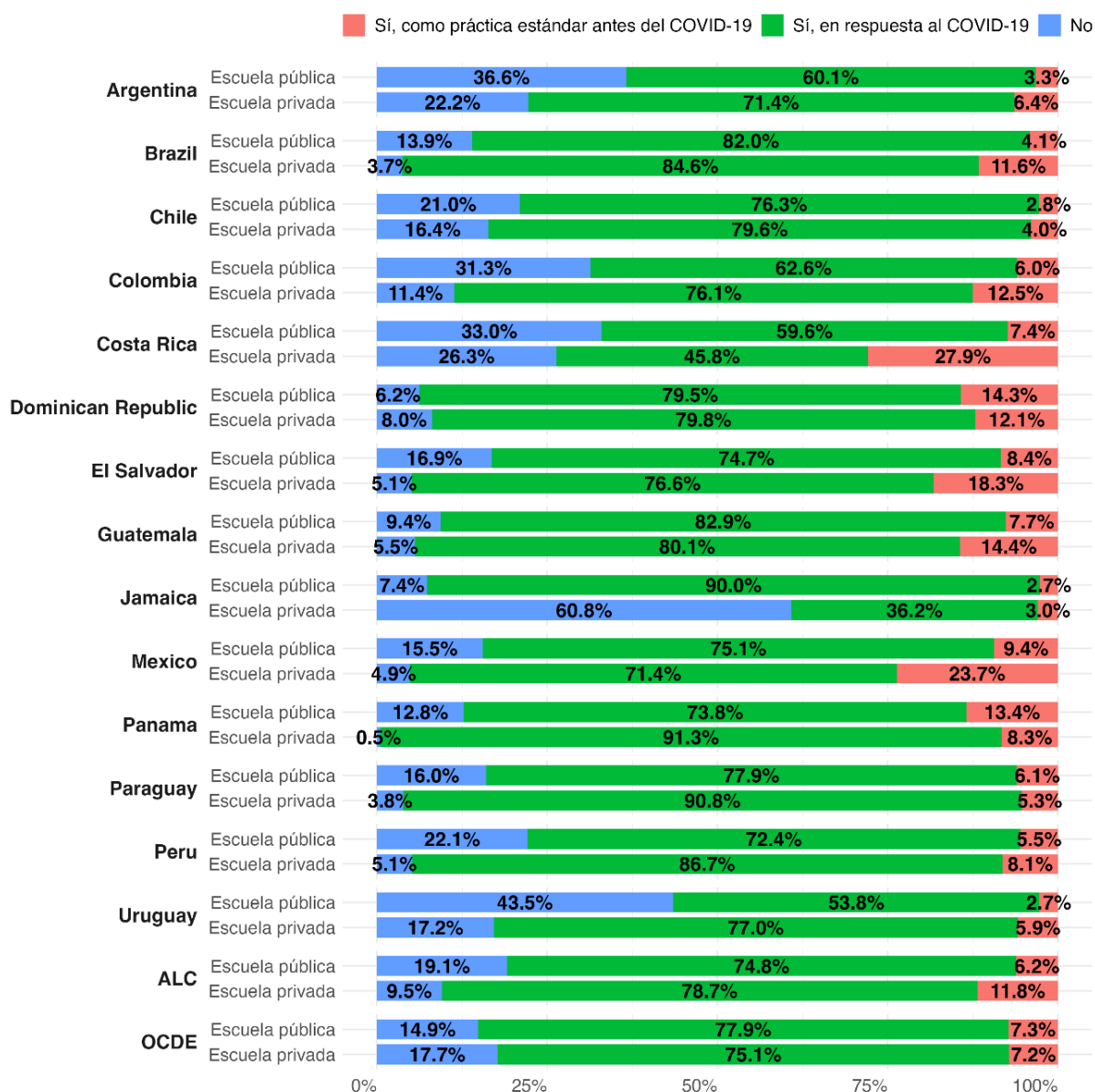
Este tipo de intervenciones también incluyen componentes de fortalecimiento de la instrucción a través de la capacitación docente de forma remota. Según la revisión sistemática realizada por Kraft et al. (2018), las capacitaciones virtuales para maestros generan impactos similares en el rendimiento académico de los estudiantes que las capacitaciones presenciales, con la ventaja adicional de ser más económicas y escalables.

La categoría de **aprendizaje autónomo o autodirigido** incluye intervenciones que apuntan a reforzar el material de clase o proveer prácticas adicionales, pudiendo adaptar el contenido a las necesidades de los estudiantes. Incluyen esencialmente las intervenciones de Computer Assisted Learning (CAL) y Computer -Assisted Instruction (CAI). Estas son unas de las aplicaciones de Edtech más estudiadas para las que se han encontrado resultados positivos, sobre todo cuando se ofrecen como un complemento del aprendizaje en el aula, no como un sustituto (Angrist et al., 2025; Rodríguez-Segura, 2022)<sup>2</sup>. Perera y Aboal (2019), testean la implementación de la Plataforma Adaptativa de Matemáticas (PAM) en Uruguay, encontrando un incremento en el rendimiento de los estudiantes en esta materia. En este contexto, la plataforma permite cerrar brechas entre el rendimiento de estudiantes que provienen de distintos contextos socioeconómicos. Por su parte, Ferman et al. (2021) analizan el impacto de la incorporación de una plataforma para complementar la instrucción de matemática en escuelas públicas en Brasil. Los autores encuentran que no hay efectos significativos en el rendimiento en esta materia, pero sí en las actitudes para el aprendizaje de matemática. Además, resaltan que esto puede variar de acuerdo con la infraestructura y la disponibilidad de recursos digitales de la escuela.

En base al último relevamiento de PISA, las escuelas de los países de la región están avanzando para contar con instrucción remota: casi el 80% de las escuelas públicas y el 90% de las privadas se encuentran elaborando un plan para facilitar la transición desde modalidades presenciales hacia enseñanza remota (Gráfico 1), con una mayor presencia en escuelas privadas.

<sup>2</sup> Angrist et al. (2025) evalúan los efectos de distintos tipos de intervenciones educativas, considerando aquellas que incorporan herramientas Edtech como así también otras más tradicionales que no incorporan componentes tecnológicos, y expresan sus efectos en el aprendizaje de los estudiantes en términos de los años de escolaridad ajustada (LAYS por sus siglas en inglés). Los autores encuentran que las intervenciones CAL tuvieron un efecto positivo en promedio (0.2 LAYS), aunque con una gran desviación.

**Gráfico 1. Escuelas que se encuentran elaborando un plan para facilitar la transición de estudiantes y docentes hacia modalidades de enseñanza remota**



Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

Las intervenciones que utilizan dispositivos tecnológicos para obtener **cambios conductuales** apuntan a derribar barreras de la información e inconsistencias del comportamiento, así como a mejorar la rendición de cuentas y el alineamiento de incentivos. De acuerdo con la revisión realizada por Rodríguez-Segura (2022), estas intervenciones tienen efectos modestos en el rendimiento de los estudiantes y otros indicadores relacionados. Este es el caso de un experimento que Berlinski et al. (2021) en Chile, que enviaron mensajes de texto semanales y mensuales a padres con actualizaciones sobre las notas, asistencia y comportamiento de los alumnos en el aula. Esto incrementó levemente las notas de los alumnos y aumentó la asistencia. Rodríguez-Segura (2022) y Angrist et al. (2025) señalan que, si bien estas no son las intervenciones que más prometen mejorar los resultados educativos, su costo-efectividad es alto y tienen el beneficio de ser escalables, por lo que pueden ser utilizadas como un complemento a otras intervenciones. Sin embargo, en algunos casos el impacto se observa solo en el corto plazo.

La mayor parte de la evidencia con respecto al **uso de IA** en educación, por el momento, proviene de experimentos realizados en países desarrollados o países de África. En términos de los resultados en aprendizaje de los alumnos, las implicancias del uso de herramientas de IA, como los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs por sus siglas en inglés), son mixtas. Por un lado, Lehmann et al. (2025) no encuentran resultados significativos del uso de LLMs en aprendizaje a nivel agregado. Los autores resaltan que los impactos dependen del tipo de uso de la IA que hagan los estudiantes: los alumnos que utilizan estas herramientas para complementar su aprendizaje (por ejemplo, solicitando explicaciones adicionales) muestran resultados positivos, mientras que los que sustituyen las actividades de aprendizaje (por ejemplo generan las respuestas a los ejercicios a partir de los modelos de IA), disminuyen el entendimiento de los temas. Por otro lado, Ferman et al. (2021) realizan un experimento en el que se utilizaron herramientas de IA para proveer retroalimentación a estudiantes adolescentes de escuelas públicas de Brasil, previo a rendir una prueba estandarizada de escritura. Los autores encuentran que los estudiantes sujetos al tratamiento reciben más retroalimentación que el grupo control, y que mejoran su rendimiento en la prueba de lengua.

Las herramientas de IA también han sido testeadas para su uso con maestros o tutores, con resultados positivos: De Simeone et al. (2025) encuentran mejoras en el aprendizaje de los alumnos cuando permiten que los tutores se apoyen LLMs.

La IA también se ha comenzado a implementar dentro de plataformas educativas o intervenciones Computer Assisted Learning (CAL). Este es el caso de la Plataforma ALEKS en Uruguay, que está disponible para estudiantes de tercero a sexto grado de primaria y permite realizar un diagnóstico automático, y generar una ruta de aprendizaje personalizada (Ceibal, 2025). Sobre estas herramientas, los docentes también pueden modificar la asignación de actividades de forma manual.

#### **Recuadro 1: Sistemas de Información y Gestión Educativa**

La digitalización se ha aplicado hace varias décadas en sistemas de información y gestión educativa en la región, proporcionando a los maestros, directores escolares y funcionarios gubernamentales tableros de control y análisis de datos con actualización frecuente para tomar mejores decisiones (Rajasekaran et al., 2024). La implementación de sistemas de información y gestión educativa mejora el aprovechamiento de los recursos humanos y el tiempo que dedican a tareas administrativas, que pueden ser digitalizadas y automatizadas (Arias Ortiz et al. (2021). Esto produce ahorros en términos presupuestarios, producto de la mayor información disponible y la mejor gestión de los recursos.

Arias Ortiz et al. (2021) evalúa el avance en la aplicación de 10 Sistemas de Información y Gestión Educativa públicos aplicados a nivel nacional y 6 implementados a nivel de gobierno local o intermedio en 3 países distintos de ALC. El análisis concluye que los sistemas en ALC se encuentran en un estado incipiente, cubriendo solo algunos procesos de gestión del sistema educativo. El proceso en el que verifica mayor desarrollo es el relacionado a los estudiantes y sus aprendizajes: la mayoría de los países adoptaron identificadores únicos para estudiantes, aunque pocos tienen sistemas de inscripción y matriculación de alumnos y sistemas para emisión de títulos y certificados. Otro proceso que resaltan los autores son los tableros de control e indicadores, dentro de los que se encuentran los mecanismos para detectar riesgos de deserción, que se evalúan en estado latente en la mayoría de los casos. Un ejemplo de este tipo de sistemas es el GURÍ de Uruguay, que envía alertas cuando un conjunto de indicadores predice la deserción escolar de un determinado alumno, permitiendo así la actuación preventiva de los maestros y las instituciones.



Uno de los principales problemas que tienen estos sistemas actualmente es la interoperabilidad, que incluye la integración de los datos, la posibilidad de que los sistemas sean compatibles entre sí, y la factibilidad para compartir datos con sistemas externos. La mayoría de los sistemas evaluados en Arias Ortiz et al. (2021) no cumplen estas tres condiciones, por lo que no se consideran interoperables.

A su vez, la recolección de datos de los estudiantes y maestros en un sistema precisa contar con protocolos de protección de identidad de los usuarios. Al respecto, Arias Ortiz et al. (2021) identifican que la implementación de medidas de ciberseguridad (incluyendo disponibilidad de los datos, integridad y autenticidad y confidencialidad) se encuentran en estado incipiente.

Finalmente, la incorporación de algoritmos de IA en estos sistemas puede introducir sesgos en las recomendaciones y alertas producidas. Para reducir estos sesgos, un primer paso es incrementar la transparencia del funcionamiento de los algoritmos de IA e introducir mecanismos para la revisión por parte de especialistas. A su vez es relevante trabajar sobre la interoperabilidad y la completitud de los datos sobre los que se entrenan dichos algoritmos.

## **Beneficios de la implementación de Edtech e IA**

Además de los beneficios sobre los aprendizajes discutidos en la sección anterior, las herramientas de EdTech e IA tienden a aliviar barreras al acceso a los servicios educativos, modificar los entornos y el diseño del aprendizaje y mejorar habilidades digitales de las nuevas generaciones.

### **Mayor acceso por parte de estudiantes en zonas remotas**

Los estudiantes que residen en zonas remotas enfrentan diversas barreras para acceder a servicios educativos. Estas dificultades se reflejan en tasas diferenciales de matriculación escolar entre zonas urbanas y rurales. Mientras que la inscripción en la educación primaria es casi universal (con un promedio del 96% de los niños en edad escolar matriculados y una diferencia de 1 punto porcentual entre ambas áreas), las brechas se acentúan en la educación secundaria: en promedio, el 77% de los adolescentes en edad de asistir a este nivel se encuentran matriculados, cifra que desciende al 63% en caso de quienes viven en zonas rurales (CIMA, 2025).

Entre los factores que explican esta disparidad se encuentra la limitada disponibilidad de centros educativos en áreas rurales: el 50 % de las escuelas rurales reportan ser los únicos establecimientos disponibles en su área (OECD, 2023a). Esta escasez de oferta implica que la distancia hasta los centros educativos puede representar una barrera significativa para los estudiantes de comunidades alejadas. En este sentido, Rodríguez-Segura y Kim (2021) estiman que en Costa Rica, Guatemala y Perú, el 3 %, 5 % y 12 % de la población, respectivamente, vive a más de tres kilómetros de una escuela pública.

Incluso dentro de los estudiantes que residen en zonas rurales que acceden a los servicios educativos, existe una diferencia significativa en el rendimiento de los estudiantes en zonas urbanas y rurales (CIMA, 2025; OECD, 2023a). Uno de los factores que está detrás de esto es la calidad de los servicios educativos que reciben, la que se ve influida por la capacitación del personal docente. Algunos estudios muestran que los maestros en escuelas rurales tienen menos años de experiencia que sus contrapartes en zonas urbanas (Echazarra y Radinger, 2019).

Como se mencionó en la sección anterior, la digitalización puede permitir conectar a los estudiantes en zonas rurales con servicios educativos de mayor calidad y brindar mayores posibilidades a los maestros de estas áreas de continuar capacitándose, mediante

educación remota. Una de las primeras estrategias para acercar la educación a comunidades remotas mediante tecnologías fue la enseñanza a través de transmisiones radiales y televisivas (UNESCO, 2024). Un ejemplo destacado es el programa de telesecundaria en México mencionado antes, que según Fabregas y Navarro-Solá (2025), constituye el principal mecanismo mediante el cual el gobierno provee educación secundaria a comunidades rurales del país.

### **Inclusión de personas con discapacidad**

Las herramientas Edtech facilitan que la información para el aprendizaje se exprese de distintas formas, adecuándose a las personas con discapacidad y proporcionando un acceso justo, y permitiendo el desarrollo su independencia, agencia e inclusión social (UNESCO, 2024). Lynch et al. (2021) sistematizan la evidencia sobre la efectividad en el uso de tecnologías educativas para apoyar el aprendizaje de niños con discapacidad de 6 a 12 años de edad, señalando que las tecnologías de Edtech se han utilizado para asistir a niños con distintas discapacidades (dificultades auditivas o sordera, dificultades de la vista, necesidades especiales de educación, autismo, entre otras). En el caso de estudiantes con dificultades auditivas, herramientas digitales como videos, imágenes y aplicaciones móviles para aprender lengua de señas están facilitando el acceso al vocabulario y fomentando la comunicación entre alumnos, docentes y familias. Si bien Lynch et al. (2021) identifican ejemplos de resultados positivos del uso de estas tecnologías en el aprendizaje de niños con discapacidad, particularmente en escuelas especiales, concluyen que la evidencia sobre la efectividad es aún débil y destacan la necesidad de investigaciones más rigurosas y de largo plazo en países de ingresos bajos y medios.

### **Mejoras en el entorno y el diseño del aprendizaje**

Las intervenciones de Edtech han apuntado en algunos casos a utilizar dichas tecnologías para ofrecer educación ajustada al nivel de cada estudiante, proporcionando instrucción y ejercicios prácticos personalizados (Rodríguez-Segura, 2022). Estas tecnologías facilitan la implementación y disminuyen los costos de intervenciones dirigidas a adaptar la instrucción al nivel de cada estudiante. La evidencia experimental para la región señala efectos positivos de la adopción de estas tecnologías sobre el aprendizaje de los estudiantes en El Salvador (Büchel et al., 2022) y Ecuador (Angel-Urdinola y Chinen, 2023). Por su parte, un estudio de Barros y Ganimian (2024) encuentra que los beneficios de estas intervenciones son mayores para los estudiantes que previamente tenían un peor rendimiento.

La aplicación de IA puede facilitar y disminuir los costos de estas aplicaciones aún más, por ejemplo, a partir de la utilización de chatbots como apoyo para el aprendizaje, no solo utilizado de forma autónoma, sino también para el trabajo en clase junto con un docente. Asimismo, estas herramientas permiten la generación automática de métricas en tiempo real, lo que contribuye al monitoreo y mejora continua del proceso educativo (Arias Ortiz et al., 2025).

Además de la personalización del aprendizaje, hay aplicaciones de Edtech en las que se han incluido elementos de juegos ("gamificación"). Araya et al. (2019) han estudiado la aplicación de estos instrumentos en una plataforma online para trabajar ejercicios de matemática en el contexto chileno. Encuentran que, además de mejorar el aprendizaje de esta materia, incrementó la preferencia de los estudiantes para utilizar tecnología cuando aprenden matemática.

La IA puede ayudar a los maestros en el diseño de las clases, generando contenido y adaptándolo a las circunstancias específicas (Arias Ortiz et al., 2025). Si bien esta posibilidad es prometedora, también plantea desafíos, ya que es necesario garantizar que

los modelos de inteligencia artificial generen contenidos de calidad y que revistan coherencia y adecuación a los contextos en los que se aplicarán.

### **Aumento de habilidades digitales**

Como se ha mencionado en la sección anterior, algunas intervenciones Edtech, como por ejemplo aquellas que entregan computadoras a estudiantes, no han mostrado efectos de magnitud sobre los aprendizajes (Rodríguez-Segura, 2022). Sin embargo, algunas evaluaciones y evidencia experimental indican que la mayor exposición a dispositivos tecnológicos aumenta la familiaridad con la tecnología (Bet et al., 2014; Beuermann et al., 2015; Malamud et al., 2019; Malamud y Pop-Eleches, 2011; Mo et al., 2013) y las habilidades digitales (Bet et al., 2014).

## **Condiciones necesarias para la implementación: infraestructura, docentes y estudiantes**

Las intervenciones de Edtech y sus beneficios asociados dependen crucialmente de la infraestructura educativa y la preparación de maestros y estudiantes para utilizar y aprovechar estas herramientas. Si bien en las últimas décadas se ha avanzado en el acceso a TICs y en el desarrollo de habilidades digitales, todavía persisten brechas en acceso y uso de tecnologías que la implementación de soluciones Edtech e IA deben considerar, a fin de evitar ampliar las desigualdades educativas (Escueta et al., 2020).

Un insumo clave que afecta la preparación de los centros educativos, maestros y estudiantes es la calidad del servicio de internet. Alves et al. (2025) identifican marcadas diferencias en la velocidad de descarga de conexiones fijas a internet entre las distintas jurisdicciones subnacionales de América Latina y el Caribe, con excepción de países como Chile y Uruguay, donde las velocidades son más uniformes. En el 22 % de las jurisdicciones, las velocidades no superan los 25 Megabits por segundo (Mbps), lo que representa una limitación para realizar actividades básicas como descargar archivos, enviar correos electrónicos o participar en videollamadas desde varios dispositivos a la vez. La conectividad móvil generalmente presenta un rendimiento inferior: en promedio, la velocidad de descarga móvil es un 50 % menor que la fija, y en el 37 % de las jurisdicciones no supera los 25 Mbps. Arias et al. (2025) enfatizan que el uso de chatbots en entornos educativos requeriría una velocidad mínima de 5 Mbps, mientras que asistentes de voz requerirían 10 Mbps.

A continuación, se analizan factores de relevancia en términos de la preparación de las escuelas, los maestros y los estudiantes en la región para la implementación de intervenciones Edtech y de IA.

### **Infraestructura educativa**

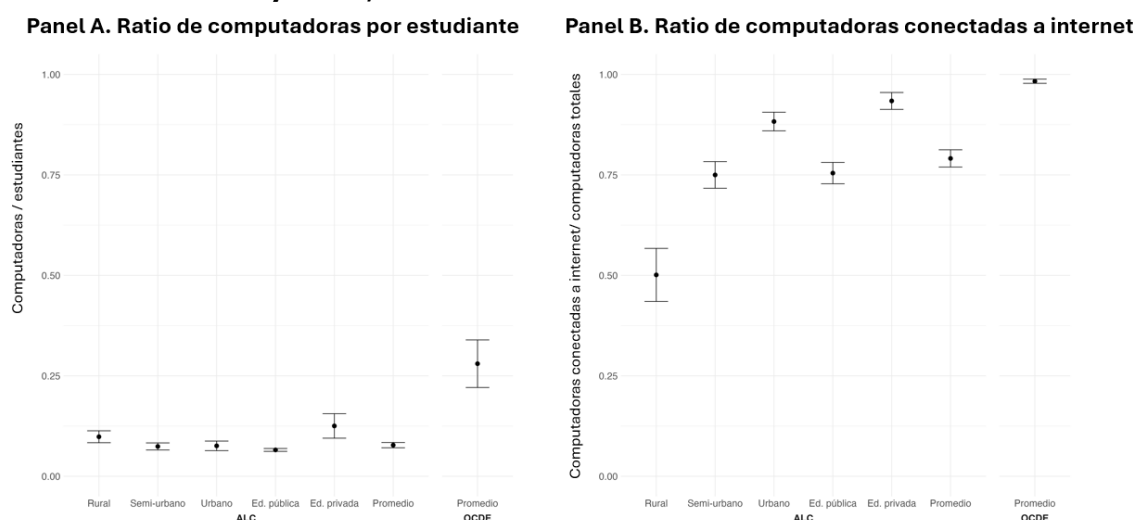
En las últimas décadas ha aumentado de manera significativa la cantidad de recursos digitales al interior de las escuelas en la región: el porcentaje de escuelas que no contaba con computadoras o laptops para el aprendizaje de los estudiantes bajó de 35% en 2006 a 16% en 2022, si se consideran los 6 países de la región que participaron en ambos ciclos de PISA (Herrera et al., 2025).

Sin embargo, los directores de las escuelas siguen considerando que la insuficiencia de estos dispositivos está afectando la calidad de la instrucción que pueden brindar. De acuerdo con OCDE (2023a), el 50% de los directores de escuelas de la región considera que la cantidad de recursos digitales es insuficiente y un 48% cree que la calidad de estos recursos no permite brindar una instrucción adecuada. Además de presentar diferencias significativas respecto a los países de la OCDE, dentro de la región existen brechas en ambos indicadores entre las escuelas urbanas, donde el 40% de los directores considera

que la calidad y cantidad de estos recursos limitan sus capacidades de instrucción, y las rurales, donde este mismo porcentaje llega al 70%.

Tal como se observa en el Gráfico 2, existe una diferencia significativa en el ratio de computadoras disponibles para los estudiantes entre las escuelas públicas y privadas de la región. Sin embargo, las diferencias más visibles se presentan en la proporción de las computadoras que se encuentran conectadas a internet. Adicionalmente, estas brechas no consideran la calidad de las TICs, donde también puede haber diferencias significativas. Esto es relevante ya que las diferentes aplicaciones mencionadas anteriormente tienen diversos requerimientos. Por ejemplo, Arias Ortiz et al. (2025) subrayan que, para la implementación de herramientas de IA, los requerimientos de los dispositivos son distintos en función de su implementación en la nube o de forma local. Los primeros necesitan una mejor conexión a internet, mientras que los segundos precisan equipos con mayor capacidad de procesamiento local.

**Gráfico 2. Computadoras por estudiante y computadoras conectadas a internet en escuelas de ALC y OCDE, de acuerdo con características de los centros educativos**



Nota: La cantidad de computadoras en la escuela y la cantidad de computadoras con internet en la escuela fueron obtenidas del cuestionario de escuelas de la última ronda de PISA. La clasificación por nivel de ruralidad fue construida a partir de la población del área de la escuela: las áreas con población menor a 3.000 personas fueron clasificadas como rurales, las áreas con una población entre 15.000 y 100.000 personas fueron clasificadas como semi-urbanas, y las áreas con una población superior a 100.000 personas fueron clasificadas como urbanas.

Fuente: elaboración propia con base en OCDE (2023a).

## Maestros y profesores

Una de las causas por las que algunas intervenciones Edtech no alcanzaron los resultados esperados ha sido la poca utilización de estas tecnologías y la inadecuada capacitación de los maestros para incluirlas en las actividades diarias (Arias Ortiz et al., 2025). En algunos casos, como el de la conexión de internet en escuelas públicas en Perú, las mejoras en los aprendizajes se han visto acompañadas por la contratación de personal docente capacitado en la utilización de computadoras (Lakdawala et al., 2023).

A nivel general, algunas mediciones de habilidades digitales parecen indicar que la región tiene un gran desafío: solo el 28% de la población tiene habilidades digitales básicas (como copiar y pegar en un documento de texto) y solo el 21% posee habilidades intermedias (como realizar un curso en línea) (Álvarez et al., 2025). Si bien el 87% de los directores de escuelas de la región consideran que los docentes tienen las capacidades técnicas y pedagógicas para integrar dispositivos digitales a sus clases (Herrera et al.,

2025), el 59% de los profesores consultados en los países de ALC reportaron tener necesidades altas o moderadas de capacitación en habilidades digitales para la enseñanza (OECD, 2023a). Esto contrasta con el 39% de los profesores en países de la OCDE.

Por último, la incorporación de TICs en la instrucción también depende de los incentivos con los que cuentan los profesores para hacerlo. En la región, solo el 40% de los directores de escuelas reportan que los docentes tienen incentivos para incorporar tecnologías digitales en sus clases (OECD, 2023a). Si bien en dicho relevamiento no se cuenta con el detalle sobre el tipo de incentivos, una encuesta en los países de la OCDE encuentra que la mayoría de los países (27 de 35) ofrecen capacitaciones gratuitas para incrementar el uso de TICs en la instrucción, aunque solo 11 países incluyen las habilidades digitales en las evaluaciones de desempeño de los maestros y 9 lo establecen como condición necesaria en los asensos de los profesores (Boeskens y Meyer, 2025).

Como se mencionó previamente, existen intervenciones de Edtech que pueden aumentar la oferta y disminuir los costos de la capacitación de docentes. De acuerdo con Herrera et al. (2025), los marcos de competencias digitales pueden dar lugar al diseño de cursos de formación inicial y de formación continua. Los autores destacan que, para que estos programas sean efectivos, es fundamental contar con el respaldo de los directores de las instituciones educativas, ya que es preciso garantizar que los docentes dispongan del tiempo necesario para participar en las capacitaciones y que se implementen los incentivos adecuados, incluyendo beneficios económicos, para motivar su participación.

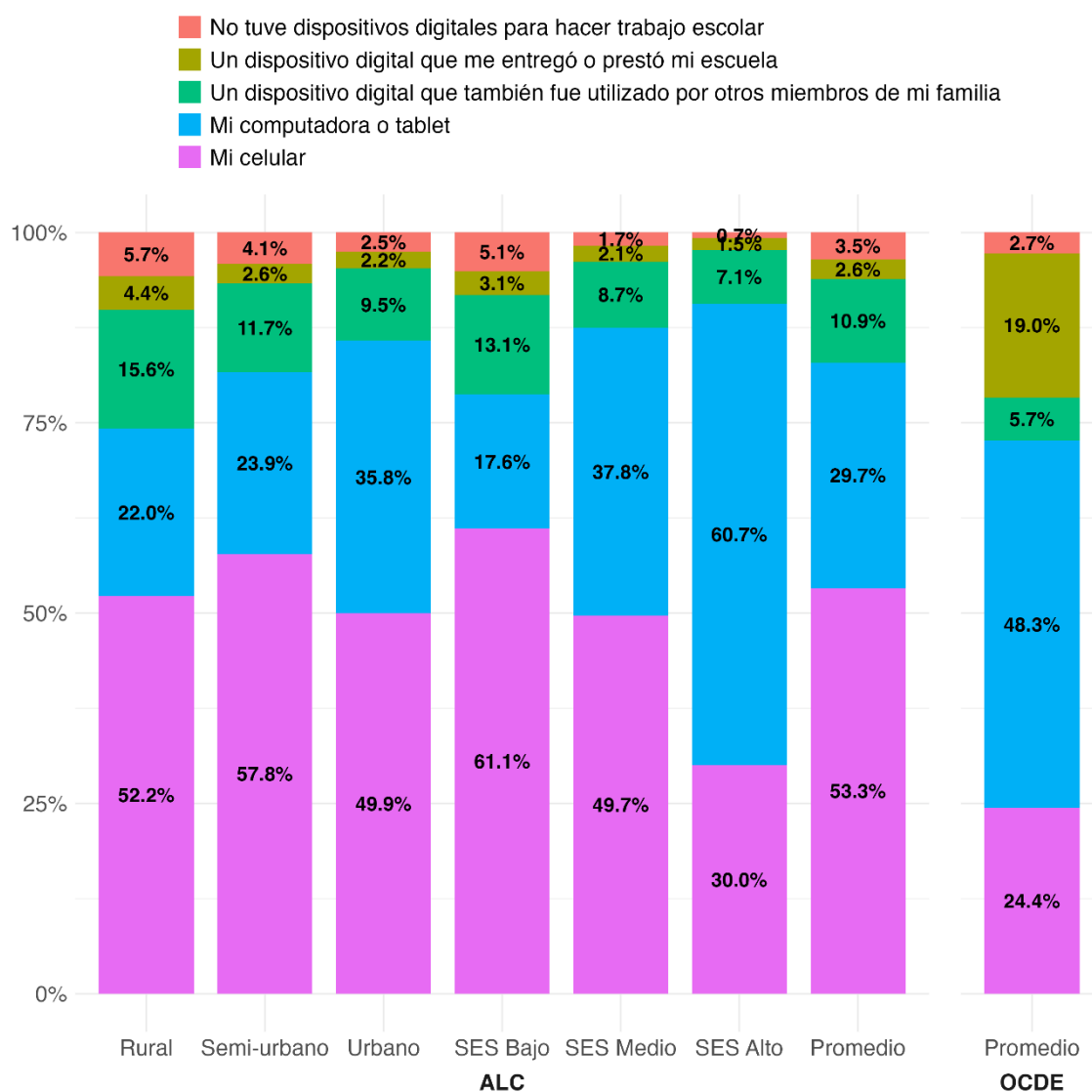
## **Estudiantes**

Aunque el acceso a tecnologías digitales se ha expandido de forma acelerada en los últimos años, persisten brechas significativas que amenazan con profundizar las desigualdades existentes en el acceso a una educación de calidad (UNESCO, 2024). Según datos del último relevamiento de PISA, durante el cierre de escuelas provocado por la pandemia de COVID-19, aproximadamente el 3,5 % de los estudiantes no contaban con dispositivos para realizar sus tareas escolares (

Gráfico **3**), con porcentajes aún más elevados entre los alumnos de zonas rurales y aquellos pertenecientes a hogares de nivel socioeconómico bajo. Asimismo, se observa una marcada desigualdad en el tipo de dispositivo utilizado: mientras que el 60 % de los estudiantes con mayor nivel socioeconómico utilizó una computadora o tablet propia (dispositivos con mayores funcionalidades pedagógicas), solo el 18 % de los estudiantes menos favorecidos tuvo acceso a este tipo de equipamiento, predominando en este grupo el uso de teléfonos móviles. En contraste, entre los países de la OCDE, un 19 % de los estudiantes accedió a dispositivos provistos por la escuela, una proporción considerablemente mayor en comparación con los países de América Latina y el Caribe.<sup>3</sup> Si bien los estudiantes pudieron acceder a dispositivos digitales para realizar sus tareas durante la pandemia, un porcentaje elevado (78%) reportó haber contado con inconvenientes con el acceso a internet (OECD, 2023a).

<sup>3</sup> Esta diferencia en la composición en el tipo de dispositivo utilizado puede estar relacionada con el menor uso de dispositivos digitales para actividades escolares que realizan los estudiantes de la región, en comparación a sus pares de la OCDE (Herrera et al., 2025).

**Gráfico 3. Uso de dispositivos digitales por parte de los estudiantes para realizar tareas durante el cierre de escuelas por COVID-19 en América Latina y el Caribe y en países de la OCDE**



Nota: la clasificación de por nivel de ruralidad fue construida a partir de la población del área de la escuela. Las áreas con población menor a 3.000 personas fueron clasificadas como rurales, las áreas con una población entre 15.000 y 100.000 personas fueron clasificadas como semi-urbanas, y las áreas con una población superior a 100.000 personas fueron clasificadas como urbanas. La variable SES hace referencia al estatus socioeconómico del estudiante, utilizando el índice de estatus económico, social y cultural (ESCS por sus siglas en inglés) elaborado por PISA. Esta variable fue categorizada en terciles, donde la categoría SES Bajo corresponde a los estudiantes en el tercil más bajo del índice, la categoría SES Medio corresponde a los estudiantes en el segundo tercil, y la categoría SES alto corresponde a los estudiantes en el tercil más alto.

Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

Estas dificultades en el acceso a TICs se suman al desarrollo de las habilidades digitales por parte de los alumnos. Herrera et al. (2025) utilizan los datos del último relevamiento de PISA, donde se consulta a los alumnos si pueden realizar 14 tareas relacionadas con el uso de TICs, y encuentran que mientras el estudiante promedio de la OCDE puede realizar 10 de esas 14, en los países de ALC los alumnos de 15 años pueden ejecutar 8. También reportan diferencias significativas por nivel socioeconómico del estudiante, aunque no por género.

En esta línea, a pesar del uso extendido de dispositivos digitales durante la pandemia, solo el 20% de los estudiantes de la región se sienten seguros de poder utilizar una plataforma educativa (como Moodle) o de participar en una videollamada en caso de que las escuelas debieran cerrar nuevamente (OECD, 2023a). En el Cuadro 2 se puede observar que la confianza se incrementa por el nivel socioeconómico del estudiante, y que los hombres tienden a tener menor confianza que las mujeres.

Cuadro 2. Confianza de los alumnos en la utilización de plataformas educativas

Variable dependiente: Confianza en la utilización de plataformas educativas en contexto de potencial cierre de escuelas.		
	ALC (1)	OECD (2)
SES medio	0.108*** (0.014)	0.073*** (0.011)
SES alto	0.183*** (0.019)	0.164*** (0.014)
Masculino	-0.029*** (0.009)	-0.041*** (0.007)
Edad	0.056*** (0.019)	0.001 (0.013)
Observaciones (estudiantes)	27 902	99 822
Observaciones (escuelas)	3 562	8 674

Nota: La condición socioeconómica (SES) se mide con el Índice de Estatus Económico, Social y Cultural (ESCS) de PISA. El índice se discretizó en terciles: SES bajo (tercil inferior), SES medio (tercil intermedio) y SES alto (tercil superior). El cuadro reporta los coeficientes de una regresión cuya variable dependiente es igual a 1 si el estudiante respondió que se siente "confiado" o "muy confiado" de poder utilizar una plataforma educativa en caso de que las escuelas tuvieran que cerrar nuevamente. El modelo incluye controles por el nivel educativo máximo alcanzado por el padre, la madre o el tutor, así como efectos fijos por país. Los errores estándar, mostrados entre paréntesis, se estiman con el procedimiento por defecto del paquete Rrepest para microdatos de PISA. Niveles de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .  
Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

De acuerdo con UNESCO (2024), solo el 46% de los países a nivel global cuenta con marcos de competencias digitales que permitan identificar, medir y desarrollar las habilidades necesarias para que los alumnos participen efectivamente en entornos digitales. La situación en ALC es aún más preocupante: únicamente uno de cada cinco países dispone de estándares para desarrollar estas competencias (Herrera et al., 2025). Estos marcos normativos son fundamentales, ya que proporcionan lineamientos claros para que directores y maestros integren las competencias digitales en el entorno escolar. En el contexto de la inteligencia artificial, Miao et al. (2025) proponen un marco específico que prepare a los estudiantes para actuar como usuarios críticos y responsables, capacitándolos incluso para participar en el desarrollo de futuras herramientas de IA. La implementación efectiva de estas competencias exige transformaciones curriculares integrales que trasciendan las materias tradicionales de ciencia, tecnología y matemática. Considerando el acelerado desarrollo tecnológico actual, los currículos educativos requieren mayor flexibilidad para incorporar estos cambios de manera oportuna (Herrera et al., 2025).



Finalmente, en función de los marcos para el desarrollo de habilidades, también se deberían plantear evaluaciones que permitan medir la evolución de las competencias digitales de los estudiantes. Algunos países de la región ya han dado los primeros pasos en este sentido, como por ejemplo Perú y Colombia (Herrera et al., 2025).

## **Desafíos en la implementación**

A pesar de los beneficios asociados con la adopción de herramientas Edtech e IA, su implementación plantea una serie de desafíos que deben ser cuidadosamente considerados para evitar efectos adversos. Además de los efectos no deseados vinculados con la incorporación de tecnologías Edtech, esta sección aborda tres desafíos clave para las aplicaciones de IA en educación: los cambios que generan estas aplicaciones en las formas de aprendizaje y evaluación, la calidad de los contenidos utilizados y la mitigación de posibles sesgos algorítmicos. En estos dos tipos de intervenciones, resulta clave garantizar la privacidad y seguridad de los datos recolectados de estudiantes y docentes.

### **Efectos no deseados de la incorporación de Edtech**

Un primer efecto que se debe considerar a la hora de implementar intervenciones Edtech son los impactos que generan en las actitudes de los alumnos. Por un lado, algunos estudios encuentran que la aplicación de herramientas Edtech en el aula han empeorado las interacciones entre alumnos y docentes (Berlinski y Busso, 2017). Según los autores, este deterioro en las interacciones sería uno de los mecanismos que explican el menor desempeño en matemáticas observado entre los estudiantes que recibieron mentoría mediante herramientas EdTech, en comparación con aquellos que no participaron en estas intervenciones. En otros estudios cualitativos los docentes han reportado que la utilización de recursos digitales produce mayor ruido en el aula y dificulta el control del ambiente escolar (Nikolopoulou, 2020).

Además, se ha encontrado que el aprendizaje en línea está relacionado con una menor interacción entre pares (Hehir et al., 2021). Sin embargo, los autores también observan que la sincronización de las clases y las interacciones promovidas por los docentes tienen potencial para fomentar una mayor conexión entre los alumnos.

La utilización de dispositivos digitales en el aula también puede afectar negativamente el aprendizaje al producir distracciones por parte de los alumnos. De acuerdo con OCDE (2023b), hay una gran heterogeneidad en el porcentaje de alumnos que reportan distracciones recurrentes en sus clases de matemáticas debido al uso de dispositivos digitales. En algunos países de ALC (como Argentina o Uruguay) aproximadamente el 50% de los estudiantes reportó distraerse frecuentemente, mientras en otros (como Perú, El Salvador y México) entre un 20% y un 30% lo hizo. Algunas revisiones de la literatura y metaanálisis concluyen que los estudiantes aprovechan el uso de teléfonos inteligentes en las aulas para realizar actividades no relacionadas con la escuela (UNESCO, 2024). Hall et al. (2020) encontraron que el uso de computadoras en el aula para actividades que no son académicas tiene efectos perjudiciales en la atención no solo del estudiante, sino también para sus compañeros.

Finalmente, el tiempo que los alumnos utilizan las pantallas suele estar asociado en algunos casos al deterioro de su salud mental y física (UNESCO, 2024). Por ejemplo, en la intervención evaluada por Araya et al. (2019) en el contexto chileno, se observó un incremento en el sentimiento de ansiedad al estudiar. Trott et al. (2022) encontraron que el aumento en el tiempo que las personas pasan frente a las pantallas empeora sus hábitos alimenticios y la salud ocular.

## **Cambios en las formas de aprender y evaluar**

La aplicación de chatbots y herramientas de IA simplifica la obtención de respuestas, por lo que podrían disminuir la motivación de los alumnos para realizar investigaciones independientes y generar soluciones (UNESCO, 2024). Dado que la utilización de estas herramientas es relativamente reciente, es necesario ampliar la investigación sobre aspectos que van más allá de las mejoras en los aprendizajes.

(UNESCO, 2024) Por otro lado, la adopción masiva de la inteligencia artificial por parte de la población estudiantil plantea nuevos desafíos para la evaluación académica, especialmente cuando las tareas se realizan en entornos no supervisados. Si bien existen actualmente herramientas para detectar textos generados por IA, su efectividad disminuirá conforme estos modelos continúen evolucionando y perfeccionándose. Esta realidad demanda una adaptación urgente de los programas de desarrollo profesional docente para incorporar nuevas metodologías de asignación de tareas y estrategias de evaluación que sean apropiadas para el contexto actual (UNESCO, 2024). En consecuencia, los sistemas educativos deberán repensar fundamentalmente sus enfoques evaluativos, transitando hacia modelos que valoren más el proceso de aprendizaje, el pensamiento crítico y la aplicación práctica del conocimiento, en lugar de centrarse únicamente en la producción de contenido.

## **Asegurar la calidad de los contenidos**

El uso de IA en la generación de contenidos conlleva riesgos importantes. Si bien esta tecnología facilita la creación de contenidos educativos, dificulta garantizar su calidad (UNESCO, 2024) y que estos se adapten a la edad y contexto del alumno (Arias Ortiz et al., 2025). Los modelos de IA dependen crucialmente de la calidad de los datos con los que son entrenados, por lo que, para que estas herramientas sean útiles, deben estar alineadas con los planes de estudio oficiales y responder a las necesidades pedagógicas del aula. Además, es esencial que se basen en contenidos que respeten estándares de enseñanza de alta calidad, respaldados por la experiencia docente y por enfoques pedagógicos validados (Arias Ortiz et al., 2025). Finalmente, previo a su incorporación dentro del aula, es necesario que sean debidamente testeados y aplicados al contexto particular para el que se utilizará.

## **Evitar sesgos de los algoritmos**

Otro desafío de la aplicación de IA en educación está relacionado con los sesgos de sus algoritmos y la reproducción de desigualdades preexistentes. Los modelos de IA aplicados a tareas como la personalización del aprendizaje pueden presentar sesgos si los datos utilizados para entrenarlos no representan adecuadamente la diversidad de estudiantes y contextos escolares (UNESCO, 2024).

Por ello, es fundamental que los organismos encargados de implementar soluciones basadas en IA en educación promuevan la transparencia en el diseño y entrenamiento de los modelos, así como su validación en contextos locales antes de su adopción masiva. En este contexto ha cobrado fuerza la literatura sobre inteligencia artificial explicable (Explainable AI). Esta pretende transparentar el funcionamiento de los algoritmos, transparentando cómo están utilizando la información, para que no sean "cajas negras". Dado que muchas veces los algoritmos descartan o dan relevancia a variables no deseadas sin generar alertas, esta herramienta permite un mejor entendimiento sobre cómo funcionan estos sistemas, permitiendo identificar potenciales sesgos y mejorar su rendición de cuentas en educación (Khosravi et al., 2022).

## **Privacidad y seguridad de los datos**

La mayoría de las intervenciones Edtech realizan algún levantamiento de datos personales de los estudiantes o maestros. A pesar de la necesidad y urgencia de implementar marcos normativos para la privacidad y seguridad de los datos, se ha avanzado poco. A nivel global, solo el 16% de los países tienen una ley sobre la temática, mientras que el 29% ha implementado una política (UNESCO, 2024). Dentro de este último grupo, la mayoría son países de Europa y Norteamérica. En la región solo el 20% de los países tienen una ley o política para proteger los datos en la educación.

## **Recomendaciones de política**

En esta nota se han revisado algunas de las principales intervenciones Edtech e implementaciones de IA, con especial atención en su adopción y la evidencia disponible en América Latina y el Caribe. Una primera recomendación de política que surge del análisis es la necesidad de acompañar estas iniciativas con procesos sistemáticos de monitoreo y evaluación, especialmente considerando el acelerado avance tecnológico de los últimos años. Estas evaluaciones deben contemplar no solo los efectos sobre el aprendizaje, sino también su impacto en la salud física y mental de los estudiantes, así como en el clima y la dinámica del aula y la relación entre los estudiantes. La evidencia presentada sobre el rendimiento estudiantil resalta la importancia de implementar programas piloto que consideren las particularidades de cada contexto educativo e institucional.

Asimismo, es fundamental avanzar en la provisión adecuada de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los establecimientos educativos, incluyendo el cierre de brechas en el acceso a internet. Paralelamente, se requiere fortalecer los marcos de competencias digitales, con el fin de capacitar tanto a docentes como a estudiantes para un uso pedagógico efectivo y crítico de estas herramientas. También es preciso evaluar el desarrollo de las capacidades digitales de los alumnos y docentes, para monitorear el avance.

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación plantea desafíos significativos que requieren respuestas políticas cuidadosas. La generación de contenidos mediante IA presenta riesgos en cuanto a su calidad, pertinencia y alineación con los planes de estudio, lo que demanda una validación rigurosa antes de su implementación. También preocupa la posibilidad de que los algoritmos reproduzcan sesgos y desigualdades existentes, por lo que se vuelve esencial garantizar la transparencia en su diseño y entrenamiento, así como promover el uso de enfoques explicables que permitan comprender y auditar su funcionamiento en contextos educativos diversos.

## Referencias

- Álvarez, F., Juncosa, F., Toledo, M., De La Mata, D., y Frisancho, V. (2025). *RED Aniversario. Conocimiento que transforma. Veinte años al servicio de un futuro próspero, inclusivo y sostenible*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2470>
- Alves, G., Brassiolo, P., Buccari, F., Camacho, C., Cifuentes, R., Estrada, R., y Fajardo, G. (2025). *Soluciones cercanas: El papel de los gobiernos locales y regionales en América Latina y el Caribe*. CAF.
- Angel-Urdinola, D., y Chinen, M. (2023). Can Digital Personalized Learning for Mathematics Remediation Level the Playing Field in Higher Education?: Experimental Evidence from Ecuador. *Policy Research Working Papers World Bank*.  
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/547575bc-3f12-47d3-b993-7932aaf5e8d1>
- Angrist, N., Evans, D. K., Filmer, D., Glennerster, R., Rogers, H., y Sabarwal, S. (2025). How to improve education outcomes most efficiently? A review of the evidence using a unified metric. *Journal of Development Economics*, 172, 103382.  
<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2024.103382>
- Araya, R., Ortiz, E. A., Bottan, N. L., y Cristia, J. P. (2019). Does Gamification in Education Work?: Experimental Evidence from Chile. *IDB Publications*.  
<https://doi.org/10.18235/0001777>
- Arias Ortiz, E., Eusebio, J., Alfaro, M. P., Vásquez, M., y Zoido, P. (2021). Los Sistemas de Información y Gestión Educativa (SIGED) de América Latina y el Caribe: La ruta hacia la transformación digital de la gestión educativa. *IDB Publications*.  
<https://doi.org/10.18235/0003345>
- Arias Ortiz, E., Giambruno, C., Morduchowicz, A., y Pineda, B. (2024). The State of Education in Latin America and the Caribbean 2023. *IDB Publications*.  
<https://doi.org/10.18235/0005515>

- Arias Ortiz, E., Vergara, N. C., Pabón, T. F., Gambi, G. D. N., Giambruno, C., Alfaro, M. P., y Segura, D. R. (2025). AI and Education: Building the Future Through Digital Transformation. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0013500>
- Arreaza, A., Berniell, L., de la Mata, D., Levy, S., y Schargrotsky, E. (2023). *Retos de la política social en América Latina y el Caribe: Análisis y políticas* [workingPaper]. CAF-Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2102>
- Barrera-Osorio, F., y Linden, L. (2009). *The use and misuse of computers in education: Evidence from a randomized experiment in Colombia (English)*. [Documento de trabajo]. <http://documents.worldbank.org/curated/en/346301468022433230>
- Berlinski, S., y Busso, M. (2017). Challenges in educational reform: An experiment on active learning in mathematics. *Economics Letters*, 156, 172–175.  
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.05.007>
- Berlinski, S., Busso, M., Dinkelman, T., y A., C. M. (2021). *Reducing Parent-School Information Gaps and Improving Education Outcomes: Evidence from High-Frequency Text Messages* (w28581; p. w28581). National Bureau of Economic Research.  
<https://doi.org/10.3386/w28581>
- Berniell, L., de la Mata, D., Bernal, R., Camacho, A., Barrera-Osorio, F., Álvarez, F., Brassiolo, P., y Vargas, J. (2016). *RED 2016. Más habilidades para el trabajo y la vida: Los aportes de la familia, la escuela, el entorno y el mundo laboral*. CAF.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/936>
- Bet, G., Cristia, J. P., y Ibararán, P. (2014). The Effects of Shared School Technology Access on Students' Digital Skills in Peru. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0011530>
- Beuermann, D. W., Cristia, J., Cueto, S., Malamud, O., y Cruz-Aguayo, Y. (2015). One Laptop per Child at Home: Short-Term Impacts from a Randomized Experiment in Peru. *American*

*Economic Journal: Applied Economics*, 7(2), 53–80.

<https://doi.org/10.1257/app.20130267>

Boeskens, L., y Meyer, K. (2025, marzo 19). *Policies for the digital transformation of school education: Evidence from the Policy Survey on School Education in the Digital Age*.

[https://www.oecd.org/en/publications/policies-for-the-digital-transformation-of-school-education\\_464dab4d-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/policies-for-the-digital-transformation-of-school-education_464dab4d-en.html)

Borghesan, E., y Vasey, G. (2024). The Marginal Returns to Distance Education: Evidence from Mexico's Telesecundarias. *American Economic Journal: Applied Economics*, 16(1), 253–285. <https://doi.org/10.1257/app.20220065>

Büchel, K., Jakob, M., Kühnhanss, C., Steffen, D., y Brunetti, A. (2022). The Relative Effectiveness of Teachers and Learning Software: Evidence from a Field Experiment in El Salvador. *Journal of Labor Economics*. <https://doi.org/10.1086/717727>

Bulman, G., y Fairlie, R. W. (2016). Chapter 5 - Technology and Education: Computers, Software, and the Internet. En E. A. Hanushek, S. Machin, y L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 5, pp. 239–280). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63459-7.00005-1>

Ceibal. (2025). *Aleks*. <https://ceibal.edu.uy/plataformas-y-programas/aleks/>

CIMA. (2025). *PISA | CIMA*. <https://cima.iadb.org/en/regional-overview/learning/PISA>

Cristia, J., Ibarrarán, P., Cueto, S., Santiago, A., y Severín, E. (2017). Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop per Child Program. *American Economic Journal: Applied Economics*, 9(3), 295–320. <https://doi.org/10.1257/app.20150385>

de Barros, A., y Ganimian, A. J. (2024). Which Students Benefit from Computer-Based Individualized Instruction? Experimental Evidence from Public Schools in India. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 17(2), 318–343. <https://doi.org/10.1080/19345747.2023.2191604>

- De La Mata, D., Berniell, L., Schargrodsky, E., Álvarez, F., y Alves, G. (2022). *Desigualdades heredadas. El rol de las habilidades, el empleo y la riqueza en las oportunidades de las nuevas generaciones*. Caracas. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1981>
- de Melo, G., Machado, A., y Miranda, A. (2014). *The Impact of a One Laptop Per Child Program on Learning: Evidence from Uruguay*.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2505351](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2505351)
- De Simeone, M., Tiberti, F., Barron Rodriguez, M. R., Manolio, F., Mosuro, W., y Dikoru, E. J. (2025). From Chalkboards to Chatbots: Evaluating the Impact of Generative AI on Learning Outcomes in Nigeria. *World Bank*.  
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/099548105192529324>
- Echazarra, A., y Radinger, T. (2019). *Learning in rural schools: Insights from PISA, TALIS and the literature*. [https://www.oecd.org/en/publications/learning-in-rural-schools\\_8b1a5cb9-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/learning-in-rural-schools_8b1a5cb9-en.html)
- Engzell, P., Frey, A., y Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(17), e2022376118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>
- Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P., y Quan, V. (2020). Upgrading Education with Technology: Insights from Experimental Research. *Journal of Economic Literature*, 58(4), 897–996. <https://doi.org/10.1257/jel.20191507>
- Fabregas, R., y Navarro-Sola. (2025). *Scaling Education to Marginalized Populations: Long-Run Impacts of Technology-Aided Schools*. Working paper.
- Ferman, B., Finamor, L., y Lima, L. (2021). *Are Public Schools in Developing Countries Ready to Integrate EdTech into Regular Instruction?*
- Ferman, B., Lima, L., y Riva, F. (2021). Artificial Intelligence, Teacher Tasks and Individualized Pedagogy. *SocArXiv*, Article qw249. <https://ideas.repec.org/p/osf/socarx/qw249.html>

- Hall, A. C. G., Lineweaver, T. T., Hogan, E. E., y O'Brien, S. W. (2020). On or off task: The negative influence of laptops on neighboring students' learning depends on how they are used. *Computers & Education*, 153, 103901.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103901>
- Hehir, E., Zeller, M., Luckhurst, J., y Chandler, T. (2021). Developing student connectedness under remote learning using digital resources: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6531–6548. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10577-1>
- Herrera, P., Huepe, M., y Daniela, T. (2025). *Educación y desarrollo de competencias digitales en América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/81377-educacion-desarrollo-competencias-digitales-america-latina-caribe>
- Katz, R., Lugo, M. T., Álvarez, M., y Lolácono, F. (2023). *Transformación digital en la educación: El caso de la provincia de Jujuy, Argentina*.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2159>
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., y Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.  
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>
- Kraft, M. A., Blazar, D., y Hogan, D. (2018). The Effect of Teacher Coaching on Instruction and Achievement: A Meta-Analysis of the Causal Evidence. *Review of Educational Research*, 88(4), 547–588. <https://doi.org/10.3102/0034654318759268>
- Lakdawala, L. K., Nakasone, E., y Kho, K. (2023). Dynamic Impacts of School-Based Internet Access on Student Learning: Evidence from Peruvian Public Primary Schools. *American Economic Journal: Economic Policy*, 15(4), 222–254.  
<https://doi.org/10.1257/pol.20200719>



- Lehmann, M., Cornelius, P. B., y Sting, F. J. (2025). *AI Meets the Classroom: When Do Large Language Models Harm Learning?* (arXiv:2409.09047). arXiv.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.09047>
- Lynch, P., Singal, N., y Francis, G. A. (2021). *How Can EdTech Support Primary School Learners with Disabilities in LMICs? Recommendations for Policy*. EdTech Hub.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4701259>
- Malamud, O., Cueto, S., Cristia, J., y Beuermann, D. W. (2019). Do children benefit from internet access? Experimental evidence from Peru. *Journal of Development Economics*, 138, 41–56. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.11.005>
- Malamud, O., y Pop-Eleches, C. (2011). Home Computer Use and the Development of Human Capital \*. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(2), 987–1027.  
<https://doi.org/10.1093/qje/qjr008>
- Maldonado, J. E., y Witte, K. D. (2022). The effect of school closures on standardised student test outcomes. *British Educational Research Journal*, 48(1), 49–94.  
<https://doi.org/10.1002/berj.3754>
- Mo, D., Swinnen, J., Zhang, L., Yi, H., Qu, Q., Boswell, M., y Rozelle, S. (2013). Can One-to-One Computing Narrow the Digital Divide and the Educational Gap in China? The Case of Beijing Migrant Schools. *World Development*, 46, 14–29.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.12.019>
- Naslund-Hadley, E., Parker, S. W., y Hernandez-Agramonte, J. M. (2014). Fostering Early Math Comprehension: Experimental Evidence from Paraguay. *Global Education Review*, 1(4).
- Nikolopoulou, K. (2020). Secondary education teachers' perceptions of mobile phone and tablet use in classrooms: Benefits, constraints and concerns. *Journal of Computers in Education*, 7(2), 257–275. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00156-7>
- OECD. (2023a). *PISA 2022 database [Data set] [Dataset]*.  
<https://www.oecd.org/en/data/datasets/pisa-2022-database.html>

- OECD (Ed.). (2023b). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During - and From - Disruption*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- Perera, M., y Aboal, D. (2019). The impact of a mathematics computer-assisted learning platform on students' mathematics test scores. *MERIT Working Papers*, Article 2019–007. <https://ideas.repec.org//p/unm/unumer/2019007.html>
- Rajasekaran, S., Adam, T., y Tilmes, K. (2024). *Digital Pathways for Education: Enabling Greater Impact for All*. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/9673fd74-1bf4-4693-b45f-374a64464c63>
- Rodriguez-Segura, D. (2022). EdTech in Developing Countries: A Review of the Evidence. *The World Bank Research Observer*, 37(2), 171–203. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkab011>
- Rodriguez-Segura, D., y Kim, B. H. (2021). The last mile in school access: Mapping education deserts in developing countries. *Development Engineering*, 6, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2021.100064>
- Trott, M., Driscoll, R., Irlado, E., y Pardhan, S. (2022). Changes and correlates of screen time in adults and children during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine*, 48, 101452. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101452>
- UNESCO. (2024). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: Tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién? - UNESCO Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388894>
- Yanguas, M. L. (2020). Technology and educational choices: Evidence from a one-laptop-per-child program. *Economics of Education Review*, 76, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2020.101984>

# **EdTech e IA en educación: potencial transformador y desafíos en América Latina y el Caribe**

**Florencia Buccari**

**Diego Fernández Meijide**

## **Resumen**

Este documento analiza el potencial de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (IA) para mejorar el alcance y la calidad educativa en América Latina y el Caribe (ALC). Aunque los países de la región han logrado avances en la cobertura educativa, persisten desafíos significativos en materia de aprendizajes. En este contexto, las intervenciones Edtech y la incorporación de la IA ofrecen oportunidades relevantes: además de contribuir al cierre de brechas en el rendimiento escolar, pueden ampliar el acceso de estudiantes en zonas remotas, facilitar la inclusión de personas con discapacidad, transformar los entornos y el diseño de aprendizaje, y promover el desarrollo de habilidades digitales.

Sin embargo, el aprovechamiento de estos beneficios depende de la preparación de los centros educativos, maestros y estudiantes de la región en términos del acceso a TICs y al desarrollo de habilidades digitales. En este documento se evidencia que, si bien se ha avanzado en las últimas décadas, la región continúa teniendo desafíos importantes en términos infraestructura educativa y de acceso a los dispositivos e internet, acentuando en algunos casos inequidades socioeconómicas. También se identifican brechas significativas en las habilidades digitales tanto de estudiantes como de docentes.

Además de estos condicionantes, el documento subraya los retos asociados a la implementación de tecnologías que deben considerarse para evitar efectos no deseados. En el caso de las intervenciones Edtech, es necesario evaluar su impacto en la interacción entre estudiantes y docentes, así como en la atención y el bienestar físico y mental de los alumnos. Respecto a las aplicaciones de IA, se deben contemplar los cambios en las formas de aprendizaje y evaluación, procurando que no perjudiquen los resultados educativos. También es crucial garantizar la calidad de los contenidos y mitigar posibles sesgos en los algoritmos. Finalmente, se abordan las implicancias en términos de privacidad y seguridad de los datos recolectados por estas herramientas.

## Introducción

Los países de América Latina y el Caribe (ALC) han logrado avances significativos en términos de la expansión educativa en el siglo XX. Un ejemplo de esto es la universalización de la escuela primaria en la mayoría de los países (Álvarez et al., 2025). Gracias a esta expansión educativa, 6 de cada 10 individuos nacidos en la década de 1980 superaron el nivel educativo de sus padres (De La Mata et al., 2022).

Sin embargo, la calidad educativa sigue siendo materia pendiente en la región: de acuerdo con los últimos datos del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés) un 75% de los alumnos no alcanzan niveles básicos de comprensión en matemática (Álvarez et al., 2025). Estas cifras esconden una elevada heterogeneidad en función del estatus socioeconómico de los adolescentes y sus familias. La persistencia en los problemas de calidad educativa explica, en parte, por qué el aumento de la cobertura educativa no se ha traducido en mejores habilidades (cognitivas y no cognitivas), que son cruciales para el acceso a buenos empleos (Arreaza et al., 2023). Finalmente, la población adulta de ALC cuenta con menos años de educación promedio que su equivalente en países desarrollados (Arias Ortiz et al., 2024; Berniell et al., 2016).

La formación equitativa de capital humano es un pilar fundamental para la construcción de sociedades más inclusivas y prósperas (Álvarez et al., 2025). En esta nota se explora el potencial de las tecnologías digitales y las aplicaciones de inteligencia artificial (IA) para disminuir algunas de las brechas y desafíos pendientes de la educación primaria y secundaria en los países de la región. Las siguientes secciones presentan las principales intervenciones EdTech y aplicaciones de inteligencia artificial en educación, que buscan fortalecer el aprendizaje de los alumnos, mejorar la profesionalización de los docentes y apoyar sus actividades diarias, resaltando su impacto sobre los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Se discute el rol de la digitalización y la IA en la gestión de los sistemas educativos, y, cuando es posible, se incluyen ejemplos de evaluaciones e implementaciones en países de América Latina y el Caribe. La nota continúa con un análisis de los beneficios asociados a la adopción de estas tecnologías, seguido por una sección que examina las condiciones necesarias para su implementación efectiva, incluyendo la preparación de escuelas, docentes y estudiantes en la región. Finalmente, se abordan los principales desafíos que enfrenta la integración de estas herramientas en los sistemas educativos, y se concluye con un conjunto de recomendaciones de política.

## Principales intervenciones Edtech e inteligencia artificial: ¿cuáles son y que sabemos de su impacto?

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) aplicadas a la educación, conocidas comúnmente como EdTech, han sido implementadas en los países de ALC desde hace varias décadas (Rodríguez-Segura, 2022). Estas herramientas tecnológicas tienen el potencial de incidir en aspectos cognitivos, no cognitivos y ambientales del proceso educativo, ya sea en una o en varias etapas del ciclo (Escueta et al., 2020). Su público objetivo han sido estudiantes, maestros, y actores involucrados en distintas tareas de gestión del sistema educativo. En los últimos años, con los avances en los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA), sus aplicaciones en el ámbito educativo se han incrementado.

El Cuadro 1 clasifica las intervenciones más populares de EdTech e IA, con base en las revisiones de literatura de Escueta (2020), Rodríguez-Segura (2022) y Angrist et al. (2025) y considerando las evaluaciones de impacto realizadas en países en desarrollo. También se numeran algunos ejemplos de herramientas y aplicaciones en países de la región.

**Cuadro 1. Clasificación de intervenciones EdTech e implementación de IA, herramientas y ejemplos de intervenciones en países de la región**

<b>Tipos de intervenciones</b>	<b>Herramientas que incluye</b>	<b>Ejemplos de intervenciones en ALC</b>
Acceso a tecnología	Provisión de computadoras, teléfonos celulares, e internet para estudiantes, maestros y centros educativos.	Provisión de internet a gran escala para escuelas primarias en Perú  PROMACE Aulas Digitales Móviles en Jujuy, Argentina  Plan Ceibal en Uruguay
Mejoras a la instrucción	Instrucción a distancia, complementos para la enseñanza en el aula e interacción remota entre docentes y padres	Telesecundaria en México
Aprendizaje autónomo o autodirigido	Aprendizaje e instrucción asistido por computadora*	Plataforma Adaptativa de Matemáticas en Uruguay
Intervenciones conductuales apoyadas en tecnología	Incentivos e información para alumnos, maestros y padres	Mensajes de texto a través de la aplicación GURÍ Familia en Uruguay
Inteligencia artificial (IA) generativa y chatbots	Sistemas de tutoría inteligente Evaluación automática  Sistemas de retroalimentación	Plataforma ALEKS en Uruguay

Nota: \*comúnmente conocido como CAL y CAI por sus siglas en inglés.

Fuente: elaboración propia con base en Rodríguez-Segura (2022) y Angrist, et al.(2025).

Las intervenciones de **acceso a la tecnología** afectan principalmente el entorno de aprendizaje (Escueta et al., 2020) y pretenden subsanar la baja penetración de TICs para su utilización en entornos educativos e incluso reemplazar la falta de otros insumos (como por ejemplo libros). También se han diseñado con el objetivo de incrementar las habilidades digitales (Rodríguez-Segura, 2022). Dentro de este tipo de intervenciones se encuentran la provisión de computadoras para estudiantes (conocidas comúnmente como One Laptop per Children – OLPC). Algunos estudios que evalúan el impacto de estas estrategias en la región no han encontrado cambios en el rendimiento educativo en Colombia (Barrera-Osorio y Linden, 2009), Perú (Cristia et al., 2017), Uruguay (de Melo et al., 2014; Yanguas, 2020), y Costa Rica (Meza-Cordero, 2017). Los resultados de estas intervenciones dependen crucialmente de la incorporación en el proceso de aprendizaje

e instrucción. Esta categoría también incorpora la provisión de internet en escuelas. Un ejemplo de ello es el Plan Huascarán en escuelas públicas en Perú, para el que se han encontrado mejoras modestas en los resultados educativos los primeros años luego de que los centros educativos acceden al servicio (Lakdawala et al., 2023). Estos efectos aumentan a partir del segundo año. Otro ejemplo de estas intervenciones en la región es el de Aulas Digitales Móviles en el marco del “Programa de Mejora del Acceso y la Calidad Educativa de la Provincia de Jujuy” (PROMACE) en Argentina. Este programa consistía en equipar los establecimientos educativos de dicha jurisdicción con herramientas digitales (notebooks, proyectores, pizarras digitales) y capacitar a los docentes para su utilización (Katz et al., 2023).

Si bien las intervenciones de acceso a la tecnología no han mostrado aumentos consistentes en los rendimientos educativos de los estudiantes afectados, es importante considerar que pueden ser complemento o base para otras intervenciones y tener efectos sobre las habilidades digitales, como se verá en las secciones siguientes (Rodríguez-Segura, 2022).

Las intervenciones orientadas a mejorar la instrucción, así como las de aprendizaje autónomo o autodirigido, pueden tener objetivos estratégicos diferenciales. Algunas buscan complementar la oferta educativa existente, por ejemplo, facilitando la implementación de clases de apoyo. Otras se plantean como sustitutos de las modalidades educativas tradicionales, permitiendo por ejemplo la expansión de los servicios educativos a zonas remotas a través de modalidades digitales, en reemplazo de la construcción de escuelas tradicionales. En su revisión, Bulman y Fairlie (2016) encuentran que las intervenciones que tienen el primer objetivo tienen un efecto generalmente positivo, mientras que en el segundo se observan efectos cercanos a cero.<sup>1</sup>

Las intervenciones de Edtech orientadas a **mejorar la instrucción** buscan complementar las brechas de conocimiento de los docentes, facilitar la cobertura educativa en zonas remotas con escasez de personal capacitado, y contribuir a la escalabilidad de programas de formación tanto para estudiantes como para maestros. Un ejemplo en la región de intervenciones que amplían el acceso a la educación en zonas remotas fue la implementación de telesecundarias en México, diseñadas para atender a estudiantes de los primeros años del nivel secundario en comunidades rurales o marginadas mediante emisiones televisivas dentro del aula, facilitadas por un docente presencial con conocimientos generales (UNESCO, 2024). En este caso, Fabregas y Navarro-Sola (2025) muestran que esta intervención incrementó las tasas de graduación del primer ciclo de secundaria en comparación con zonas similares sin acceso al programa. Si bien Borghesan y Vasey (2024) observan resultados positivos en los aprendizajes de los estudiantes que acceden a estas escuelas, los mayores beneficios se observan para el estudiante promedio. En el caso de los estudiantes que estaban más avanzados antes de ingresar, los beneficios pueden ser menores porque no tienen la posibilidad de realizar preguntas más avanzadas. A su vez, los alumnos de menores puntajes al entrar a la telesecundaria, podrían requerir algún tipo de adecuación de la clase y del currículo.

Otro ejemplo de estas intervenciones es un piloto implementado en Paraguay, que utilizó tecnología de audio mediante CDs para la enseñanza de matemáticas en nivel inicial, complementada con el apoyo presencial de maestros generalistas. En una evaluación de este piloto, Naslund-Hadley et al. (2014) encontraron resultados positivos en el

<sup>1</sup> Algunas investigaciones que utilizan la sustitución de las clases presenciales por virtuales en el contexto del COVID-19 en países desarrollados dan cuenta de pérdidas en los aprendizajes de los alumnos (Engzell et al., 2021; Maldonado y Witte, 2022).

rendimiento de los estudiantes en pruebas estandarizadas y una reducción en las brechas entre estudiantes de distintos niveles.

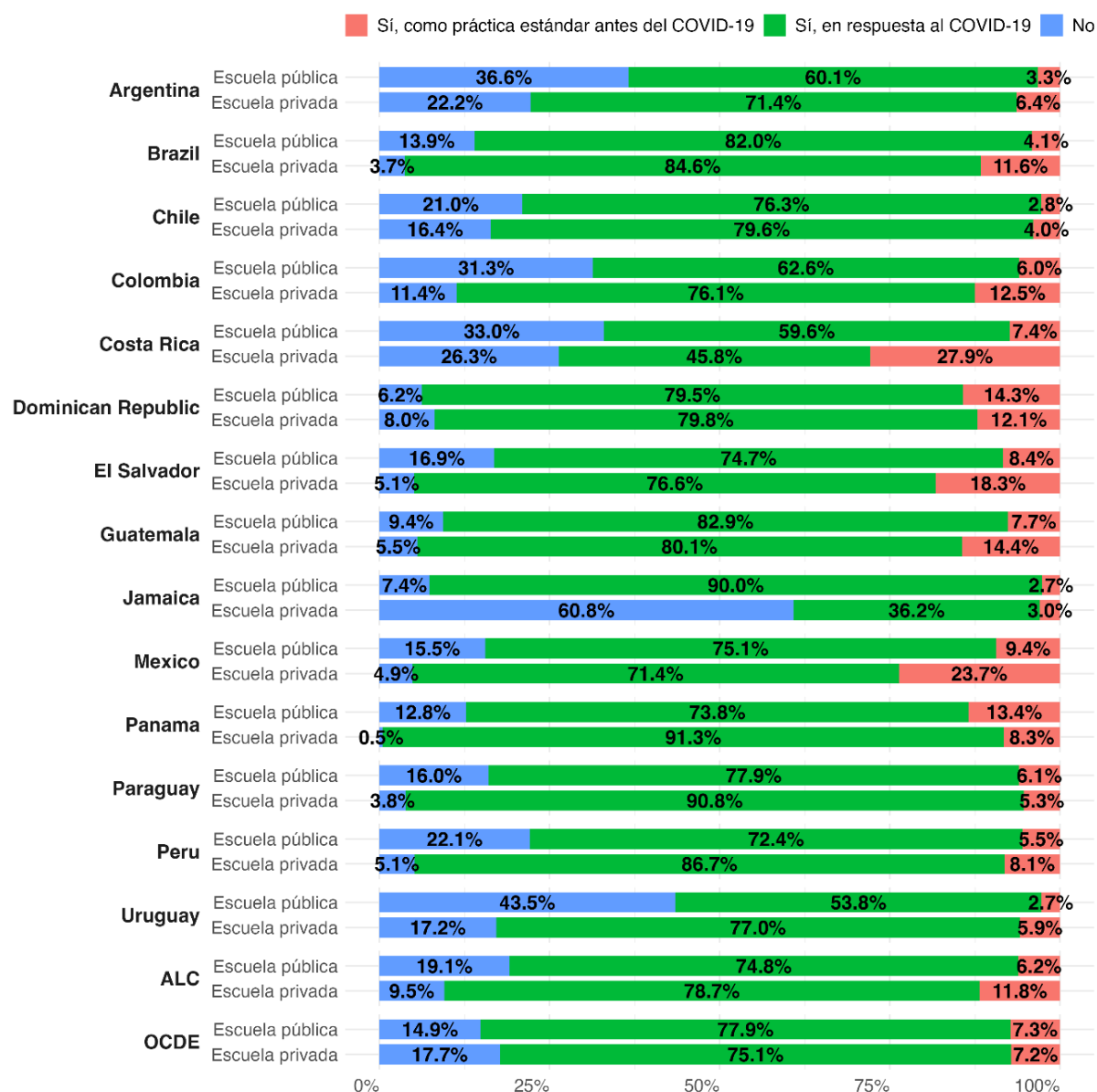
Este tipo de intervenciones también incluyen componentes de fortalecimiento de la instrucción a través de la capacitación docente de forma remota. Según la revisión sistemática realizada por Kraft et al. (2018), las capacitaciones virtuales para maestros generan impactos similares en el rendimiento académico de los estudiantes que las capacitaciones presenciales, con la ventaja adicional de ser más económicas y escalables.

La categoría de **aprendizaje autónomo o autodirigido** incluye intervenciones que apuntan a reforzar el material de clase o proveer prácticas adicionales, pudiendo adaptar el contenido a las necesidades de los estudiantes. Incluyen esencialmente las intervenciones de Computer Assisted Learning (CAL) y Computer -Assisted Instruction (CAI). Estas son unas de las aplicaciones de Edtech más estudiadas para las que se han encontrado resultados positivos, sobre todo cuando se ofrecen como un complemento del aprendizaje en el aula, no como un sustituto (Angrist et al., 2025; Rodríguez-Segura, 2022)<sup>2</sup>. Perera y Aboal (2019), testean la implementación de la Plataforma Adaptativa de Matemáticas (PAM) en Uruguay, encontrando un incremento en el rendimiento de los estudiantes en esta materia. En este contexto, la plataforma permite cerrar brechas entre el rendimiento de estudiantes que provienen de distintos contextos socioeconómicos. Por su parte, Ferman et al. (2021) analizan el impacto de la incorporación de una plataforma para complementar la instrucción de matemática en escuelas públicas en Brasil. Los autores encuentran que no hay efectos significativos en el rendimiento en esta materia, pero sí en las actitudes para el aprendizaje de matemática. Además, resaltan que esto puede variar de acuerdo con la infraestructura y la disponibilidad de recursos digitales de la escuela.

En base al último relevamiento de PISA, las escuelas de los países de la región están avanzando para contar con instrucción remota: casi el 80% de las escuelas públicas y el 90% de las privadas se encuentran elaborando un plan para facilitar la transición desde modalidades presenciales hacia enseñanza remota (Gráfico 1), con una mayor presencia en escuelas privadas.

<sup>2</sup> Angrist et al. (2025) evalúan los efectos de distintos tipos de intervenciones educativas, considerando aquellas que incorporan herramientas Edtech como así también otras más tradicionales que no incorporan componentes tecnológicos, y expresan sus efectos en el aprendizaje de los estudiantes en términos de los años de escolaridad ajustada (LAYS por sus siglas en inglés). Los autores encuentran que las intervenciones CAL tuvieron un efecto positivo en promedio (0.2 LAYS), aunque con una gran desviación.

**Gráfico 1. Escuelas que se encuentran elaborando un plan para facilitar la transición de estudiantes y docentes hacia modalidades de enseñanza remota**



Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

Las intervenciones que utilizan dispositivos tecnológicos para obtener **cambios conductuales** apuntan a derribar barreras de la información e inconsistencias del comportamiento, así como a mejorar la rendición de cuentas y el alineamiento de incentivos. De acuerdo con la revisión realizada por Rodríguez-Segura (2022), estas intervenciones tienen efectos modestos en el rendimiento de los estudiantes y otros indicadores relacionados. Este es el caso de un experimento que Berlinski et al. (2021) en Chile, que enviaron mensajes de texto semanales y mensuales a padres con actualizaciones sobre las notas, asistencia y comportamiento de los alumnos en el aula. Esto incrementó levemente las notas de los alumnos y aumentó la asistencia. Rodríguez-Segura (2022) y Angrist et al. (2025) señalan que, si bien estas no son las intervenciones que más prometen mejorar los resultados educativos, su costo-efectividad es alto y tienen el beneficio de ser escalables, por lo que pueden ser utilizadas como un complemento a otras intervenciones. Sin embargo, en algunos casos el impacto se observa solo en el corto plazo.



La mayor parte de la evidencia con respecto al **uso de IA** en educación, por el momento, proviene de experimentos realizados en países desarrollados o países de África. En términos de los resultados en aprendizaje de los alumnos, las implicancias del uso de herramientas de IA, como los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs por sus siglas en inglés), son mixtas. Por un lado, Lehmann et al. (2025) no encuentran resultados significativos del uso de LLMs en aprendizaje a nivel agregado. Los autores resaltan que los impactos dependen del tipo de uso de la IA que hagan los estudiantes: los alumnos que utilizan estas herramientas para complementar su aprendizaje (por ejemplo, solicitando explicaciones adicionales) muestran resultados positivos, mientras que los que sustituyen las actividades de aprendizaje (por ejemplo generan las respuestas a los ejercicios a partir de los modelos de IA), disminuyen el entendimiento de los temas. Por otro lado, Ferman et al. (2021) realizan un experimento en el que se utilizaron herramientas de IA para proveer retroalimentación a estudiantes adolescentes de escuelas públicas de Brasil, previo a rendir una prueba estandarizada de escritura. Los autores encuentran que los estudiantes sujetos al tratamiento reciben más retroalimentación que el grupo control, y que mejoran su rendimiento en la prueba de lengua.

Las herramientas de IA también han sido testeadas para su uso con maestros o tutores, con resultados positivos: De Simeone et al. (2025) encuentran mejoras en el aprendizaje de los alumnos cuando permiten que los tutores se apoyen LLMs.

La IA también se ha comenzado a implementar dentro de plataformas educativas o intervenciones Computer Assisted Learning (CAL). Este es el caso de la Plataforma ALEKS en Uruguay, que está disponible para estudiantes de tercero a sexto grado de primaria y permite realizar un diagnóstico automático, y generar una ruta de aprendizaje personalizada (Ceibal, 2025). Sobre estas herramientas, los docentes también pueden modificar la asignación de actividades de forma manual.

#### **Recuadro 1: Sistemas de Información y Gestión Educativa**

La digitalización se ha aplicado hace varias décadas en sistemas de información y gestión educativa en la región, proporcionando a los maestros, directores escolares y funcionarios gubernamentales tableros de control y análisis de datos con actualización frecuente para tomar mejores decisiones (Rajasekaran et al., 2024). La implementación de sistemas de información y gestión educativa mejora el aprovechamiento de los recursos humanos y el tiempo que dedican a tareas administrativas, que pueden ser digitalizadas y automatizadas (Arias Ortiz et al. (2021). Esto produce ahorros en términos presupuestarios, producto de la mayor información disponible y la mejor gestión de los recursos.

Arias Ortiz et al. (2021) evalúa el avance en la aplicación de 10 Sistemas de Información y Gestión Educativa públicos aplicados a nivel nacional y 6 implementados a nivel de gobierno local o intermedio en 3 países distintos de ALC. El análisis concluye que los sistemas en ALC se encuentran en un estado incipiente, cubriendo solo algunos procesos de gestión del sistema educativo. El proceso en el que verifica mayor desarrollo es el relacionado a los estudiantes y sus aprendizajes: la mayoría de los países adoptaron identificadores únicos para estudiantes, aunque pocos tienen sistemas de inscripción y matriculación de alumnos y sistemas para emisión de títulos y certificados. Otro proceso que resaltan los autores son los tableros de control e indicadores, dentro de los que se encuentran los mecanismos para detectar riesgos de deserción, que se evalúan en estado latente en la mayoría de los casos. Un ejemplo de este tipo de sistemas es el GURÍ de Uruguay, que envía alertas cuando un conjunto de indicadores predice la deserción escolar de un determinado alumno, permitiendo así la actuación preventiva de los maestros y las instituciones.

Uno de los principales problemas que tienen estos sistemas actualmente es la interoperabilidad, que incluye la integración de los datos, la posibilidad de que los sistemas sean compatibles entre sí, y la factibilidad para compartir datos con sistemas externos. La mayoría de los sistemas evaluados en Arias Ortiz et al. (2021) no cumplen estas tres condiciones, por lo que no se consideran interoperables.

A su vez, la recolección de datos de los estudiantes y maestros en un sistema precisa contar con protocolos de protección de identidad de los usuarios. Al respecto, Arias Ortiz et al. (2021) identifican que la implementación de medidas de ciberseguridad (incluyendo disponibilidad de los datos, integridad y autenticidad y confidencialidad) se encuentran en estado incipiente.

Finalmente, la incorporación de algoritmos de IA en estos sistemas puede introducir sesgos en las recomendaciones y alertas producidas. Para reducir estos sesgos, un primer paso es incrementar la transparencia del funcionamiento de los algoritmos de IA e introducir mecanismos para la revisión por parte de especialistas. A su vez es relevante trabajar sobre la interoperabilidad y la completitud de los datos sobre los que se entrenan dichos algoritmos.

## **Beneficios de la implementación de Edtech e IA**

Además de los beneficios sobre los aprendizajes discutidos en la sección anterior, las herramientas de EdTech e IA tienden a alivianar barreras al acceso a los servicios educativos, modificar los entornos y el diseño del aprendizaje y mejorar habilidades digitales de las nuevas generaciones.

### **Mayor acceso por parte de estudiantes en zonas remotas**

Los estudiantes que residen en zonas remotas enfrentan diversas barreras para acceder a servicios educativos. Estas dificultades se reflejan en tasas diferenciales de matriculación escolar entre zonas urbanas y rurales. Mientras que la inscripción en la educación primaria es casi universal (con un promedio del 96% de los niños en edad escolar matriculados y una diferencia de 1 punto porcentual entre ambas áreas), las brechas se acentúan en la educación secundaria: en promedio, el 77% de los adolescentes en edad de asistir a este nivel se encuentran matriculados, cifra que desciende al 63% en caso de quienes viven en zonas rurales (CIMA, 2025).

Entre los factores que explican esta disparidad se encuentra la limitada disponibilidad de centros educativos en áreas rurales: el 50 % de las escuelas rurales reportan ser los únicos establecimientos disponibles en su área (OECD, 2023a). Esta escasez de oferta implica que la distancia hasta los centros educativos puede representar una barrera significativa para los estudiantes de comunidades alejadas. En este sentido, Rodríguez-Segura y Kim (2021) estiman que en Costa Rica, Guatemala y Perú, el 3 %, 5 % y 12 % de la población, respectivamente, vive a más de tres kilómetros de una escuela pública.

Incluso dentro de los estudiantes que residen en zonas rurales que acceden a los servicios educativos, existe una diferencia significativa en el rendimiento de los estudiantes en zonas urbanas y rurales (CIMA, 2025; OECD, 2023a). Uno de los factores que está detrás de esto es la calidad de los servicios educativos que reciben, la que se ve influida por la capacitación del personal docente. Algunos estudios muestran que los maestros en escuelas rurales tienen menos años de experiencia que sus contrapartes en zonas urbanas (Echazarra y Radinger, 2019).

Como se mencionó en la sección anterior, la digitalización puede permitir conectar a los estudiantes en zonas rurales con servicios educativos de mayor calidad y brindar mayores posibilidades a los maestros de estas áreas de continuar capacitándose, mediante

educación remota. Una de las primeras estrategias para acercar la educación a comunidades remotas mediante tecnologías fue la enseñanza a través de transmisiones radiales y televisivas (UNESCO, 2024). Un ejemplo destacado es el programa de telesecundaria en México mencionado antes, que según Fabregas y Navarro-Solá (2025), constituye el principal mecanismo mediante el cual el gobierno provee educación secundaria a comunidades rurales del país.

### **Inclusión de personas con discapacidad**

Las herramientas Edtech facilitan que la información para el aprendizaje se exprese de distintas formas, adecuándose a las personas con discapacidad y proporcionando un acceso justo, y permitiendo el desarrollo su independencia, agencia e inclusión social (UNESCO, 2024). Lynch et al. (2021) sistematizan la evidencia sobre la efectividad en el uso de tecnologías educativas para apoyar el aprendizaje de niños con discapacidad de 6 a 12 años de edad, señalando que las tecnologías de Edtech se han utilizado para asistir a niños con distintas discapacidades (dificultades auditivas o sordera, dificultades de la vista, necesidades especiales de educación, autismo, entre otras). En el caso de estudiantes con dificultades auditivas, herramientas digitales como videos, imágenes y aplicaciones móviles para aprender lengua de señas están facilitando el acceso al vocabulario y fomentando la comunicación entre alumnos, docentes y familias. Si bien Lynch et al. (2021) identifican ejemplos de resultados positivos del uso de estas tecnologías en el aprendizaje de niños con discapacidad, particularmente en escuelas especiales, concluyen que la evidencia sobre la efectividad es aún débil y destacan la necesidad de investigaciones más rigurosas y de largo plazo en países de ingresos bajos y medios.

### **Mejoras en el entorno y el diseño del aprendizaje**

Las intervenciones de Edtech han apuntado en algunos casos a utilizar dichas tecnologías para ofrecer educación ajustada al nivel de cada estudiante, proporcionando instrucción y ejercicios prácticos personalizados (Rodríguez-Segura, 2022). Estas tecnologías facilitan la implementación y disminuyen los costos de intervenciones dirigidas a adaptar la instrucción al nivel de cada estudiante. La evidencia experimental para la región señala efectos positivos de la adopción de estas tecnologías sobre el aprendizaje de los estudiantes en El Salvador (Büchel et al., 2022) y Ecuador (Angel-Urdinola y Chinen, 2023). Por su parte, un estudio de Barros y Ganimian (2024) encuentra que los beneficios de estas intervenciones son mayores para los estudiantes que previamente tenían un peor rendimiento.

La aplicación de IA puede facilitar y disminuir los costos de estas aplicaciones aún más, por ejemplo, a partir de la utilización de chatbots como apoyo para el aprendizaje, no solo utilizado de forma autónoma, sino también para el trabajo en clase junto con un docente. Asimismo, estas herramientas permiten la generación automática de métricas en tiempo real, lo que contribuye al monitoreo y mejora continua del proceso educativo (Arias Ortiz et al., 2025).

Además de la personalización del aprendizaje, hay aplicaciones de Edtech en las que se han incluido elementos de juegos ("gamificación"). Araya et al. (2019) han estudiado la aplicación de estos instrumentos en una plataforma online para trabajar ejercicios de matemática en el contexto chileno. Encuentran que, además de mejorar el aprendizaje de esta materia, incrementó la preferencia de los estudiantes para utilizar tecnología cuando aprenden matemática.

La IA puede ayudar a los maestros en el diseño de las clases, generando contenido y adaptándolo a las circunstancias específicas (Arias Ortiz et al., 2025). Si bien esta posibilidad es prometedora, también plantea desafíos, ya que es necesario garantizar que

los modelos de inteligencia artificial generen contenidos de calidad y que revistan coherencia y adecuación a los contextos en los que se aplicarán.

### **Aumento de habilidades digitales**

Como se ha mencionado en la sección anterior, algunas intervenciones Edtech, como por ejemplo aquellas que entregan computadoras a estudiantes, no han mostrado efectos de magnitud sobre los aprendizajes (Rodríguez-Segura, 2022). Sin embargo, algunas evaluaciones y evidencia experimental indican que la mayor exposición a dispositivos tecnológicos aumenta la familiaridad con la tecnología (Bet et al., 2014; Beuermann et al., 2015; Malamud et al., 2019; Malamud y Pop-Eleches, 2011; Mo et al., 2013) y las habilidades digitales (Bet et al., 2014).

## **Condiciones necesarias para la implementación: infraestructura, docentes y estudiantes**

Las intervenciones de Edtech y sus beneficios asociados dependen crucialmente de la infraestructura educativa y la preparación de maestros y estudiantes para utilizar y aprovechar estas herramientas. Si bien en las últimas décadas se ha avanzado en el acceso a TICs y en el desarrollo de habilidades digitales, todavía persisten brechas en acceso y uso de tecnologías que la implementación de soluciones Edtech e IA deben considerar, a fin de evitar ampliar las desigualdades educativas (Escueta et al., 2020).

Un insumo clave que afecta la preparación de los centros educativos, maestros y estudiantes es la calidad del servicio de internet. Alves et al. (2025) identifican marcadas diferencias en la velocidad de descarga de conexiones fijas a internet entre las distintas jurisdicciones subnacionales de América Latina y el Caribe, con excepción de países como Chile y Uruguay, donde las velocidades son más uniformes. En el 22 % de las jurisdicciones, las velocidades no superan los 25 Megabits por segundo (Mbps), lo que representa una limitación para realizar actividades básicas como descargar archivos, enviar correos electrónicos o participar en videollamadas desde varios dispositivos a la vez. La conectividad móvil generalmente presenta un rendimiento inferior: en promedio, la velocidad de descarga móvil es un 50 % menor que la fija, y en el 37 % de las jurisdicciones no supera los 25 Mbps. Arias et al. (2025) enfatizan que el uso de chatbots en entornos educativos requeriría una velocidad mínima de 5 Mbps, mientras que asistentes de voz requerirían 10 Mbps.

A continuación, se analizan factores de relevancia en términos de la preparación de las escuelas, los maestros y los estudiantes en la región para la implementación de intervenciones Edtech y de IA.

### **Infraestructura educativa**

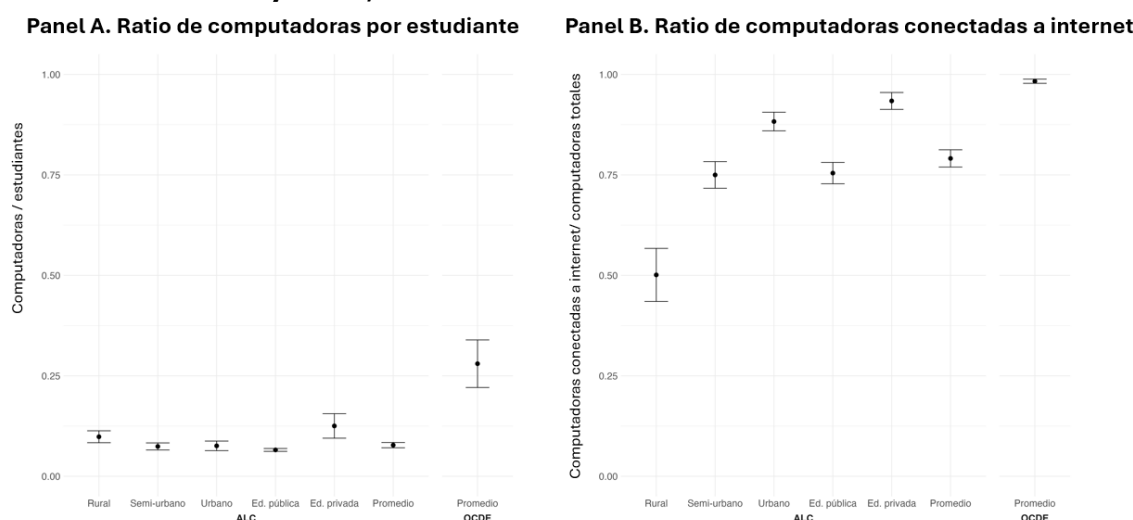
En las últimas décadas ha aumentado de manera significativa la cantidad de recursos digitales al interior de las escuelas en la región: el porcentaje de escuelas que no contaba con computadoras o laptops para el aprendizaje de los estudiantes bajó de 35% en 2006 a 16% en 2022, si se consideran los 6 países de la región que participaron en ambos ciclos de PISA (Herrera et al., 2025).

Sin embargo, los directores de las escuelas siguen considerando que la insuficiencia de estos dispositivos está afectando la calidad de la instrucción que pueden brindar. De acuerdo con OCDE (2023a), el 50% de los directores de escuelas de la región considera que la cantidad de recursos digitales es insuficiente y un 48% cree que la calidad de estos recursos no permite brindar una instrucción adecuada. Además de presentar diferencias significativas respecto a los países de la OCDE, dentro de la región existen brechas en ambos indicadores entre las escuelas urbanas, donde el 40% de los directores considera

que la calidad y cantidad de estos recursos limitan sus capacidades de instrucción, y las rurales, donde este mismo porcentaje llega al 70%.

Tal como se observa en el Gráfico 2, existe una diferencia significativa en el ratio de computadoras disponibles para los estudiantes entre las escuelas públicas y privadas de la región. Sin embargo, las diferencias más visibles se presentan en la proporción de las computadoras que se encuentran conectadas a internet. Adicionalmente, estas brechas no consideran la calidad de las TICs, donde también puede haber diferencias significativas. Esto es relevante ya que las diferentes aplicaciones mencionadas anteriormente tienen diversos requerimientos. Por ejemplo, Arias Ortiz et al. (2025) subrayan que, para la implementación de herramientas de IA, los requerimientos de los dispositivos son distintos en función de su implementación en la nube o de forma local. Los primeros necesitan una mejor conexión a internet, mientras que los segundos precisan equipos con mayor capacidad de procesamiento local.

**Gráfico 2. Computadoras por estudiante y computadoras conectadas a internet en escuelas de ALC y OCDE, de acuerdo con características de los centros educativos**



Nota: La cantidad de computadoras en la escuela y la cantidad de computadoras con internet en la escuela fueron obtenidas del cuestionario de escuelas de la última ronda de PISA. La clasificación por nivel de ruralidad fue construida a partir de la población del área de la escuela: las áreas con población menor a 3.000 personas fueron clasificadas como rurales, las áreas con una población entre 15.000 y 100.000 personas fueron clasificadas como semi-urbanas, y las áreas con una población superior a 100.000 personas fueron clasificadas como urbanas.

Fuente: elaboración propia con base en OCDE (2023a).

## Maestros y profesores

Una de las causas por las que algunas intervenciones Edtech no alcanzaron los resultados esperados ha sido la poca utilización de estas tecnologías y la inadecuada capacitación de los maestros para incluirlas en las actividades diarias (Arias Ortiz et al., 2025). En algunos casos, como el de la conexión de internet en escuelas públicas en Perú, las mejoras en los aprendizajes se han visto acompañadas por la contratación de personal docente capacitado en la utilización de computadoras (Lakdawala et al., 2023).

A nivel general, algunas mediciones de habilidades digitales parecen indicar que la región tiene un gran desafío: solo el 28% de la población tiene habilidades digitales básicas (como copiar y pegar en un documento de texto) y solo el 21% posee habilidades intermedias (como realizar un curso en línea) (Álvarez et al., 2025). Si bien el 87% de los directores de escuelas de la región consideran que los docentes tienen las capacidades técnicas y pedagógicas para integrar dispositivos digitales a sus clases (Herrera et al.,

2025), el 59% de los profesores consultados en los países de ALC reportaron tener necesidades altas o moderadas de capacitación en habilidades digitales para la enseñanza (OECD, 2023a). Esto contrasta con el 39% de los profesores en países de la OCDE.

Por último, la incorporación de TICs en la instrucción también depende de los incentivos con los que cuentan los profesores para hacerlo. En la región, solo el 40% de los directores de escuelas reportan que los docentes tienen incentivos para incorporar tecnologías digitales en sus clases (OECD, 2023a). Si bien en dicho relevamiento no se cuenta con el detalle sobre el tipo de incentivos, una encuesta en los países de la OCDE encuentra que la mayoría de los países (27 de 35) ofrecen capacitaciones gratuitas para incrementar el uso de TICs en la instrucción, aunque solo 11 países incluyen las habilidades digitales en las evaluaciones de desempeño de los maestros y 9 lo establecen como condición necesaria en los asensos de los profesores (Boeskens y Meyer, 2025).

Como se mencionó previamente, existen intervenciones de Edtech que pueden aumentar la oferta y disminuir los costos de la capacitación de docentes. De acuerdo con Herrera et al. (2025), los marcos de competencias digitales pueden dar lugar al diseño de cursos de formación inicial y de formación continua. Los autores destacan que, para que estos programas sean efectivos, es fundamental contar con el respaldo de los directores de las instituciones educativas, ya que es preciso garantizar que los docentes dispongan del tiempo necesario para participar en las capacitaciones y que se implementen los incentivos adecuados, incluyendo beneficios económicos, para motivar su participación.

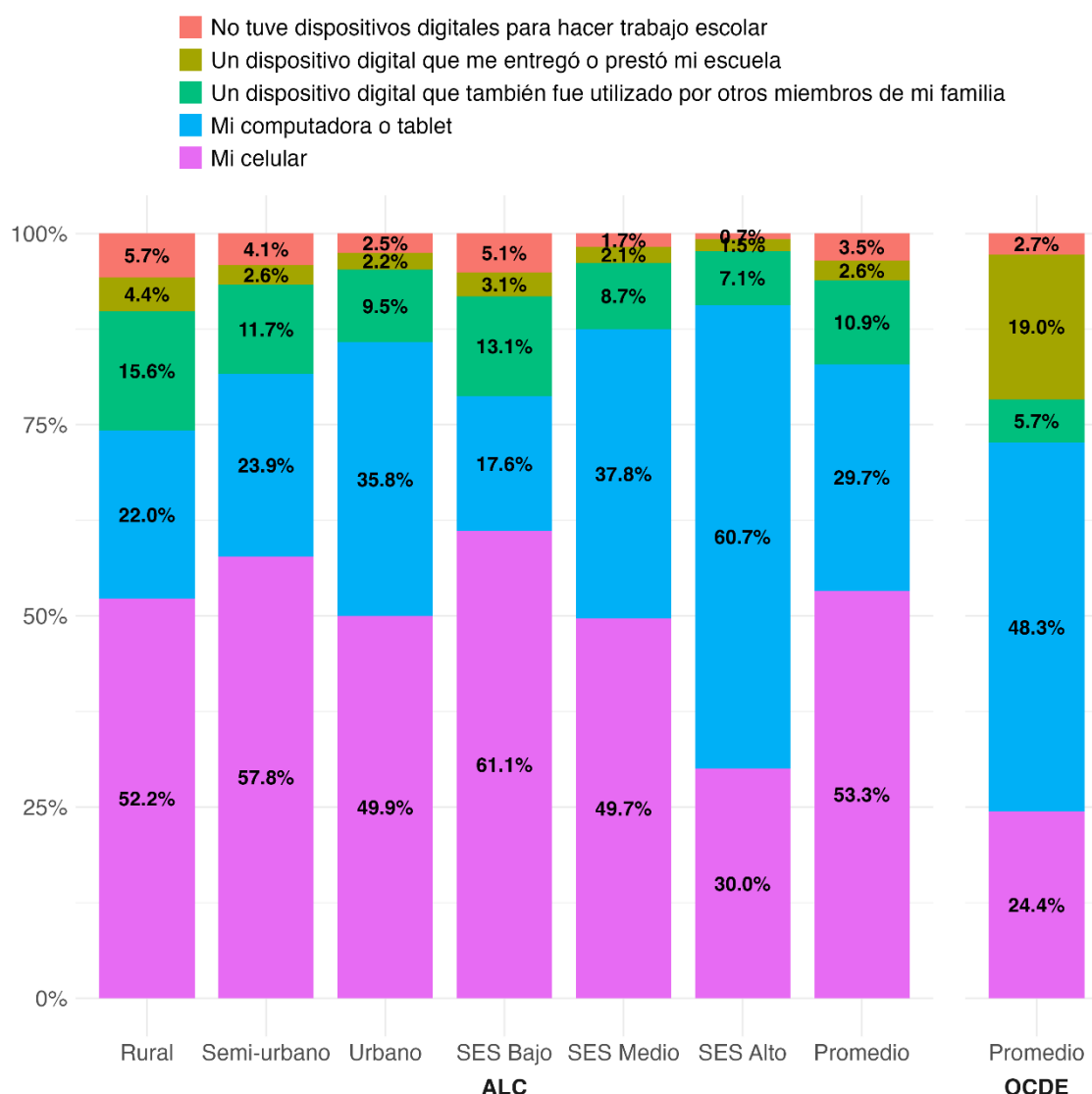
## **Estudiantes**

Aunque el acceso a tecnologías digitales se ha expandido de forma acelerada en los últimos años, persisten brechas significativas que amenazan con profundizar las desigualdades existentes en el acceso a una educación de calidad (UNESCO, 2024). Según datos del último relevamiento de PISA, durante el cierre de escuelas provocado por la pandemia de COVID-19, aproximadamente el 3,5 % de los estudiantes no contaban con dispositivos para realizar sus tareas escolares (

Gráfico **3**), con porcentajes aún más elevados entre los alumnos de zonas rurales y aquellos pertenecientes a hogares de nivel socioeconómico bajo. Asimismo, se observa una marcada desigualdad en el tipo de dispositivo utilizado: mientras que el 60 % de los estudiantes con mayor nivel socioeconómico utilizó una computadora o tablet propia (dispositivos con mayores funcionalidades pedagógicas), solo el 18 % de los estudiantes menos favorecidos tuvo acceso a este tipo de equipamiento, predominando en este grupo el uso de teléfonos móviles. En contraste, entre los países de la OCDE, un 19 % de los estudiantes accedió a dispositivos provistos por la escuela, una proporción considerablemente mayor en comparación con los países de América Latina y el Caribe.<sup>3</sup> Si bien los estudiantes pudieron acceder a dispositivos digitales para realizar sus tareas durante la pandemia, un porcentaje elevado (78%) reportó haber contado con inconvenientes con el acceso a internet (OECD, 2023a).

<sup>3</sup> Esta diferencia en la composición en el tipo de dispositivo utilizado puede estar relacionada con el menor uso de dispositivos digitales para actividades escolares que realizan los estudiantes de la región, en comparación a sus pares de la OCDE (Herrera et al., 2025).

**Gráfico 3. Uso de dispositivos digitales por parte de los estudiantes para realizar tareas durante el cierre de escuelas por COVID-19 en América Latina y el Caribe y en países de la OCDE**



Nota: la clasificación de por nivel de ruralidad fue construida a partir de la población del área de la escuela. Las áreas con población menor a 3.000 personas fueron clasificadas como rurales, las áreas con una población entre 15.000 y 100.000 personas fueron clasificadas como semi-urbanas, y las áreas con una población superior a 100.000 personas fueron clasificadas como urbanas. La variable SES hace referencia al estatus socioeconómico del estudiante, utilizando el índice de estatus económico, social y cultural (ESCS por sus siglas en inglés) elaborado por PISA. Esta variable fue categorizada en terciles, donde la categoría SES Bajo corresponde a los estudiantes en el tercil más bajo del índice, la categoría SES Medio corresponde a los estudiantes en el segundo tercil, y la categoría SES alto corresponde a los estudiantes en el tercil más alto.

Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

Estas dificultades en el acceso a TICs se suman al desarrollo de las habilidades digitales por parte de los alumnos. Herrera et al. (2025) utilizan los datos del último relevamiento de PISA, donde se consulta a los alumnos si pueden realizar 14 tareas relacionadas con el uso de TICs, y encuentran que mientras el estudiante promedio de la OCDE puede realizar 10 de esas 14, en los países de ALC los alumnos de 15 años pueden ejecutar 8. También reportan diferencias significativas por nivel socioeconómico del estudiante, aunque no por género.



En esta línea, a pesar del uso extendido de dispositivos digitales durante la pandemia, solo el 20% de los estudiantes de la región se sienten seguros de poder utilizar una plataforma educativa (como Moodle) o de participar en una videollamada en caso de que las escuelas debieran cerrar nuevamente (OECD, 2023a). En el Cuadro 2 se puede observar que la confianza se incrementa por el nivel socioeconómico del estudiante, y que los hombres tienden a tener menor confianza que las mujeres.

Cuadro 2. Confianza de los alumnos en la utilización de plataformas educativas

Variable dependiente: Confianza en la utilización de plataformas educativas en contexto de potencial cierre de escuelas.		
	ALC (1)	OECD (2)
SES medio	0.108*** (0.014)	0.073*** (0.011)
SES alto	0.183*** (0.019)	0.164*** (0.014)
Masculino	-0.029*** (0.009)	-0.041*** (0.007)
Edad	0.056*** (0.019)	0.001 (0.013)
Observaciones (estudiantes)	27 902	99 822
Observaciones (escuelas)	3 562	8 674

Nota: La condición socioeconómica (SES) se mide con el Índice de Estatus Económico, Social y Cultural (ESCS) de PISA. El índice se discretizó en terciles: SES bajo (tercil inferior), SES medio (tercil intermedio) y SES alto (tercil superior). El cuadro reporta los coeficientes de una regresión cuya variable dependiente es igual a 1 si el estudiante respondió que se siente "confiado" o "muy confiado" de poder utilizar una plataforma educativa en caso de que las escuelas tuvieran que cerrar nuevamente. El modelo incluye controles por el nivel educativo máximo alcanzado por el padre, la madre o el tutor, así como efectos fijos por país. Los errores estándar, mostrados entre paréntesis, se estiman con el procedimiento por defecto del paquete Rrepest para microdatos de PISA. Niveles de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .  
Fuente: elaboración propia con base en OECD (2023a).

De acuerdo con UNESCO (2024), solo el 46% de los países a nivel global cuenta con marcos de competencias digitales que permitan identificar, medir y desarrollar las habilidades necesarias para que los alumnos participen efectivamente en entornos digitales. La situación en ALC es aún más preocupante: únicamente uno de cada cinco países dispone de estándares para desarrollar estas competencias (Herrera et al., 2025). Estos marcos normativos son fundamentales, ya que proporcionan lineamientos claros para que directores y maestros integren las competencias digitales en el entorno escolar. En el contexto de la inteligencia artificial, Miao et al. (2025) proponen un marco específico que prepare a los estudiantes para actuar como usuarios críticos y responsables, capacitándolos incluso para participar en el desarrollo de futuras herramientas de IA. La implementación efectiva de estas competencias exige transformaciones curriculares integrales que trasciendan las materias tradicionales de ciencia, tecnología y matemática. Considerando el acelerado desarrollo tecnológico actual, los currículos educativos requieren mayor flexibilidad para incorporar estos cambios de manera oportuna (Herrera et al., 2025).

Finalmente, en función de los marcos para el desarrollo de habilidades, también se deberían plantear evaluaciones que permitan medir la evolución de las competencias digitales de los estudiantes. Algunos países de la región ya han dado los primeros pasos en este sentido, como por ejemplo Perú y Colombia (Herrera et al., 2025).

## **Desafíos en la implementación**

A pesar de los beneficios asociados con la adopción de herramientas Edtech e IA, su implementación plantea una serie de desafíos que deben ser cuidadosamente considerados para evitar efectos adversos. Además de los efectos no deseados vinculados con la incorporación de tecnologías Edtech, esta sección aborda tres desafíos clave para las aplicaciones de IA en educación: los cambios que generan estas aplicaciones en las formas de aprendizaje y evaluación, la calidad de los contenidos utilizados y la mitigación de posibles sesgos algorítmicos. En estos dos tipos de intervenciones, resulta clave garantizar la privacidad y seguridad de los datos recolectados de estudiantes y docentes.

### **Efectos no deseados de la incorporación de Edtech**

Un primer efecto que se debe considerar a la hora de implementar intervenciones Edtech son los impactos que generan en las actitudes de los alumnos. Por un lado, algunos estudios encuentran que la aplicación de herramientas Edtech en el aula han empeorado las interacciones entre alumnos y docentes (Berlinski y Busso, 2017). Según los autores, este deterioro en las interacciones sería uno de los mecanismos que explican el menor desempeño en matemáticas observado entre los estudiantes que recibieron mentoría mediante herramientas EdTech, en comparación con aquellos que no participaron en estas intervenciones. En otros estudios cualitativos los docentes han reportado que la utilización de recursos digitales produce mayor ruido en el aula y dificulta el control del ambiente escolar (Nikolopoulou, 2020).

Además, se ha encontrado que el aprendizaje en línea está relacionado con una menor interacción entre pares (Hehir et al., 2021). Sin embargo, los autores también observan que la sincronización de las clases y las interacciones promovidas por los docentes tienen potencial para fomentar una mayor conexión entre los alumnos.

La utilización de dispositivos digitales en el aula también puede afectar negativamente el aprendizaje al producir distracciones por parte de los alumnos. De acuerdo con OCDE (2023b), hay una gran heterogeneidad en el porcentaje de alumnos que reportan distracciones recurrentes en sus clases de matemáticas debido al uso de dispositivos digitales. En algunos países de ALC (como Argentina o Uruguay) aproximadamente el 50% de los estudiantes reportó distraerse frecuentemente, mientras en otros (como Perú, El Salvador y México) entre un 20% y un 30% lo hizo. Algunas revisiones de la literatura y metaanálisis concluyen que los estudiantes aprovechan el uso de teléfonos inteligentes en las aulas para realizar actividades no relacionadas con la escuela (UNESCO, 2024). Hall et al. (2020) encontraron que el uso de computadoras en el aula para actividades que no son académicas tiene efectos perjudiciales en la atención no solo del estudiante, sino también para sus compañeros.

Finalmente, el tiempo que los alumnos utilizan las pantallas suele estar asociado en algunos casos al deterioro de su salud mental y física (UNESCO, 2024). Por ejemplo, en la intervención evaluada por Araya et al. (2019) en el contexto chileno, se observó un incremento en el sentimiento de ansiedad al estudiar. Trott et al. (2022) encontraron que el aumento en el tiempo que las personas pasan frente a las pantallas empeora sus hábitos alimenticios y la salud ocular.

## **Cambios en las formas de aprender y evaluar**

La aplicación de chatbots y herramientas de IA simplifica la obtención de respuestas, por lo que podrían disminuir la motivación de los alumnos para realizar investigaciones independientes y generar soluciones (UNESCO, 2024). Dado que la utilización de estas herramientas es relativamente reciente, es necesario ampliar la investigación sobre aspectos que van más allá de las mejoras en los aprendizajes.

(UNESCO, 2024) Por otro lado, la adopción masiva de la inteligencia artificial por parte de la población estudiantil plantea nuevos desafíos para la evaluación académica, especialmente cuando las tareas se realizan en entornos no supervisados. Si bien existen actualmente herramientas para detectar textos generados por IA, su efectividad disminuirá conforme estos modelos continúen evolucionando y perfeccionándose. Esta realidad demanda una adaptación urgente de los programas de desarrollo profesional docente para incorporar nuevas metodologías de asignación de tareas y estrategias de evaluación que sean apropiadas para el contexto actual (UNESCO, 2024). En consecuencia, los sistemas educativos deberán repensar fundamentalmente sus enfoques evaluativos, transitando hacia modelos que valoren más el proceso de aprendizaje, el pensamiento crítico y la aplicación práctica del conocimiento, en lugar de centrarse únicamente en la producción de contenido.

## **Asegurar la calidad de los contenidos**

El uso de IA en la generación de contenidos conlleva riesgos importantes. Si bien esta tecnología facilita la creación de contenidos educativos, dificulta garantizar su calidad (UNESCO, 2024) y que estos se adapten a la edad y contexto del alumno (Arias Ortiz et al., 2025). Los modelos de IA dependen crucialmente de la calidad de los datos con los que son entrenados, por lo que, para que estas herramientas sean útiles, deben estar alineadas con los planes de estudio oficiales y responder a las necesidades pedagógicas del aula. Además, es esencial que se basen en contenidos que respeten estándares de enseñanza de alta calidad, respaldados por la experiencia docente y por enfoques pedagógicos validados (Arias Ortiz et al., 2025). Finalmente, previo a su incorporación dentro del aula, es necesario que sean debidamente testeados y aplicados al contexto particular para el que se utilizará.

## **Evitar sesgos de los algoritmos**

Otro desafío de la aplicación de IA en educación está relacionado con los sesgos de sus algoritmos y la reproducción de desigualdades preexistentes. Los modelos de IA aplicados a tareas como la personalización del aprendizaje pueden presentar sesgos si los datos utilizados para entrenarlos no representan adecuadamente la diversidad de estudiantes y contextos escolares (UNESCO, 2024).

Por ello, es fundamental que los organismos encargados de implementar soluciones basadas en IA en educación promuevan la transparencia en el diseño y entrenamiento de los modelos, así como su validación en contextos locales antes de su adopción masiva. En este contexto ha cobrado fuerza la literatura sobre inteligencia artificial explicable (Explainable AI). Esta pretende transparentar el funcionamiento de los algoritmos, transparentando cómo están utilizando la información, para que no sean "cajas negras". Dado que muchas veces los algoritmos descartan o dan relevancia a variables no deseadas sin generar alertas, esta herramienta permite un mejor entendimiento sobre cómo funcionan estos sistemas, permitiendo identificar potenciales sesgos y mejorar su rendición de cuentas en educación (Khosravi et al., 2022).

## **Privacidad y seguridad de los datos**

La mayoría de las intervenciones Edtech realizan algún levantamiento de datos personales de los estudiantes o maestros. A pesar de la necesidad y urgencia de implementar marcos normativos para la privacidad y seguridad de los datos, se ha avanzado poco. A nivel global, solo el 16% de los países tienen una ley sobre la temática, mientras que el 29% ha implementado una política (UNESCO, 2024). Dentro de este último grupo, la mayoría son países de Europa y Norteamérica. En la región solo el 20% de los países tienen una ley o política para proteger los datos en la educación.

## **Recomendaciones de política**

En esta nota se han revisado algunas de las principales intervenciones Edtech e implementaciones de IA, con especial atención en su adopción y la evidencia disponible en América Latina y el Caribe. Una primera recomendación de política que surge del análisis es la necesidad de acompañar estas iniciativas con procesos sistemáticos de monitoreo y evaluación, especialmente considerando el acelerado avance tecnológico de los últimos años. Estas evaluaciones deben contemplar no solo los efectos sobre el aprendizaje, sino también su impacto en la salud física y mental de los estudiantes, así como en el clima y la dinámica del aula y la relación entre los estudiantes. La evidencia presentada sobre el rendimiento estudiantil resalta la importancia de implementar programas piloto que consideren las particularidades de cada contexto educativo e institucional.

Asimismo, es fundamental avanzar en la provisión adecuada de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los establecimientos educativos, incluyendo el cierre de brechas en el acceso a internet. Paralelamente, se requiere fortalecer los marcos de competencias digitales, con el fin de capacitar tanto a docentes como a estudiantes para un uso pedagógico efectivo y crítico de estas herramientas. También es preciso evaluar el desarrollo de las capacidades digitales de los alumnos y docentes, para monitorear el avance.

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación plantea desafíos significativos que requieren respuestas políticas cuidadosas. La generación de contenidos mediante IA presenta riesgos en cuanto a su calidad, pertinencia y alineación con los planes de estudio, lo que demanda una validación rigurosa antes de su implementación. También preocupa la posibilidad de que los algoritmos reproduzcan sesgos y desigualdades existentes, por lo que se vuelve esencial garantizar la transparencia en su diseño y entrenamiento, así como promover el uso de enfoques explicables que permitan comprender y auditar su funcionamiento en contextos educativos diversos.

## Referencias

Álvarez, F., Juncosa, F., Toledo, M., De La Mata, D., y Frisancho, V. (2025). *RED Aniversario*.

*Conocimiento que transforma. Veinte años al servicio de un futuro próspero, inclusivo y sostenible*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2470>

Alves, G., Brassiolo, P., Buccari, F., Camacho, C., Cifuentes, R., Estrada, R., y Fajardo, G.

(2025). *Soluciones cercanas: El papel de los gobiernos locales y regionales en América Latina y el Caribe*. CAF.

Angel-Urdinola, D., y Chinen, M. (2023). Can Digital Personalized Learning for Mathematics

Remediation Level the Playing Field in Higher Education?: Experimental Evidence from Ecuador. *Policy Research Working Papers World Bank*.

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/547575bc-3f12-47d3-b993-7932aaf5e8d1>

Angrist, N., Evans, D. K., Filmer, D., Glennerster, R., Rogers, H., y Sabarwal, S. (2025). How to

improve education outcomes most efficiently? A review of the evidence using a unified metric. *Journal of Development Economics*, 172, 103382.

<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2024.103382>

Araya, R., Ortiz, E. A., Bottan, N. L., y Cristia, J. P. (2019). Does Gamification in Education

Work?: Experimental Evidence from Chile. *IDB Publications*.

<https://doi.org/10.18235/0001777>

Arias Ortiz, E., Eusebio, J., Alfaro, M. P., Vásquez, M., y Zoido, P. (2021). Los Sistemas de

Información y Gestión Educativa (SIGED) de América Latina y el Caribe: La ruta hacia la transformación digital de la gestión educativa. *IDB Publications*.

<https://doi.org/10.18235/0003345>

Arias Ortiz, E., Giambruno, C., Morduchowicz, A., y Pineda, B. (2024). The State of Education in

Latin America and the Caribbean 2023. *IDB Publications*.

<https://doi.org/10.18235/0005515>

- Arias Ortiz, E., Vergara, N. C., Pabón, T. F., Gambi, G. D. N., Giambruno, C., Alfaro, M. P., y Segura, D. R. (2025). *AI and Education: Building the Future Through Digital Transformation*. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0013500>
- Arreaza, A., Berniell, L., de la Mata, D., Levy, S., y Schargrotsky, E. (2023). *Retos de la política social en América Latina y el Caribe: Análisis y políticas* [workingPaper]. CAF-Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2102>
- Barrera-Osorio, F., y Linden, L. (2009). *The use and misuse of computers in education: Evidence from a randomized experiment in Colombia (English)*. [Documento de trabajo]. <http://documents.worldbank.org/curated/en/346301468022433230>
- Berlinski, S., y Busso, M. (2017). Challenges in educational reform: An experiment on active learning in mathematics. *Economics Letters*, 156, 172–175.  
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.05.007>
- Berlinski, S., Busso, M., Dinkelman, T., y A., C. M. (2021). *Reducing Parent-School Information Gaps and Improving Education Outcomes: Evidence from High-Frequency Text Messages* (w28581; p. w28581). National Bureau of Economic Research.  
<https://doi.org/10.3386/w28581>
- Berniell, L., de la Mata, D., Bernal, R., Camacho, A., Barrera-Osorio, F., Álvarez, F., Brassiolo, P., y Vargas, J. (2016). *RED 2016. Más habilidades para el trabajo y la vida: Los aportes de la familia, la escuela, el entorno y el mundo laboral*. CAF.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/936>
- Bet, G., Cristia, J. P., y Ibararán, P. (2014). The Effects of Shared School Technology Access on Students' Digital Skills in Peru. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0011530>
- Beuermann, D. W., Cristia, J., Cueto, S., Malamud, O., y Cruz-Aguayo, Y. (2015). One Laptop per Child at Home: Short-Term Impacts from a Randomized Experiment in Peru. *American*

*Economic Journal: Applied Economics*, 7(2), 53–80.

<https://doi.org/10.1257/app.20130267>

Boeskens, L., y Meyer, K. (2025, marzo 19). *Policies for the digital transformation of school education: Evidence from the Policy Survey on School Education in the Digital Age*.

[https://www.oecd.org/en/publications/policies-for-the-digital-transformation-of-school-education\\_464dab4d-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/policies-for-the-digital-transformation-of-school-education_464dab4d-en.html)

Borghesan, E., y Vasey, G. (2024). The Marginal Returns to Distance Education: Evidence from Mexico's Telesecundarias. *American Economic Journal: Applied Economics*, 16(1), 253–285. <https://doi.org/10.1257/app.20220065>

Büchel, K., Jakob, M., Kühnhanss, C., Steffen, D., y Brunetti, A. (2022). The Relative Effectiveness of Teachers and Learning Software: Evidence from a Field Experiment in El Salvador. *Journal of Labor Economics*. <https://doi.org/10.1086/717727>

Bulman, G., y Fairlie, R. W. (2016). Chapter 5 - Technology and Education: Computers, Software, and the Internet. En E. A. Hanushek, S. Machin, y L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 5, pp. 239–280). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63459-7.00005-1>

Ceibal. (2025). *Aleks*. <https://ceibal.edu.uy/plataformas-y-programas/aleks/>

CIMA. (2025). *PISA | CIMA*. <https://cima.iadb.org/en/regional-overview/learning/PISA>

Cristia, J., Ibarrarán, P., Cueto, S., Santiago, A., y Severín, E. (2017). Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop per Child Program. *American Economic Journal: Applied Economics*, 9(3), 295–320. <https://doi.org/10.1257/app.20150385>

de Barros, A., y Ganimian, A. J. (2024). Which Students Benefit from Computer-Based Individualized Instruction? Experimental Evidence from Public Schools in India. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 17(2), 318–343. <https://doi.org/10.1080/19345747.2023.2191604>

- De La Mata, D., Berniell, L., Schargrodsky, E., Álvarez, F., y Alves, G. (2022). *Desigualdades heredadas. El rol de las habilidades, el empleo y la riqueza en las oportunidades de las nuevas generaciones*. Caracas. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1981>
- de Melo, G., Machado, A., y Miranda, A. (2014). *The Impact of a One Laptop Per Child Program on Learning: Evidence from Uruguay*.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2505351](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2505351)
- De Simeone, M., Tiberti, F., Barron Rodriguez, M. R., Manolio, F., Mosuro, W., y Dikoru, E. J. (2025). From Chalkboards to Chatbots: Evaluating the Impact of Generative AI on Learning Outcomes in Nigeria. *World Bank*.  
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/099548105192529324>
- Echazarra, A., y Radinger, T. (2019). *Learning in rural schools: Insights from PISA, TALIS and the literature*. [https://www.oecd.org/en/publications/learning-in-rural-schools\\_8b1a5cb9-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/learning-in-rural-schools_8b1a5cb9-en.html)
- Engzell, P., Frey, A., y Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(17), e2022376118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>
- Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P., y Quan, V. (2020). Upgrading Education with Technology: Insights from Experimental Research. *Journal of Economic Literature*, 58(4), 897–996. <https://doi.org/10.1257/jel.20191507>
- Fabregas, R., y Navarro-Sola. (2025). *Scaling Education to Marginalized Populations: Long-Run Impacts of Technology-Aided Schools*. Working paper.
- Ferman, B., Finamor, L., y Lima, L. (2021). *Are Public Schools in Developing Countries Ready to Integrate EdTech into Regular Instruction?*
- Ferman, B., Lima, L., y Riva, F. (2021). Artificial Intelligence, Teacher Tasks and Individualized Pedagogy. *SocArXiv*, Article qw249. <https://ideas.repec.org/p/osf/socarx/qw249.html>



- Hall, A. C. G., Lineweaver, T. T., Hogan, E. E., y O'Brien, S. W. (2020). On or off task: The negative influence of laptops on neighboring students' learning depends on how they are used. *Computers & Education*, 153, 103901.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103901>
- Hehir, E., Zeller, M., Luckhurst, J., y Chandler, T. (2021). Developing student connectedness under remote learning using digital resources: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6531–6548. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10577-1>
- Herrera, P., Huepe, M., y Daniela, T. (2025). *Educación y desarrollo de competencias digitales en América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/81377-educacion-desarrollo-competencias-digitales-america-latina-caribe>
- Katz, R., Lugo, M. T., Álvarez, M., y Lolácono, F. (2023). *Transformación digital en la educación: El caso de la provincia de Jujuy, Argentina*.  
<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2159>
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., y Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.  
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>
- Kraft, M. A., Blazar, D., y Hogan, D. (2018). The Effect of Teacher Coaching on Instruction and Achievement: A Meta-Analysis of the Causal Evidence. *Review of Educational Research*, 88(4), 547–588. <https://doi.org/10.3102/0034654318759268>
- Lakdawala, L. K., Nakasone, E., y Kho, K. (2023). Dynamic Impacts of School-Based Internet Access on Student Learning: Evidence from Peruvian Public Primary Schools. *American Economic Journal: Economic Policy*, 15(4), 222–254.  
<https://doi.org/10.1257/pol.20200719>

- Lehmann, M., Cornelius, P. B., y Sting, F. J. (2025). *AI Meets the Classroom: When Do Large Language Models Harm Learning?* (arXiv:2409.09047). arXiv.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.09047>
- Lynch, P., Singal, N., y Francis, G. A. (2021). *How Can EdTech Support Primary School Learners with Disabilities in LMICs? Recommendations for Policy*. EdTech Hub.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4701259>
- Malamud, O., Cueto, S., Cristia, J., y Beuermann, D. W. (2019). Do children benefit from internet access? Experimental evidence from Peru. *Journal of Development Economics*, 138, 41–56. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.11.005>
- Malamud, O., y Pop-Eleches, C. (2011). Home Computer Use and the Development of Human Capital \*. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(2), 987–1027.  
<https://doi.org/10.1093/qje/qjr008>
- Maldonado, J. E., y Witte, K. D. (2022). The effect of school closures on standardised student test outcomes. *British Educational Research Journal*, 48(1), 49–94.  
<https://doi.org/10.1002/berj.3754>
- Mo, D., Swinnen, J., Zhang, L., Yi, H., Qu, Q., Boswell, M., y Rozelle, S. (2013). Can One-to-One Computing Narrow the Digital Divide and the Educational Gap in China? The Case of Beijing Migrant Schools. *World Development*, 46, 14–29.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.12.019>
- Naslund-Hadley, E., Parker, S. W., y Hernandez-Agramonte, J. M. (2014). Fostering Early Math Comprehension: Experimental Evidence from Paraguay. *Global Education Review*, 1(4).
- Nikolopoulou, K. (2020). Secondary education teachers' perceptions of mobile phone and tablet use in classrooms: Benefits, constraints and concerns. *Journal of Computers in Education*, 7(2), 257–275. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00156-7>
- OECD. (2023a). *PISA 2022 database [Data set] [Dataset]*.  
<https://www.oecd.org/en/data/datasets/pisa-2022-database.html>

OECD (Ed.). (2023b). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During - and From - Disruption*.

OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>

Perera, M., y Aboal, D. (2019). The impact of a mathematics computer-assisted learning platform on students' mathematics test scores. *MERIT Working Papers*, Article 2019–007. <https://ideas.repec.org/p/unm/unumer/2019007.html>

Rajasekaran, S., Adam, T., y Tilmes, K. (2024). *Digital Pathways for Education: Enabling Greater Impact for All*. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/9673fd74-1bf4-4693-b45f-374a64464c63>

Rodriguez-Segura, D. (2022). EdTech in Developing Countries: A Review of the Evidence. *The World Bank Research Observer*, 37(2), 171–203. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkab011>

Rodriguez-Segura, D., y Kim, B. H. (2021). The last mile in school access: Mapping education deserts in developing countries. *Development Engineering*, 6, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2021.100064>

Trott, M., Driscoll, R., Irlado, E., y Pardhan, S. (2022). Changes and correlates of screen time in adults and children during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine*, 48, 101452. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101452>

UNESCO. (2024). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: Tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién? - UNESCO Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388894>

Yanguas, M. L. (2020). Technology and educational choices: Evidence from a one-laptop-per-child program. *Economics of Education Review*, 76, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2020.101984>



## NOTA #3

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN JUSTICIA CRIMINAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

---

# **Inteligencia Artificial en Justicia Criminal en América Latina y el Caribe: Oportunidades y Desafíos**

**Pablo Brassiolo**

## **Resumen**

Este documento examina el potencial de la inteligencia artificial para mejorar el desempeño del sistema de justicia penal en América Latina y el Caribe. A partir de una revisión detallada de casos de uso en la región —incluyendo predicción del crimen, análisis forense digital, asistencia en la redacción de sentencias y gestión automatizada en el ámbito penitenciario— se identifican tanto los beneficios como los riesgos asociados a la implementación de estas tecnologías. El análisis resalta que la adopción efectiva de IA requiere condiciones habilitantes clave: infraestructura digital, gobernanza de datos, talento humano capacitado y marcos normativos robustos. Asimismo, se advierte sobre desafíos específicos como la opacidad de los algoritmos, la posibilidad de reproducir sesgos históricos y la necesidad de garantizar siempre la supervisión humana. El documento concluye que, si bien la IA no es una solución mágica, puede ser una herramienta poderosa para transformar la justicia penal, siempre que se aplique de manera ética, transparente y responsable.

## Introducción

Los sistemas de justicia criminal de América Latina y el Caribe (ALC) enfrentan deficiencias estructurales que limitan su capacidad para investigar, juzgar y sancionar delitos de forma efectiva y equitativa. Estas limitaciones se traducen en altos niveles de impunidad, lentitud procesal y falta de acceso igualitario a la justicia, lo que socava tanto la eficacia del sistema penal como su legitimidad ante la ciudadanía (World Justice Project, 2024).

Mejorar el desempeño de la justicia penal es crucial para reducir el delito y promover el desarrollo. Una justicia eficiente y creíble fortalece el Estado de derecho, genera condiciones propicias para la inversión, reduce los costos de transacción y fomenta la seguridad jurídica. También es una herramienta esencial para combatir la corrupción, reconstruir la confianza ciudadana en las instituciones públicas y elevar el bienestar y la calidad de vida de la población.

En este contexto, la digitalización y la inteligencia artificial (IA) ofrecen oportunidades significativas para transformar los sistemas de justicia penal en la región. La digitalización permite automatizar tareas rutinarias, mejorar la trazabilidad de los procesos y, cuando es acompañada por estándares de interoperabilidad, facilita el traspaso y la armonización de la información. La IA, por su parte, puede apoyar la investigación criminal, agilizar la toma de decisiones judiciales, mejorar la gestión penitenciaria y ampliar el acceso a la justicia. No obstante, su adopción enfrenta desafíos importantes relacionados con infraestructura tecnológica, capacidades institucionales, marcos normativos, gobernanza de datos y protección de derechos fundamentales. Además, el uso de IA en contextos penales plantea dilemas normativos sensibles, en particular cuando se aplica a decisiones que afectan libertades individuales y requieren motivaciones fundadas y auditables.

Este documento analiza el potencial de la IA y su interacción con el proceso de digitalización para fortalecer la justicia penal en América Latina y el Caribe, revisa casos concretos de aplicación y evidencia disponible, y discute los principales obstáculos para una implementación ética, efectiva y sostenible. Para ello, la sección 2 describe los desafíos estructurales que enfrenta el sistema de justicia penal en la región, con base en evidencia comparada y datos recientes. La sección 3 presenta el marco conceptual sobre el potencial de la IA, destacando los mecanismos a través de los cuales puede mejorar la eficiencia, la eficacia, el acceso y la equidad. La sección 4 revisa experiencias concretas de aplicación en distintas etapas del sistema penal, así como la evidencia disponible sobre sus efectos. La sección 5 analiza los principales obstáculos para una adopción efectiva de estas tecnologías en ALC, incluyendo limitaciones de infraestructura, gobernanza de datos, capacidades institucionales y marcos normativos. Finalmente, la sección 6 ofrece recomendaciones de política orientadas a promover una implementación responsable y sostenible.

## Los desafíos estructurales de la justicia criminal en América Latina y el Caribe

El sistema de justicia penal en ALC presenta debilidades estructurales que limitan su capacidad para investigar delitos, juzgar a los responsables y aplicar sanciones de forma oportuna y equitativa. Estas deficiencias se traducen en altos niveles de impunidad, procesos judiciales ineficientes y una capacidad limitada del sistema para cumplir sus funciones esenciales, incluso en contextos de alta demanda ciudadana por seguridad y justicia.

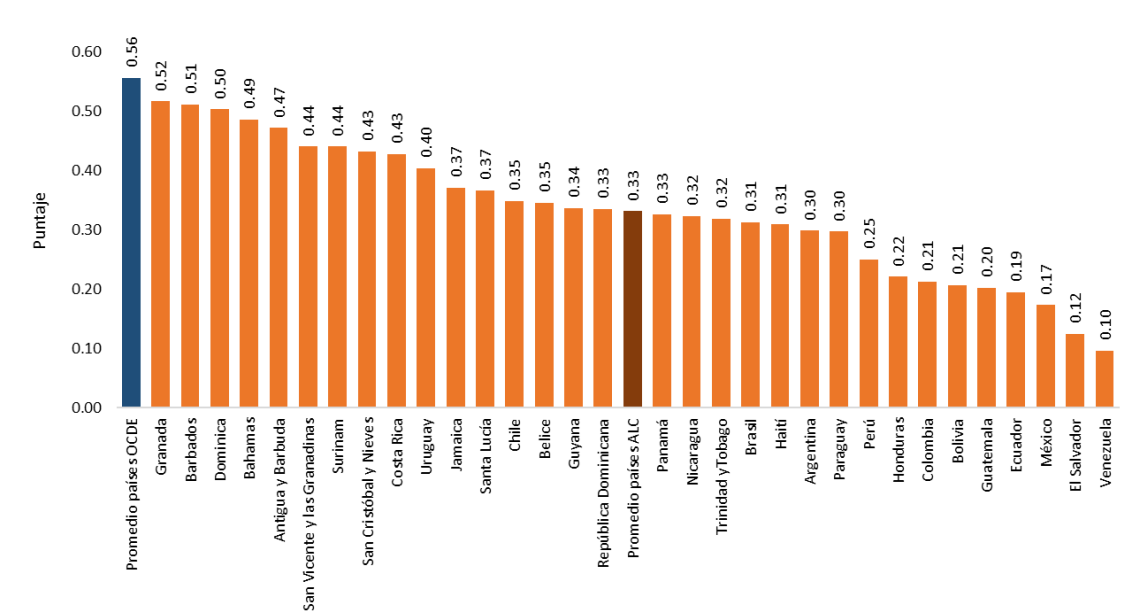
El sistema penal está compuesto por un conjunto de instituciones que operan de manera secuencial y articulada: la policía y las fiscalías son responsables de la investigación; los jueces determinan la culpabilidad y aplican las sanciones correspondientes; y las instituciones penitenciarias tienen la tarea de ejecutar esas sanciones, velando por el cumplimiento de la ley y la reinserción social. La eficacia

del sistema en su conjunto depende de que cada una de estas funciones se cumpla con niveles razonables de eficiencia, imparcialidad y legalidad. Si una sola de estas partes falla, el resultado final se ve comprometido. Esta lógica de “cadena de eslabones” implica que el desempeño agregado del sistema está condicionado por sus cuellos de botella más críticos (CAF, 2014).

Los indicadores del Estado de derecho del Proyecto Mundial de Justicia permiten ilustrar empíricamente estas deficiencias. En particular, el componente de justicia penal permite descomponer el funcionamiento del sistema en varias subdimensiones, como la efectividad de las autoridades de investigación criminal, la eficiencia y celeridad del sistema de enjuiciamiento, y la eficacia del sistema penitenciario, entre otras. En general, los países de ALC obtienen puntajes significativamente más bajos que los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en estas tres dimensiones. Si bien hay variaciones entre países, el patrón general es claro: en muchos casos, el sistema es incapaz de investigar adecuadamente, de juzgar con celeridad o de sancionar de forma efectiva. El resultado es una justicia lenta, ineficaz y, en algunos contextos, ausente.

El gráfico 1 muestra el puntaje del subcomponente de efectividad de la investigación criminal, que mide la capacidad de la policía y las autoridades competentes para investigar los delitos de manera profesional, sin corrupción, abuso ni discriminación. Incluye aspectos como la formación de los agentes, la calidad de la investigación forense y la capacidad de respuesta ante delitos. El promedio de los países de ALC (0,33) está significativamente por debajo del promedio de los países de la OCDE (0,56), lo que evidencia una brecha estructural importante. Además, se observa una marcada heterogeneidad entre países de la región: mientras algunos, como Granada y Barbados, alcanzan puntajes cercanos a los niveles de la OCDE, otros como México, El Salvador o Venezuela presentan valores extremadamente bajos.

**Gráfico 1: Efectividad del sistema de investigación criminal**

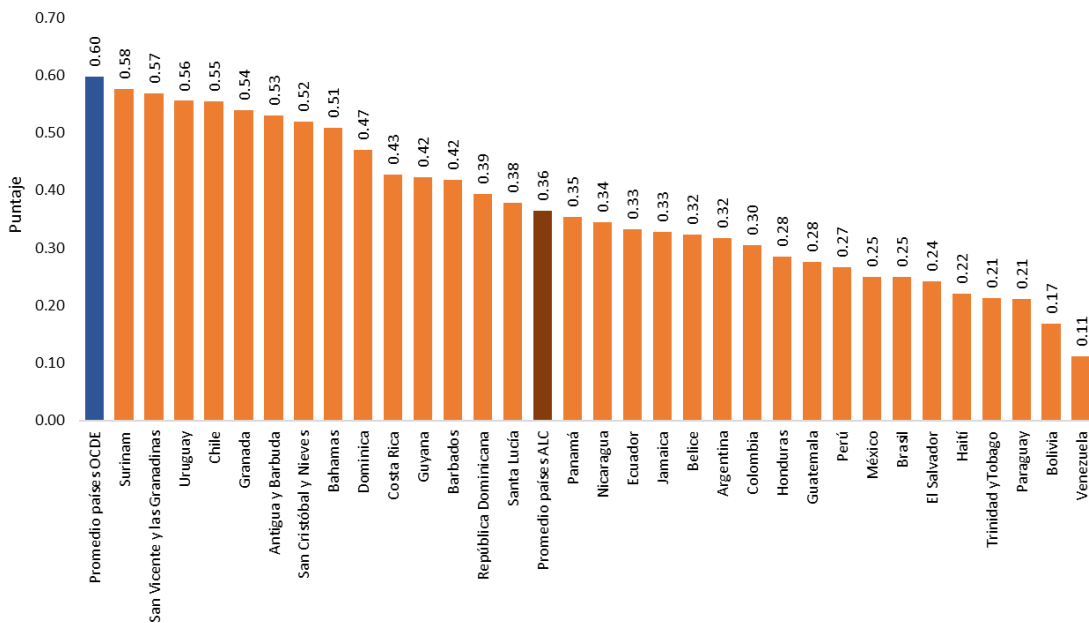


Notas. Este indicador evalúa la capacidad de la policía y otras autoridades competentes para investigar delitos de manera efectiva y profesional, sin corrupción ni discriminación. Considera la formación del personal, la integridad institucional y el uso adecuado de la fuerza y de la evidencia forense. El puntaje varía entre 0 y 1, donde valores más altos indican mejor desempeño.  
Fuente: elaboración propia con datos de World Justice Project (2024).

De manera similar, el gráfico 2 muestra el puntaje del subcomponente de efectividad y oportunidad del proceso judicial. Este indicador mide si los procesos penales se

desarrollan con celeridad, imparcialidad y respeto al debido proceso, y toma en cuenta aspectos como la independencia de jueces y fiscales, la ausencia de corrupción y la disponibilidad de recursos suficientes. El promedio regional (0,36) se ubica notablemente por debajo del promedio de la OCDE (0,60), reflejando serios problemas de mora judicial y cuellos de botella procesales. Aunque países como Surinam, Uruguay y Chile muestran niveles relativamente altos de desempeño, una parte importante de los países latinoamericanos registra valores inferiores a 0,30, con casos críticos como Bolivia y Venezuela.

**Gráfico 2: Eficiencia y calidad del proceso penal**



Notas. Este indicador mide si los procesos penales se llevan a cabo de forma oportuna, imparcial y con pleno respeto al debido proceso. Incluye la independencia judicial, la ausencia de corrupción y los recursos disponibles para fiscales y jueces. El puntaje varía entre 0 y 1, donde valores más altos indican mejor desempeño.

Fuente: elaboración propia con datos de World Justice Project (2024).

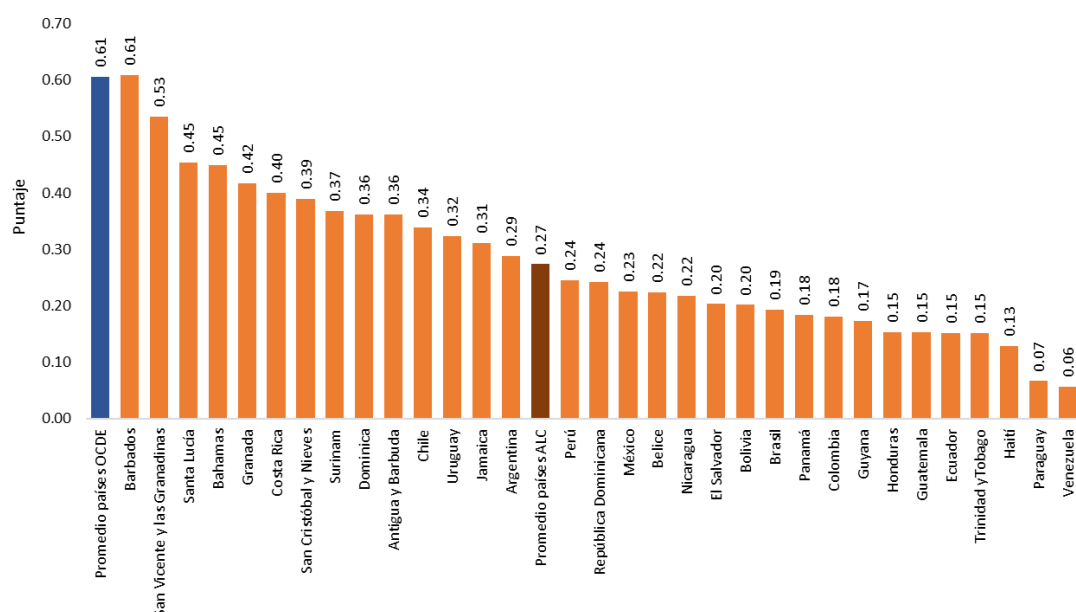
Uno de los aspectos críticos es el desempeño del sistema penitenciario. En muchos países de ALC, las condiciones de reclusión son precarias, con niveles altos de hacinamiento, violencia interna y falta de acceso a servicios básicos. Estas condiciones no solo vulneran derechos fundamentales, sino que también reducen las posibilidades de rehabilitación, incrementan el riesgo de reincidencia y debilitan la función disuasiva del castigo (Tobón, 2022; Lessing & Willis, 2019; CAF, 2014).

El gráfico 3 muestra el puntaje de la eficacia del sistema penitenciario, que evalúa si las penas se ejecutan de manera efectiva y si las instituciones penitenciarias cumplen con su función legal, incluyendo la seguridad, el respeto a los derechos humanos y las condiciones para la resocialización. Los países de ALC tienen, en promedio, un puntaje muy inferior al de la OCDE (0,27 versus 0,61), lo que refleja limitaciones severas en la capacidad rehabilitadora del sistema carcelario regional. La mayoría de los países obtiene puntajes inferiores a 0,30, con situaciones especialmente críticas en Paraguay (0,07) y Venezuela (0,06), que sugieren condiciones penitenciarias que difícilmente pueden contribuir a la reinserción social y que, con alta probabilidad, tampoco garantizan estándares básicos de derechos humanos.

En conjunto, estos resultados refuerzan la evidencia de que los sistemas de justicia penal en la región enfrentan deficiencias profundas en todas sus etapas, limitando tanto su capacidad de controlar el delito como su legitimidad ante la ciudadanía.



**Gráfico 3: Eficacia del sistema penitenciario**



Notas. Este indicador evalúa si las penas impuestas son ejecutadas de manera efectiva, y si las instituciones penitenciarias garantizan condiciones seguras, dignas y orientadas a la rehabilitación y reinserción social de las personas privadas de libertad. El puntaje varía entre 0 y 1, donde valores más altos indican mejor desempeño.

Fuente: elaboración propia con datos de World Justice Project (2024).

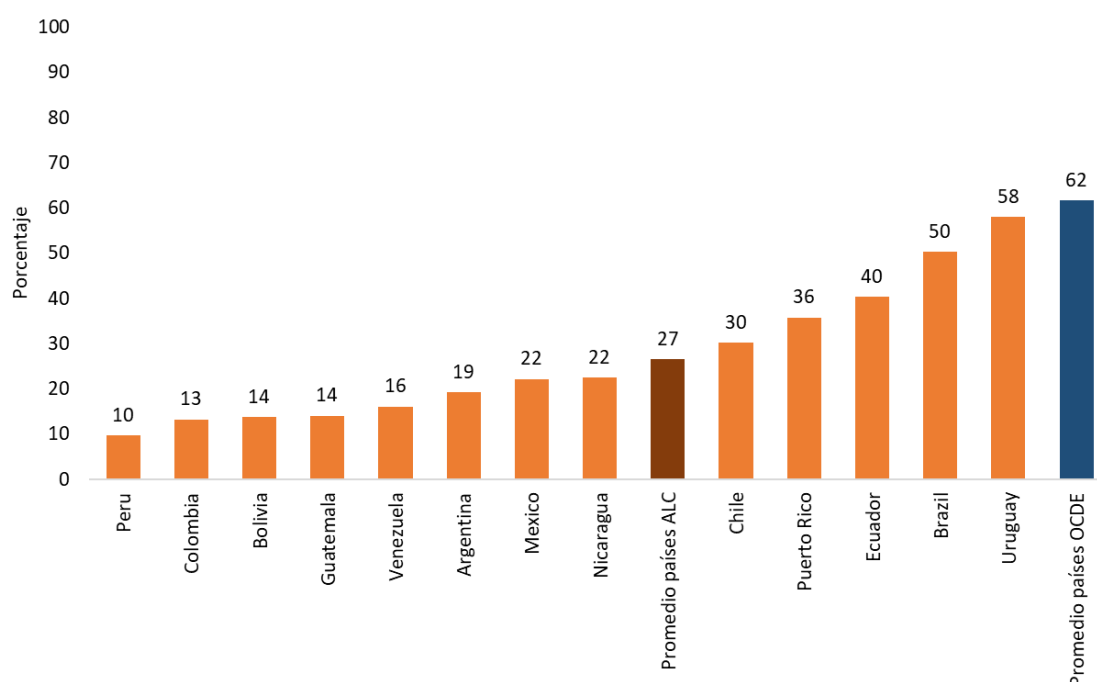
Esta falta de legitimidad se refleja en los niveles de confianza ciudadana en el sistema de justicia penal. Según la Encuesta Mundial de Valores, apenas un 27% de los encuestados en ALC declara tener mucha o bastante confianza en el sistema, muy por debajo del 62% reportado en los países de la OCDE (ver gráfico 4). En Perú, Colombia, Bolivia y Guatemala la cifra no supera el 15% y más de un tercio afirma no confiar en absoluto en el sistema. Solo Uruguay, Brasil o Ecuador se acercan al promedio de la OCDE, aunque sin alcanzarlo. Estos datos sugieren que las fallas estructurales documentadas en las etapas de investigación criminal, enjuiciamiento y cumplimiento de condenas —impunidad, lentitud procesal y condiciones carcelarias precarias— no solo reducen la eficacia del sistema, sino que también erosionan su legitimidad social.

Una baja confianza en la justicia reduce la disposición de los ciudadanos a denunciar delitos y debilita el efecto disuasivo del sistema, limitando así su eficacia. Esta situación crea un círculo vicioso: las fallas del sistema erosionan la confianza ciudadana, y la desconfianza, a su vez, atenta contra la posibilidad de que el sistema funcione mejor. Más aún, la desconfianza genera efectos indirectos sobre el Estado de derecho. Cuando los ciudadanos perciben que la justicia penal no funciona o actúa de forma arbitraria, aumenta la tolerancia social hacia la justicia por mano propia, disminuye el cumplimiento voluntario de la ley y se vuelve más difícil generar apoyo para reformas institucionales (CAF, 2014).

Más allá de sus efectos directos sobre la seguridad y la justicia, las debilidades del sistema penal tienen importantes consecuencias para el desarrollo económico y social, así como para el bienestar y la calidad de vida de la población. Un sistema que no protege los derechos de propiedad, que no resuelve disputas de manera creíble o que no sanciona adecuadamente los delitos, genera incertidumbre, desincentiva la inversión y socava la confianza en las instituciones. En este sentido, el fortalecimiento de la justicia penal no debe verse como un objetivo exclusivamente institucional, sino

como una condición necesaria para avanzar hacia un modelo de desarrollo más inclusivo y sostenible.

**Gráfico 4: Confianza ciudadana en el sistema de justicia penal**



Nota. Las barras muestran la proporción de encuestados de cada país que declara tener “much” o “bastante” confianza en el sistema de justicia de su país (las alternativas de respuesta son: mucha, bastante, poca y ninguna).

Fuente: Elaboración propia con datos de Haerpfer et al, (2022).

## El potencial de la inteligencia artificial en la justicia criminal y sus riesgos

Desde una perspectiva económica, la IA puede entenderse como una tecnología que reduce significativamente el costo de generar predicciones (Agrawal, Gans & Goldfarb, 2019a, 2019b). Esta función —utilizar datos disponibles para estimar un valor incierto— es central en muchas decisiones dentro del sistema de justicia penal, como prever la probabilidad de reincidencia, estimar la duración probable de un proceso o anticipar el riesgo de fuga de una persona imputada. Al abaratar este componente del proceso decisorio, la IA permite reorganizar flujos de trabajo, reasignar recursos escasos y ampliar el conjunto de acciones factibles dentro de las restricciones existentes. Su impacto no se limita a acelerar tareas previamente realizadas, sino que puede transformar qué decisiones se toman, cuándo se toman y con qué tipo de información, al incorporar datos y patrones que antes resultaban inaccesibles o prohibitivos en términos de costo o complejidad.

Este potencial adquiere particular relevancia en ALC, donde los sistemas de justicia penal enfrentan limitaciones de capacidad y recursos. En este contexto, la IA tiene el potencial de mejorar el desempeño institucional a través de distintas vías, incluyendo la eficiencia operativa, la eficacia en el cumplimiento de sus funciones, la ampliación del acceso a la justicia y la promoción de una mayor equidad. Estos principios generales permiten entender por qué la inteligencia artificial despierta interés como herramienta para mejorar los sistemas de justicia penal. A continuación, se describen con mayor detalle los principales canales a través de los cuales esta tecnología puede contribuir a una mayor eficiencia, eficacia, accesibilidad y equidad institucional.

En términos de eficiencia, la aplicación de IA interactúa con los beneficios, ya vigentes en algunos países, de la digitalización, que permite automatizar tareas repetitivas, mejorar la gestión de expedientes y acelerar los tiempos procesales. Estas mejoras pueden ser clave en sistemas penales sobrecargados, donde la lentitud de los procesos genera cuellos de botella y contribuye a problemas como la prisión preventiva prolongada o el hacinamiento carcelario. La IA potencia aún más estos avances, generando ganancias de productividad al liberar recursos que pueden reasignarse a tareas más sustantivas, sin necesidad de ampliar plantillas de personal ni presupuestos (Lefevre Cervini, 2022).

En cuanto a la eficacia, la IA puede fortalecer la capacidad del sistema penal para tomar decisiones más informadas en etapas clave del proceso, al complementar el juicio humano con herramientas que sistematizan información, estiman riesgos o identifican patrones relevantes. Esta capacidad de apoyo a la toma de decisiones es especialmente valiosa en contextos donde los operadores trabajan bajo presión y con información incompleta. No obstante, su efectividad depende de tres condiciones: la representatividad y calidad de los datos, la transparencia de los algoritmos y la capacidad institucional para interpretar sus resultados de forma crítica, incluyendo mecanismos de supervisión humana en las decisiones que afectan derechos fundamentales (Fair Trials, 2024; Lefevre Cervini, 2022).

En muchos países de la región, gran parte de la información judicial sigue almacenada en formatos físicos o no estructurados. En estos casos, la IA también puede contribuir indirectamente a mejorar la eficacia institucional al facilitar la digitalización mediante herramientas como el reconocimiento óptico de caracteres o el procesamiento de lenguaje natural (PLN). Estas soluciones permiten estructurar datos, generar repositorios accesibles y sentar las condiciones para una toma de decisiones más informada. El PLN, además, es una tecnología transversal con múltiples aplicaciones dentro del sistema de justicia, incluyendo herramientas orientadas al acceso ciudadano, que se detallan más adelante (Lefevre Cervini, 2022).

En términos de acceso y equidad, la IA tiene el potencial de acercar el sistema de justicia penal a sectores tradicionalmente marginados. Plataformas digitales, asistentes virtuales y chatbots legales pueden reducir costos de transacción y barreras geográficas, facilitando la presentación de denuncias, el seguimiento de casos o la comprensión de procedimientos. La traducción automática y la simplificación del lenguaje técnico pueden mejorar la inclusión de grupos vulnerables, especialmente en contextos donde el capital humano legal es escaso o inaccesible (OECD/CAF, 2022; Fair Trials, 2024).

Además, si se implementan con criterios de apertura y rendición de cuentas, los sistemas de IA pueden ayudar a detectar sesgos sistemáticos en decisiones judiciales o fiscales, permitiendo monitorear patrones discriminatorios y promover un trato más equitativo entre personas o grupos en situación similar (Lefevre Cervini, 2022).

A pesar de su potencial, el uso de IA en el sistema de justicia penal conlleva riesgos importantes que deben ser gestionados con cuidado. Uno de los más relevantes es el de los sesgos algorítmicos: si los modelos se entrenan con datos históricos que reflejan prácticas discriminatorias, pueden reproducir e incluso agravar esas desigualdades. Esto es especialmente sensible en decisiones como la prisión preventiva, donde una mala calibración del algoritmo puede afectar sistemáticamente a ciertos grupos poblacionales (Fair Trials, 2024)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Además del sesgo discriminatorio, los datos judiciales presentan dos retos derivados de la digitalización incompleta. Primero, entrenar modelos solo con las jurisdicciones que disponen de registros digitales puede generar desajustes entre el contexto de entrenamiento y el de uso. Segundo, esa información parcial —a menudo sin variables complementarias— suele ser poco representativa y añade sesgos adicionales. Estos problemas hacen indispensable validar y ajustar rigurosamente los modelos antes de desplegarlos.

Otro riesgo central es la opacidad de los algoritmos. Muchas herramientas disponibles en el mercado funcionan como cajas negras, impidiendo a jueces, defensores y ciudadanos entender cómo se generó una recomendación. En un ámbito como el penal, donde el debido proceso exige motivaciones claras y auditables, esta opacidad es incompatible con las garantías mínimas (OECD/CAF, 2022).

Estos riesgos son particularmente evidentes en el caso de los modelos de lenguaje de propósito general, como ChatGPT, que ya han sido utilizados por operadores judiciales en la región sin lineamientos institucionales claros. Gutiérrez (2024) advierte que estos modelos no deben considerarse fuentes confiables de información, ya que producen textos persuasivos, pero potencialmente erróneos, y carecen de trazabilidad y mecanismos adecuados de supervisión. Esta situación subraya la necesidad de fortalecer la alfabetización digital de los operadores judiciales, someter los algoritmos a pruebas preliminares con datos externos y heterogéneos para detectar y mitigar sesgos y establecer políticas claras para el uso responsable de las herramientas desarrolladas para su aplicación en el ámbito de la justicia penal.

El uso de IA en el sistema de justicia plantea dilemas normativos relevantes, especialmente cuando se aplica a decisiones que involucran derechos fundamentales. Estas herramientas pueden complementar la labor de los operadores judiciales, pero su adopción debe regirse por principios claros de transparencia, rendición de cuentas y supervisión humana. El desafío no es únicamente tecnológico: sin marcos regulatorios adecuados, la IA puede amplificar sesgos existentes y erosionar la legitimidad institucional (OECD/CAF, 2022; UNESCO, 2023).

Finalmente, el despliegue de herramientas de IA en la justicia penal requiere una arquitectura institucional robusta que garantice tanto su funcionamiento seguro como la protección de derechos. A medida que avanza la digitalización, se incrementa la exposición de datos sensibles –como expedientes, historiales penales o datos biométricos– que deben resguardarse mediante protocolos claros de gobernanza, límites bien definidos sobre sus usos legítimos, mecanismos de supervisión independientes e infraestructura de ciberseguridad (OECD/CAF, 2022).

En síntesis, el potencial de la IA en la justicia penal es considerable, pero su adopción efectiva depende de contar con una base digital adecuada y de asegurar principios como la transparencia, la protección de derechos y la supervisión humana, entendida no solo como revisión de decisiones individuales, sino como parte integral del diseño institucional. Para los países de la región, el desafío es acompañar esta transformación tecnológica con marcos éticos, normativos y de gobernanza que minimicen riesgos y maximicen beneficios en términos de acceso, eficacia y equidad.

## **Aplicaciones de inteligencia artificial en la justicia criminal y evidencia de sus efectos**

La adopción de IA en la justicia criminal de ALC aún es incipiente pero creciente. A continuación, se revisan experiencias en tres áreas clave: (i) investigación criminal y acusación, (ii) procesos judiciales, y (iii) sistema penitenciario y ejecución de sentencias. Cuando está disponible, se revisa la evidencia empírica acerca de su funcionamiento y las lecciones aprendidas.

### **IA en la investigación criminal y en el proceso de acusación**

Entre los principales usos de la IA en las etapas de investigación y acusación en ALC se destacan la predicción del crimen, el análisis forense digital y la automatización de casos (ver cuadro 1). Uno de los usos más controversiales es la predicción del delito mediante aprendizaje automático aplicado a bases que combinan registros históricos con datos casi en tiempo real. Estas herramientas generan mapas de riesgo o zonas prioritarias para patrullaje, basadas en variables como tipo de delito, hora, fecha y ubicación. En Uruguay, la policía utilizó PredPol, un software que producía

mapas diarios de criminalidad, pero su evaluación oficial no mostró ventajas frente a métodos estadísticos tradicionales, y el programa fue discontinuado. En Chile, una herramienta similar fue criticada por facilitar prácticas discriminatorias, como el hostigamiento de personas según su ubicación o antecedentes. En Colombia, experiencias en ciudades intermedias también reportaron errores significativos, agravados por la escasez de datos. Estos casos ilustran que, sin auditorías ni mecanismos de rendición de cuentas —incluidas fases obligatorias de pruebas piloto y validación externa—, las herramientas predictivas pueden amplificar desigualdades preexistentes y socavar la legitimidad del sistema penal (Fair Trials, 2024).

La IA también se ha incorporado en el procesamiento de evidencia digital, particularmente en el análisis forense de dispositivos electrónicos y archivos audiovisuales. Estas herramientas permiten examinar grandes volúmenes de datos —como imágenes, videos o mensajes— para identificar patrones, personas o elementos relevantes. En Brasil y Colombia se han utilizado sistemas de reconocimiento facial, extracción automatizada de huellas y análisis de dispositivos incautados, lo que ha acelerado la labor pericial en causas complejas. Sin embargo, su uso ha generado preocupaciones por errores de identificación y sesgos discriminatorios, especialmente contra personas afrodescendientes. Estos riesgos se agravan cuando los sistemas operan sin validación adecuada o sin supervisión humana experta. Las experiencias regionales muestran que la IA puede ser útil en la gestión de evidencia, pero requiere marcos de calidad, trazabilidad y respeto al debido proceso (Fair Trials, 2024; UNESCO, 2023).

**Cuadro 1. Aplicaciones de IA en investigación criminal y el proceso de acusación**

Tipo de uso	Casos / herramientas destacadas	Resultados	Riesgos
Predicción del crimen.	PredPol (Uruguay).	Sin mejoras significativas con respecto a métodos tradicionales.	Reproducción de sesgos y falta de transparencia.
Análisis forense digital y procesamiento de evidencia.	Reconocimiento facial y análisis automatizado de dispositivos (Brasil, Colombia).	Acelera el análisis de evidencia digital; utilidad operativa documentada en casos puntuales.	Errores en identificación, sesgos contra poblaciones vulnerables.
Automatización y organización de casos.	Fiscal Watson (Colombia).	Mejora en la asignación de casos, pero sin evaluaciones sistemáticas.	Opacidad en el funcionamiento, dependencia de calidad de datos, escasa capacitación institucional.

Fuente: Elaboración propia con datos de FairTrials (2024), UNESCO (2023), Palacios, Forero y Labarthe (2024).

Por último, la IA también se ha aplicado en la organización interna de las fiscalías, por ejemplo, para clasificar automáticamente causas y asignarlas a las unidades correspondientes. En Colombia, la Fiscalía General de la Nación implementó Fiscal Watson, una herramienta basada en la plataforma IBM Watson Explorer, diseñada para identificar vínculos entre investigaciones en el Sistema Penal Oral Acusatorio. El sistema se alimenta de los relatos de hechos registrados por fiscales, pero su carácter propietario, la opacidad de los algoritmos y la ausencia de revisión humana obligatoria han generado cuestionamientos sobre su transparencia y posibles sesgos (Palacios, Forero y Labarthe, 2024).

**IA en los tribunales y los procesos judiciales**

La IA se ha incorporado en diversas etapas del trabajo judicial penal, particularmente en la elaboración automatizada de documentos, la selección y análisis de casos prioritarios, y la gestión de información judicial (ver cuadro 2). Estas herramientas buscan reducir tiempos de tramitación, mejorar la consistencia en las decisiones y facilitar el acceso rápido a jurisprudencia relevante.

Una de las aplicaciones más extendidas es la automatización de documentos judiciales mediante modelos de lenguaje y análisis semántico. Prometea, del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad de Buenos Aires, redacta dictámenes en casos repetitivos (faltas leves y procedimientos abreviados), mientras que el Projeto Sócrates, del Superior Tribunal de Justicia de Brasil, agrupa apelaciones similares y genera minutas de voto para acelerar decisiones. Ambas herramientas han reducido tiempos de tramitación y facilitado la estandarización de documentos, pero comparten riesgos clave: pueden reproducir sesgos o errores presentes en sentencias históricas y requieren supervisión humana y auditorías periódicas para evitar la cristalización de injusticias (Estévez et al., 2020; Fair Trials, 2024).

**Cuadro 2. Aplicaciones de IA en tribunales y procesos judiciales**

Tipo de uso	Casos / herramientas destacadas	Resultados	Riesgos
Automatización de la elaboración de dictámenes.	Prometea (Argentina), Projeto Sócrates (Brasil).	Menor tiempo de resolución.	Reproducción de sesgos.
Automatización del análisis de expedientes y asistencia a jueces.	PretorIA (Colombia), SAIJ (Argentina).	Identificación de casos prioritarios y menor tiempo para dictar sentencias.	Opacidad, automatización acrítica de decisiones, reproducción de sesgos.
Anonimización de sentencias.	Cambá, AymurAI (Argentina)	Mayor transparencia.	Errores en la anonimización podrían vulnerar la privacidad de las partes.

Fuente: Elaboración propia con datos de Estévez et al. (2020), Lefevre Cervini (2022), FairTrials (2024) y UNESCO (2023).

La IA también ha sido aplicada para asistir a los jueces en la gestión y análisis de expedientes judiciales. Un ejemplo destacado es PretorIA, herramienta implementada por la Corte Constitucional de Colombia para priorizar automáticamente sentencias de tutela, incluidas aquellas vinculadas a derechos fundamentales en el ámbito penal. El sistema identifica patrones en los casos recibidos y los clasifica según su urgencia y relevancia constitucional, lo que ha permitido reducir los tiempos de tramitación y mejorar la selección de casos críticos (Lefevre Cervini, 2022). En paralelo, otros sistemas se enfocan en facilitar el acceso a jurisprudencia relevante. En Argentina, el Sistema Argentino de Información Jurídica (SAIJ) sugiere precedentes judiciales relacionados con el caso en curso, asistiendo en la fundamentación de las decisiones. Estas herramientas permiten ahorrar tiempo y mejorar la consistencia entre sentencias, pero también presentan desafíos importantes, como la opacidad de los criterios utilizados por los algoritmos, la posibilidad de automatizar sesgos implícitos y el riesgo de promover una aplicación mecánica de precedentes sin un análisis contextual adecuado. Estos riesgos subrayan la necesidad de auditoría constante y supervisión humana calificada.

Finalmente, algunas jurisdicciones han implementado sistemas inteligentes para la anonimización automática de documentos judiciales, especialmente en procesos penales que involucran información personal sensible. Ejemplos de estas herramientas son Cambá y AymurAI en Argentina, que anonimizan sentencias

judiciales antes de su publicación, facilitando la transparencia sin vulnerar la privacidad de las partes. Aunque estas herramientas son prometedoras, requieren calibración cuidadosa para evitar errores en la identificación de datos sensibles, lo que podría exponer involuntariamente información privada.

**IA en el sistema penitenciario y ejecución de sentencias**

El uso de IA en el ámbito penitenciario busca optimizar la administración de instituciones penitenciarias, mejorar la toma de decisiones sobre medidas cautelares o beneficios penitenciarios, y fortalecer la supervisión efectiva de internos, tanto dentro como fuera de la prisión (ver cuadro 3).

Una de las aplicaciones más frecuentes es la evaluación automatizada del riesgo de reincidencia. Estos algoritmos utilizan datos históricos sobre conducta previa, tipo de delito, edad, vínculos sociales, entre otros, para estimar la probabilidad de reincidencia criminal o incumplimiento de medidas cautelares. Por ejemplo, la herramienta PRISMA en Colombia se utiliza para decidir medidas cautelares, como la detención preventiva. Si bien se espera que la herramienta promueva la disminución del uso de la prisión preventiva y la reducción de la reincidencia, no hay evidencia de su efectividad, y se ha alertado sobre posibles riesgos, como la afectación de garantías fundamentales y la estigmatización y discriminación de poblaciones vulnerables (Fair Trials, 2024).

Otra área clave donde se ha utilizado la IA es en el monitoreo y la gestión penitenciaria. En Brasil, el Sistema Electrónico de Ejecución Unificado (SEEU) digitaliza los expedientes de ejecución penal y calcula automáticamente las fechas para beneficios penitenciarios como la libertad condicional. Entre otras funciones, el sistema alerta a los jueces cuando un interno califica para un beneficio, ayudando a evitar demoras indebidas en la concesión de libertades anticipadas y reduciendo cargas administrativas.

**Cuadro 3. Aplicaciones de IA en el sistema penitenciario**

Tipo de uso	Casos / herramientas destacadas	Resultados	Riesgos
Evaluación del riesgo de reincidencia.	PRISMA (Colombia).	No documentados.	Reproducción de sesgos, opacidad y afectación del debido proceso.
Gestión penitenciaria.	SEEU (Brasil).	Optimización de tiempos de procesamiento y reducción de hacinamiento.	Posibles errores en las decisiones si los datos son deficientes.

Fuente: Elaboración propia con datos de Fair Trials (2024), Lefevre Cervini (2022) y PNUD-CNJ (2022).

**Desafíos para la adopción de herramientas basadas en inteligencia artificial en la justicia criminal en ALC**

A pesar del potencial identificado, la adopción efectiva de herramientas basadas en IA en la justicia penal de ALC enfrenta desafíos estructurales que requieren políticas públicas específicas. La IA no puede desplegarse en el vacío: su funcionamiento depende de condiciones habilitantes como infraestructura tecnológica adecuada, gobernanza de datos, capacidades técnicas en las instituciones y marcos normativos claros. Estas dimensiones —poco desarrolladas en los países de la región— representan cuellos de botella que limitan no solo la escala, sino también la legitimidad y el impacto de las soluciones algorítmicas en el sistema penal.

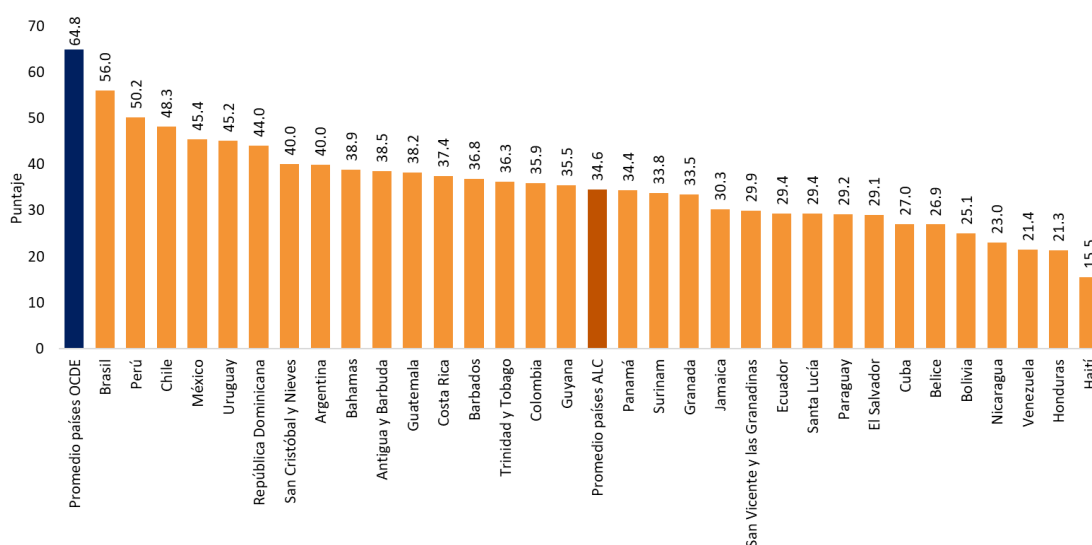
## Infraestructura digital limitada

Cualquier estrategia que busque incorporar herramientas de IA en el sistema de justicia penal requiere una base mínima de conectividad, equipamiento tecnológico y digitalización de procesos. Sin estas condiciones, incluso las soluciones algorítmicas más avanzadas resultan inaplicables. En este sentido, un primer obstáculo para la adopción de IA en la justicia penal es la limitada infraestructura tecnológica que caracteriza a muchos países de la región.

Según el Government AI Readiness Index (2024), que evalúa la preparación de los gobiernos para implementar IA en la provisión de servicios públicos, la mayoría de los países de ALC presenta niveles intermedios o bajos de preparación. Esta situación refleja brechas importantes para una adopción efectiva de estas tecnologías en sectores complejos como la justicia penal.

El gráfico 5 muestra la dimensión de infraestructura tecnológica del índice, que mide los recursos físicos y digitales necesarios para sostener la IA en el sector público. Se observan dos hechos centrales: (i) el promedio regional (34,6) está muy por debajo del de la OCDE (64,8) y (ii) existe una marcada heterogeneidad entre países. Solo Brasil y Perú superan los 50 puntos, mientras que Haití, Honduras y Venezuela no alcanzan los 22. Estas disparidades internas, sumadas a la brecha respecto de la OCDE, evidencian un déficit tecnológico que condiciona el despliegue de soluciones de IA en la justicia penal.

**Gráfico 5: Infraestructura tecnológica para IA en América Latina y el Caribe**



Nota: El gráfico muestra el puntaje correspondiente a la pregunta: "¿Tiene el país una buena infraestructura tecnológica para apoyar las tecnologías de IA?" del Government AI Readiness Index 2024. Los puntajes varían entre 0 y 100. Valores más altos indican una mayor preparación del país en términos de infraestructura tecnológica para implementar soluciones de IA.

Fuente: Elaboración propia con datos del Government AI Readiness Index 2024.

Estos hallazgos son consistentes con el diagnóstico del Grupo de Trabajo sobre Uso de Tecnología en la Impartición de Justicia de la Cumbre Judicial Iberoamericana, una iniciativa de cooperación técnica entre poderes judiciales que en su informe más reciente sistematizó avances y desafíos en el uso de tecnologías digitales y de IA en la administración de justicia (Cumbre Judicial Iberoamericana, 2025)<sup>2</sup>. A partir de

<sup>2</sup> El informe se basa en un relevamiento de herramientas tecnológicas y sistemas actualmente en operación para promover la oportunidad, seguridad y eficiencia en la impartición de justicia. Los casos fueron reportados voluntariamente por los países, de manera independiente, por lo que los resultados no deben



información aportada voluntariamente por 13 países —incluyendo 9 de América Latina y el Caribe: Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá, Perú y República Dominicana— el informe documenta la adopción de herramientas tecnológicas aplicadas a la gestión judicial, orientadas a reducir los tiempos de resolución, optimizar recursos y mejorar el seguimiento del desempeño institucional.

En algunos casos, estas soluciones surgieron como respuesta a la necesidad de asegurar la continuidad del servicio judicial durante la pandemia de COVID-19 (por ejemplo, mediante videoconferencias o firmas electrónicas). En otros, formaron parte de reformas más amplias de modernización, que incluyeron la tramitación electrónica de procesos y la digitalización integral de expedientes.

No obstante, el informe subraya que la infraestructura tecnológica sigue siendo un cuello de botella para la expansión de estas herramientas. En varios países, su implementación no abarca todas las jurisdicciones, especialmente en zonas rurales o remotas con conectividad limitada. Esto afecta sobre todo a las soluciones orientadas al público —portales de denuncias, audiencias virtuales, notificaciones electrónicas— y, en menor medida, a los sistemas internos que funcionan en las sedes judiciales centrales o estatales; por ello, se recomienda mantener canales alternativos presenciales y telefónicos mientras se cierra la brecha digital (Cumbre Judicial Iberoamericana, 2025).

### **Gobernanza de datos: interoperabilidad, calidad y protección de la información**

Un segundo desafío clave es la gobernanza de datos: el conjunto de reglas, procesos y estructuras que garantiza una gestión segura, accesible, interoperable —es decir, que los datos puedan circular entre sistemas sin perder significado— y alineada con garantías esenciales (UNESCO, 2023). Esta gobernanza no solo es fundamental para proteger la privacidad y evitar usos indebidos, sino también para asegurar la calidad y trazabilidad de los datos utilizados por los sistemas de IA. En el ámbito judicial, donde las decisiones pueden afectar derechos fundamentales, una mala gestión de los datos puede traducirse en errores graves, sesgos replicados o falta de legitimidad en las recomendaciones automatizadas.

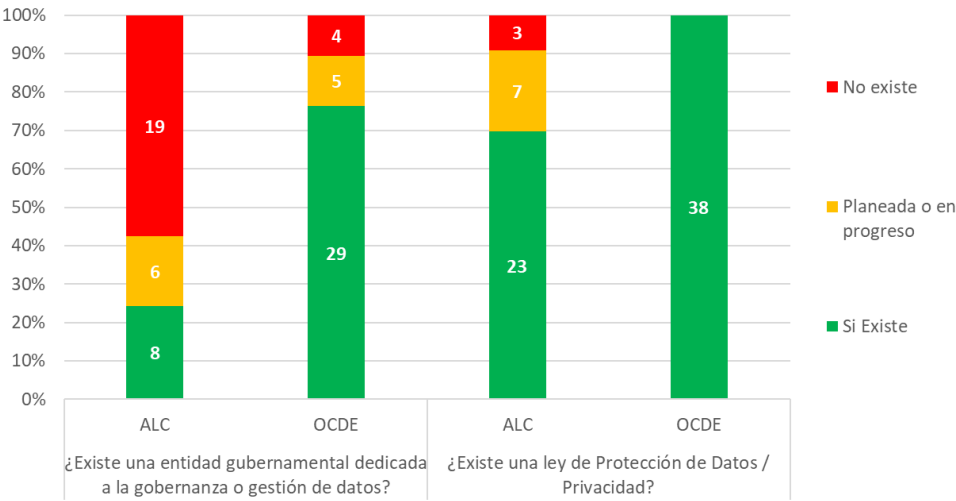
En América Latina y el Caribe, esta gobernanza de datos está rezagada en varias dimensiones. Por ejemplo, según el Government AI Readiness Index (2024), la mayoría de los países de la región presenta niveles medios o bajos en disponibilidad y representatividad de los datos para IA, en comparación con países de la OCDE. En esta misma línea, UNESCO (2023) señala que la falta de representatividad de los datos utilizados para entrenar modelos de IA es mayor en países con brechas digitales estructurales —como muchos de los de la región—, lo que aumenta el riesgo de sesgos, exclusión y errores de decisión.

La falta de interoperabilidad entre policías, fiscalías, tribunales y sistemas penitenciarios es otro de los obstáculos importantes para el uso efectivo de IA en justicia penal. La fragmentación de bases de datos limita el acceso a información completa a lo largo del ciclo de persecución penal. Según la Cumbre Judicial Iberoamericana (2025), la interoperabilidad es uno de los principales desafíos técnicos y debe ser una prioridad en el diseño de sistemas judiciales. Un caso destacado es la Política de Interconexión del Consejo de la Judicatura Federal de México, que ha conectado más de 800 órganos jurisdiccionales con actores clave como la Fiscalía General y la Secretaría de Hacienda, permitiendo el flujo digital de información y el uso de firma electrónica. Su implementación demuestra que la interconexión institucional es viable, aunque exige infraestructura adecuada, capacidades técnicas y coordinación interinstitucional.

interpretarse como un inventario exhaustivo ni necesariamente representativo de todas las iniciativas en curso en los poderes judiciales de la región.

Por último, persisten brechas significativas en materia de protección de datos personales y ciberseguridad que limitan la implementación responsable de soluciones basadas en IA. Las bases de datos judiciales suelen contener información altamente sensible —como antecedentes penales, evidencias, datos biométricos o registros forenses— que deben ser resguardadas bajo estrictos estándares legales y técnicos. Sin marcos normativos actualizados ni protocolos sólidos de seguridad, el uso de IA puede derivar en filtraciones, accesos indebidos o vulneraciones a derechos fundamentales. Según el GovTech Maturity Index (2023), solo 8 de 33 países de ALC cuentan con una entidad gubernamental dedicada a la gobernanza o gestión de datos, y 23 países tienen una ley de protección de datos en vigor. En contraste, en los países de la OCDE estas medidas están mucho más consolidadas: 29 de 38 cuentan con una entidad dedicada y 38 tienen legislación vigente en la materia (Ver gráfico 6). Estas diferencias subrayan la urgencia de fortalecer el marco institucional para la gobernanza de datos como condición para el uso seguro y legítimo de herramientas de IA en la justicia penal.

**Gráfico 6: Disponibilidad de marcos institucionales para la gobernanza de datos**



Nota: Las barras (etiquetas) muestran el porcentaje (la cantidad) de países que, según el GovTech Maturity Index (2023), cuentan con (i) una entidad gubernamental dedicada a la gestión o gobernanza de datos, y (ii) una ley de protección de datos personales y privacidad. La categoría "Planeada / en progreso" refiere a países que informaron estar diseñando o tramitando estos marcos institucionales al momento del relevamiento.

Fuente: Elaboración propia con datos del GovTech Maturity Index (Banco Mundial, 2023).

Además, como destaca la Cumbre Judicial Iberoamericana (2025), la ciberseguridad debe ser abordada de forma integral, involucrando a todas las áreas del poder judicial. El informe enfatiza la necesidad de contar con estructuras internas de monitoreo continuo, mecanismos de autenticación seguros, protocolos de respuesta ante incidentes y una cultura institucional orientada a la prevención. También advierte que los costos de recuperación tras un ataque suelen ser hasta cinco veces mayores que los de la inversión preventiva, sin que exista garantía de recuperación total de la información comprometida.

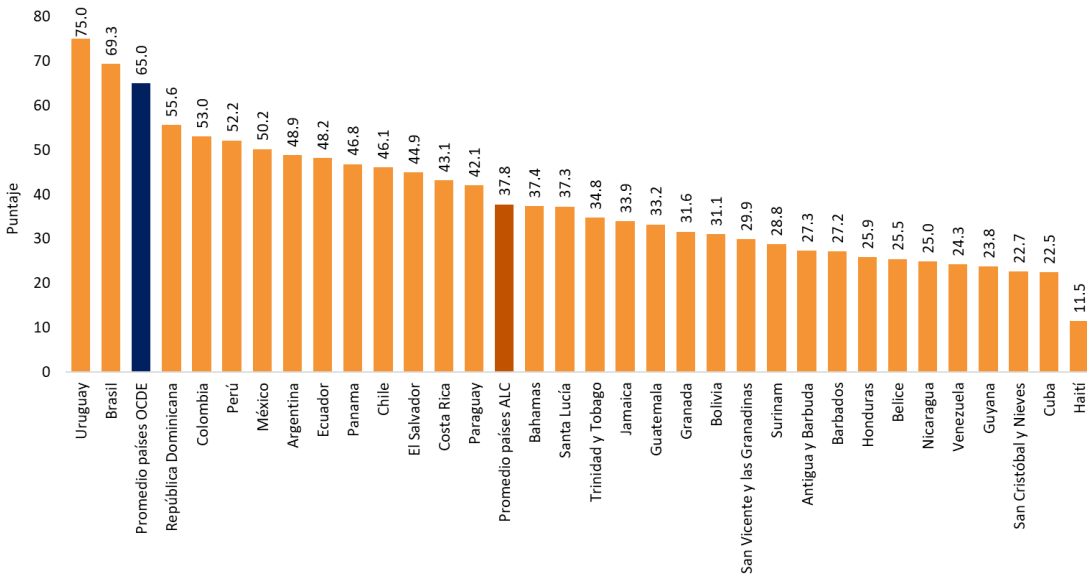
### Capacidades institucionales y talento humano

La adopción de herramientas de IA en la justicia penal también requiere capacidades institucionales y talento humano calificado para diseñar, implementar, operar y supervisar estas soluciones de forma efectiva y ética. Esto implica contar no solo con perfiles técnicos —como ingenieros en datos o desarrolladores de IA—, sino también con operadores judiciales que comprendan el funcionamiento y las limitaciones de

estas tecnologías. Sin estas capacidades, los proyectos de IA corren el riesgo de fallar en su implementación, reproducir sesgos inadvertidos o quedar subutilizados por falta de adopción interna.

El Government AI Readiness Index 2024 muestra la magnitud de la brecha: en la dimensión “capacidad digital del gobierno” —que mide recursos, competencias y procesos para adoptar IA— solo Uruguay y Brasil superan el promedio de la OCDE (65,0). El promedio regional es de apenas 37,8, y la mayoría de los países está por debajo de ese nivel (Ver gráfico 7). Estos datos subrayan la urgencia de planes integrales de formación y fortalecimiento institucional para una adopción responsable de IA en la justicia penal.

**Gráfico 7: Capacidad digital del gobierno**



Nota: El gráfico muestra el puntaje correspondiente a la pregunta: “¿Cuál es la capacidad digital existente en el gobierno?” del Government AI Readiness Index 2024. Los puntajes varían entre 0 y 100. Valores más altos indican una mayor preparación del país en términos de infraestructura tecnológica para implementar soluciones de IA.

Fuente: Elaboración propia con datos del Government AI Readiness Index 2024.

A nivel regional, las iniciativas de formación digital y de fortalecimiento de capacidades institucionales siguen siendo fragmentadas. El GovTech Maturity Index (2023) muestra que solo cinco países de ALC combinan una estrategia nacional y un programa activo de habilidades digitales en el sector público, frente a 20 en la OCDE. Otros 20 países disponen de solo una de estas herramientas—la estrategia o el programa— y ocho carecen de ambas.

Esta falta de políticas de capacitación se refleja dentro de los poderes judiciales. Una encuesta reciente en Colombia revela que, aunque tres de cada diez servidores ya usan IA (sobre todo para búsquedas o transcripciones), la mayoría lo hace sin formación formal: solo el 22% de los jueces y el 40% de los magistrados ha utilizado herramientas como ChatGPT en tareas profesionales (Consejo Superior de la Judicatura, 2025). Este resultado evidencia un interés incipiente, pero también una clara necesidad de programas de capacitación específicos para el ámbito judicial.

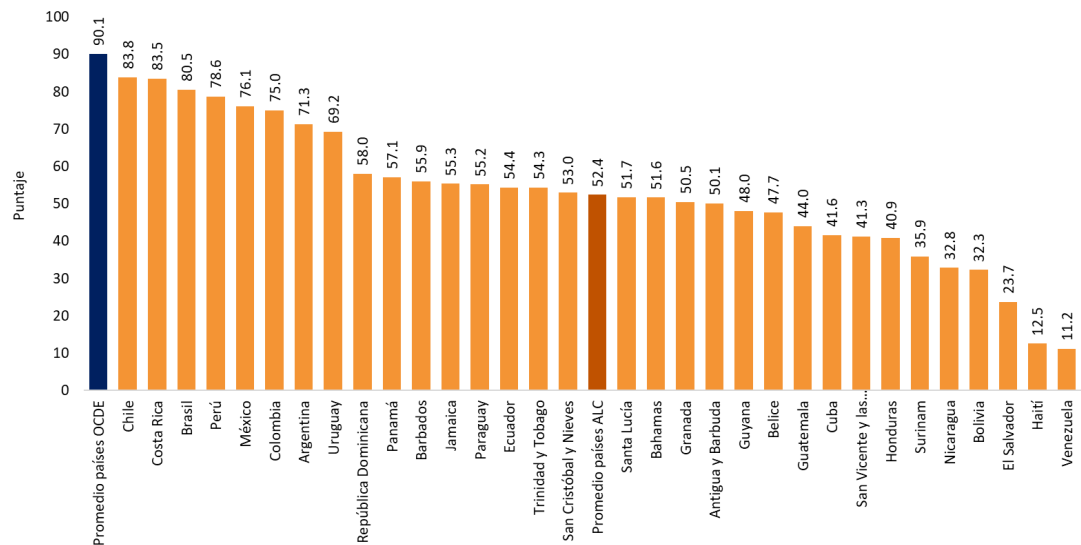
Algunos países de la región han comenzado a desarrollar laboratorios de innovación judicial que integran perfiles técnicos y jurídicos para explorar aplicaciones de nuevas tecnologías en la justicia. Dos ejemplos son el IALAB en Buenos Aires y el Laboratorio de Innovación del Consejo Nacional de Justicia en Brasilia, que reúnen juristas, tecnólogos y especialistas en ética para diseñar soluciones adaptadas al contexto

institucional y normativo local. Potenciar estos espacios, promover alianzas con universidades y diseñar estrategias efectivas de retención de talento son pasos clave para construir capacidades internas que permitan una implementación responsable, sostenida y legítima de herramientas basadas en IA en los sistemas de justicia penal.

**Marcos regulatorios y normativos incipientes**

La adopción efectiva de tecnologías digitales e IA en el sector público —y en particular en el sistema de justicia penal— requiere marcos normativos y estándares técnicos que guíen su implementación. Un punto de partida son las estrategias nacionales de gobierno digital, que la mayoría de los países de la región han desarrollado, pero que en muchos casos no están actualizadas o carecen de mecanismos adecuados de monitoreo y evaluación y omiten disposiciones claras de coordinación con los gobiernos subnacionales, de los cuales suele depender buena parte de la administración de justicia (OCDE/CAF, 2024). Sin regulaciones específicas para la aplicación de IA en ámbitos como el penal, los sistemas judiciales enfrentan vacíos críticos en materia de transparencia, responsabilidad y supervisión institucional. UNESCO (2023) enfatiza la necesidad de garantizar el control humano sobre las decisiones automatizadas, el derecho a apelar y la explicabilidad de los sistemas algorítmicos, elementos que todavía no han sido incorporados en muchas normativas nacionales.

**Gráfico 8: Gobernanza y marcos éticos para la adopción de IA en el sector público**



Nota: El gráfico muestra el puntaje correspondiente a la pregunta: “¿Existen las regulaciones y los marcos éticos adecuados para implementar la IA de forma que genere confianza y legitimidad?” del Government AI Readiness Index 2024. Los puntajes varían entre 0 y 100. Valores más altos indican una mayor preparación del país en términos de infraestructura tecnológica para implementar soluciones de IA.

Fuente: Elaboración propia con datos del Government AI Readiness Index 2024.

El gráfico 8 presenta los resultados en la dimensión de gobernanza y ética del Government AI Readiness Index (2024), que mide la existencia de marcos regulatorios, principios éticos y mecanismos institucionales capaces de generar confianza en el uso de IA. Aunque Chile, Costa Rica y Brasil se acercan al promedio OCDE (90,1), la mayoría de los países de la región queda por debajo del umbral de 60 puntos y el promedio regional es de apenas 52,4. Estos resultados subrayan la urgencia de contar con marcos normativos más robustos, especialmente en sectores sensibles como la justicia penal. Esta brecha también abre una oportunidad para potenciar la cooperación internacional con el fin de armonizar estándares,

intercambiar buenas prácticas y brindar asistencia técnica a los países más rezagados.

## **Consideraciones finales**

La IA tiene el potencial de transformar el sistema de justicia penal en ALC. Aplicada de forma responsable, puede mejorar la eficacia y eficiencia procesal, aumentar la transparencia institucional y promover un acceso más equitativo a la justicia. Existen ya experiencias concretas en varios países de la región que muestran cómo estas tecnologías pueden asistir en la investigación criminal, la redacción de resoluciones o la gestión penitenciaria. Sin embargo, la mayoría de estas iniciativas sigue en fase piloto y enfrenta desafíos importantes para su adopción a escala.

El primero de estos desafíos es estructural: muchos sistemas judiciales aún carecen de las condiciones habilitantes mínimas para implementar herramientas de IA de forma efectiva y segura. Esto incluye la falta de infraestructura tecnológica adecuada, datos interoperables y confiables, talento humano especializado y marcos institucionales que garanticen coordinación interinstitucional y sostenibilidad en el tiempo.

El segundo conjunto de desafíos se relaciona directamente con el diseño y uso de las herramientas de IA. Sin principios claros de transparencia, trazabilidad y rendición de cuentas, su aplicación en decisiones sensibles puede reproducir sesgos, erosionar el debido proceso o vulnerar derechos fundamentales. La supervisión humana debe ser obligatoria en todo momento, y los algoritmos deben ser auditables y explicables ante la sociedad.

Frente a estos retos, se requiere una acción decidida por parte de los gobiernos, con apoyo de actores externos como las universidades, la sociedad civil y los organismos multilaterales. CAF, en particular, puede jugar un rol estratégico en la región: apoyando el diseño de estrategias nacionales de justicia digital, impulsando pilotos replicables con enfoque en derechos, y promoviendo principios de gobernanza algorítmica que garanticen el uso legítimo y ético de la IA.

La IA no es una solución mágica, pero sí una herramienta poderosa. Bien utilizada, puede contribuir a romper los círculos de impunidad y exclusión que todavía caracterizan a muchos sistemas penales en la región, acercando la justicia a quienes más la necesitan.

## Referencias

- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019a). Introduction to the economics of artificial intelligence: An agenda (pp. 1–19). University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c14005>
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019b). Prediction, judgment, and complexity: A theory of decision-making and artificial intelligence. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 89–110). University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c14010>
- CAF (2014). RED 2014: Por una América Latina más segura. Una nueva perspectiva para prevenir y controlar el delito. Caracas: CAF.
- Consejo Superior de la Judicatura (2025). Reporte ejecutivo: Experiencias de inteligencia artificial en la Rama Judicial. Resultados de la encuesta (julio 2024). Unidad de Transformación Digital e Informática, Rama Judicial de Colombia. <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10635/96912759/Reporte+Ejecutivo+Encuesta+IA.pdf>
- Cumbre Judicial Iberoamericana. (2025). Resultados del Proyecto del Grupo de Trabajo 1: Uso de la tecnología en la impartición de justicia. Secretaría Permanente de la Cumbre Judicial Iberoamericana. <https://www.cumbrejudicial.org/ediciones/grupos-de-trabajo/documentos/261>
- Fair Trials. (2024). *Inteligencia artificial en la seguridad pública y en el sistema penal en América Latina: Análisis basado en el debido proceso*. Fair Trials. <https://www.fairtrials.org>
- Goolsbee, A. (2018). Public policy in an AI economy. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 309–316). University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c14030>
- Gutiérrez, J. D. (2024). Chapter 24: Critical appraisal of large language models in judicial decision-making. In *Handbook on Public Policy and Artificial*

- Intelligence*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.  
<https://doi.org/10.4337/9781803922171.00033>
- Haerpfer, C., Inglehart, R., Moreno, A., Welzel, C., Kizilova, K., Diez-Medrano, J., Lagos, M., Norris, P., Ponarin, E., y Puranen, B. (2022). *World Values Survey Wave 7 (2017-2022) Cross-National Data-Set*. Versión 4.0.0. World Values Survey Association. <https://doi.org/10.14281/18241.18>
- Lefevre Cervini, E. (2022). Uso estratégico de datos e inteligencia artificial en la justicia. Caracas: Claudia Flores, Nathalie Gerbasi, María Isabel Mejía, Martha Rodríguez y Antonio Silveira. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1945>
- Lessing, B y Willis, G.D. (2019). Legitimacy in Criminal Governance: Managing a Drug Empire from Behind Bars. *American Political Science Review*. 2019;113(2):584-606. doi:10.1017/S0003055418000928
- OECD/CAF (2022), *Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe*, Estudios de la OCDE sobre Gobernanza Pública, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/5b189cb4-es>.
- OECD/CAF (2024), *Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe: Construyendo Servicios Públicos Inclusivos y Responsivos*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/7a127615-es>.
- Palacios, L., Forero, V., y Labarthe, S. (2024). Fiscal Watson: estudio del uso de Inteligencia Artificial en la Fiscalía General de la Nación en Colombia. Derechos Digitales.
- PNUD-CNJ. (2022). Justice 4.0 Program: Innovation and effectiveness in achieving justice for all. United Nations Development Programme (UNDP) – Brazil and National Council of Justice (CNJ).
- Tobón, S. (2022). Do Better Prisons Reduce Recidivism? Evidence from a Prison Construction Program. *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 104(6), pages 1256-1272, November. UNESCO. (2023). *Toolkit on Artificial*

*Intelligence and the Rule of Law*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

World Justice Project. (2024). *Rule of law index 2024*. World Justice Project.  
<https://worldjusticeproject.org>





## NOTA #4

# TRANSFORMACIÓN DIGITAL E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL COMERCIO INTERNACIONAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

---

# **Transformación digital e inteligencia artificial en el comercio internacional en América Latina y el Caribe**

**Bernardo Díaz de Astarloa**

## **Resumen**

La creciente transformación digital de los procesos comerciales y la incorporación de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, están reconfigurando los modelos tradicionales de intercambio comercial. Mientras que la tecnología ofrece el potencial de optimizar y agilizar los procesos aduaneros, reducir los costos de comerciar y habilitar una mayor integración regional en América Latina y el Caribe, su adopción supone importantes desafíos para las administraciones aduaneras, organismos de control fronterizo y proveedores de servicios logísticos. En la mayoría de los países de la región, sus indicadores de desempeño están lejos de los estándares de países desarrollados y se observan brechas significativas en términos de capacidad técnica, infraestructura, recursos financieros y apoyo político para encarar procesos de reforma que permitan adoptar tecnologías emergentes. Para contribuir la identificación de oportunidades de mejora en la región, esta nota describe aplicaciones de estas tecnologías la provisión de servicios logísticos y el entorno de facilitación del comercio. Además, presenta de casos de implementación dentro y fuera de América Latina y el Caribe, lecciones y recomendaciones prácticas y una serie de potenciales líneas de acción para los organismos multilaterales de crédito.

## Introducción

La creciente transformación digital de los procesos comerciales y la incorporación de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial (IA), están reconfigurando los modelos tradicionales de intercambio comercial. Sólo en América Latina y el Caribe (ALC), el porcentaje de la población que compró algo por Internet pasó de 11% en 2017 a 27% en 2021 (Banco Mundial, 2021) y el número de usuarios de comercio electrónico habría alcanzado los 300 millones en 2024 (Statista, 2024). Estimaciones del sector privado sugieren que las ventas a través de este canal en la región habrían sido de más de US\$ 600.000 millones en 2024, triplicando el valor 2020, cuando el comercio electrónico se disparó debido a la pandemia de COVID-19 (EBANX, 2024). El 16% de estas ventas correspondió a transacciones transfronterizas. Para tener una referencia, esto representa el 3% del total de exportaciones e importaciones de bienes y servicios de América Latina y el Caribe en 2023<sup>1</sup>. En términos de tráfico de visitas a plataformas en línea de compra y venta de bienes que se dirigen a países de la región, alrededor del 3,5% del total corresponde a tráfico transfronterizo<sup>2</sup>.

El uso de la IA y la digitalización de los procesos también ha avanzado enormemente en el sector de servicios logísticos y postales. Este sector atraviesa una transformación acelerada, con especial impacto en los servicios de cumplimiento de pedidos y última milla, clave para la competitividad del comercio electrónico<sup>3</sup>. En conjunto, estos servicios pueden representar hasta el 90% de los costos logísticos.

El crecimiento del comercio de bienes a través de plataformas y otros canales digitales plantea desafíos para las administraciones aduaneras y otros organismos de control. Una mayor cantidad de envíos pequeños o de bajo valor operados por empresas que solo ocasionalmente participan del comercio exterior dificulta las tareas de trazabilidad, fiscalización y gestión de riesgos, entre otras, lo que puede dar lugar a congestión y aumento de los costos y tiempos de despacho. Además, el comercio de artículos de segunda mano y bienes e intangibles mixtos complican la valoración aduanera y la recaudación de derechos e impuestos (FMI, 2022).

Al mismo tiempo, la digitalización de procesos y la creciente disponibilidad de soluciones que aplican tecnologías emergentes como IA, *blockchain* o Internet de las cosas (IoT), ofrecen un potencial para automatizar procesos rutinarios y mejorar la administración de riesgos y la detección de fraude, de manera de alcanzar un equilibrio entre las responsabilidades de recaudación y control y una facilitación del comercio ágil y eficiente. Para los operadores de servicios logísticos, las soluciones no solo permiten reducir costos y aumentar la productividad, sino también ampliar el rango de productos y servicios de alto valor agregado<sup>4</sup>.

La relevancia de la transformación digital del comercio se ha visto reflejada en iniciativas institucionales a nivel supranacional. El *Acuerdo de Facilitación del Comercio* (AFC) de la

<sup>1</sup> El total de exportaciones e importaciones de bienes y servicios de la región fue aproximadamente US\$ 3.300 miles de millones en 2023 (CEPAL, 2025).

<sup>2</sup> Díaz de Astarloa (2024) realiza un análisis de los patrones de tráfico transfronterizo de visitas a plataformas en América Latina y el Caribe.

<sup>3</sup> Los servicios de cumplimiento incluyen actividades como almacenamiento, preparación de pedidos, selección, embalaje y gestión de inventarios. La última milla se refiere al tramo final del proceso logístico, que abarca desde el centro de distribución hasta el destino final del consumidor, incluyendo la entrega puerta a puerta o en centros de recolección. Es una etapa intensiva en recursos y particularmente costosa debido a su fragmentación, baja escala y alta demanda de coordinación en entornos urbanos.

<sup>4</sup> Ver CAF (2022) para una exposición sobre la importancia de incorporar la digitalización en proyectos del sector logístico.

Organización Mundial del Comercio (OMC), en vigor desde 2017 y que representa uno de los principales marcos multilaterales para estandarizar procesos y procedimientos y reducir los tiempos y costos del comercio, incluye diversas disposiciones asociadas a la implementación de sistemas electrónicos para el intercambio de información y la gestión aduanera. El Plan Estratégico 2022-2025 de la Organización Mundial de Aduanas (OMA) tiene un foco en la tecnología y la innovación. En ese marco, la OMA viene monitoreando el surgimiento y la demanda de soluciones basadas en tecnologías disruptivas y, en 2024, lanzó el *Proyecto Aduanas Inteligentes*, cuyos objetivos son identificar necesidades de adopción de tecnología, compartir conocimiento sobre tecnologías y soluciones, mejorar el entendimiento de cómo usar tecnología en las aduanas e investigar los desafíos asociados a estos procesos<sup>5</sup>.

Frente a estas dinámicas, ALC enfrenta importantes desafíos. Existen brechas significativas entre las administraciones aduaneras de la región en términos de la capacidad técnica, la infraestructura, los recursos financieros o el apoyo político necesarios para encarar procesos de reforma que les permitan adoptar la tecnología para adaptarse a un contexto cambiante (OMA, 2025a). Lo mismo sucede con los proveedores de servicios logísticos y postales, que enfrentan distintos niveles de acceso a infraestructura digital, acceso al crédito, disponibilidad de recursos humanos y desarrollo de capacidades empresariales (CAF, 2022).

Más allá de las vicisitudes asociadas a la transformación digital del comercio, aumentar la eficiencia y eficacia del entorno logístico y de facilitación del comercio ya era una cuestión pendiente para los países de la región antes de la explosión del comercio electrónico. Como se señala en el Reporte de Economía y Desarrollo de 2021, los esfuerzos de los países de la región por lograr una mayor integración intrarregional no han alcanzado los resultados esperados, y este se mantiene estancado desde la década del 90 (CAF, 2021). Para lograr efectivamente este objetivo se requiere disminuir los costos aduaneros y de control fronterizo y mejorar la infraestructura de transporte.

En efecto, la evidencia reciente sugiere que la mejora en el entorno de facilitación del comercio, incluyendo a través de la incorporación de tecnología, puede reducir los costos del comercio y contribuir a la integración comercial. Carballo et al. (2021) estiman que el costo derivado del tiempo que lleva el procesamiento de las importaciones en aduanas equivale a aranceles de 20%. Volpe Martincus (2017) estima que las exportaciones procesadas a través de la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) en Costa Rica habrían tenido una tasa de crecimiento 1,4 puntos porcentuales mayor que las exportaciones sujetas a procedimientos que no están informatizados. Sakyi y Sylvanus Kwaku (2019) estudian los efectos de la facilitación del comercio para 52 países en África y encuentran que una reducción de un punto en los costos de exportación, lo que redundaría en un aumento del 16,7% en los flujos de exportación hacia otro país de la región. Asimismo, la entrega a tiempo constituye un criterio clave para elegir a un socio comercial. Hummels (2001) encuentra que cada día adicional que se requiere para llegar a Estados Unidos reduce la probabilidad de que ese país compre un bien manufacturado en otro país en un 1,5%<sup>6</sup>.

En este contexto, esta nota describe cómo las nuevas tecnologías digitales están transformando la provisión de servicios logísticos y el entorno de facilitación del comercio y cómo permiten superar algunos de los desafíos que enfrentan las administraciones

<sup>5</sup> Ver <https://www.OMAomd.org/en/topics/facilitation/activities-and-programmes/disruptive-technologies/smart-customs-project.aspx>.

<sup>6</sup> CAF (2021) presenta experiencias seleccionadas de reformas de facilitación del comercio en la región y ofrece un resumen de la evidencia causal sobre su impacto.

aduaneras. Además, presenta una serie de casos de implementación dentro y fuera de la región de ALC que pueden servir de guía para aquellos países que se encuentran más rezagados, y de los cuales pueden extraerse lecciones y recomendaciones prácticas. Dado su foco en la administración aduanera y los procesos logísticos, la nota se concentra en el comercio internacional de bienes, dejando de lado el comercio de servicios. Es innegable que las tecnologías digitales han sido fundamentales para habilitar el crecimiento del comercio internacional de servicios al volver transables una gran cantidad y variedad de tareas. Sin embargo, en los sectores de servicios parecería que las prioridades que enfrenta la administración del comercio pasan por cuestiones regulatorias y tributarias, en donde presumiblemente la tecnología juega un papel todavía secundario.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. La siguiente sección presenta un diagnóstico del estado de situación los servicios logísticos y la facilitación del comercio en la región. Luego, se describen las principales tecnologías digitales y sus aplicaciones en los procesos y procedimientos aduaneros y de otros organismos de control fronterizo y en la provisión de servicios logísticos, incluyendo los servicios postales. Asimismo, se resume la evidencia disponible sobre el impacto de la adopción de IA sobre la eficiencia de los procesos aduaneros y el desempeño del comercio internacional. La sección siguiente ofrece ejemplos de iniciativas y proyectos relevantes de incorporación de nuevas tecnologías en organismos y agencias dentro y fuera de la región, seguida de un resumen de lecciones y buenas prácticas que pueden ser de utilidad para guiar la ejecución de proyectos en países de ALC. El documento concluye con recomendaciones y potenciales líneas de acción que CAF-Banco de Desarrollo de América Latina podría apoyar en una agenda de aduanas inteligentes y transformación digital de servicios logísticos en la región.

## **Diagnóstico sobre el estado de situación de la logística y la facilitación del comercio en América Latina y el Caribe**

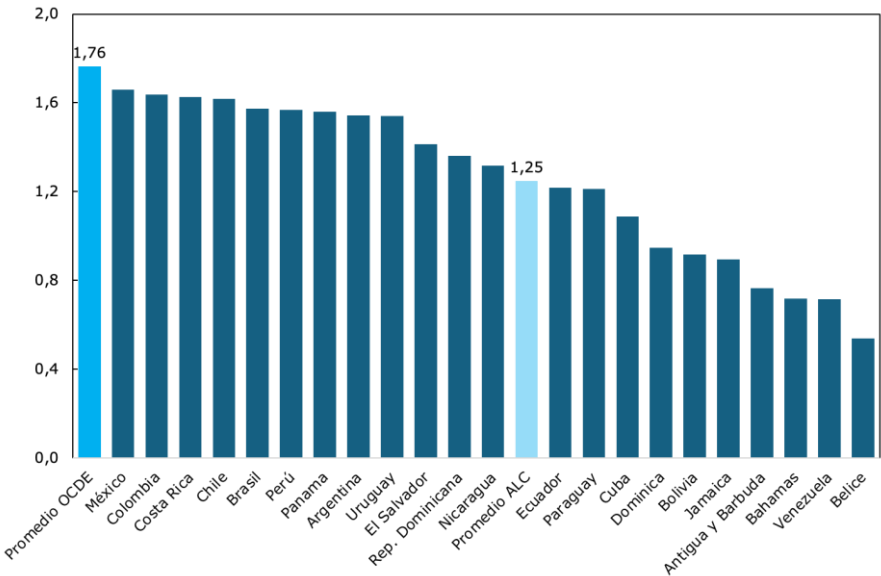
De acuerdo con los indicadores de facilitación del comercio de la OCDE, que permiten monitorear el grado de implementación del AFC, en los últimos años el mundo ha avanzado en reducir los cuellos de botella y la burocracia fronteriza (OCDE, 2025a). En particular, la cooperación entre agencias nacionales y transfronterizas son las áreas de mayor progreso. Asimismo, cada vez existe más disponibilidad en línea de información relacionada con el comercio. Donde se requieren mayores esfuerzos, en cambio, es en cerrar la brecha entre el establecimiento de marcos regulatorios y su aplicación en la práctica, particularmente en la automatización de documentos y procesos, que es donde las tecnologías digitales pueden hacer un aporte significativo.

El desempeño de los países de ALC es heterogéneo pero, en general, es inferior al de los países de la OCDE (Gráfico 1). Si bien los países que son miembros de la organización (Chile, Colombia, Costa Rica y México) son los que más han avanzado, todavía se encuentran en la parte inferior de la distribución. En el otro extremo, los países con peor desempeño se encuentran en el Caribe, con niveles similares a los de países de África Subsahariana. Sin embargo, muchos de los países rezagados de la región, en particular de Centroamérica y algunos del Caribe, son también los que han mostrado mayor

crecimiento en 2024, lo que indica que algunas de las brechas podrían ir cerrándose en el mediano plazo<sup>7</sup>.

Para analizar más en detalle el estado de situación de la adopción de tecnología para la facilitación del comercio en la región, el Gráfico 2 presenta los resultados de la *Encuesta Global de la ONU sobre Facilitación del Comercio Digital y Sostenible*, que monitorea diversas iniciativas regionales y globales sobre comercio sin papeles y comercio electrónico y considera dimensiones que exceden al AFC e incluyen, por ejemplo, aspectos vinculados al Acuerdo Marco para la Facilitación del Comercio Transfronterizo sin Papeles en Asia y el Pacífico<sup>8</sup>. Los resultados muestran que la tasa promedio de implementación en ALC es del 71%, ligeramente superior al promedio global (69%), pero por debajo de los países de la OCDE (85%). Dentro de la región existe una importante dispersión, con una diferencia de 41 puntos porcentuales entre la puntuación más alta (México, 88%) y la más baja (Santa Lucía, 47%). De los 11 países cuyas puntuaciones están por debajo del promedio regional, ocho pertenecen al Caribe, reforzando el diagnóstico que se desprende de los indicadores de facilitación del comercio de la OCDE.

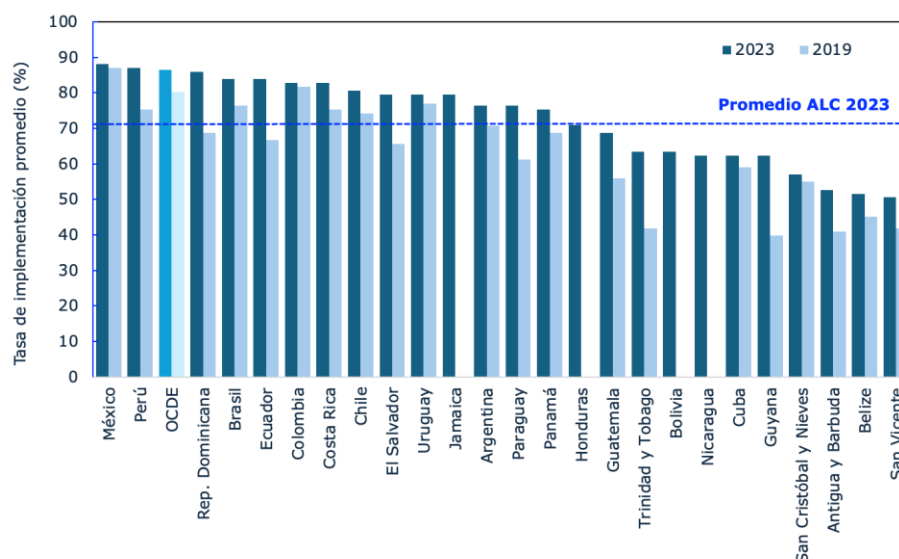
**Gráfico 1. Indicadores de facilitación de comercio de la OCDE en América Latina y el Caribe, 2022.**



Nota: un valor más alto del índice se corresponde con un mayor grado de facilitación del comercio.  
Fuente: elaboración propia sobre la base de los indicadores de facilitación del comercio publicados por la OCDE (OCDE, 2025a).

**Gráfico 2. Implementación de medidas de facilitación del comercio digital y sostenible en países de América Latina y el Caribe, 2019 y 2023.**

<sup>7</sup> Específicamente Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Paraguay, República Dominicana y Trinidad y Tobago.  
<sup>8</sup> Este acuerdo entró en vigor en febrero de 2021 y busca acelerar la implantación del comercio transfronterizo sin papeles, digitalizando los flujos de información y documentación.



Nota: Jamaica, Honduras, Bolivia y Nicaragua no cuentan con información para 2019.

Fuente: elaboración propia sobre la base de resultados de la Encuesta Global sobre Facilitación del Comercio Digital y Sostenible de la ONU (ONU, 2023).

Las principales categorías de la encuesta que son indicativas del impacto o efectividad de la adopción de nuevas tecnologías para facilitar el comercio son las de facilitación de comercio sin papel y facilitación de comercio transfronterizo sin papel<sup>9</sup>. Estas categorías evalúan el uso de tecnologías digitales para automatizar y gestionar los procedimientos comerciales y aduaneros dentro de un país, e incluye medidas como presentación electrónica de documentos aduaneros, pago electrónico de impuestos y aranceles, certificados electrónicos, sistemas de ventanilla única y seguimiento y trazabilidad electrónica de los envíos. Para cuantificar el avance, la ONU toma un promedio ponderado del puntaje de todas las medidas, donde un puntaje de 3 significa implementación completa, 2 implementación parcial, 1 etapa piloto y 0 sin implementar. Las áreas de menor desempeño relativo en el grado de implementación en la región, en comparación con países más desarrollados, son solicitud y emisión electrónica de certificados de origen preferenciales (1,42 vs. 2,42 en países desarrollados), solicitud y emisión electrónica de permisos de importación y exportación (1.85 vs. 2.94) y sistemas de ventanilla única (1.58 vs. 2.12) (Gráfico 3). Es decir, en ningún caso la región alcanza un promedio ponderado que indique siquiera implementación parcial.

El establecimiento de una ventanilla única electrónica de comercio exterior (VUCE) es un caso para destacar porque es fundamental para el comercio sin papel, ya que proporciona una plataforma o sistema que permite implementar la mayoría de las medidas restantes (Herreros, 2023). Seis años después de la entrada en vigor del AFC, la tasa promedio regional de implementación de la VUCE es de tan solo 53% y nueve países indicaron que aún no cuentan con una<sup>10</sup>.

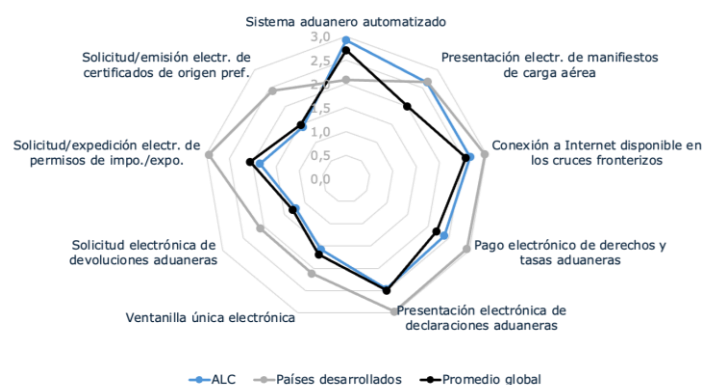
<sup>9</sup> Las otras categorías son transparencia, formalidades, arreglos institucionales y cooperación, facilitación del tránsito, facilitación del comercio para PYMES, facilitación del comercio agrícola, facilitación del comercio y género, facilitación del comercio verde, financiamiento para la facilitación del comercio y facilitación del comercio en tiempos de crisis y pandemia.

<sup>10</sup> ALADI (2023) reporta el estado de situación de implementación de sistemas de ventanilla única para cada uno de los países miembros de la asociación.

La categoría de facilitación de comercio transfronterizo sin papel va un paso más allá y evalúa el intercambio de datos y documentos electrónicos entre países para facilitar el comercio internacional de forma digital, segura y armonizada. A pesar de los importantes avances de los últimos años, esta es la categoría con el menor nivel de desempeño en la región. Dentro de esta categoría se encuentran algunas de las medidas individuales con menores grados de avance, como el intercambio electrónico transfronterizo de declaraciones aduaneras (1,27 vs. 1,67 en países desarrollados) y certificados sanitarios y fitosanitarios (1,38 vs. 1,76). El intercambio electrónico de certificados de origen es una excepción, en donde la región está más avanzada que el promedio de países desarrollados (1,46 vs. 0,85). La Tabla 1 en el anexo muestra el grado de implementación para cada una de las medidas en cada país de la región.

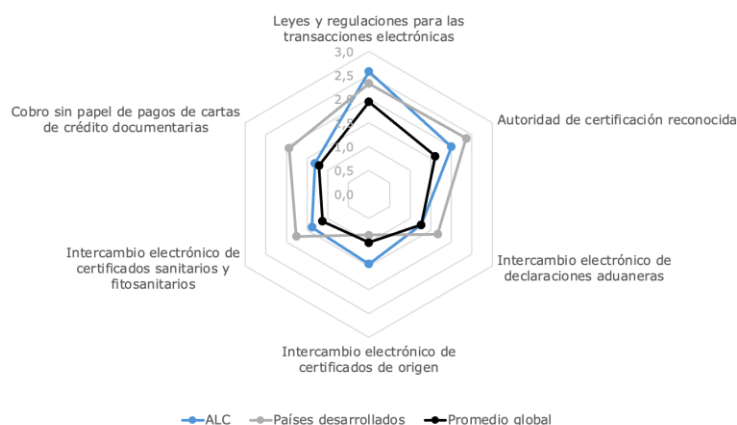
Todas estas medidas requieren contar con una infraestructura tecnológica sofisticada y una estrecha colaboración entre los organismos pertinentes de los países que intercambian información. Así, a pesar de las políticas de apertura comercial implementadas en las últimas décadas, la región no ha logrado un incremento significativo y sostenido en el intercambio intrarregional. Esto se debe, en parte, a la falta de armonización de procedimientos aduaneros y la limitada interoperabilidad entre agencias fronterizas (CAF, 2021).

**Gráfico 3. Implementación de medidas de facilitación del comercio sin papel en países de América Latina y el Caribe, 2023 (promedio ponderado).**



Panel A: facilitación de comercio sin papel





Panel B: facilitación del comercio transfronterizo sin papel

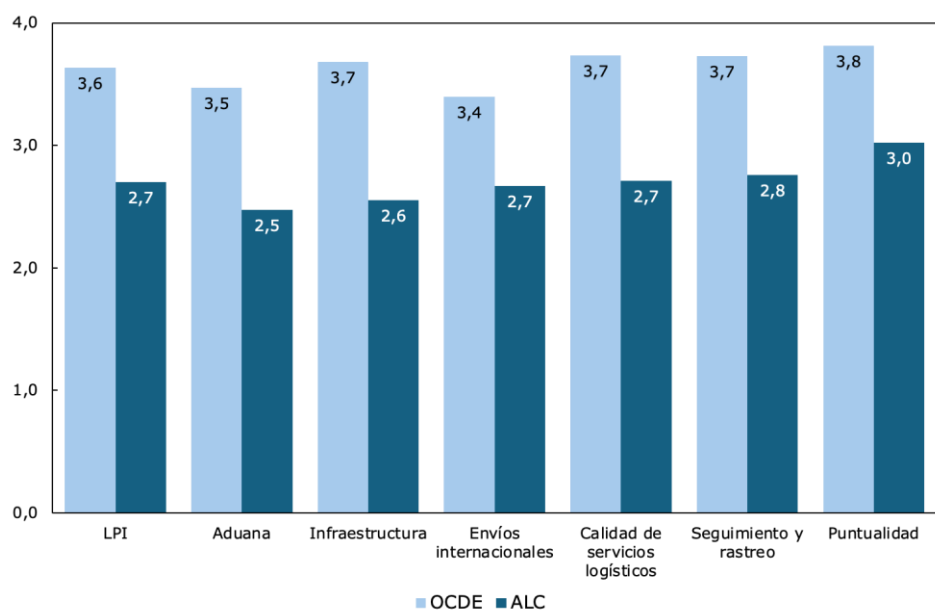
Nota: Un puntaje de 3 significa implementación completa, 2 implementación parcial, 1 etapa piloto y 0 sin implementar. Los países desarrollados incluyen a Andorra, Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, Chipre, República Checa, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido.

Fuente: Encuesta Global sobre Facilitación del Comercio Digital y Sostenible, ONU (ONU, 2023).

En resumen, si bien la región avanzó en la facilitación y digitalización del comercio, aún existe una brecha significativa cuando se la compara con países desarrollados. Además, se observan importantes disparidades al interior de la región, lo que pone límites a la agilidad y eficiencia en el comercio intrarregional.

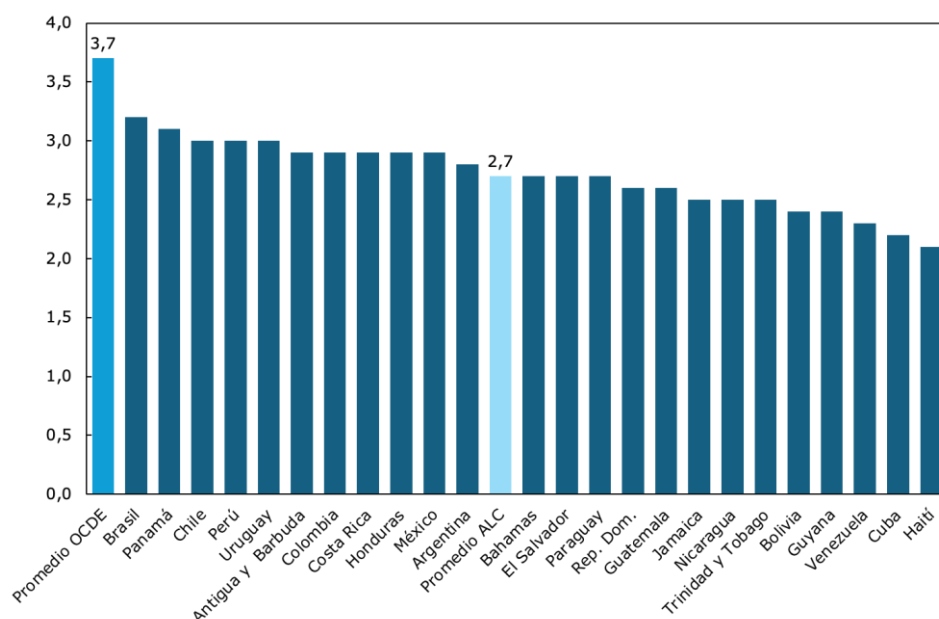
En cuanto a desempeño logístico, los países de la región también se encuentran rezagados respecto de los estándares de la OCDE. Según los resultados de 2023 del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (LPI), América Latina y el Caribe tuvo un puntaje promedio de 2,7 sobre 5, comparado con 3,7 para los países de la OCDE (Gráfico 4). La región muestra puntajes inferiores en cada uno de los 6 componentes que conforman el índice. Además, todos los países evaluados de la región obtuvieron puntuaciones entre 2 y 3, lejos de los líderes mundiales como Singapur (4,3) o Finlandia (4,2) (Gráfico 5). Al igual que en la facilitación del comercio, se observa un grado significativo de heterogeneidad. Brasil, Panamá, Chile, Perú y Uruguay muestran un mejor desempeño, apenas por encima del promedio mundial, aunque por debajo del promedio de la OCDE. Haití y Cuba se ubican entre los 10 países del mundo con menor puntaje.

#### Gráfico 4. Puntaje en el Índice de Desempeño Logístico y sus componentes de América Latina y el Caribe y la OCDE, 2023.



Fuente: Elaboración propia en base al Índice de Desempeño Logístico (Banco Mundial, 2023).

**Gráfico 5. Puntaje en el Índice de Desempeño Logístico, países de América Latina y el Caribe, 2023.**



Fuente: Elaboración propia en base al Índice de Desempeño Logístico (Banco Mundial, 2023).

Estos resultados sugieren que la región enfrenta importantes desafíos logísticos que limitan su competitividad regional y global. La matriz logística está fuertemente concentrada en el transporte terrestre, utilizado en más del 85% del movimiento doméstico de carga, donde predomina un ecosistema empresarial heterogéneo (Calatayud & Montes, 2021). Si bien hay presencia de grandes empresas con altos niveles de eficiencia operativa y buena calidad, que ofrecen servicios al nivel de estándares internacionales, estas coexisten con un gran número de micro y pequeñas empresas de baja productividad, con importantes deficiencias en infraestructura, tecnología y prácticas empresariales. A esto se suma un marco regulatorio desactualizado, altos niveles de informalidad, bajo acceso al crédito y una infraestructura vial que requiere inversiones en capacidad, conectividad y mantenimiento, así como una mayor integración con otros modos de transporte.

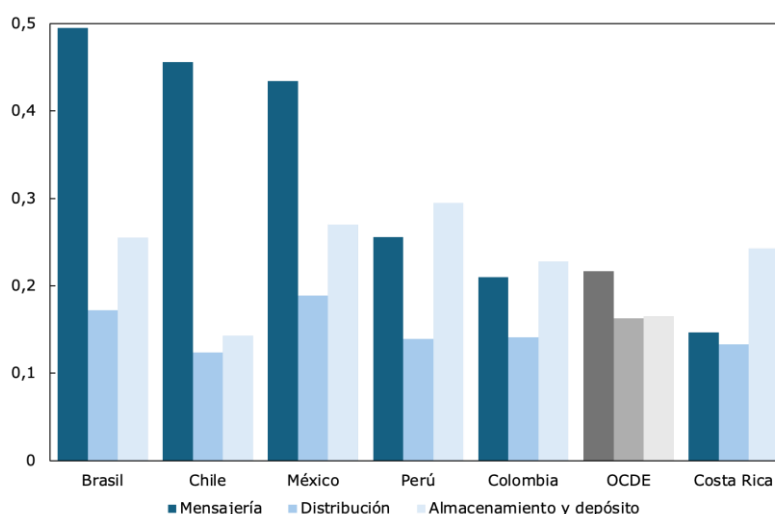
El resto de los modos de transporte también enfrenta desafíos. El modo ferroviario, con un rol casi marginal en la región, enfrenta obstáculos estructurales: infraestructura limitada o de baja calidad, altos costos de operación y falta de marcos institucionales sólidos, lo que dificulta su expansión más allá de algunos corredores específicos. El transporte marítimo, si bien esencial para el comercio exterior, presenta retos asociados a la alta concentración del mercado de contenedores, la debilidad en la gobernanza portuaria y las deficiencias en la intermodalidad, que restringen el acceso fluido desde las zonas productivas a las terminales. Por su parte, el transporte aéreo, clave para sectores de mayor valor agregado y para el crecimiento del comercio electrónico, requiere armonización normativa, digitalización de procesos y mejoras en la calidad de los servicios para acompañar su creciente rol en la logística regional (Calatayud & Montes, 2021).

Finalmente, los resultados del Índice de Restricción al Comercio de Servicios (STRI por sus siglas en inglés), desarrollado por la OCDE, sugieren que los países de la región mantienen un entorno restrictivo para la provisión de servicios logísticos vinculados al

comercio internacional. Como puede verse en el Gráfico 6, con algunas excepciones, incluso los países de mejor desempeño logístico de la región muestran niveles de restricción significativamente más altos que el promedio de la OCDE, especialmente en los servicios de entrega y, en menor medida, en los de almacenamiento y depósito. Las barreras más altas parecerían estar asociadas a la entrada de empresas multinacionales y ejercicio de la competencia. En lo que refiere a servicios de almacenamiento y depósito, el componente de transparencia regulatoria es el que enfrenta más restricciones. Este evalúa qué tan claras y accesibles son las reglas y procedimientos que afectan a los proveedores de servicios logísticos. Por último, si bien en los servicios de distribución los países relevados se encuentran más cerca, y en algunos casos por debajo, del promedio de la OCDE, la mayor limitación se observa también en la entrada de operadores extranjeros.

Estas restricciones son clave desde el punto de vista de la adopción de soluciones innovadoras y tecnologías emergentes. Por un lado, restringir la entrada de operadores extranjeros impide el flujo y la transmisión de tecnologías avanzadas y modelos de negocio compatibles con ellas. Por otro, limitar la competencia más generalmente disminuye los incentivos de las empresas a innovar y buscar aumentos de productividad para mantenerse competitivos y reducir los costos logísticos. Finalmente, la incertidumbre sobre el marco regulatorio también desincentiva realizar inversiones de mediano y largo plazo en soluciones innovadoras, que generalmente requieren de una adaptación del marco normativo para implementarse a gran escala.

**Gráfico 1. Puntaje promedio del STRI en los servicios logísticos y de mensajería que transportan paquetes. ALC vs. OCDE. 2024.**



Nota: el valor del índice varía entre 0, que indica que un mercado de servicios completamente abierto y liberalizado, y 1, que representa el nivel máximo de restricciones, con barreras y regulaciones.

Fuentes: Elaboración propia en base al Índice de Restricción al Comercio de Servicios (OCDE, 2025b).

## Adopción de tecnologías digitales e IA

Diversas tecnologías digitales emergentes ofrecen oportunidades para automatizar y optimizar procesos aduaneros y agilizar y agregar valor en la provisión de servicios logísticos. En esta sección se describen las principales aplicaciones de las siguientes

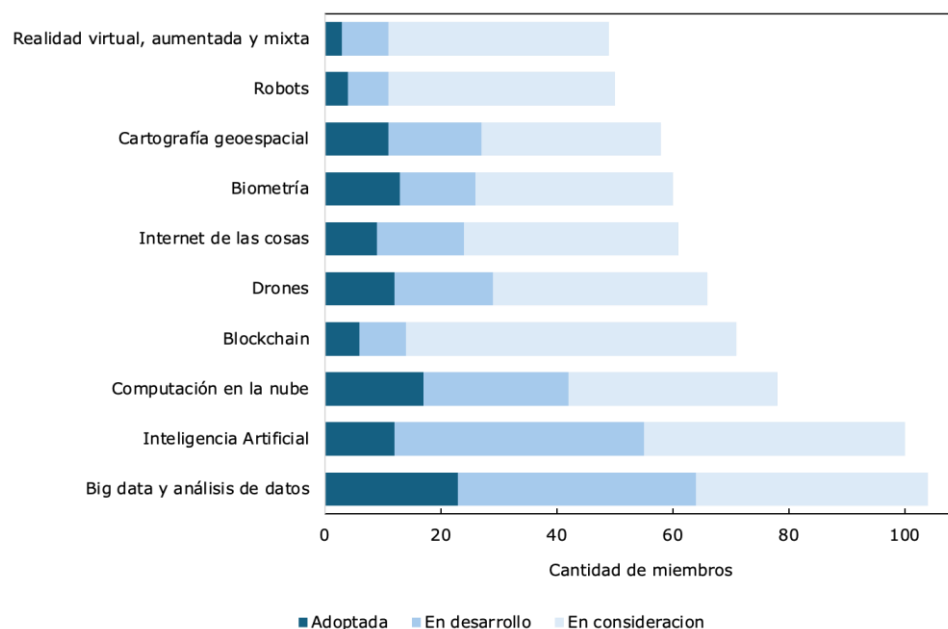
tecnologías: inteligencia artificial (IA), *blockchain*, Internet de las cosas (IoT), drones y realidad aumentada y realidad virtual<sup>11</sup>.

### **Aduanas y organismos de control fronterizo**

Según la última Encuesta Anual Consolidada de la OMA a administraciones aduaneras, las tecnologías que se están implementando más frecuentemente son las soluciones de análisis de grandes volúmenes de datos, seguidas de la computación en la nube, la biometría, la IA y el aprendizaje automático, entre otras (OMA, 2024a) (Gráfico 7). Las tres principales tecnologías identificadas por las aduanas como prioritarias para concentrar esfuerzos de desarrollo e inversión son la IA, el *blockchain* y la computación en la nube.

<sup>11</sup> “Inteligencia artificial” se utiliza aquí de manera amplia para referirse a aprendizaje automático, aprendizaje profundo e inteligencia artificial generativa. Por cuestiones de espacio y para mantener el foco en operaciones de comercio internacional, se omiten las aplicaciones de biometría, que típicamente se aplican para la verificación de identidad en pasos fronterizos y aeropuertos, así como para el reconocimiento de personal aduanero y operadores autorizados.

**Gráfico 7. Nivel de adopción de tecnologías emergentes seleccionadas entre miembros de la OMA, 2024.**



Nota: “en desarrollo” incluye pruebas de concepto y pilotos.

Fuentes: Elaboración propia en base a OMA (2024a).

Los beneficios y el potencial de mejoras a partir de la incorporación de tecnología para la optimización de procesos aduaneros y de control fronterizo están bien documentados en la literatura (OMC, 2024; Ferencz et al., 2022; UNECE, 2023; OMA y OMC, 2022; CAF, 2021). OMC (2024) estima el potencial impacto de la IA en el comercio internacional para distintos escenarios y encuentra que su uso podría hacer crecer el comercio entre 7 y 14 puntos porcentuales para el 2040, impulsado tanto por un crecimiento en la productividad como por una reducción en los costos del comercio. El potencial de aumento de la productividad es mayor para las economías de mayores ingresos, mientras que el de la reducción de costos es mayor para las economías de menores ingresos. En un estudio cualitativo, Changkui (2024) examina cómo la integración de la IA en los sistemas de VUCE ha mejorado la eficiencia, reducido los costos y aumentado la precisión en los procesos comerciales en Singapur y Australia.

A continuación, se describen las aplicaciones más típicas de las principales tecnologías en los procesos aduaneros y de control fronterizo<sup>12</sup>.

**Inteligencia Artificial.** Por su carácter transversal y versátil, la IA puede aplicarse a casi todas las funciones aduaneras, integrarse a sistemas y plataformas existentes y complementar y potenciar otras tecnologías. Los modelos avanzados de aprendizaje automático y reconocimiento de patrones optimizan la evaluación de riesgos, las inspecciones de carga y la detección de fraude. Algunos modelos permiten verificar documentos, detectar anomalías y realizar análisis predictivo. Los modelos de lenguaje a gran escala (LLM) y procesamiento de lenguaje natural (NLP) son ideales para la

<sup>12</sup> El análisis está basado principalmente en OMA y OMC (2023) y FMI (2022).

clasificación automatizada de documentos, el procesamiento de declaraciones aduaneras y la respuesta a consultas. Estos modelos pueden extraer información de datos no estructurados, ayudar en la elaboración de perfiles de riesgo y agilizar los controles de cumplimiento. Por ejemplo, la IA se puede usar para leer descripciones de bienes y clasificarlos según los códigos aduaneros del sistema armonizado para ayudar a las empresas a identificar requisitos relacionados con certificados o pago de impuestos y aranceles. Los *chatbots* se utilizan para ayudar a los contribuyentes a acceder a información y entender qué requisitos deben cumplir, y pueden configurarse para responder en cualquier idioma. Los sistemas de reconocimiento de imágenes basados en IA y aprendizaje profundo mejoran el análisis de carga al identificar objetos ocultos y anomalías en los datos provenientes de análisis con rayos X y escaneo.

**Blockchain.** El blockchain permite mayor transparencia, trazabilidad y seguridad en el envío de datos e información relacionada con los despachos y las declaraciones. Concretamente, permite seguir el recorrido completo de un producto desde su origen hasta su destino, registrando cada paso en la cadena logística (exportador, transportista, despachante, aduana, importador). Esto reduce el riesgo de fraude, contrabando, manipulación de documentos y alteración de datos. Asimismo, las aduanas pueden compartir datos con sus pares internacionales u otros organismos dentro del país de forma confiable y en tiempo real, como certificados de origen y fitosanitarios, facturas o declaraciones aduaneras. Así, se evita la duplicación de controles y se agiliza el despacho de mercancías. Finalmente, esta tecnología posibilita la creación de contratos inteligentes mediante los cuales aduanas y operadores pueden establecer procesos automatizados, incluyendo la liberación automática de mercancías una vez verificados requisitos como el pago de aranceles o la validación documental.

**Internet de las Cosas.** La principal aplicación de la Internet de las Cosas (IoT) es en el monitoreo en tiempo real de carga, vehículos y contenedores. La instalación de sensores o etiquetas electrónicas permite rastrear su ubicación, temperatura, humedad, vibraciones o aperturas no autorizadas. Así, las aduanas pueden recibir alertas automáticas ante desvíos de ruta, intentos de manipulación o condiciones fuera de lo permitido, lo cual es especialmente importante para productos farmacéuticos, alimentos o químicos. Por otro lado, la IoT habilita la automatización de inspecciones y flujos logísticos. A través de puertas y barreras inteligentes equipadas con sensores, cámaras y lectores de radiofrecuencia, permiten identificar y liberar cargas sin necesidad de intervención humana. Además, también habilitan la gestión inteligente de almacenes aduaneros y zonas francas al permitir controlar de manera digital y en tiempo real el inventario, el movimiento de bienes, la ocupación de espacios y el estado de la carga almacenada.

**Drones.** Se utilizan para control y vigilancia de zonas fronterizas remotas o de difícil acceso, no solo para luchar contra el contrabando, sino también para prestar asistencia aérea. Además, ayudan a inspeccionar desde el aire la infraestructura portuaria, zonas de guarda de contenedores y zonas de almacenamiento, al detectar actividades inusuales o no autorizadas sin interrumpir las operaciones normales. También se han utilizado drones para la vigilancia submarina de embarcaciones.

**Realidad aumentada y realidad virtual.** Las aplicaciones más típicas de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) son para realizar inspecciones remotas<sup>13</sup>. Mientras que la inspección física de la carga suele ser realizada por la aduana en presencia del comerciante para una mayor transparencia y rendición de cuentas, estas

<sup>13</sup> La RA superpone elementos digitales, como imágenes, datos u objetos 3D, al entorno real que se está observando. La RV crea un entorno completamente digital e inmersivo que reemplaza totalmente la realidad física.

nuevas tecnologías permiten la inspección remota de la aduana a través del comerciante que utiliza dispositivos de RA. De igual manera, la inspección conjunta en los puestos fronterizos puede realizarse mediante RA controlada remotamente por inspectores experimentados de diferentes agencias o ubicados en otro lugar. Por otro lado, sirve también para capacitar al personal de aduanas a través de la formación en entornos simulados o situaciones experienciales realistas como, por ejemplo, imitaciones de un mostrador de aduanas de aeropuerto o la estructura de una embarcación para su registro. Esto facilita el entrenamiento práctico sin necesidad de usar materiales reales, reduciendo costos y mejorando el aprendizaje.

### **Operadores de servicios logísticos**

Las tecnologías emergentes, como la IA y el aprendizaje automático, pueden desempeñar un papel fundamental en la provisión de servicios logísticos, incluyendo la gestión de inventarios y almacenes, la consolidación de carga, la coordinación de envíos entre países, la predicción de tendencias futuras, la mejora en la precisión de las entregas y la optimización de la experiencia del cliente (Ferencz et al., 2022; CAF, 2022). A continuación se presentan las aplicaciones más usuales.

**Inteligencia Artificial.** La IA se utiliza extensivamente en diferentes procesos de optimización, tanto en almacenes y centros de distribución, como en la entrega de última milla. Por ejemplo, con información sobre los patrones de tráfico, los datos meteorológicos y otros factores, los algoritmos de IA pueden optimizar las rutas de entrega, lo que se traduce en reducción de tiempos de entrega, menor consumo de combustible y menores gastos operativos.

**Identificación por radio frecuencia (RFID).** La tecnología RFID se utiliza para etiquetar digitalmente mercancías y paquetes que se pueden escanear a distancia, lo que permite procesar y localizar los artículos más rápidamente en los almacenes. Los datos de RFID pueden incorporarse a un sistema de gestión de almacenes controlado mediante IA, optimizando también el control de inventarios.

**Robótica y drones.** En combinación con sistemas de IA, los robots pueden ser instruidos para realizar tareas de carga y descarga en almacenes o centros de distribución. A su vez, también se utilizan en la entrega de última milla de pequeños paquetes en contextos urbanos, por ejemplo con la utilización de autos u otros vehículos autónomos. En el caso de los drones, pueden habilitar la logística de última milla en zonas remotas o de difícil acceso.

**Blockchain.** Al igual que en el caso de las aduanas, esta tecnología puede aplicarse para celebrar contratos inteligentes, por ejemplo, para que el pago por parte del remitente solo se libere una vez que la empresa de envío confirme la entrega, lo que permite automatizar una transacción, pero también documentarla y controlarla. A su vez, habilita pactar contratos en los cuales la responsabilidad se asigna directamente a cada eslabón de la cadena de suministro en función de su capacidad de gestionar los riesgos.

Ozturk (2024) describe cómo se usan algunas de estas tecnologías en casos de operadores logísticos concretos. DHL, una de las empresas de envíos líderes en el mundo, utiliza IA para análisis predictivo con el objetivo de optimizar tiempos y costos de envío mediante la gestión de los niveles de inventario, la previsión de la demanda e interrupciones en la cadena de suministro. DHL también utiliza robots con IA en los almacenes para tareas de embalaje, traslado y clasificación de productos. Estos robots agilizan los tiempos de procesamiento de pedidos y aumentan la precisión y la producción cuando se utilizan en colaboración con trabajadores humanos. Por último,



DHL utiliza chatbots y asistentes virtuales impulsados por IA para la atención al cliente con el fin de mejorar la experiencia del usuario, brindando información de seguimiento en tiempo real y resolviendo consultas e inconvenientes comunes.

En línea con DHL, Maersk, uno de los principales actores en el ámbito del transporte marítimo y la logística global, combina sensores con soluciones de IA en la gestión de flotas y equipos. Estos permiten monitorear el estado de los buques y la maquinaria en tiempo real y realizar mantenimiento predictivo, lo que aumenta la vida útil de los activos, evita averías y reduce el tiempo de inactividad. Al evaluar los datos sobre el rendimiento del buque, las condiciones meteorológicas y marítimas, la IA también optimiza el consumo de combustible.

## **Implementación de IA y tecnologías emergentes en organismos y agencias de control fronterizo**

En esta sección se presentan casos seleccionados de implementación de soluciones basadas en IA y otras tecnologías emergentes en administraciones aduaneras y otros organismos de control fronterizo, comenzando por aquellos dentro de la región y luego continuando con ejemplos fuera de ella. En ALC, Brasil emerge como el país con el mayor grado de avance en este tipo de iniciativas. Fuera de ella, Corea ha sido pionero y se mantiene en la frontera de la transformación digital de la facilitación del comercio. Sin pretender un análisis exhaustivo, se destacan los aspectos salientes de cada caso. Luego de presentarlos, la sección concluye con una serie de lecciones y buenas prácticas que han sido identificados en los procesos de implementación.

### **Brasil<sup>14</sup>**

En los últimos años, la adopción de soluciones basadas en IA se ha difundido en prácticamente toda la administración aduanera de Brasil. Liderado por la Secretaría de Ingresos Federales (RFB) -el organismo encargado de la administración aduanera-, originalmente el modelo de desarrollo estaba basado exclusivamente en un equipo interno. Luego se amplió para incorporar la colaboración con universidades, centros de innovación, grandes empresas tecnológicas, *startups* y el Servicio Federal de Procesamiento de Datos (SERPRO). A continuación se describen las principales iniciativas.

*Sistema de Selección Aduanera por Aprendizaje Automático (SISAM)*. Es un sistema que utiliza aprendizaje automático para analizar declaraciones de importación y evaluar la probabilidad de errores, como descripciones falsas de productos, errores en los códigos del sistema armonizado (SA) y en los países de origen declarados, ausencia de licencias de importación, regímenes impositivos no aplicables o derechos antidumping, entre otros. El SISAM se entrena desde 2014 con la base de datos de declaraciones de importación que se registran en el Sistema Integrado de Comercio Exterior del Brasil (Siscomex) desde 1997. El sistema tiene la capacidad de explicar en lenguaje natural a qué se debe la probabilidad de error, con lo cual los funcionarios pueden decidir si ignorar la sospecha o realizar una inspección física. Es decir, el SISAM asiste al funcionario, pero las sugerencias del sistema no son el único criterio y la decisión sobre cuándo inspeccionar una declaración y qué artículos dentro de ella siempre la tiene el personal de aduanas. De hecho, alrededor del 30% de las inspecciones son motivadas por una sugerencia del SISAM (OMA y OMC, 2022). Además, para mitigar consideraciones éticas, el sistema facilita registros que representan su proceso de razonamiento completo, de

<sup>14</sup> Para una exposición reciente más completa del caso brasileño ver OMA (2024b) y OMA y OMC (2022).

modo que es completamente auditable. El sistema y los algoritmos probabilísticos que emplea han ido mejorando con el tiempo para corregir sesgos o problemas de aprendizaje. Por ejemplo, si un funcionario anula una sospecha por considerarla infundada y no inspecciona la declaración, el sistema no nota que la declaración se habría despachado sin rectificar y la sospecha se seguirá generando (erróneamente). Así, se habilitó la opción de rectificación virtual, sin inspeccionar la declaración, de modo que el modelo admita la posibilidad de que se puedan conocer los valores correctos de algunos campos de un artículo pero no de otros.

ANIITA. Es una herramienta de administración de riesgos en declaraciones de importación, declaraciones de exportación, mensajería urgente y envíos postales<sup>15</sup>. Integra información de múltiples bases de datos para ofrecer a los funcionarios aduaneros una visión unificada de las transacciones, generando alertas basadas en reglas predefinidas creadas por humanos. Un aspecto clave destacado por las autoridades de la RFB para el éxito de la herramienta es el diseño de reglas flexibles y que exista la posibilidad de que expertos regionales puedan colaborar, intercambiar y difundir reglas que hayan resultado útiles.

Boletín de Acompañamiento de Documentos (BATDOC). Es un sistema de gestión documental que usa tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para buscar discrepancias entre las declaraciones de importación y otros documentos auxiliares, como facturas y conocimientos de embarque, que están disponibles en formato de imagen digital, sólo después de que una declaración de importación se haya seleccionado para inspección. Detecta divergencias en nombres de empresas, direcciones, precios, cantidades, códigos del SA, códigos Incoterm y otros<sup>16</sup>. Los usuarios, que incluyen importadores, exportadores, despachantes, operadores logísticos y autoridades de la RFB, reciben notificaciones sobre el estado de sus documentos y necesidades de rectificación.

ANJA. Una importante limitación del SISAM es que no puede incorporar a su análisis imágenes de rayos X. El proyecto ANJA, basado en redes neuronales, recopila, muestra y analiza imágenes de rayos X recopiladas de los escáneres de los almacenes aduaneros. Actualmente, la RFB trabaja junto a Google Gemini para analizar las imágenes escaneadas en pequeños paquetes y equipaje de viajeros.

PATROA. Es un sistema de análisis de riesgo y gestión de operaciones aduaneras que permite monitorear en tiempo real las operaciones utilizando análisis de datos y algoritmos para identificar transacciones sospechosas. Además de los datos declarados, utilizado otra información, como el historial de la empresa, patrones sospechosos o perfiles de riesgo. Al detectar una operación con indicios de irregularidades, el sistema envía alertas inmediatas a los auditores fiscales, quienes pueden tomar decisiones rápidas, como detener la liberación de una carga para una inspección más detallada. Se integra con el SISAM y ANIITA para obtener una visión completa de las operaciones y sus riesgos asociados.

<sup>15</sup> Algunos factores de riesgo comunes son valores declarados muy por debajo o por encima del precio promedio de mercado, cambios súbitos en el valor declarado comparados con operaciones anteriores de la misma empresa, clasificación que no coincide con la descripción real de la mercancía, cambios frecuentes en las cantidades usuales para la misma empresa, origen o destino en países con historial de fraude o riesgos conocidos, cambios frecuentes en el país de origen o destino sin justificación comercial, uso de múltiples intermediarios o agentes poco conocidos o nuevos importadores o exportadores sin historial previo, entre otros.

<sup>16</sup> Los códigos Incoterm (*International Commercial Terms*), como FOB o CIF, son términos internacionales que definen las responsabilidades y obligaciones entre el comprador y el vendedor en una operación de compraventa internacional, especialmente respecto al transporte, seguros y costos asociados.

## Chile

En Chile, la implementación de soluciones basadas en IA en la aduana se enmarca en el Plan Nacional de IA de 2021, y el Programa de Fiscalización Inteligente del Servicio Nacional de Aduanas, iniciado en 2022. Las principales iniciativas son:

Modelo Predictivo de Riesgo de Violación de la Propiedad Intelectual. Esta herramienta emplea IA para evaluar las operaciones de importación marítima, analizando patrones de datos para estimar la probabilidad de infracciones de propiedad intelectual e identificar mercancías falsificadas.

Courier Guide Debugging Automation Model. Es un modelo diseñado para mejorar la detección y prevención de subvaloraciones en envíos internacionales realizados a través de servicios de mensajería o *courier*, especialmente aquellos con un valor declarado inferior a 30 dólares estadounidenses.

## Costa Rica

El caso de Costa Rica se destaca por la asociación entre el sector privado y la academia para incorporar soluciones de IA y, al igual que en Chile, un mandato desprendido de su Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA) 2024-2027 para mejorar la eficiencia y accesibilidad en los servicios públicos, incluyendo el servicio postal. Pueden destacarse los siguientes proyectos:

Asociación con Webb Fontaine. A finales de 2023, las autoridades aduaneras de Costa Rica se asociaron con esta firma tecnológica global especializada en soluciones comerciales impulsadas por IA, con el objetivo modernizar las operaciones aduaneras del país, mejorar la evaluación de riesgos y aumentar la eficiencia general en la facilitación del comercio (PRNewswire, 2023).

Alianza con ALANI 360. Correos de Costa Rica se alió con esta plataforma de comercio electrónico para implementar un sistema de compras en línea impulsado por IA que permite a los usuarios adquirir productos en tiendas de los Estados Unidos utilizando WhatsApp (Correos de Costa Rica, 2024), lo que agiliza el procesamiento de pedidos y la logística transfronteriza<sup>17</sup>.

## Guatemala<sup>18</sup>

El proceso de modernización de la aduana guatemalteca representa un avance notable para una administración que partía de condiciones limitadas en materia tecnológica y operativa. Hasta 2019, muchos de los dispositivos, aplicaciones y sistemas utilizados para automatizar los procesos aduaneros no estaban vinculados o coordinados. Por ejemplo, si bien había cámaras con tecnología de reconocimiento de códigos de contenedores (CCR), no había ninguna interfaz para recibir los datos y validarlos con el sistema informático aduanero.

En este contexto, el servicio de aduanas desarrolló el Programa de Modernización Integral Aduanera 2019-2023, que delinea una estrategia integral para introducir mejoras en la digitalización de trámites, el uso de herramientas de IA y *blockchain*. Se establecieron servicios de VUCE, de intercambio de información electrónica entre operadores de terminales de aduanas y la administración de aduanas, el uso de firma

<sup>17</sup> Parte de estas iniciativas fueron financiadas por proyecto Hacienda Digital, un proyecto de inversión del Banco Mundial de cerca de US\$ 150 millones orientado a mejorar la eficiencia, efectividad y orientación al cliente de la administración tributaria y aduanera (Banco Mundial, 2020).

<sup>18</sup> Ver OMA y OMC (2022) para más detalles del caso de Guatemala.

digital y aplicaciones para mejorar la administración de riesgos, como el uso de imágenes radioscópicas para indexar los números de contenedor y monitorearlos. Más recientemente, el país trazó el Plan de Modernización del Sistema Informático Aduanero para el período 2023-2026, para adaptar los sistemas informáticos a cada modo de transporte.

### **Soluciones basadas en *blockchain* en ALC**

En el marco del *Proyecto LACChain-Cadena*, el Grupo BID ha desarrollado una solución basada en *blockchain* para el intercambio de información en tiempo real de los certificados de Operador Económico Autorizado (OEA) entre las administraciones aduaneras<sup>19</sup>. Hasta el momento han participado en pruebas de concepto las aduanas de Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú, Guatemala, Ecuador y Bolivia. Por otro lado, en el Mercosur funciona el proyecto *bConnect*, una red de *blockchain* privada en código abierto desarrollada por la RFB y luego implementada en Argentina, Paraguay y Uruguay, que permite a las autoridades aduaneras y los OEA intercambiar información de manera automatizada y segura.

### **Australia<sup>20</sup>**

En Australia, la agencia encargada de control fronterizo (la Fuerza de Fronteras de Australia, ABF) ha avanzado significativamente en la adopción de tecnologías avanzadas como parte de una agenda de modernización del comercio. Más allá de la implementación de soluciones para inspección no intrusiva potenciadas por IA y aprendizaje automático, lo destacable del caso australiano es el impulso de una reforma legislativa mediante un *sandbox* regulatorio que permita probar nuevas tecnologías y prácticas aduaneras en entornos controlados antes de su implementación normativa general. Además, la ABF ha diseñado e impartido dos programas para desarrollar habilidades de innovación para el personal de la agencia. Uno consiste en talleres centrados en resolución de problemas y desarrollo de la creatividad. Otro es un programa curado de casos de estudio para compartir lecciones aprendidas por los funcionarios que han liderado proyectos innovadores dentro de la ABF. El objetivo de estos esfuerzos es fomentar el surgimiento interno de soluciones y mejoras innovadoras a los desafíos que enfrenta la organización.

### **China**

China no solo ha avanzado significativamente en la transformación digital de sus procesos aduaneros, sino que apoya activamente iniciativas globales para fomentarla. A través del Fondo de Cooperación Aduanera, por ejemplo, financia el *Proyecto Aduanas Inteligentes* de la OMA. Los objetivos del proyecto son identificar necesidades de adopción de tecnología, compartir conocimiento sobre tecnologías y soluciones, mejorar el entendimiento de cómo usar tecnología en las aduanas e investigar los desafíos asociados a estos procesos (OMA, 2025b).

En el plano doméstico, entre los proyectos implementados por las aduanas en China pueden destacarse:

*5G Smart Inspection Project<sup>21</sup>*. Es una iniciativa para facilitar la supervisión y vigilancia remotas de la aduana de Shenzhen. En una aplicación, se combinan tecnología 5G y

<sup>19</sup> Ver <https://www.lacchain.net/projects/CADENA>.

<sup>20</sup> El caso de Australia está elaborado en APEC (2023).

<sup>21</sup> Para una exposición más detallada del enfoque de inspección inteligente de China, ver Cao y Zheng (2024).

gafas inteligentes para transmitir audio y video desde los sitios de inspección a los centros de vigilancia en tiempo real. En otra, se integran tecnologías de reconocimiento facial y de matrículas de vehículos para construir perfiles panorámicos de personas y vehículos, lo que optimiza la evaluación de riesgos y reduce los tiempos de despacho.

*Big Data Platform for Cross-Border Trade.* Esta solución de la aduana de Shanghái ofrece un modelo de gobernanza colaborativa para el uso estratégico de grandes volúmenes de datos. Integra datos externos de operadores portuarios, empresas de transporte, importadores y exportadores con datos internos aduaneros, evitando silos de información.

## **Corea**

El Servicio de Aduanas de Corea (KCS) ha sido pionero en la adopción de tecnologías para agilizar el despacho aduanero, el comercio sin papeles y la logística<sup>22</sup>. El rasgo que distingue al KCS es su sistema dual compuesto por dos ventanillas únicas interconectadas: UNIPASS y uTradeHub. UNIPASS integra servicios electrónicos típicos de ventanilla única, pero también las gestiones de carga, despacho, riesgo y vigilancia, recursos humanos y relaciones con clientes. Conecta a más de 160 agencias gubernamentales coreanas con más de 430.000 entidades, incluyendo empresas logísticas, comerciales, despachantes, navieras, aerolíneas, centros de distribución y operadores de última milla. uTradeHub es una plataforma que surgió como una iniciativa público-privada y hoy es operada por el sector privado a través de la Asociación Coreana de Comercio Internacional (KITA). Complementa a UNIPASS y permite a los operadores de comercio exterior realizar envíos electrónicos de documentos e información a la aduana y otras agencias regulatorias, así como a bancos y empresas de logística.

Tanto UNIPASS como uTradeHub han desarrollado servicios específicos simplificados y expeditos para agilizar el despacho de envíos originados en operaciones de comercio electrónico, incluyendo una declaración simplificada de exportación, la creación automatizada de documentos e integraciones para la administración de operadores de servicio expreso. Además, ambos sistemas tienen mecanismos avanzados de autenticación, notificaciones electrónicas, estándares de tecnología abierta, firma digital y pagos electrónicos

En 2019, el KCS estableció el Grupo de Fomento de Macrodatos y comenzó a elaborar una plataforma aduanera con el objetivo de avanzar en el uso de tecnologías innovadoras basadas en datos y realizar análisis en tiempo real. Entre las herramientas utilizadas se encuentran el rastreo de carga mediante etiquetas RFID, la utilización de IA para identificar patrones sospechosos en las declaraciones de importación y entrenamiento de modelos para procesar datos provenientes de lectores de rayos X para carga pequeña. Para mejorar la calidad y la transparencia de la información y los datos, entre 2018 y 2020 el KCS desarrolló una plataforma piloto basada en *blockchain* para que cada entidad participante en las operaciones de comercio electrónico transfronterizo (incluyendo tiendas y plataformas de comercio electrónico) enviara la información directamente a la aduana, reduciendo la probabilidad de alteraciones en los datos.

Para mejorar la capacitación del personal, KCS ha adoptado programas de entrenamiento asistidos por RV, que permiten a los funcionarios aduaneros simular escenarios de inspección y entrenamiento, como la detección de contrabando en contenedores marítimos. El KCS también asiste a otros países en proyectos de modernización de sus aduanas y el modelo UNIPASS ha sido implementado en más de 11 países, incluyendo República Dominicana, Guatemala y Ecuador.

<sup>22</sup> El caso de Corea se elabora más detalladamente en CAF (2022) y Koh (2024).

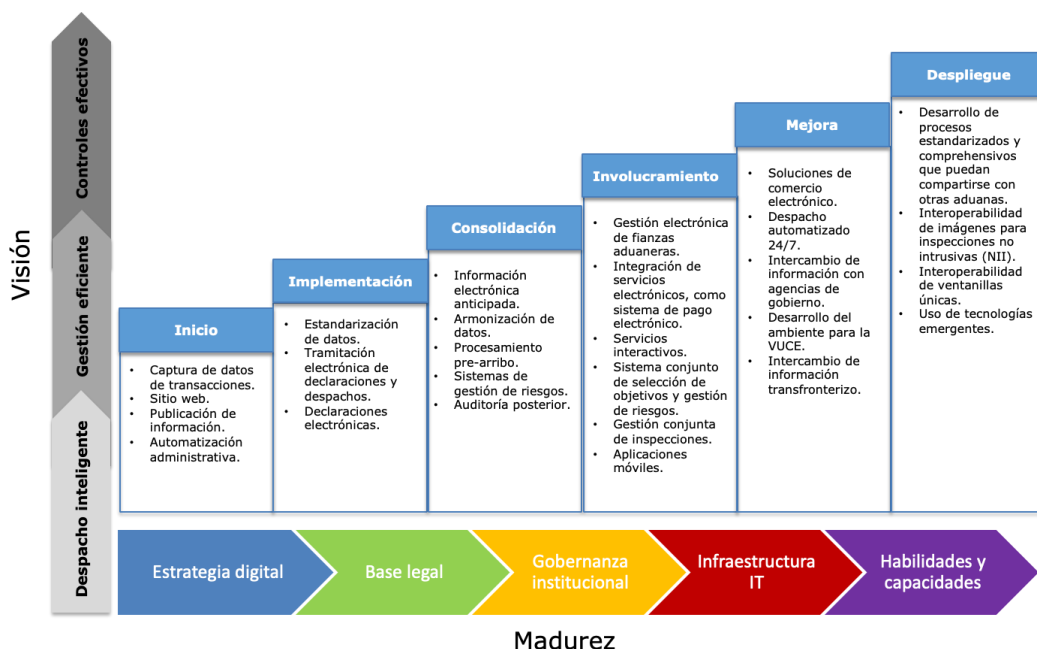
## Lecciones aprendidas y buenas prácticas

Distintas experiencias recientes de implementación de soluciones tecnológicas, incluidas las descritas anteriormente, permiten identificar enseñanzas y buenas prácticas que pueden ser tomadas en cuenta por los gobiernos de la región que estén buscando modernizar sus ecosistemas de facilitación del comercio.

Quizás la lección más importante sea que no se trata sólo de incorporar dispositivos o tecnologías. La experiencia muestra que aquellos países que se modernizaron de forma superficial no obtuvieron beneficios reales importantes en términos de mayor rapidez en los despachos, mayor recaudación, mejor gestión de riesgos y más transparencia (FMI, 2022). Por ejemplo, las reformas típicas tienen que ver con automatizar el proceso de despacho aduanero, pero pocas administraciones incorporan tecnología para la toma de decisiones corporativas y de gestión y la modernización institucional. Otros ejemplos son la desconexión entre las operaciones de despacho y las de *back-end*, la falta de cumplimiento de legislación sobre privacidad y protección de datos, pocas capacidades para procesar grandes volúmenes de datos, o ausencia de criterios claros de gobernanza y financiamiento de sistemas de TIC. En general, es necesario realizar un análisis costo-beneficio de la reforma, implementar una reingeniería de procesos y garantizar una gestión eficaz del cambio entre el liderazgo y el personal de aduanas.

Para entender cuáles son las condiciones de base para poder incorporar tecnologías, el FMI (2022) propone una hoja de ruta para la transformación digital de las aduanas a través del Modelo de Madurez de Aduanas Digitales (DCMM). Este marco define seis etapas de madurez, que abarcan desde la adopción básica de tecnología (como la captura digital de datos) hasta la integración avanzada de sistemas de pago electrónico, herramientas de gestión de riesgos y plataformas interoperables con otras agencias nacionales e internacionales. El modelo identifica tres objetivos centrales: (1) despacho inteligente, (2) gestión eficiente y (3) controles efectivos, todos respaldados por una sólida gobernanza digital, marcos legales adecuados, infraestructura tecnológica robusta y personal capacitado. El Gráfico 8 a continuación resume visualmente este modelo, mostrando las capacidades operativas y funciones tecnológicas necesarias en cada etapa de madurez.

### **Gráfico 8. Modelo de Madurez de Aduanas Digitales.**



Fuente: adaptado de FMI (2022).

Otro aprendizaje es que las administraciones aduaneras no deben abordar la digitalización como un evento único, sino como un proceso estratégico y continuo que alinee las inversiones tecnológicas con los objetivos institucionales más amplios. Para eso, es conveniente desarrollar estrategias o planes con metas claras, como muestran los casos de Australia y Chile, descritos más arriba, pero también los de Japón, Rusia o Hong Kong (APEC, 2023).

Además, se sugiere implementar las tecnologías en fases progresivas, comenzando con prototipos o pruebas piloto antes de pasar a la etapa de escalabilidad. Este enfoque iterativo permite recibir retroalimentación temprana, ajustar las soluciones y mitigar riesgos, algo especialmente valioso para las administraciones que se encuentran en las etapas iniciales de su transformación digital. Los casos de Australia y Corea son ejemplos exitosos de este tipo de aproximación.

Contar con una estrategia de transformación digital es importante, pero también es necesario respaldarla con una base legal sólida y marcos regulatorios modernos que habiliten el uso responsable y seguro de estas tecnologías, particularmente en lo que refiere a la gobernanza de datos, la interoperabilidad de sistemas y la claridad institucional sobre competencias y responsabilidades. Muchos países de la región todavía no han diseñado o implementado estrategias nacionales de gobierno digital (CAF, 2024). En este sentido, OCDE y CAF (2024) revisan el estado del gobierno digital en ALC y ofrecen recomendaciones de política pública en las áreas de gobernanza del gobierno digital, capacidades del sector público para la transformación digital, sector público impulsado por datos, diseño y entrega de servicios públicos en la era digital e innovación digital. También se necesitan principios éticos firmes combinados con marcos de cumplimiento aplicables a la IA para evitar usos indeseados de la tecnología (OMA y OMC, 2022).

El uso de nuevas tecnologías exige un cambio cultural, no solo a nivel gerencial y del liderazgo, sino también entre el resto del personal. Para lograrlo, puede elaborarse un

plan de acción de gestión del cambio, contratar personal capacitado y fomentar la creación de competencias digitales en el personal de la administración. El caso de la ABF de Australia mencionado previamente puede servir de inspiración en este sentido.

La mejora integral de la infraestructura digital es indispensable. Como muestra el caso de Guatemala, un proceso de modernización tecnológica de las aduanas debe tener siempre un vínculo entre el software, que comprende todas las interfaces, aplicaciones y sistemas utilizados para automatizar los procesos del personal de aduanas, y el hardware, que se refiere a todos los dispositivos, máquinas y equipos que se aplican a los procesos. La infraestructura de una aduana inteligente debe estar sostenida por 5G, soluciones de pagos electrónicos, IoT, computación en la nube, información geográfica, identificación inteligente, información de trazabilidad, robótica y drones, entre otras tecnologías.

Por último, la cooperación entre la aduana y otros organismos, con aduanas de otros países, y con el sector privado es fundamental para lograr un mayor control y facilitación del comercio. Esto es especialmente importante para una implementación exitosa de marcos y formatos de datos estandarizados y el uso de plataformas seguras de intercambio de información en tiempo real. La colaboración entre aduanas y empresas puede también dar lugar a soluciones inteligentes que permitan a ambas partes lograr beneficios mutuos, como la cooperación con operadores de plataformas de comercio electrónico en la aplicación de derechos de propiedad intelectual, como muestra el caso de Indonesia (APEC, 2023).

## **Recomendaciones y potenciales líneas de acción**

El uso de tecnologías disruptivas como la IA en el ecosistema de facilitación del comercio y provisión de servicios logísticos abre una ventana de oportunidades para reducir los costos y tiempos de comerciar en ALC. Varios países de la región han dado pasos concretos en esta dirección mediante la implementación de herramientas basadas en tecnologías emergentes para el monitoreo, el control de operaciones y la gestión de riesgos y el uso de *blockchain* para la trazabilidad de mercancías. Sin embargo, estos avances son dispares y persisten importantes brechas tecnológicas, institucionales y normativas entre países.

Uno de los principales desafíos identificados es la necesidad de desarrollar marcos regulatorios modernos que habiliten el uso responsable y seguro de estas tecnologías, particularmente en lo que refiere a la gobernanza de datos, la interoperabilidad de sistemas y la claridad institucional sobre competencias y responsabilidades. Asimismo, la modernización tecnológica exige recursos humanos capacitados, inversiones sostenidas en infraestructura digital y un fuerte compromiso político para alinear los distintos niveles de gobierno y actores involucrados en la cadena logística.

En este escenario, los organismos multilaterales podrían aprovechar su experiencia como socios financieros y técnicos en la estructuración de operaciones para desarrollar una agenda de aduanas inteligentes y transformación digital de servicios logísticos en la región, centrándose en el cierre de brechas estructurales que dificultan la adopción de tecnología y la modernización institucional. Esta agenda debería contar con las siguientes áreas de acción:

- Financiamiento para infraestructura tecnológica y logística. La renovación de servidores, estaciones de trabajo y sistemas de gestión aduanera, así como la creación de centros de datos regionales, son prioritarias. Estas deben ser acompañadas del despliegue de infraestructura para asegurar niveles de



conectividad satisfactorios y asequibles, incluyendo la asignación de espectro de redes 5G. En el sector logístico, debería fortalecerse el acceso a equipamiento digital para sistemas de gestión de flotas e inventarios y monitoreo satelital.

- *Apoyo en la implementación de ventanillas únicas de comercio exterior.* A pesar de los avances logrados en los últimos años en la implementación de sistemas de VUCE en la región, muchos países aún se encuentran rezagados, con proyectos en etapas iniciales o con bajos niveles de madurez. Avanzar en la implementación de estos sistemas no solo facilitará la integración de soluciones basadas en tecnologías emergentes, sino que, en muchos casos, es una condición necesaria para su aprovechamiento efectivo.
- *Asistencia técnica para digitalización y simplificación de procesos aduaneros.* Aquí pueden incluirse, entre otros, la reingeniería de procesos aduaneros para procesos de despacho, pilotos de prevalidación de carga en origen y el mapeo de procesos para identificar cuellos de botella. Organizar intercambios técnicos y pasantías entre aduanas de países con avances comprobados, como Chile, Brasil o Perú, y administraciones que están en etapas iniciales de modernización, así como desarrollar un repositorio de cursos, documentos, *webinars* y foros de discusión, puede contribuir a un mayor flujo conocimiento sobre buenas prácticas y casos de uso.
- *Apoyo a la adopción de tecnologías emergentes.* Las acciones deberían comenzar por la concientización acerca de nuevas tecnologías y sus aplicaciones en gestión de riesgos, clasificación arancelaria y gobernanza de datos. La organización de talleres y *bootcamps* puede ser útil para trabajar sobre casos de uso reales de análisis de datos y entrenamiento de modelos de IA con datos generados por las aduanas, de manera de ganar experiencia en un entorno controlado. En esta misma línea, los hackatones y desafíos de datos en colaboración con la academia pueden contribuir a la resolución de problemas específicos que enfrentan las aduanas, como detección de fraude u optimización de tiempos de despacho, además de fomentar la cooperación institucional con actores del sistema de innovación. También puede considerarse el montaje de laboratorios de innovación dentro de las administraciones aduaneras, en colaboración con actores del sector privado y la academia, para pruebas piloto de tecnologías, así como el acceso a o la instalación de infraestructura complementaria, como sensores en puntos críticos para monitorear condiciones de la carga en tiempo real (RFID, GPS, sensores de temperatura, cámaras con analítica de video).
- *Promoción de la armonización y convergencia normativa y regulatoria.* Esta área es clave para lograr y sostener la interoperabilidad y comunicación entre los sistemas de los países de la región. Se recomienda el desarrollo de guías de adaptación del marco regulatorio para el uso de IA ética y responsable en contextos de facilitación del comercio, la publicación y difusión de estándares regionales y el establecimiento de protocolos de consentimiento, anonimización y uso responsable de datos personales en sistemas aduaneros digitales y plataformas de ventanilla única. Además, los organismos podrían apoyar la adopción de estándares mínimos para protección de infraestructuras críticas, detección y respuesta ante incidentes cibernéticos y capacitación en seguridad digital.
- *Fortalecimiento de capacidades del sector privado y de pequeñas y medianas empresas.* El apoyo de los organismos debería focalizarse en áreas en donde es plausible que existan fricciones o fallas, principalmente en el mercado de crédito, el acceso a información confiable sobre tecnologías y cómo implementarlas y la

construcción de confianza. En este sentido, pueden desarrollarse líneas de crédito para la adquisición de sistemas básicos de trazabilidad (códigos de barras, sistemas de facturación electrónica, plataformas digitales de despacho), vinculación con y apoyo al ecosistema de emprendimiento y capital de riesgo, a través de alianzas con incubadoras, aceleradoras y cámaras de comercio, e iniciativas para difundir aprendizajes a partir de casos de adopción en empresas de la región.

## Referencias

- Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) (2023). Relevamiento del Estado de Situación de las VUCE en los Países Miembros de la ALADI. Secretaría General de la ALADI, Estudio 245.
- Banco Mundial (2020). "Costa Rica recibe apoyo del Banco Mundial para mejorar la administración tributaria y aduanera y el gasto público". Comunicado de prensa, publicado el 26 de marzo. [en línea] <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/25/costa-rica-recibe-apoyo-del-banco-mundial-para-mejorar-la-administracion-tributaria-y-aduanera-y-el-gasto-publico>.
- Banco Mundial (2021). The Global Findex Database 2021: Financial Inclusion, Digital Payments, and Resilience in the Age of COVID-19. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex>.
- Banco Mundial (2023). Índice de Desempeño Logístico. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://lpi.worldbank.org/>.
- CAF-Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (2021). Caminos para la integración: Facilitación del comercio, infraestructura y cadenas globales de valor. Reporte de Economía y Desarrollo. Corporación Andina de Fomento.
- CAF-Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (2022). Hacia el desarrollo de infraestructuras eficientes y sostenibles en América Latina: oportunidades y beneficios de la digitalización para los sectores de la energía eléctrica, la movilidad y logística. Corporación Andina de Fomento.
- Calatayud, A. y L. Montes (2021). Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Carballo, J., Graziano, A., Schaur, G., y Volpe Martincus, C. (2021). Import Processing and Trade Costs. Munich: Center for Economic Studies and ifo Institute (CESifo)

- Cao, Q. y X. Zheng (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.12275>.
- Changkui, L. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Trade Facilitation through Single Window Systems. *Journal of AI-Driven Trade Facilitation Engineering and Single Window Systems*, 1-20.
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2025). CEPALSTAT Base de Datos y Publicaciones Estadísticas. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html>.
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) (2023). White Paper on the Use of Artificial Intelligence in Trade Facilitation. Ginebra: UNECE.
- Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) (2023). Compendium of Smart Customs Practices for APEC Economies.
- Correos de Costa Rica (2024). "Inteligencia artificial facilita compras en línea en tiendas de los Estados Unidos". Sala de prensa, publicado el 17 de octubre. [en línea] <https://correos.go.cr/inteligencia-artificial-facilita-compras-en-linea-en-tiendas-de-los-estados-unidos/>.
- Díaz de Astarloa, B. (2024). Comercio electrónico transfronterizo en América Latina y el Caribe. Análisis a partir de las visitas a plataformas en línea de comercio entre empresas y consumidores. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ebanx (2024). Beyond Borders 2022-2023. Digital payments connecting businesses and people in rising economies: an overview of online commerce in Latin America and Africa.

- Ferencz, J., J. López-González y I. Oliván García (2022). Artificial Intelligence and International Trade: Some Preliminary Implications. París: OCDE.
- Herreros, S. (2023). Digital and sustainable trade facilitation in Latin America and. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Hummels, D. (2001). Time as a Trade Barrier. Universidad de Purdue: Centro de Análisis del Comercio Global, Departamento de Economía Agrícola.
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2022). Customs Matters: Strengthening Customs Administration in a Changing World. Washington, DC: FMI.
- Koh, Jonathan (2024). "Paperless trade system of the Republic of Korea: an analysis of the UNIPASS and uTradeHub single windows". Documentos de Proyectos (LC/TS.2024/89), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2025a). OECD Trade Facilitation Indicators: Monitoring Policies Up to 2025. Paris: Publicaciones de la OCDE.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2025b). Services Trade Restrictiveness Index. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/services-trade-restrictiveness-index.html>.
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) (2016). "UNI-PASS: Korea's Customs modernization tool". OMA News, 79, Dossier. [en línea] <https://mag.OMAomd.org/magazine/OMA-news-79/uni-pass-koreas-customs-modernization-tool/>.
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) (2024a). "Aprovechar la tecnología: conclusiones de una nueva encuesta de la OMA". OMA News, 105, Edición 3. [en

- línea] <https://mag.OMAomd.org/es/magazine/OMA-news-105-edicion-3-2024/technology-new-OMA-survey/>
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) (2024b). "Cómo Brasil ha transformado su control aduanero gracias a la inteligencia artificial y a otras tecnologías". OMA News, 105, Ed. 3. [en línea] <https://mag.OMAomd.org/es/magazine/OMA-news-105-edicion-3-2024/brazil-ai-and-other-technologies>
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) (2025a). Detailed Report on the Adoption of Artificial Intelligence and Machine Learning in Customs. Brussels: OMA.
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) (2025b). WCO Smart Customs Project. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.wcoomd.org/en/topics/facilitation/activities-and-programmes/disruptive-technologies/smart-customs-project.aspx>.
- Organización Mundial de Aduanas (OMA) y Organización Mundial del Comercio (OMC) (2022). Informe de estudio de la OMA y OMC sobre tecnologías disruptivas. Bruselas: OMA.
- Organización Mundial del Comercio (OMC) (2024). Trading with Intelligence: How AI shapes and is shaped by international trade. Ginebra: OMC.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2023). UN Global Survey on Digital and Sustainable Trade Facilitation. Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.untfsurvey.org/world>.
- Ozturk, O. (2024). The Impact of AI on International Trade: Opportunities. *Economies*, Vol. 12, No. 11, p. 298, <https://doi.org/10.3390/economies12110298>.
- PRNewswire (2023). "Webb Fontaine amplía su presencia en Centroamérica con el Proyecto de Aduanas de Costa Rica". Publicado el 19 de octubre. [en línea] <https://www.prnewswire.com/news-releases/webb-fontaine-amplia-su->

[presencia-en-centroamerica-con-el-proyecto-de-aduanas-de-costa-rica-809345670.html](https://www.bancomundial.org/es/publication/other/2019/01/presencia-en-centroamerica-con-el-proyecto-de-aduanas-de-costa-rica-809345670.html).

Sakyi, D. y S. Kwaku Afesorgbor (2019). The Effects of Trade Facilitation on Trade Performance in Africa. *Journal of African Trade*, Vol. 6, No. 1, p. 1-15.

Statista (2024). El sector de comercio electrónico en América Latina - Datos estadísticos. [en línea] <https://es.statista.com/temas/9174/e-commerce-en-america-latina/#topicOverview>

Volpe Martincus, C. (2017). Cómo salir del laberinto fronterizo: una evaluación de las iniciativas de facilitación del comercio en América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

## Anexo I

**Tabla 1. Grado de implementación de medidas de facilitación del comercio sin papel en América Latina y el Caribe, 2023**

	Sistema aduanero automatizado	Conexión a Internet en cruces fronterizos	Ventanilla única electrónica	Presentación electr. de declaraciones	Solicitud/expedición electr. de permisos	Presentación electr. de manifi. de carga aérea	Solicitud/emisión electr. de certif. de origen	Pago electrónico de derechos y tasas	Solicitud electrónica de devoluciones	Leyes y regul. para transacciones electrónicas	Autoridad de certificación reconocida	Intercambio electrónico de declaraciones	Intercambio electr. de certificados de orig.	Intercambio electr. de certificados sanitarios	Cobro sin papel de pagos de cartas de crédito
Antigua y B.	2	2	0	1	1	3	1	1	1	2	0	2	2	0	2
Argentina	3	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2
Belice	3	2	0	2	2	2	0	3	0	2	0	0	0	0	2
Bolivia	2	2	0	3	0	3	0	3	3	2	2	1	0	1	0
Brasil	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
Chile	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	1	2	2	2
Colombia	3	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	1	2	2	0
Costa Rica	3	3	3	3	2	3	0	3	2	3	3	2	2	2	2
Cuba	3	2	2	2	0	2	1	0	2	2	3	0	0	0	0
República Dominicana	3	3	3	3	3	3	2	3	0	3	3	2	1	2	2
Ecuador	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	1	2	1	2
El Salvador	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	0	2
Guatemala	3	3	2	2	2	3	2	3	0	2	3	2	2	0	0
Guyana	3	2	0	3	0	2	0	2	0	2	0	0	0	3	2
Honduras	3	3	0	2	2	2	0	3	0	3	3	2	2	2	0
Jamaica	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	0	0	3	2	2
México	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	1	2	2	3
Nicaragua	3	3	0	2	2	1	2	2	0	2	0	2	2	0	0
Panamá	3	2	2	2	2	3	2	3	0	3	3	2	2	2	0
Paraguay	3	3	3	2	2	3	2	2	0	3	3	2	2	2	2
Perú	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
San Cristóbal y Nieves	3	3	0	3	2	2	0	2	0	3	0	0	0	2	0
Santa Lucía	3	3	0	2	2	3	0	1	0	3	0	0	0	2	0
San Vicente	3	2	0	3	2	3	0	1	0	2	0	2	0	0	0
Uruguay	3	3	2	2	2	3	2	3	0	3	3	2	2	0	3

Fuente: elaboración propia sobre la base de resultados de la Encuesta Global sobre Facilitación del Comercio Digital y Sostenible de la ONU (ONU, 2023).





## NOTA #5

# COMPETENCIAS PARA LA DIGITALIZACIÓN: FUNCIONARIOS PÚBLICOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

---

# **Competencias para la digitalización: funcionarios públicos de América Latina y el Caribe**

**Ricardo Estrada<sup>1</sup>**

## **Resumen**

La digitalización ofrece amplias oportunidades para mejorar la eficiencia y calidad de los servicios públicos y la actividad gubernamental en América Latina y el Caribe (ALC). Sin embargo, su éxito depende, entre otros factores, del desarrollo de competencias digitales en los funcionarios públicos. Estas habilidades abarcan desde el uso básico de tecnologías de información y comunicación (TIC), la gestión de estas tecnologías y de los procesos organizacionales de los que estas forman parte, hasta la capacidad de liderar el proceso de transformación digital.

Usando datos de la encuesta PIAAC de la OCDE, esta nota diagnostica el nivel de competencias digitales para la resolución de problemas en ambientes digitales de los empleados públicos en Chile, Ecuador, México y Perú, comparándolos con Corea del Sur. Si bien una mayoría de los funcionarios en estos países de la región utiliza computadoras en el trabajo, las tareas que realizan son mayormente básicas. La proporción de quienes pueden realizar tareas avanzadas es reducida, y entre un cuarto y un tercio no posee las competencias mínimas para usar una computadora. Existen también marcadas brechas por nivel educativo, edad y tipo de ocupación del funcionariado.

Ante este panorama, la nota destaca la importancia de fortalecer las estrategias de capacitación y reclutamiento de funcionarios. Si bien muchos países han ampliado su oferta de capacitación, persisten desafíos como la falta de evaluaciones de impacto para entender la eficacia de la oferta y las barreras de acceso —costo y tiempo— que enfrentan los funcionarios. Asimismo, falta mucho por hacer para incorporar a las competencias digitales como parte de los perfiles deseados en los procesos de reclutamiento. Para apoyar el fortalecimiento de la capacitación y el reclutamiento, es importante avanzar en el desarrollo de marcos de competencias digitales en el sector público, que identifiquen los tipos de competencias que requieren los funcionarios de distintos niveles y funciones. Finalmente, es necesario contar con más y mejores estudios, que midan de manera directa las competencias digitales de los funcionarios públicos en los países de la región.

<sup>1</sup> Este documento fue elaborado con el apoyo de investigación de Mario Lechuga.

## ¿Cuáles son y por qué importan las competencias para la digitalización?

La digitalización –o transformación digital– ofrece amplias posibilidades para la mejora de la calidad de los servicios públicos y de la eficiencia de la actividad gubernamental en los países de ALC. Los campos de aplicación incluyen los procesos de administración de los ingresos y gastos, la gestión y provisión de servicios, y los trámites para los ciudadanos y empresas, entre otros.

La digitalización del sector público requiere de ciertas condiciones habilitantes, que incluyen, pero rebasan a la disponibilidad de infraestructura tecnológica suficiente y adecuada, y a la existencia de instituciones, como las agencias de gobierno digital, que lideren el proceso de digitalización. Una de estas condiciones son las competencias de los funcionarios públicos para usar y aprovechar la infraestructura digital, liderando y tomando parte de procesos organizacionales que incorporan a las tecnologías de información y comunicación (TIC).

La complejidad y tipo de competencias o habilidades (en esta nota se usan ambos términos de manera intercambiable) que los integrantes de una organización requieren para la digitalización varían según el caso. Por ejemplo, es de esperar que estas difieran de acuerdo con la unidad funcional de adscripción, y el tipo y subsector de ocupación; y, de manera relacionada, según los funcionarios sean usuarios, gestores o actores de cambio de la transformación digital. La naturaleza cambiante y la innovación continua que caracteriza a las TIC hacen que estas competencias vayan además evolucionando. Sin embargo, en la medida en que la digitalización se va abriendo paso a lo largo y ancho del sector público, es de esperar que haya un piso necesario o un mínimo de habilidades requerido para ser partícipe de este proceso.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) define a la alfabetización digital como "la capacidad de una persona para acceder, gestionar, comprender, integrar, comunicar, evaluar y crear información de manera segura y apropiada mediante tecnologías digitales, para el empleo, los trabajos decentes y el emprendimiento. Incluye competencias que se denominan de diversas formas, como alfabetización informática, alfabetización en TIC, y alfabetización mediática" (UNESCO Institute for Statistics, 2018). Esta definición contempla entonces el dominio técnico de tecnologías digitales (computadoras, celulares, internet, *software*), pero también incluye las habilidades de procesamiento de información y comunicación, entre otras, que permiten en su conjunto un uso adecuado de las TIC en el mundo laboral. La importancia de las competencias digitales para el trabajo y la vida se refleja en la inclusión de la alfabetización digital como parte de la Meta 4 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

El cambio tecnológico —que incluye a la digitalización, pero también a la robotización y al uso de la inteligencia artificial— está transformando de manera profunda la naturaleza del trabajo, disminuyendo la importancia de las tareas manuales y rutinarias, y aumentando la de aquellas que requieren la resolución de problemas mediante el uso de competencias cognitivas y de comunicación complejas (Álvarez et al., 2020). En el mismo sentido, la pandemia COVID-19 dio un fuerte impulso al trabajo remoto, posible en buena medida por las TIC. La complejidad creciente del trabajo y la expansión de estas tecnologías han dado por lo tanto una gran relevancia a las competencias para la resolución de problemas en entornos digitales. La falta de estas habilidades en su fuerza laboral compromete la capacidad de los gobiernos para aprovechar los beneficios de la digitalización. A su vez, la brecha en estas habilidades entre distintos grupos de trabajadores puede generar diversas tensiones, disminuyendo las perspectivas laborales de los trabajadores con menos cualificaciones y aumentando la desigualdad.

## ¿Qué competencias para la digitalización tienen los funcionarios públicos?

A pesar del consenso sobre la importancia de las competencias digitales de la población existe aún poca información disponible sobre el dominio de estas habilidades, particularmente con respecto a los países de ALC. Este vacío es mayor para información que sea representativa a nivel nacional, que permita indagar en grupos ocupacionales específicos y que sea comparable entre países.

Al respecto, se han presentado avances en la medición del acceso y uso de TICs entre la población. Por ejemplo, los ODS de las Naciones Unidas incluyen como parte de su marco de medición el indicador 4.4.1, que se refiere a la “proporción de jóvenes y adultos con competencias en tecnología de la información y las comunicaciones (TIC), desglosada por tipo de competencia técnica” (Naciones Unidas, 2017). Su seguimiento está a cargo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y de EUROSTAT (para los países europeos) – utilizando las encuestas nacionales de los países. Por ejemplo, de acuerdo con esta fuente, en el promedio de los nueve países de la región para los cuales hay información disponible, el 19% de la población joven y adulta creó presentaciones electrónicas con aplicaciones de presentación durante los últimos tres meses y el 21% encontró, descargó, instaló y configuró una aplicación de software en el mismo periodo –ver detalles en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Uso de TIC en población de 15 años y más durante los últimos tres meses**

Actividad	ALC	Uruguay	Chile	México	Brasil	República Dominicana	Perú	Jamaica	Colombia	Ecuador
Han conectado e instalado nuevos dispositivos (%)	22	50	46	22	10	10	14	8	25	16
Han creado presentaciones electrónicas con programas de presentación (%)	19	44	NA	28	13	11	18	7	22	11
Han encontrado, descargado, instalado y configurado un programa informático (%)	21	42	50	19	19	9	11	9	15	14
Han transferido archivos entre un ordenador y otros dispositivos (%)	27	57	50	NA	23	15	18	13	25	13
Han usado formulas aritméticas básicas en una hoja de cálculo (%)	21	38	45	25	14	13	18	7	22	11
Han usado herramientas de 'copiar y pegar' para duplicar o trasladar información dentro de un documento (%)	29	63	NA	30	23	18	25	16	30	24
Notas: El promedio para ALC se calcula como la media simple de los países incluidos en el cuadro con información disponible. Los datos corresponden al año 2023. Fuente: (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2025).										

Sin embargo, la mayoría de las fuentes de datos disponibles no proporcionan información sobre el uso de las TIC en el contexto laboral ni aportan mediciones más directas sobre las competencias digitales. Una excepción es el Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos (PIAAC por sus siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

PIAAC evalúa competencias en lectura, matemáticas y resolución de problemas en entornos digitales en muestras representativas de la población adulta de 39 países, incluidos Chile, Ecuador, Perú y México en América Latina y el Caribe (ALC). El estudio pone especial énfasis en cómo se aplican estas competencias en contextos laborales y cotidianos. Para el presente análisis se utilizan datos del Primer Ciclo de PIAAC: para Chile, correspondientes a los años 2014-2015 (como parte de la segunda ronda de recolección de este ciclo); y para Ecuador, México y Perú, correspondientes a los años 2017-2018 (como parte de la tercera ronda de recolección).

Las competencias en resolución de problemas en entornos digitales se definen como la “habilidad para utilizar tecnología digital, herramientas de comunicación y redes de trabajo para adquirir y evaluar información, comunicarse con otros y llevar a cabo tareas de tipo práctico”(OECD, 2012).

La medición de competencias en PIAAC se realiza mediante una computadora portátil o, en su defecto, mediante una versión en papel para quienes no cuentan con las competencias informáticas mínimas. Además, PIAAC incluye un cuestionario de contexto que recopila información sobre el perfil laboral de los participantes y su participación en actividades de formación.

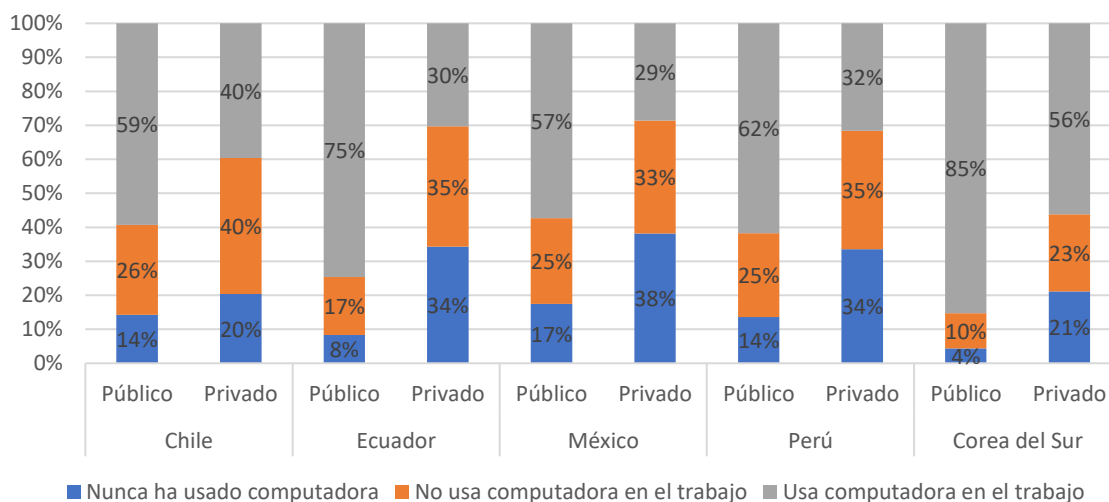
Para este estudio, nos enfocamos en la población asalariada de 25 a 65 años en los cuatro países de la región participantes. Además, se proporciona información sobre Corea del Sur como comparación. Este es un país interesante porque se le considera avanzado en la digitalización y porque experimentó un proceso de desarrollo que lo llevó de tener un ingreso per cápita similar al promedio de ALC hace 40 años a ser un país de ingresos altos en la actualidad. En total, contamos con una muestra de 1,758 personas asalariadas en Chile, 1,351 en Ecuador, 1,827 en Perú, 1,733 en México y 2,371 en Corea del Sur. De estas, 18%, 21%, 27%, 19% y 16%, respectivamente, se encuentran ocupadas en el sector público —el resto lo están en el sector privado. El Cuadro A.1 en el Apéndice proporciona estadísticas descriptivas (medias) de las variables que se utilizan en el análisis.

### ***Uso de Tecnologías de Información y Comunicación***

La mayoría de los funcionarios públicos en los países estudiados utilizan una computadora u otro dispositivo digital —como teléfonos inteligentes o tabletas— en el desempeño de su trabajo, como se muestra en el gráfico 1. Esta proporción alcanza aproximadamente el 60% en Chile, México y Perú, y el 75% en Ecuador. En contraste, en Corea del Sur, el 85% de los servidores públicos utilizan una computadora como parte de sus funciones laborales, lo que refleja el mayor avance de la digitalización en ese país. En el sector privado, el porcentaje de empleados que utilizan una computadora es significativamente menor: alrededor del 30% en Ecuador, México y Perú, y del 40% en Chile.

Entre quienes no utilizan una computadora en el trabajo, resulta llamativo que la mayoría no tiene ninguna experiencia en computación. En Ecuador, el 17% de los servidores públicos nunca ha utilizado una computadora, mientras que en Chile, México y Perú esta proporción asciende al 25%.

#### **Gráfico 1. Uso de computadora en el trabajo por sector de empleo**

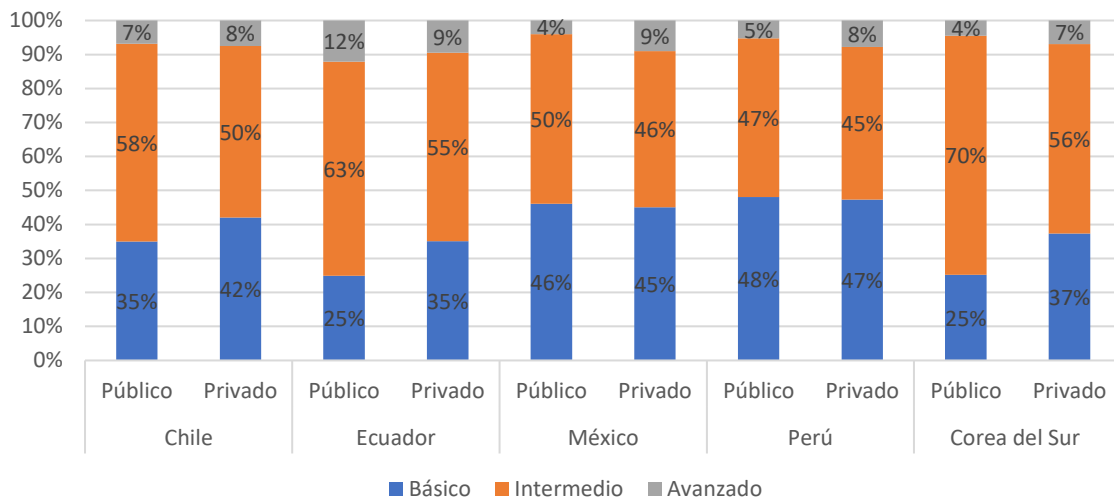


Notas: La muestra incluye a personas asalariadas entre 25 y 65 años. El sector público abarca la administración pública en todos sus niveles, los servicios financiados por el Estado y las empresas públicas, El sector privado incluye a todas las organizaciones y empresas no son propiedad gubernamental. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

Como se muestra en el gráfico 2, casi todos los funcionarios públicos que utilizan una computadora en el trabajo realizan principalmente tareas de nivel básico o intermedio, aunque la importancia relativa de estas categorías varía entre países. Las tareas básicas incluyen la captura de datos o el envío de correos electrónicos, mientras que las tareas intermedias comprenden el uso de procesadores de texto u hojas de cálculo. Solo una minoría lleva a cabo tareas de alta complejidad, como programación, desarrollo de software o mantenimiento de redes. En Corea del Sur, el patrón es similar, especialmente en comparación con Ecuador, que es el país de la región donde las tareas básicas tienen menor peso relativo.

Asimismo, no se observan diferencias significativas en el uso de la computadora, según el nivel de complejidad de las tareas, entre los sectores público y privado en los países de la región.

**Gráfico 2. Nivel de complejidad en el uso de la computadora por sector de empleo**

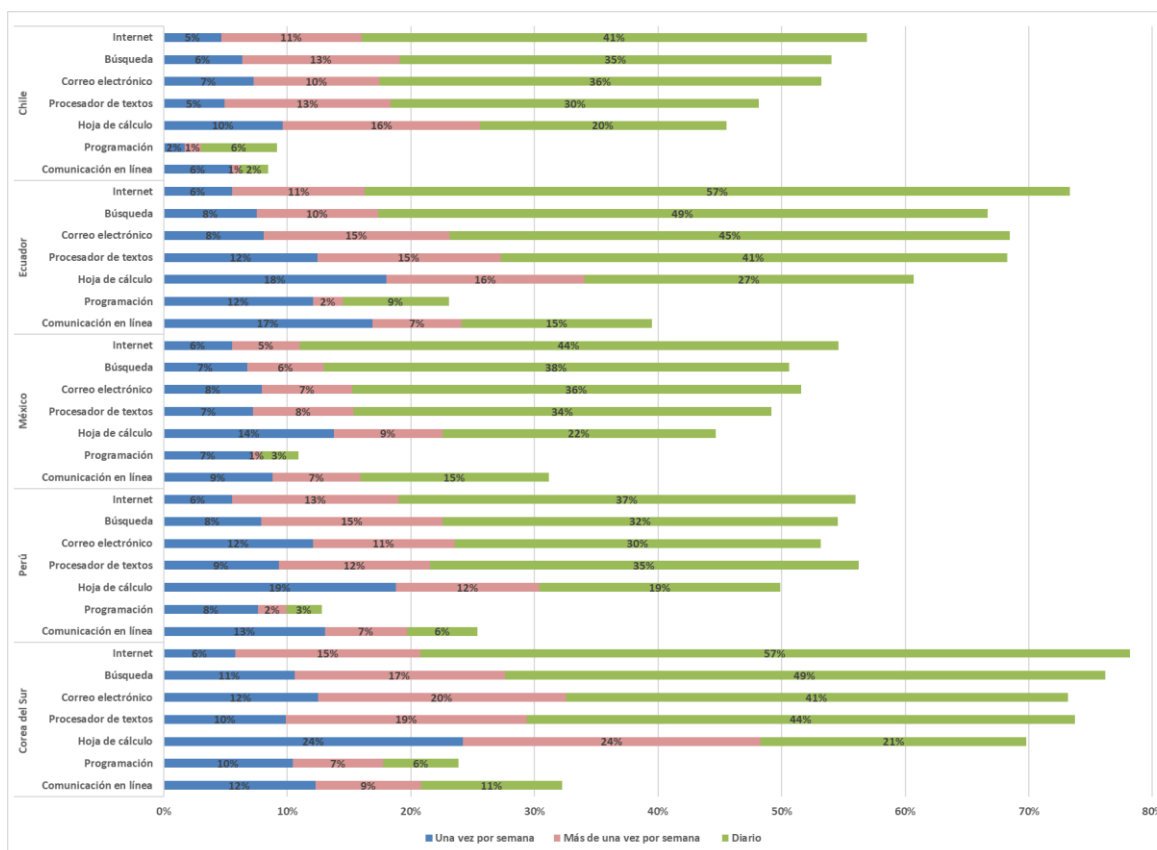


Notas: La muestra incluye a personas asalariadas de entre 25 y 65 años que previamente confirmaron usar computadora en su trabajo. La clasificación del nivel de complejidad digital se define de la siguiente manera: básico, tareas rutinarias como capturar datos o enviar correos electrónicos; intermedio, uso de procesadores de texto, hojas de cálculo o bases de datos; y avanzado, actividades como programación, desarrollo de software o mantenimiento de redes. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011)

El gráfico 3 muestra la frecuencia con la que los funcionarios públicos realizan una serie de tareas específicas en el contexto laboral. En Chile, México y Perú, alrededor de la mitad hacen uso de internet, búsqueda de información, correo electrónico, procesador de textos y hoja de cálculo, mientras que en Ecuador entre el 60% y el 70% usan estas tecnologías. En términos de frecuencia, es de notar que la gran mayoría de quienes realizan estas tareas lo hacen por lo menos una vez por semana, con una proporción significativa de funcionarios llevándolas a cabo de manera diaria. Esto es indicativo de la incorporación de estas tecnologías al trabajo cotidiano de una parte significativa de los empleados públicos de estos países.

Por su parte, quienes realizan actividades como comunicación en línea y programación representan una minoría, aunque la proporción varía significativamente entre países. No obstante, es importante tener en cuenta que estas mediciones preceden a la pandemia de COVID-19, la cual pudo haber incrementado el uso de prácticas como, notablemente, la comunicación en línea.

**Gráfico 3. Frecuencia de uso de actividades TIC en el trabajo entre funcionarios públicos**



Notas: La muestra incluye a personas asalariadas del sector público entre 25 y 65 años. Actividades TIC: Internet (uso general), Búsqueda (información laboral), Correo electrónico, Procesador de textos (Word), Hoja de cálculo (Excel), Programación (código), Transacciones (compras, ventas, banca), Comunicación en línea (chats o conferencias en tiempo real). Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

### **Competencias en resolución de problemas en entornos digitales**

Más allá del uso de las TIC, PIAAC ofrece mediciones directas sobre las competencias de la población adulta para la resolución de problemas en entornos digitales. Como se puede observar en el gráfico 4, una parte importante de los funcionarios públicos de los países de la región analizados tienen bajos niveles de estas competencias.

Casi uno de cada tres funcionarios en Chile, México y Perú, y el 15% en Ecuador no tuvieron las competencias mínimas para ser evaluados; ya sea porque nunca han usado una computadora, porque no pasaron el ejercicio de verificación de que podrían realizar la prueba en computadora o porque prefirieron hacer la prueba en papel.

La proporción de funcionarios públicos con un nivel de competencias inferior a 1 de acuerdo con la clasificación realizada por PIAAC es del 51% en Ecuador, 37% en Perú, 35% en Chile y 25% en México, y de apenas el 8% en Corea del Sur. En el nivel inferior a 1, las personas solo pueden resolver problemas sencillos, que implican el uso de una sola función para cumplir con un criterio explícito, con un número mínimo de pasos y un razonamiento simple (ver detalles sobre los niveles de competencia en el Cuadro A.2 en el Apéndice).

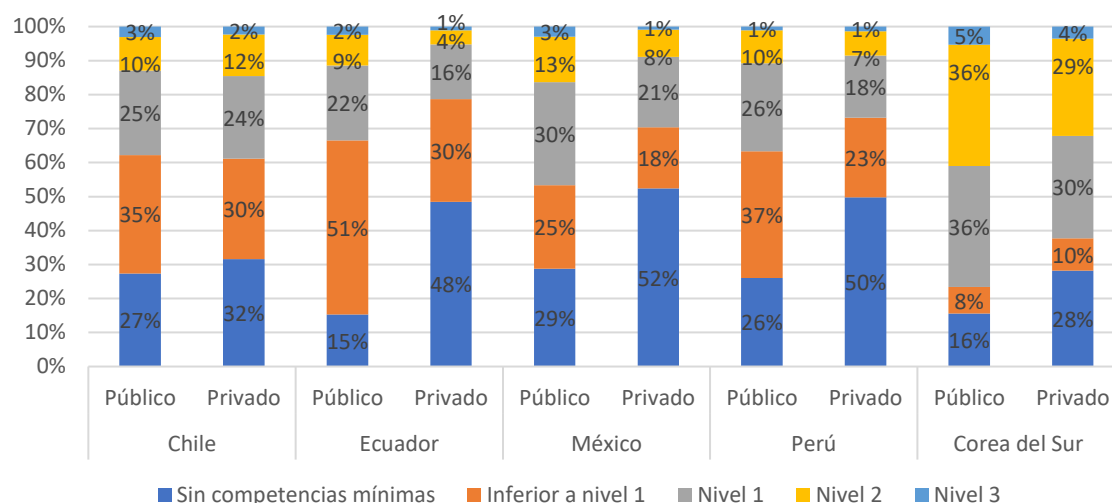
Aproximadamente el 30% de los funcionarios en México, 25% en Chile y Perú, y 22% en Ecuador se encuentran en el nivel 1 de competencias. En este nivel, las personas solo



pueden usar aplicaciones ampliamente disponibles y familiares, como el correo electrónico o un navegador web, para resolver problemas que requieren poca navegación en la aplicación, implican pocos pasos, un número mínimo de comandos y un razonamiento simple.

Finalmente, apenas entre el 9% y el 13% de los funcionarios públicos evaluados se encuentran en el nivel 2 de competencias, y solo una muy pequeña parte, entre el 1% y el 3%, en el nivel 3. En el nivel 2, las tareas pueden requerir *"el uso de aplicaciones tecnológicas genéricas y más específicas. Por ejemplo, el participante puede tener que hacer uso de un nuevo formulario en línea. Se requiere un poco de navegación a través de páginas y aplicaciones para resolver el problema. La tarea puede involucrar múltiples pasos y comandos."* Con respecto a estos requerimientos, en el nivel 3, los criterios a cumplir para resolver el problema no son necesariamente explícitos y *"la integración y el razonamiento inferencial podrían ser necesarios en gran medida."* (OECD, 2018).

**Gráfico 4. Competencias en resolución de problemas en entornos digitales por sector de empleo**



Notas: La muestra incluye a personas asalariadas de entre 25 y 65 años. "Sin competencias mínimas" incluye a quienes nunca han utilizado una computadora, a quienes no completaron satisfactoriamente el ejercicio de familiarización necesario para realizar la prueba en computadora, y a quienes optaron por realizar la prueba en papel. F Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

En resumen, la mayoría de los empleados públicos en los países de la región no tienen competencias mínimas o se encuentran por debajo del nivel 1 (entre 54% y 66%). En contraste, en Corea del Sur, la mayoría de los servidores públicos se encuentran en los niveles 1 y 2 (70%). Por otra parte, incluso en ese país, la proporción de empleados públicos en el nivel 3 de competencias constituye una pequeña minoría.

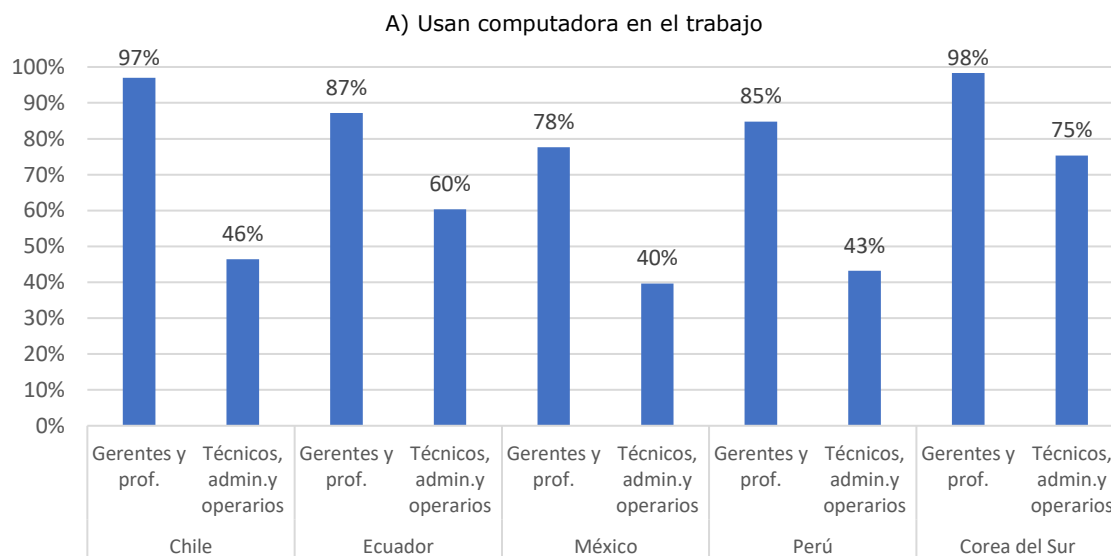
Los resultados presentados en esta sección son consistentes con los hallazgos de otros estudios con objetivos similares. Por ejemplo, en un informe reciente de la *International Data Corporation* (IDC), se realizaron entrevistas con gerentes de alrededor de 200 organizaciones del sector público en cinco países de la región. Los autores concluyen que la mayoría de los funcionarios entrevistados identifican la falta de habilidades digitales en su fuerza laboral como uno de los principales desafíos para el sector público (IDC et al., 2021).

### ***Uso y competencias por perfil del funcionariado***

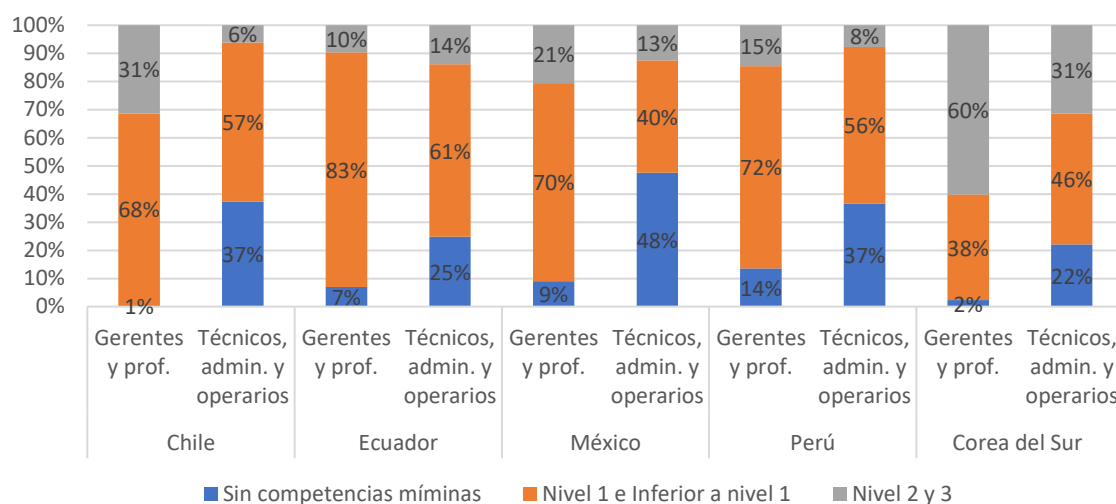
Es de esperar que el uso de las TIC y, por lo tanto, las competencias asociadas requeridas varíen según las funciones del puesto. Al respecto, el panel A del gráfico 5 muestra la proporción de funcionarios públicos que usan una computadora en el trabajo según su tipo de puesto. Como se puede observar, es mucho más común que las personas que ocupan puestos gerenciales y profesionales utilicen una computadora en el trabajo que quienes desempeñan puestos operativos, técnicos y administrativos –aunque esta brecha es menos marcada en Corea del Sur.

Por su parte, el panel b del mismo gráfico presenta información sobre el nivel de competencias en resolución de problemas en entornos digitales por tipo de puesto. Al respecto, se observa una clara diferencia en el nivel de competencias entre gerentes y profesionales, y el resto. En el primer grupo, son muy pocos los que no tienen competencias mínimas. La mayoría se encuentran en los niveles 1 e inferior a 1. Esto contrasta con la situación en Corea del Sur, donde la mayoría de los gerentes y profesionales se encuentran en los niveles de competencias 2 y 3.

**Gráfico 5. Uso de computadora y competencias digitales por posición en la ocupación de los funcionarios públicos**



## B) Competencias



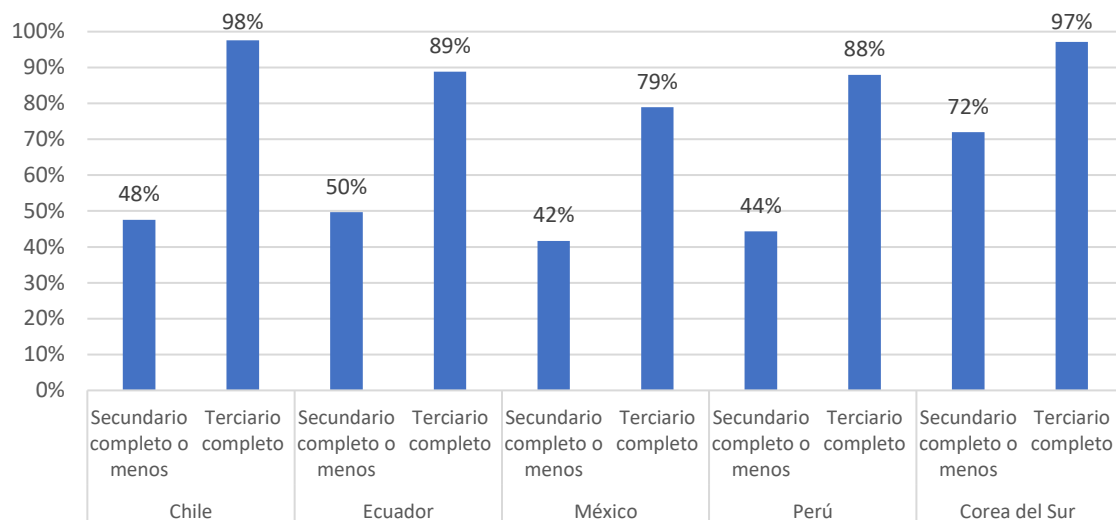
Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos de entre 25 y 65 años. La clasificación ocupacional sigue el sistema ISCO-08. "Gerentes y prof." corresponde a gerentes y profesionales (ISCO 1-2); "Técnicos, admin. y operarios" incluye técnicos, personal administrativo, de apoyo y operarios (ISCO 3-8). Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

La correlación entre el nivel educativo y las habilidades cognitivas es un patrón común en distintos contextos. El gráfico 6 muestra diferencias significativas en el uso de TIC (panel a) y en las competencias para resolver problemas en entornos digitales (panel b) entre los funcionarios públicos con y sin educación terciaria completa. Tener educación terciaria completa es casi sinónimo de usar una computadora en el trabajo. En cambio, en los países de la región, entre quienes tienen solo educación secundaria completa o menos, cerca de la mitad no utiliza una computadora en su trabajo, y dentro de este grupo, una proporción considerable nunca ha usado una computadora.

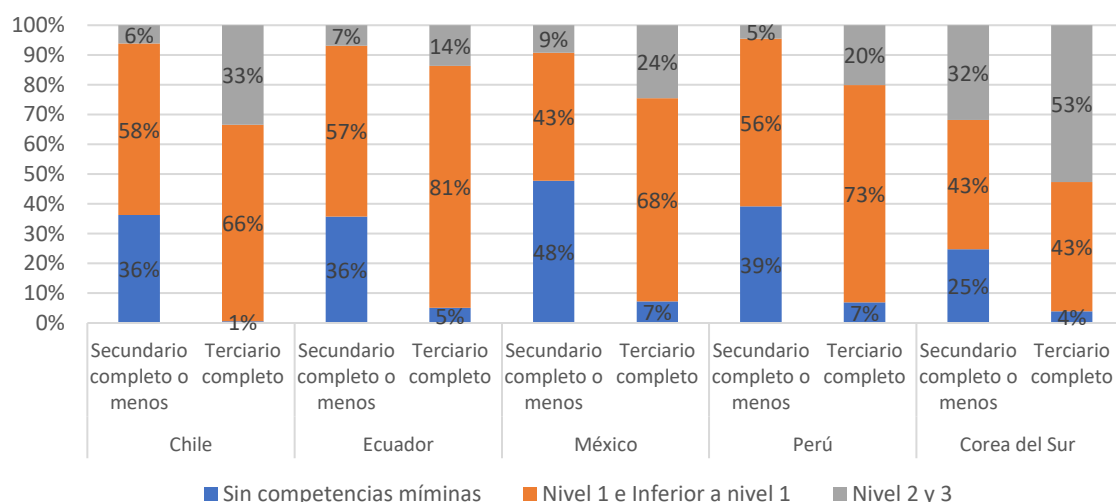
En la misma línea, la proporción de funcionarios con educación terciaria que no tienen competencias mínimas es muy pequeña (7% o menos), mientras que es de una magnitud considerable entre los que tienen un menor nivel educativo. En los países de la región, la mayoría de los empleados públicos con educación terciaria completa se encuentran en los niveles inferior a 1 y 1 de competencias. En contraste, en Corea del Sur, este grupo se encuentra en su mayoría en los niveles 2 y 3, lo que indica que incluso entre la población de mayor nivel educativo se observa una brecha de habilidades entre los funcionarios de ese país y los de ALC.

**Gráfico 6. Uso de computadora y competencias digitales por nivel educativo de los funcionarios públicos**

A) Usan computadora en el trabajo



B) Competencias

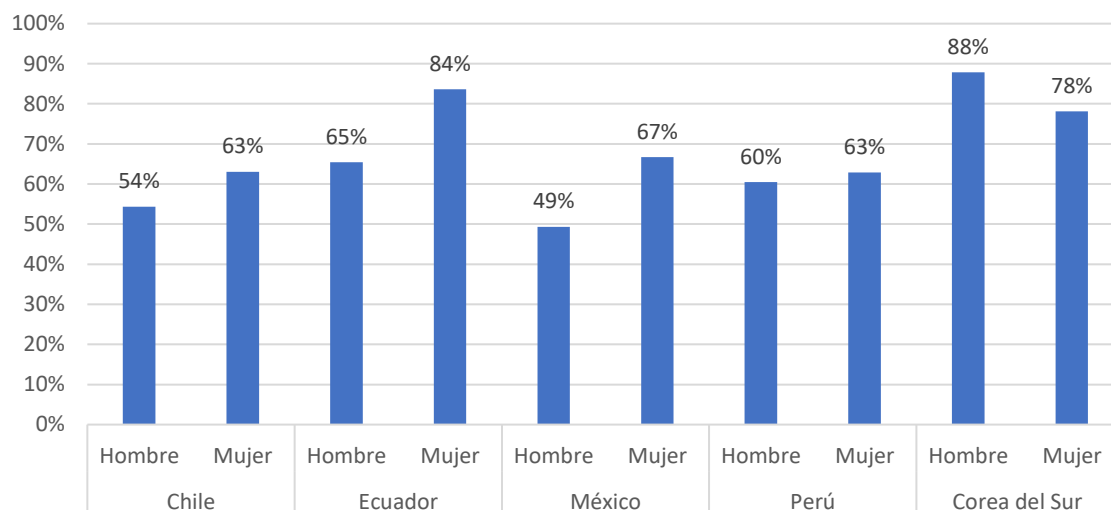


Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos de entre 25 y 65 años. La clasificación educativa se basa en el nivel más alto de estudios alcanzado. "Secundario completo o menos" agrupa desde primaria hasta estudios técnicos no terciarios; "Terciario completo" incluye licenciatura, maestría y posgrados. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

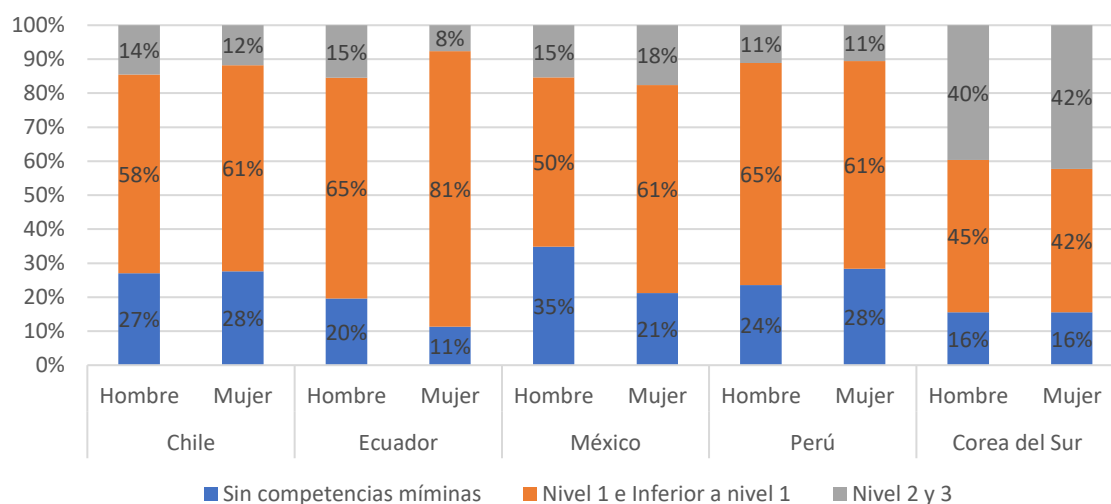
La existencia de brechas de género en el mercado laboral, incluido el sector público, es motivo de preocupación por sus efectos en la equidad y por las ganancias de eficiencia de eliminar las barreras a la participación laboral de las mujeres. Una pregunta al respecto es si estas brechas se corresponden con brechas en capacidades digitales. Este no parece ser el caso, como se observa en el gráfico 7. El uso de computadora de mujeres y hombres en el sector público es similar (ver panel a), siendo en algunos casos más frecuente entre las primeras. Tampoco se observan brechas considerables en las competencias digitales (panel b), aunque en Ecuador y México la proporción de funcionarios hombres sin competencias mínimas es mayor que la de mujeres.

**Gráfico 7. Uso de computadora y competencias digitales por género de los funcionarios públicos**

A) Usan computadora en el trabajo



B) Competencias



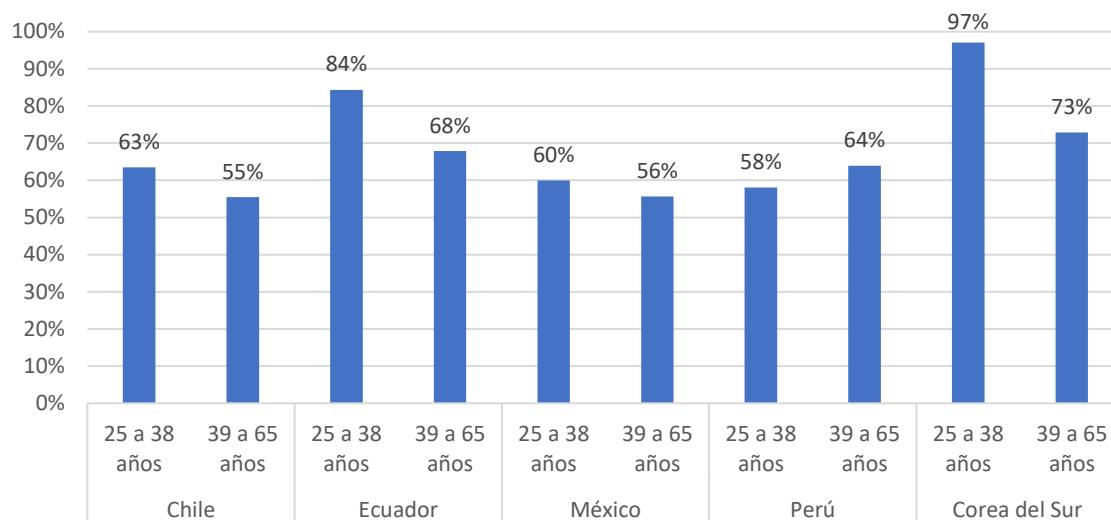
Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos de entre 25 y 65 años. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

Una preocupación frecuente es la desigualdad generacional en el uso de TIC y en las habilidades digitales. El gráfico 8 muestra la existencia de algunas brechas digitales importantes entre grupos de edad en el sector público, particularmente en cuanto a competencias.

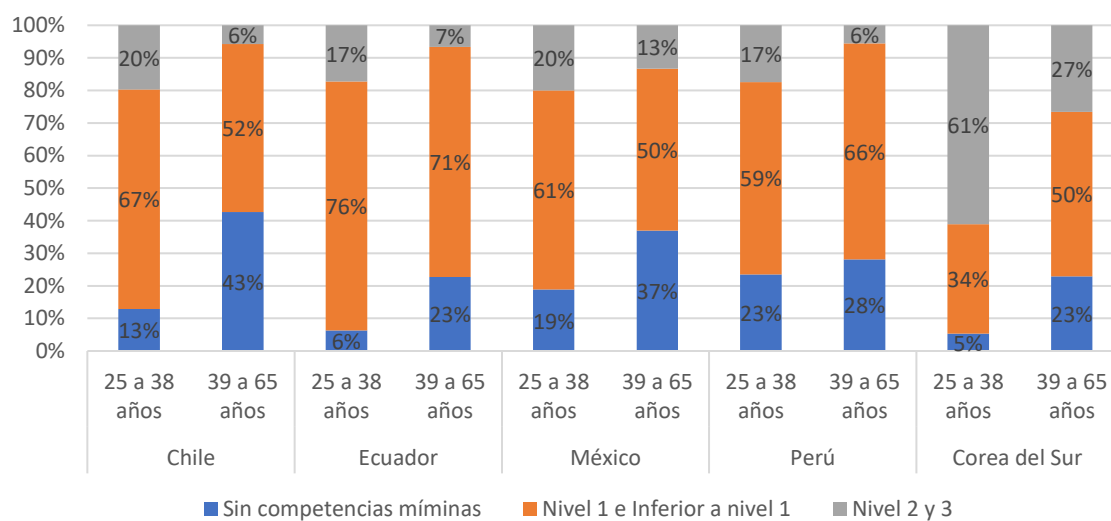
En términos de uso (panel a), es más probable que los funcionarios de menor edad en Chile, Ecuador y México utilicen una computadora en su trabajo, mientras que lo opuesto es cierto en Perú. En Corea del Sur, prácticamente todos los funcionarios de entre 25 y 38 años usan una computadora como parte de su trabajo. En cuanto a competencias (panel b), en todos los países se observan menores niveles de competencias entre los funcionarios de 39 a 65 años con respecto a los de menor edad.

## Gráfico 8. Uso de computadora y competencias digitales por edad: funcionarios públicos

### A) Usan computadora en el trabajo



### B) Competencias



Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos de entre 25 y 65 años. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

## Políticas: ¿Cómo aumentar las competencias para la digitalización en el sector público?

El diagnóstico presentado en la sección anterior evidencia la necesidad de mejorar las competencias digitales de los funcionarios públicos para avanzar en la digitalización del sector público en los países de América Latina y el Caribe. Los resultados indican que una proporción significativa de servidores públicos podrían carecer de las habilidades mínimas para participar de manera activa y eficaz en un entorno laboral digital – si bien, la situación pudo haber cambiado desde la aplicación de PIAAC.

Por ello, los gobiernos de la región pueden beneficiarse de incorporar y fortalecer objetivos que persigan el desarrollo de competencias digitales en las estrategias de reclutamiento y capacitación del sector público. Dos insumos que pueden ser muy valiosos para este propósito son, por un lado, la inclusión de las competencias digitales en los marcos de competencias del sector público y, por otro, la elaboración de diagnósticos actualizados que permitan conocer en detalle tanto el nivel de dichas competencias entre los funcionarios públicos como sus necesidades de formación. En esta tarea la coordinación entre las agencias de gobierno digital y las del servicio civil es de gran importancia.

Idealmente, los diagnósticos no solo deberían ofrecer un panorama general sobre las competencias digitales del funcionariado, sino también permitir la identificación de necesidades específicas de formación que faciliten una oferta de capacitación personalizada. Por razones de costo-beneficio, esto podría requerir el uso de distintos instrumentos de medición. Por ejemplo, las pruebas estandarizadas de habilidades aplicadas a muestras representativas podrían ser más adecuadas para obtener una visión general, mientras que los cuestionarios de autoevaluación aplicados de forma censal podrían ser útiles para identificar necesidades individuales de formación.

Los gobiernos de la región pueden beneficiarse de avanzar en la incorporación de las competencias digitales en los marcos nacionales de competencias para la función pública, los cuales constituyen una herramienta clave para planificar de manera eficaz la gestión del talento humano en el sector público. Según la *Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe*, elaborada por la OCDE y CAF, 9 de los 14 países analizados cuentan con marcos o estrategias de competencias que incluyen las competencias digitales en el ámbito del gobierno central. De ellos, 6 países contemplan a los funcionarios de nivel gerencial; 4, al personal de apoyo y a los prestadores de servicios en primera línea; y 7, a los equipos especializados en tecnologías digitales (OECD/CAF, 2024). El informe destaca la importancia de ampliar la cobertura de estos marcos — incluyendo una mayor diversidad de perfiles funcionales— e involucrar también a los gobiernos subnacionales, cuya participación en el empleo público y en la provisión de servicios ha cobrado creciente relevancia en América Latina y el Caribe.

En la Unión Europea, el Marco de Competencias Digitales para los Ciudadanos (DigComp) es una referencia general sobre competencias digitales, y ha servido como punto de partida para el desarrollo de marcos específicos dirigidos a funcionarios públicos en varios países del bloque. En cambio, los marcos orientados a los profesionales del ámbito digital suelen basarse en referentes más especializados (OECD, 2024).

### Capacitación

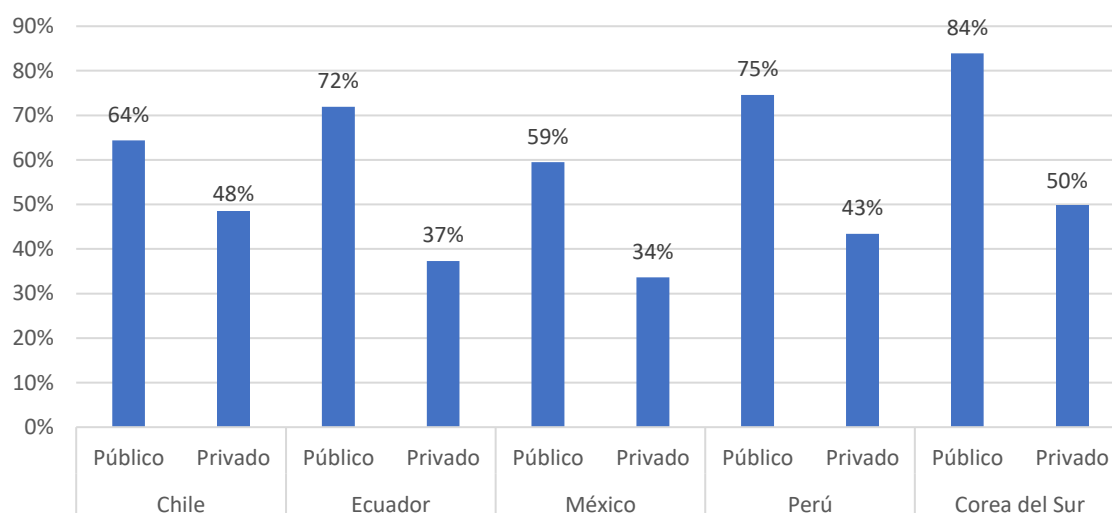
De manera alentadora, 12 de los 14 países incluidos en la Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe, elaborada por CAF y la OCDE, señalaron que el fortalecimiento de las competencias digitales de los funcionarios públicos es una prioridad de política pública. Este consenso subraya la importancia de consolidar estrategias de capacitación orientadas a dicho objetivo.

En línea con ello, tanto las agencias responsables de la formación de empleados públicos —en Argentina, Brasil, Colombia y Chile— como las entidades encargadas del gobierno digital —en Ecuador y Panamá— han desarrollado una amplia oferta de programas de capacitación en competencias digitales, abarcando distintos niveles y temáticas (OECD/CAF, 2024). A esta oferta se suman los esfuerzos de organismos multilaterales, como CAF (principalmente a través de capacitación, acompañamiento y financiamiento de iniciativas de transformación pública digital).

Entre los principales desafíos de esta agenda se encuentra la necesidad de llevar a cabo más evaluaciones de impacto que permitan comprender la efectividad de la oferta actual y las modalidades de formación más adecuadas. Asimismo, el diagnóstico de capacidades presentado resalta la importancia de que esta oferta contribuya no solo a reducir déficits generales, sino también a cerrar brechas de habilidades entre distintos grupos de funcionarios. La creciente importancia de la oferta de formación a distancia en el sector público vuelve más necesaria la disminución de estas brechas.

La amplitud de la oferta de formación en el sector público se refleja en las tasas de participación de los empleados de este sector con respecto a los del sector privado. Como se muestra en el gráfico 9, la mayoría de los funcionarios públicos de la región participó en al menos una actividad de aprendizaje durante los últimos 12 meses, con una proporción que varía entre el 59 % en México y el 75 % en Perú. Esta participación es mayor en el sector público que en el privado. Sin embargo, la proporción de empleados públicos que participa en actividades de aprendizaje en los países de la región es menor que en Corea del Sur, donde alcanza el 84 %.

**Gráfico 9. Asalariados que participaron en por lo menos una actividad de aprendizaje en los últimos 12 meses por sector de empleo (%)**



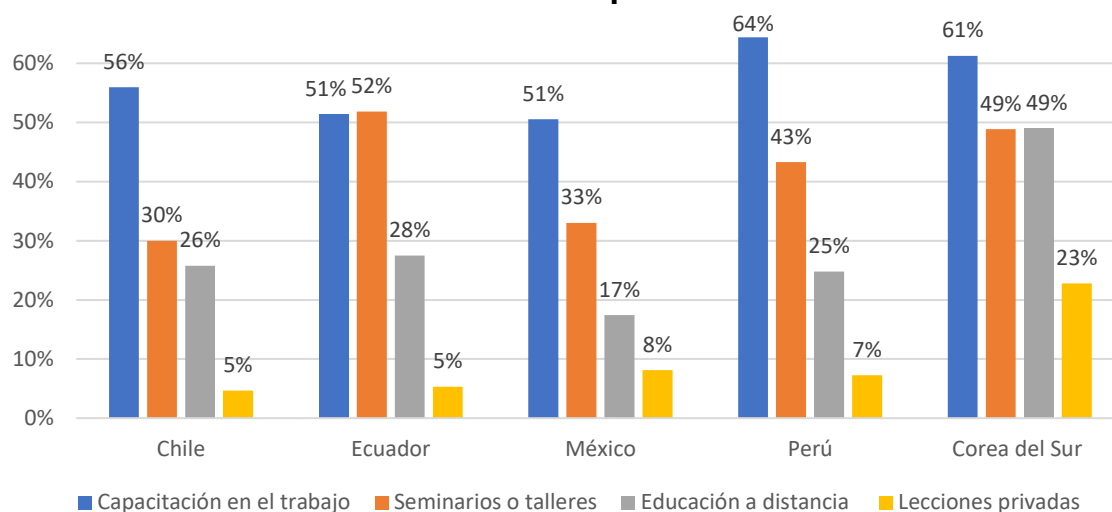
Notas: La muestra incluye a personas asalariadas de 25 a 65 años. La participación en actividades de aprendizaje se refiere a cualquier tipo de curso, capacitación o clase realizada en los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

En cuanto a las modalidades de aprendizaje, al menos la mitad de los funcionarios públicos participó en alguna instancia de capacitación en el trabajo durante los últimos 12 meses; en Perú, esta proporción alcanza el 64 %. Le siguen, en frecuencia de participación, los seminarios o talleres, que son actividades generalmente de corta duración orientadas al desarrollo de conocimientos o habilidades específicas. Llama la



atención que entre el 17 % y el 28 % de los funcionarios de la región participaron en una actividad de educación a distancia durante el último año. Por su potencial para reducir costos, esta modalidad representa una alternativa cada vez más utilizada por los gobiernos de ALC para capacitar a su fuerza laboral. Sin embargo, la falta de competencias digitales documentada entre los funcionarios representa una limitante para su alcance. Por último, menos del 10 % de los empleados públicos tomó clases privadas en el mismo periodo.

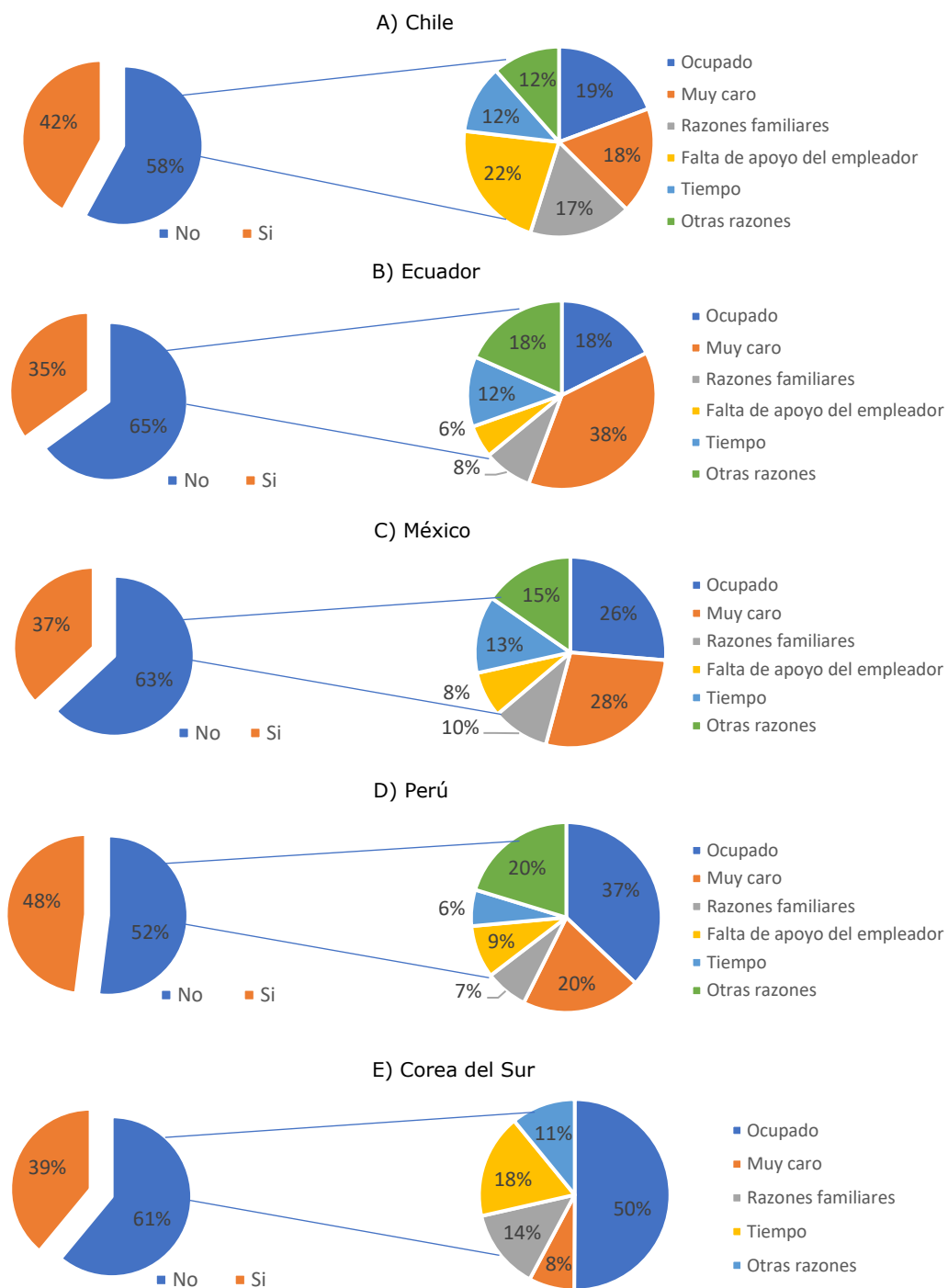
**Gráfico 10. Modalidades de aprendizaje utilizadas en los últimos 12 meses: funcionarios públicos**



Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos entre 25 y 65 años. Las formas de capacitación se construyen a partir de las preguntas del cuestionario PIAAC sobre educación a distancia, entrenamiento en el trabajo, seminarios o talleres, y lecciones privadas. Cada variable refleja si la persona reportó haber participado en dichas actividades durante los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

A pesar de los avances, persisten barreras que limitan la participación de los empleados públicos en actividades de formación. Al respecto, el gráfico 11 reporta la proporción de funcionarios que querían participar en una actividad de aprendizaje durante los últimos 12 meses, pero no pudieron hacerlo. Este es el caso de alrededor de entre la mitad y dos terceras partes de los empleados públicos en los países de la región. Entre las barreras a la participación destaca el costo de las actividades ("muy caro"), lo que sugiere un interés importante de un grupo de funcionarios por opciones de formación que no son directamente provistas por su empleador. También destacan las restricciones de tiempo ("ocupado", "razones familiares" y "tiempo") lo que subraya el reto de compaginar el tiempo para la formación con las actividades laborales regulares.

**Gráfico 11. Funcionarios públicos que querían participar en una actividad de aprendizaje, pero no lo hicieron, y motivos de no participación**



Notas: La muestra incluye a funcionarios públicos de entre 25 y 65 años. La categoría "Otras razones" agrupa las respuestas: no cumplió con los requisitos, pasó algo inesperado y otro. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC (OECD, 2011).

## Reclutamiento

La relevancia de las competencias digitales aumenta la importancia de su inclusión, según corresponda, en los perfiles de puesto usados en el reclutamiento de funcionarios públicos. Sin embargo, de acuerdo con la *Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe de CAF y la OCDE*, solo en 3 de los 14 países estudiados (Brasil, México y Perú) las competencias son incluidas obligatoriamente como parte de los criterios usados para la contratación de todos los empleados públicos.

En cuanto a la contratación de profesionales especializados en TIC, el mismo reporte identifica diferencias en las estrategias implementadas por los países. Por ejemplo, en Brasil, la Secretaría de Gobierno Digital define el perfil de puestos y selecciona de manera directa a este personal especializado, al que luego asigna a las distintas áreas del gobierno central. Por su parte, en Colombia, la definición de perfiles se encuentra centralizada, mientras que los procesos de reclutamiento son gestionados de manera directa por las distintas agencias gubernamentales (OECD/CAF, 2024).

El uso de procesos de reclutamiento meritocráticos y poco sujetos a su uso político son herramientas que favorecen la selección de servidores públicos con mayores habilidades, tanto digitales como de otro tipo.

Una restricción importante para el éxito del reclutamiento de funcionarios con mayores competencias digitales es el déficit de estas habilidades entre la población de los países de ALC. Por lo tanto, en tanto empleador, el sector público se beneficiaría de políticas gubernamentales dirigidas a aumentar las capacidades digitales de la población, tanto a través del sector educativo formal como de la formación para el trabajo.

## Consideraciones Finales

La digitalización del Estado representa una oportunidad clave para mejorar los servicios públicos y el desempeño gubernamental en América Latina y el Caribe. Sin embargo, como muestra esta nota, esta transformación requiere de factores habilitantes que incluyen las competencias digitales de los funcionarios públicos. La evidencia revela que, a pesar del uso generalizado de computadoras, una proporción significativa de funcionarios carece de habilidades intermedias y avanzadas para resolver problemas en entornos digitales.

Frente a este diagnóstico, los países de la región deben fortalecer sus estrategias de capacitación y reclutamiento, incorporando a las competencias digitales a los marcos de competencias para funcionarios públicos. Esto implica no solo ampliar la oferta formativa y eliminar barreras de acceso, sino también asegurar su calidad y pertinencia, dadas las muy diversas necesidades de formación del funcionariado. Al mismo tiempo, resulta valioso incorporar explícitamente las competencias digitales como un criterio en los perfiles de ingreso al servicio público, para alinear las nuevas contrataciones con las necesidades de un Estado en proceso de transformación.

Finalmente, avanzar en la construcción de marcos de competencias digitales adaptados al sector público es una tarea prioritaria. Estos marcos permiten identificar qué habilidades se requieren según el nivel y función del cargo, y orientan tanto la capacitación como la selección de personal. Para consolidar estas iniciativas, es fundamental generar más y mejores datos sobre las competencias digitales del funcionariado, de manera que las políticas públicas se sustenten en diagnósticos precisos y permitan monitorear avances con base en evidencia.

## Referencias

- Álvarez, F., Brassiolo, P., Toledo, M., Allub, L., Alves, G., De la Mata, D., Estrada, R., & Daude, C. (2020). *RED 2020: Los sistemas de pensiones y salud en América Latina. Los desafíos del envejecimiento, el cambio tecnológico y la informalidad*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1652>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2025). *Superar las trampas del desarrollo de América Latina y el Caribe en la era digital: el potencial transformador de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (LC/CMSI.9/3/Rev.1)*. <https://bit.ly/m/CEPAL>
- IDC, Daniel Pavis, & Oscar Guzman. (2021). Reporte de IDC sobre la brecha digital en el sector público en Latinoamérica. *InfoBrief*.
- Naciones Unidas. (2017). *Anexo: Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- OECD. (2011). *PIAAC 1st Cycle Database*. <https://www.oecd.org/en/data/datasets/piaac-1st-cycle-database.html>
- OECD. (2012). *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of adult skills*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264128859-en>
- OECD. (2018). *MÉXICO – Nota País –Evaluación de las Competencias de los Adultos*.
- OECD. (2024). *Developing skills for digital government* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers, Vol. 303). <https://doi.org/10.1787/f4dab2e9-en>
- OECD/CAF. (2024). *Revisión del Gobierno Digital en América Latina y el Caribe: Construyendo Servicios Públicos Inclusivos y Responsivos. OECD Digital Government Studies*. <https://doi.org/10.1787/7a127615-es>

UNESCO Institute for Statistics. (2018). *E-Government Survey 2024 Accelerating Digital Transformation for Sustainable Development With the addendum on Artificial Intelligence*. <https://publicadministration.un.org/en/>

# Anexo I

**Cuadro A.1. Estadísticas Descriptivas**

<b>Variable</b>	<b>Chile</b>	<b>Ecuador</b>	<b>México</b>	<b>Perú</b>	<b>Corea del Sur</b>
<b>Características sociodemográficas</b>					
Edad	41,70	39,59	40,66	40,76	41,49
Mujer	0,54	0,44	0,42	0,48	0,49
<i>Escolaridad</i>					
Educación secundaria incompleta o menos	0,29	0,50	0,61	0,21	0,16
Educación secundaria completa	0,59	0,33	0,23	0,55	0,58
Educación terciaria completa	0,13	0,18	0,16	0,23	0,25
<b>Características laborales</b>					
Funcionario público	0,18	0,21	0,19	0,27	0,16
<i>Tipo de ocupación</i>					
Gerentes y profesionales	0,14	0,15	0,15	0,22	0,17
Técnicos y administrativos	0,44	0,31	0,32	0,38	0,47
Operarios	0,43	0,53	0,53	0,39	0,36
<i>Competencias en resolución de problemas en entornos digitales</i>					
Puntaje	249,06	223,80	253,06	238,4	284,17
Nivel	0,24	-0,20	-0,12	-0,01	0,69
Sin competencias mínimas	0,30	0,45	0,52	0,39	0,27
Inferior a nivel 1	0,30	0,34	0,18	0,31	0,09
Nivel 1	0,27	0,16	0,21	0,21	0,31
Niveles 2 y 3	0,14	0,05	0,09	0,08	0,33
<b>Uso de TIC en el trabajo</b>					
Nunca ha usado computadora.	0,20	0,31	0,37	0,25	0,15
Índice de uso de TIC	2,17	2,10	2,31	2,00	2,14
Nivel de complejidad en el uso de la computadora	1,63	1,73	1,61	1,60	1,72
Ha utilizado una computadora	0,46	0,35	0,32	0,43	0,61
<i>Uso TIC en trabajo - Al menos una vez al mes</i>					
Correo electrónico	0,40	0,29	0,27	0,37	0,49
Búsqueda de información laboral	0,39	0,29	0,27	0,37	0,54
Realizar transacciones	0,21	0,11	0,11	0,16	0,34
Hojas de cálculo	0,34	0,25	0,22	0,33	0,45
Procesador de textos	0,36	0,27	0,24	0,36	0,48
Programación	0,10	0,08	0,07	0,09	0,17
Discusiones en tiempo real	0,12	0,15	0,17	0,17	0,22
Número de observaciones	1,758	1,351	1,733	1,827	2,371
Notas: La muestra incluye a asalariados de 25 a 65 años. Fuente: Elaboración propia con datos de PIAAC – Primer ciclo.					

**Cuadro A.2. Descripción de los niveles de Competencia en la Resolución de Problemas en Ambientes Informatizados**

<b>Nivel</b>	<b>Rango de puntuación</b>	<b>Definición</b>
Ninguna experiencia en computación	No aplica	Los adultos en esta categoría informaron no tener experiencia previa en el manejo de computadoras; por lo tanto, no participaron en la evaluación basada en computadora, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la Resolución de Problemas en Ambientes Informatizados.
Falló la prueba de competencias básicas de TIC	No aplica	Los adultos en esta categoría tenían experiencia previa en computación, pero fallaron la prueba que evalúa las competencias básicas de las TIC, como la capacidad de usar un mouse o desplazarse por una página web, necesaria para realizar la evaluación en computadora. Por lo tanto, no participaron en la evaluación en computadora, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la Resolución de Problemas en Ambientes Informatizados.
Optó por no evaluarse en computadora	No aplica	Los participantes en esta categoría optaron por tomar la evaluación en papel, sin ser evaluado primero en las competencias básicas de las TIC, aun cuando reportaron alguna experiencia previa con computadoras. Tampoco participaron en la evaluación basada en computadora, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la Resolución de Problemas en Ambientes Informatizados.
Por debajo del Nivel 1	Menos de 241 puntos	Las tareas se basan en problemas bien definidos que implican el uso de una sola función dentro de una interfaz genérica para cumplir con un criterio explícito sin ningún razonamiento categórico o inferencial, o la transformación de la información. Se requieren pocos pasos y no se debe generar un objetivo secundario.
1	241-290 puntos	En este nivel, las tareas generalmente requieren el uso de aplicaciones de tecnología ampliamente disponibles y familiares, como el software de correo electrónico o un navegador web. Se requiere poca o ninguna navegación para acceder a la información o los comandos necesarios para resolver el problema. Las tareas implican pocos pasos y un número mínimo de comandos. Sólo se requieren formas simples de razonamiento, como asignar elementos a categorías, no hay necesidad de contrastar o integrar información
2	291-340 puntos	En este nivel, las tareas generalmente requieren el uso de aplicaciones tecnológicas genéricas y más específicas. Por ejemplo, el participante puede tener que hacer uso de un nuevo formulario en línea. Se requiere un poco de navegación a través de páginas y aplicaciones para resolver el problema. La tarea puede involucrar múltiples pasos y comandos. El objetivo del problema puede ser definido por el participante, aunque los criterios a cumplir son explícitos.
3	Igual o más de 341 puntos	En este nivel, las tareas generalmente requieren el uso de aplicaciones tecnológicas genéricas y más específicas. Se requiere un poco de navegación a través de páginas y aplicaciones para resolver el problema. La tarea puede involucrar múltiples pasos y comandos. El objetivo del problema puede ser definido por el participante, y los criterios a cumplir pueden o no ser explícitos. La integración y el razonamiento inferencial podrían ser necesarios en gran medida.
Fuente: (OECD, 2018).		



## **NOTA #6**

# **AGRICULTURA 4.0: TRANSFORMACIÓN Y DESAFÍOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO REGIONAL**

---



# **Agricultura 4.0: Transformación y desafíos en el sector agropecuario regional**

**Martín Finkelstein**  
**Juan Odriozola**

## **Resumen**

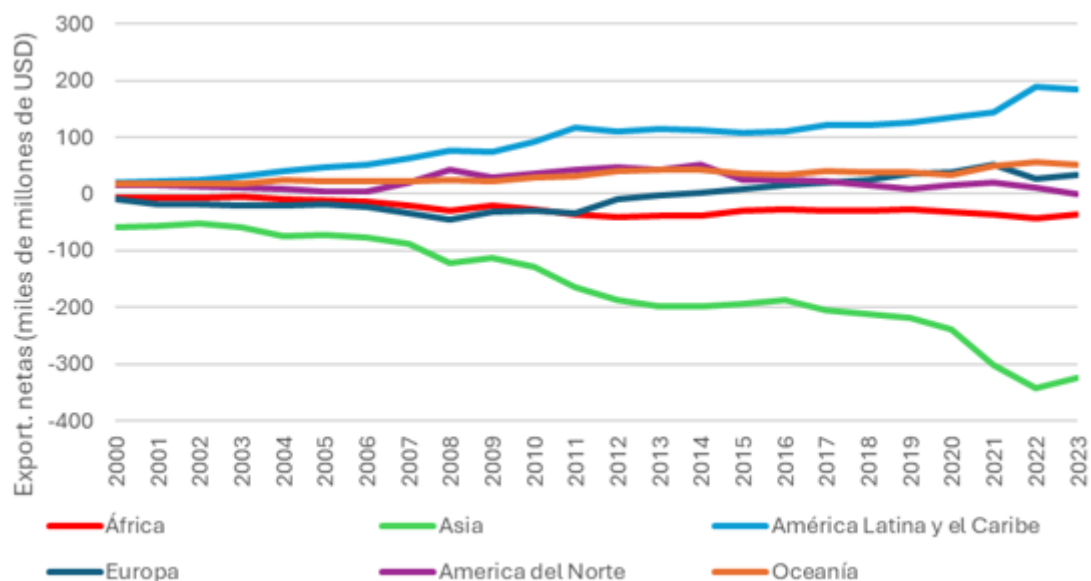
El sector agropecuario de América Latina y el Caribe es clave para la seguridad alimentaria global, el desarrollo regional y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, este sector enfrenta desafíos estructurales vinculados a la falta de infraestructura, los desafíos del cambio climático y la baja productividad de los pequeños productores. Este documento analiza el potencial de la digitalización como herramienta estratégica para modernizar el sector agropecuario regional, mediante tecnologías como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y el big data, el blockchain y la biotecnología. Se examinan sus aplicaciones a lo largo de toda la cadena de valor agroalimentaria y se presentan casos concretos de adopción tecnológica en la región.

A pesar del potencial transformador de estas herramientas, persisten importantes barreras estructurales que limitan su adopción, tales como la falta de infraestructura básica, brechas en habilidades digitales, restricciones financieras y acceso limitado a la información. Para superar estos obstáculos, se proponen recomendaciones de política pública orientadas a promover una transición digital inclusiva. Entre ellas se destacan la inversión en infraestructura digital básica en zonas rurales, la promoción de la alfabetización digital vinculada a programas de extensión agropecuaria, el desarrollo de instrumentos financieros específicos y el fomento de la innovación adaptada al contexto regional. Un proceso de digitalización acompañado por políticas adecuadas puede permitir la reducción de desigualdades sociales y productivas en los medios rurales, y mejorar la sostenibilidad ambiental del sector agropecuario.

## Introducción

América Latina y el Caribe (ALC) es la región líder en exportaciones netas de alimentos a nivel global, con un saldo neto exportador en el entorno de los 200MM USD anuales (ver gráfico 1). La región alberga el 50% de la biodiversidad global, 30% de las tierras arables, el 30% del agua dulce, el 57% de los bosques primarios del planeta y siembra el 14% de los cultivos del mundo (Prosperidad Agropecuaria, 2025). El sector agropecuario, a su vez, ha incrementado su relevancia en las economías de ALC, representando en 2022 cerca del 7% del PIB regional, y siendo el quinto sector más importante (BID, 2023). Según proyecciones internacionales, se espera un crecimiento acumulado del 14% en la producción agrícola y pesquera de la región durante la próxima década, impulsado en gran medida por mejoras de productividad provenientes de la transformación digital (BID, 2023). El sector agropecuario es clave para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para garantizar la seguridad alimentaria (ODS 2: hambre cero) a nivel regional y global, por su rol fundamental en el mundo rural, y como potencial actor clave en la reducción de la pobreza, principalmente la pobreza rural (ODS 1: fin de la pobreza) y la sostenibilidad ambiental (ODS 13 y 15). Sin embargo, el sector enfrenta desafíos significativos, incluyendo los impactos del cambio climático y la necesidad de aumentar la producción de alimentos de manera sostenible para enfrentar una población creciente.

**Gráfico 1: Exportaciones netas de alimentos por región (2000-2023)**



Nota: el gráfico reporta las exportaciones netas de alimentos (exportaciones menos importaciones) en miles de millones de USD para el período 2000-2023

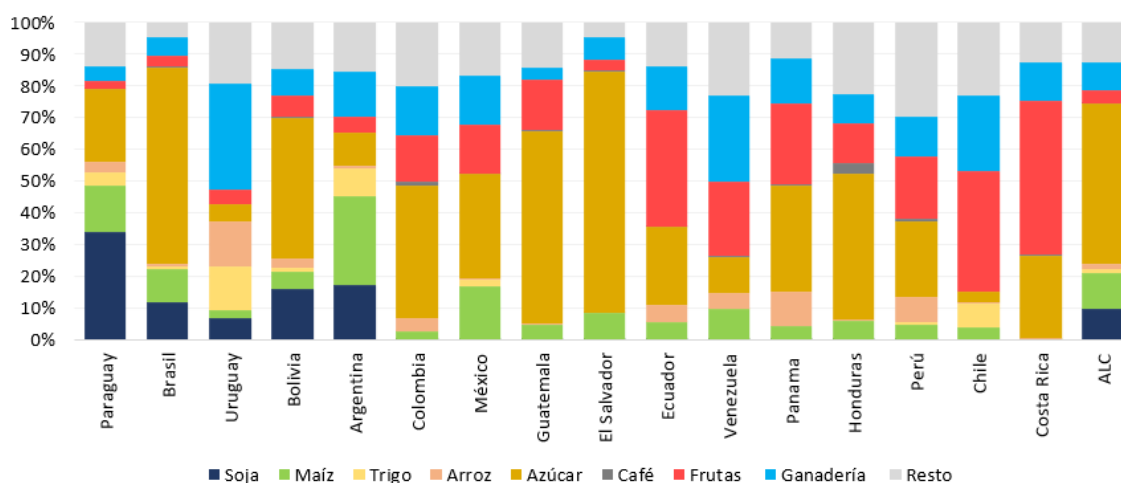
Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2023a).

La incorporación de herramientas digitales a los procesos de la agroindustria será fundamental tanto para aumentar la productividad como para promover la sostenibilidad ambiental. Tecnologías como la agricultura de precisión, la automatización y el análisis de datos permiten implementar prácticas de múltiples dividendos, es decir, prácticas que incrementan la productividad a la par de mejorar la sostenibilidad, reducir emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos. Sin embargo, estas tecnologías aún se encuentran en etapas tempranas de su desarrollo, y la evidencia sobre su eficiencia generalizada aún es muy escasa (Wolfert et al. 2017). Asimismo, iniciativas que impulsen la conectividad, como la provisión de servicios de internet o la masificación de acceso a celulares o computadoras no solo tendrán un impacto positivo en

términos productivos sino también en términos de inclusión de los trabajadores agropecuarios.

El sector agropecuario de la región es sumamente heterogéneo, tanto en los tipos de actividades predominantes en cada país (gráfico 2), como en la estructura de sus unidades productivas (gráficos 3 y 4). ALC abarca desde extensos sistemas agropecuarios de exportación (granos, oleaginosas, ganado, etc.) hasta economías campesinas de subsistencia (ver gráficos 3 y 4). Igualmente, la organización de los establecimientos agropecuarios varía significativamente: en promedio, alrededor del 80% de las explotaciones agrícolas de la región corresponden a agricultores familiares, pero estos solo manejan cerca de una cuarta parte de la tierra cultivable (FAO, 2014). Sin embargo, como se puede ver en los gráficos 3 y 4, esta realidad varía entre los países de la región, con países como Uruguay y Argentina en donde predominan los grandes establecimientos productivos, mientras que en países como Haití o Jamaica predominan establecimientos de menos de una hectárea. Estas heterogeneidades resaltan la necesidad de políticas diferenciadas para los distintos tipos de productores.

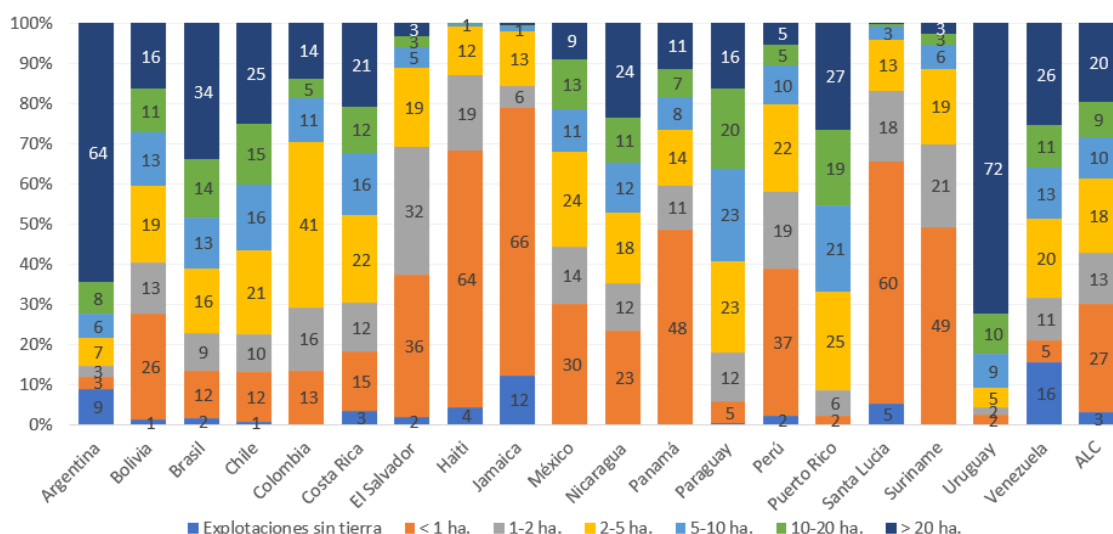
**Gráfico 2: Composición de la producción en toneladas por país**



Nota: Azúcar incluye caña de azúcar y azúcar de remolacha, Frutas incluye frutas tropicales y subtropicales, cítricas y otras frutas. Ganadería incluye tanto la carne como productos ganaderos (leche, miel, lana, cuero, huevos, grasa animal y despojos comestibles). LAC es el promedio ponderado de 34 países, 20 de América Latina (Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela) y 14 del Caribe (Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Cuba, Dominica, Granada, Haití, Jamaica, Puerto Rico, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Trinidad y Tobago).

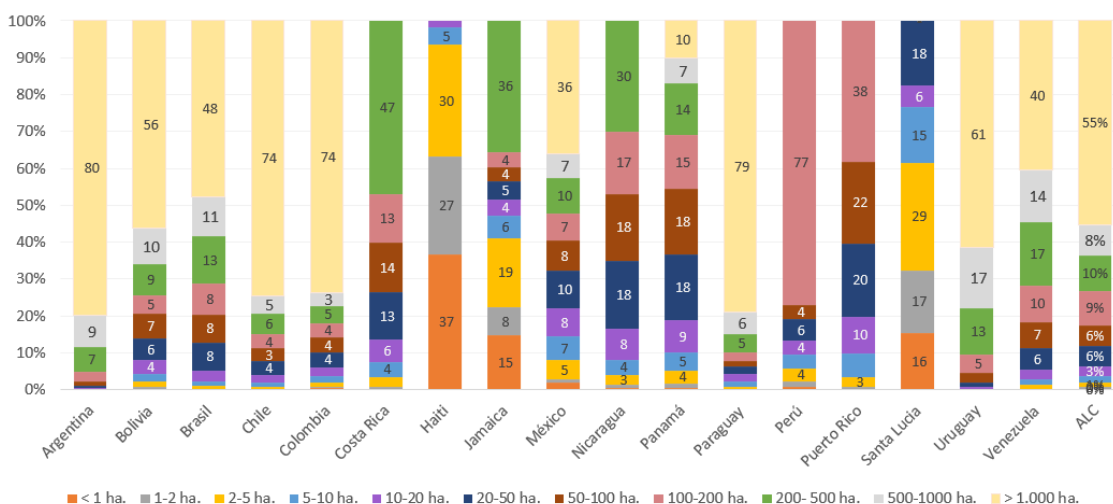
Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2023a).

**Gráfico 3: Proporción de explotaciones agrícolas o ganaderas por tamaño y país**



Nota: El gráfico muestra la participación de cada tamaño en el total de unidades productivas por país. Los datos para ALC corresponden al promedio simple de las participaciones porcentuales de los países. Los datos corresponden a las últimas dos rondas del Programa de Censo Agropecuario Mundial de la FAO (2010 y 2020). Para los países con información disponible en ambas rondas se emplearon los datos más actuales. Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2023b).

**Gráfico 4: Proporción de superficie agrícola o ganadera por tamaño y país**



Nota: El gráfico muestra la participación de cada tamaño en hectáreas en el total de unidades productivas por país. Los datos para ALC corresponden al promedio ponderado por superficie de las unidades productivas. Los datos corresponden a las últimas dos rondas del Programa de Censo Agropecuario Mundial de la FAO (2010 y 2020). Para los países con información disponible en ambas rondas se emplearon los datos más actuales. Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2010, 2020).

Este documento analiza las oportunidades y los desafíos que ofrece la digitalización para la cadena de valor agroalimentaria en ALC. En primer lugar, se definen las principales herramientas digitales aplicables al sector agropecuario. Luego, se describen las aplicaciones de dichas herramientas a lo largo de cada etapa de la cadena de valor agroalimentaria, destacando casos concretos de la región. A continuación, se examinan las barreras y desafíos que limitan la adopción tecnológica. Finalmente, se proponen recomendaciones de política pública.

## Herramientas digitales clave en la agricultura

A lo largo de este trabajo nos enfocaremos en aplicaciones o prácticas que utilizan principalmente tres herramientas digitales:

**1. Internet de las Cosas (IoT por su sigla en inglés):** se refiere a una red de objetos físicos, conectados a Internet, que recopilan, intercambian y analizan datos mediante sensores, software y otras tecnologías. Algunos ejemplos en el sector agropecuario son los sensores de suelo que miden humedad y nutrientes, estaciones meteorológicas, collares con GPS para ganado, robots agrícolas autónomos, e incluso teléfonos celulares y computadores, entre otros dispositivos. Esta conectividad permite la automatización de procesos rutinarios como el riego y la fertilización, la generación y el análisis de grandes bases de datos (FAO, 2022).

**2. “Big Data” e Inteligencia Artificial (IA):** la definición más aceptada de Big Data lo conceptualiza como “el activo de información caracterizado por un volumen, velocidad y variedad tan elevados que requieren tecnología y métodos analíticos específicos para su transformación en valor” (De Mauro et al., 2016). Mientras que la IA se define como un sistema basado en máquinas que a partir de datos genera información de salida como “predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones” (OCDE, 2019). En la agricultura, la creciente disponibilidad de datos digitales (provenientes de sensores, maquinaria equipada con IoT, imágenes satelitales, drones, registros de cosechas, etc.) permite entrenar algoritmos de IA y optimizar las decisiones productivas. Por ejemplo, mediante técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*), la IA puede predecir rendimientos a partir de imágenes satelitales, diagnosticar enfermedades vegetales con fotografías de hojas, o recomendar el momento óptimo de siembra combinando datos históricos de clima y mercado.

**3. “Blockchain” (cadena de bloques):** la Unión Internacional de Telecomunicaciones de las Naciones Unidas define a la blockchain como un registro de datos digitales organizados como una cadena de bloques en crecimiento sucesivo, lo que permite la vinculación criptográfica de los bloques para su protección y manipulación. Esto permite la transacción, almacenamiento y registro de bloques de forma segura, garantizando la trazabilidad en la totalidad de su proceso. Más allá de trazabilidad, la tecnología de blockchain agiliza transacciones y asegura pagos, reduciendo intermediarios, y permite registro de datos como emisiones de carbono de un lote o cumplimiento de estándares orgánicos, creando activos digitales. Por ejemplo, se puede registrar en blockchain cada etapa por la que pasa un producto orgánico – desde la finca, hasta la exportación – de modo que el consumidor o el comprador mayorista puedan verificar su procedencia y certificaciones al escanear un código.

**4. Biotecnología y genética:** pueden considerarse parte de la modernización tecnológica del agro, ya que avances como la edición génica están produciendo nuevas variedades vegetales más resistentes a plagas, enfermedades o estrés hídrico, complementando el abanico de soluciones innovadoras para enfrentar el cambio climático y aumentar la productividad.

## Aplicaciones digitales a lo largo de la cadena de valor agroalimentaria

Las tecnologías digitales encuentran uso a lo largo de todas las etapas de la cadena de valor agropecuaria, que incluye la producción de **insumos**, la **producción primaria**, el **almacenamiento**, la **logística y procesamiento industrial** y **distribución y venta**. Cada etapa ofrece diferentes oportunidades de modernización mediante la adopción de tecnologías digitales. En el Cuadro 1, con fines ilustrativos, se procura vincular cada herramienta con una etapa productiva específica. No se trata de un listado exhaustivo, y en la práctica muchas de ellas pueden superponerse o aplicarse en múltiples etapas de la cadena. CII (2022) en su anexo muestran un listado completo de agritechs en América Latina y el Caribe. A continuación, se explican en más detalle las aplicaciones en cada una de estas etapas.

**Cuadro 1: Tecnologías digitales a lo largo de la cadena agroalimentaria**

<b>Etapas productivas</b>	<b>Mecanismo/herramienta</b>
Insumos	Biotecnología y genética Plataformas digitales para compra de insumos
Producción primaria	Sistemas de planificación de recursos empresariales Plataformas de mercado e información Sensores, drones, imágenes satelitales Robótica Agricultura de precisión
Almacenamiento, logística y procesamiento	Dispositivos IoT y sensores Empaquetado inteligente
Distribución y venta	Plataformas digitales para venta de productos Pagos digitales Plataformas de delivery
Transversal	Blockchain IA para análisis de datos en cada eslabón Acceso a financiamiento

### Insumos

El sector agricultor precisa de insumos adecuados como semillas, fertilizantes, productos químicos o alimentos para el ganado para desarrollarse de forma eficiente. Estos insumos están actualmente apoyados en tecnologías que permiten crear productos más resistentes a plagas, enfermedades o condiciones climáticas adversas. La consolidación de esta producción resiliente es fundamental ya que se espera que la región continúe experimentando cambios producto de los efectos del cambio climático. En esta línea podemos destacar cambios en los patrones de precipitaciones, aumentando en zonas como las costas de Perú y Ecuador y disminuyendo en zonas como el sur de Chile y Argentina, parte del Amazonas y en el norte de Sudamérica.

También está el riesgo latente de que siga aumentando la frecuencia de eventos como inundaciones, sequías, olas de calor o ciclones tropicales (Brassiolo et al. 2023). Por otra parte, los avances tecnológicos actuales, y los que se proyectan que ocurran en los próximos años, dan a la agricultura la posibilidad de producir no solo productos más resistentes sino también más ricos en contenidos nutricionales (BID, 2023)<sup>1</sup>.

Las plataformas digitales de comercio están comenzando a llegar a los insumos agropecuarios. Los productores pueden hoy comparar precios y comprar fertilizantes, semillas, medicamentos veterinarios u otros insumos a través de portales web o aplicaciones móviles especializadas, a veces de la mano de fintech agropecuarias que permiten las solicitudes de créditos en la misma plataforma. Esto aumenta la competencia entre proveedores, potencialmente reduciendo costos para el productor, y mejorando la transparencia del mercado de insumos. Uno de los ejemplos de la región es la plataforma Nera (Nera, 2025), un ecosistema digital de pagos y financiamiento para el agro que conecta en línea a productores, proveedores y entidades financieras para facilitar la compra y venta de insumos.

### **Producción primaria**

La etapa de producción primaria es probablemente donde existe el mayor número de herramientas digitales aplicables. Por un lado, se puede destacar el uso de plataformas que permiten a los productores maximizar sus rendimientos valiéndose de datos fiables y actualizados, y procesamiento con uso de IA. Un claro ejemplo son las plataformas meteorológicas que dan a conocer patrones de lluvia y temperaturas permitiendo a los agricultores tomar decisiones óptimas, aumentando sus ingresos y permitiendo adoptar estrategias de mitigación de riesgos (Madon et al., 2023). Otro ejemplo son las plataformas de mercado que informan en tiempo real los precios de los principales productos agropecuarios, ayudando al productor a decidir qué cultivo puede convenirle más o el mejor momento para vender su cosecha. CEPAL destaca que la adopción de herramientas digitales puede facilitar la formación de estas comunidades en línea, fortaleciendo las redes de cooperación entre agricultores (CEPAL, 2023).

La utilización de sensores y drones aparece también como una oportunidad de mejora en la cadena agropecuaria. Estas herramientas recopilan información precisa y en tiempo real, permitiendo al productor supervisar sus terrenos de forma eficiente (BID, 2023). La recopilación y el procesamiento de información puede ser utilizada no solo en términos de monitoreo, como por ejemplo para la detección automática de plagas, malezas y enfermedades<sup>2</sup>, sino también para el desarrollo con IA de modelos o análisis predictivo que permitan maximizar y eficientizar procesos productivos. Por ejemplo, la correcta utilización de estas herramientas permite el uso inteligente de productos fitosanitarios, o mismo el uso óptimo de fertilizantes. Esto no solo tendría un impacto positivo en términos ambientales, sino también podría resultar en un abaratamiento significativo de costos para los productores. Uno de los ejemplos en la región del uso de sensores junto con IA es Instacrops (Instacrops, 2025) , una startup chilena que actúa como "*asesor virtual de cultivos*" y ofrece un sistema integrado de monitoreo. Tecnologías como esta habilitan la agricultura de precisión, donde insumos como agua, fertilizantes o pesticidas se aplican según las

<sup>1</sup> O'Farrell et al. (2022) analizando el panorama argentino documentan que para 2021 prácticamente el 100% de la superficie sembrada de soja, maíz y algodón corresponde a cultivos transgénicos.

<sup>2</sup> Arias Segura (2023) reconoce un caso puntual de éxito en la prevención y manejo de plagas en el sector agrícola: el trabajo colaborativo que los países del Comité de Sanidad Vegetal del Sur han llevado adelante para monitorear y alertar sobre la langosta sudamericana. En colaboración con el IICA se logró crear una plataforma digital que se vale del uso de inteligencia artificial para dimensionar la presencia de la plaga, prever sus movimientos y realizar un control más oportuno y eficiente.

necesidades detectadas. El resultado es una mayor eficiencia: se reduce el desperdicio de insumos (con ahorro de costos) y se minimiza el impacto ambiental (como la contaminación por el exceso en el uso de fertilizantes).

Desde una perspectiva más amplia, se reconoce como una oportunidad de modernización la incorporación de robótica a la cadena agrícola. De acuerdo con Santos Valle y Kienzle (2021), se define a un robot agrícola como aquel dispositivo mecatrónico móvil, autónomo y con capacidad de decisión que realiza tareas de producción de cultivos bajo supervisión humana, pero sin trabajo humano directo. La robótica agrícola abarca una amplia cantidad de herramientas. Existen robots autónomos para siembra, drones fumigadores o para conteo de plantas, prototipos de cosechadoras selectivas de fruta, entre otros. El uso de robots puede tener grandes impactos económicos y ambientales. En términos de costos, con la escala apropiada, su uso puede resultar más barato que conseguir mano de obra especializada, especialmente en momentos donde la oferta laboral se torna escasa. Por otra parte, el uso de robots también podría tener un impacto ambiental al optimizar el uso de insumos como herbicidas o plaguicidas. Uno de los ejemplos recientes es el emprendimiento Gander IA (GanaderIA, 2025) en Uruguay, que combina el uso de drones e inteligencia artificial, para el monitoreo automatizado del ganado. Este sistema permite el conteo automatizado del ganado, junto con una evaluación de su condición de salud, a su vez que genera registros históricos de datos de cada animal.

### **Almacenamiento, logística y procesamiento agroindustrial**

En la etapa de almacenamiento y logística, se puede reconocer la utilización de dispositivos IoT en silos, almacenes y camiones, para el almacenamiento y transporte de alimentos en condiciones óptimas, por ejemplo, midiendo su temperatura y humedad. Por otra parte, la elaboración de un inventario digitalizado, puede ser una herramienta sumamente útil para asegurar transparencia operacional, facilitar el control de los productos e incluso predecir posibles cuellos de botella en términos de exceso o falta de productos para atender a momentos de mayor o menor demanda de los consumidores. En esta línea, CII (2022) remarcan que, aunque la adopción de sensores está relativamente extendida en las operaciones de campo, dentro de la etapa de logística y transporte, así como también en procesos de procesamiento o empaque, la región tiene margen para adoptar sensores que apoyen el monitoreo constante del estado de los productos identificando potenciales ineficiencias.

Por el lado del procesamiento agroindustrial, surge el empaquetado inteligente como una oportunidad clara para modernizar la cadena productiva. Este proceso es fundamental para asegurar el procesamiento de productos seguros y de calidad monitoreando por ejemplo indicadores de frescura, temperatura, o fecha de caducidad. El empaquetado inteligente permite brindar información precisa al consumidor sobre el contenido y el estado del producto a consumir, así como reducir el desperdicio de alimentos. Existen, por ejemplo, etiquetas sensibles a la temperatura o al tiempo que cambian de color si la cadena de frío fue interrumpida durante demasiado tiempo, o envases con sensores que miden indicativos de frescura. Algunos empaques incluyen códigos QR que el consumidor final puede escanear con su teléfono para obtener información detallada: fecha y lugar de cosecha, prácticas agropecuarias utilizadas, certificaciones orgánicas, e incluso recetas o recomendaciones de uso. Asegurar este tipo de información en el producto final puede ser fundamental para el acceso a mercados más exigentes, como, por ejemplo, países de la Unión Europea donde las prácticas sostenibles juegan un rol fundamental en las decisiones comerciales.



Permitir que el consumidor adquiriera información precisa y confiable sobre el estado de los productos a consumir significa un gran avance en términos de seguridad alimentaria y de reducción de enfermedades transmitidas por alimentos (FBDs de acuerdo con sus siglas en inglés). Según el reporte elaborado por International Fund for Agricultural Development (2021), las FBDs son una de las principales amenazas a la nutrición de las personas de menores ingresos, siendo las embarazadas y los niños especialmente vulnerables ante estos peligros.

La implementación de políticas de etiquetado requiere voluntad política en términos de impulsar regulación y legislaciones que permitan transparentar la información nutricional de los productos. Sin embargo, en contextos donde la legislación aún no se encuentra avanzada, la voluntad de las empresas agropecuarias será fundamental. Por último, la efectividad del etiquetado en modificar los patrones de alimentación dependerá en última instancia de la comprensión de los consumidores sobre las consecuencias de sus elecciones de alimentación.

### **Distribución y venta**

En la etapa de distribución y venta de productos agropecuarios existen numerosas ventanas de oportunidad para mejorar y eficientizar procesos. La consolidación de plataformas de compra y venta de productos, la instalación de esquemas de pagos digitales y la aparición de plataformas de delivery, permitirían enmarcar el comercio de productos agropecuarios en un ámbito digitalizado. Por supuesto, estas herramientas no solo eficientizarían la etapa de distribución y venta de productos, sino también facilitarían, por ejemplo, la compra de insumos o maquinaria agrícola.

Agricultores familiares, cooperativas e incluso agronegocios de mediana escala pueden empezar a ofrecer sus productos a través de aplicaciones móviles o marketplaces especializados. Esto les permite acceder a compradores sin la dependencia de intermediarios, más allá de su localidad. En países de la región han surgido aplicaciones estilo “farm-to-table” donde consumidores pueden comprar directamente a productores rurales (Simos y Gordon-Smith, 2024). Estas iniciativas, además de abrir mercados, ayudan a los agricultores a diversificar sus canales de ingreso y volverse menos dependientes de intermediarios.

En líneas generales, incluir a los productores agropecuarios dentro de un ecosistema digital trae numerosos beneficios en la etapa de distribución y venta de productos. Algunos ejemplos pueden ser el acceso a nuevos clientes o puntos de venta, el hecho de tener un mayor control sobre los productos que le llegan a los clientes, permitiendo un control de la calidad, o la posibilidad de ahorro en términos de comisiones a intermediarios. Además, la adopción de pagos digitales puede ser particularmente beneficiosa para pequeños y medianos agricultores quienes podrían lograr no solo construir un canal de comunicación directa con los clientes, sino también consolidar un historial de transacciones que facilite el acceso a créditos. Los mecanismos de pagos electrónicos permiten a los productores no bancarizados o de bajos ingresos insertarse en sistemas financieros sin necesidad de contar con infraestructuras y operaciones bancarias costosas. Para llevar adelante estos cambios en la cadena productiva es indispensable sortear barreras tales como la falta de conocimientos digitales (Ziegler y Arias Segura, 2021), o inclusive en muchos casos la falta de dispositivos tales como celulares o computadoras que permitan la digitalización del productor.

Finalmente debe destacarse el uso del blockchain como herramienta transversal. Esta herramienta es fundamental para la trazabilidad de la producción agropecuaria, particularmente a la hora de satisfacer nuevos, y no tan nuevos, requerimientos de

los consumidores, como pueden ser los productos orgánicos. Un caso particular de alta relevancia del blockchain para algunos productos de ALC es la próxima implementación del reglamento de la Unión Europea sobre productos libre de deforestación (EUDR). Dicha reglamentación requerirá trazabilidad de algunos productos<sup>3</sup> que sean exportados a la Unión Europea (UE), de manera de demostrar que dichos productos no han sido producidos en tierras que han sido objeto de deforestación o degradación forestal después del 31 de diciembre de 2020. Herreros et al. (2024) estiman que en 2022 las exportaciones regionales a la UE de los productos incluidos en el EUDR representaron cerca de los USD 26.800 millones, equivalente al 21% del comercio de bienes con la UE. Si bien no todos estos productos quedarían excluidos del comercio con la UE, sí deberán hacer al menos una inversión en trazabilidad para poder acceder a dicho mercado. El precio en algunos mercados se vuelve un factor de segundo orden ante la demanda de productos de calidad, seguros para la salud e incluso amigables con el medio ambiente. Las regulaciones impulsadas, principalmente desde la Unión Europea, abren la oportunidad a que desde la región se trabaje por incorporar mecanismos de trazabilidad que certifiquen el cumplimiento de estándares orgánicos o de productos con baja incidencia en las emisiones de carbono<sup>4</sup>.

## **Barreras y desafíos para la adopción de la agricultura digital**

La modernización digital del sector agropecuario en ALC enfrenta desafíos estructurales. La falta de infraestructura en zonas rurales es la base de las principales limitantes que encuentran productores rurales para adoptar estas tecnologías. En esta sección destacamos primero la necesidad de mejorar algunas condiciones mínimas que permitirían la adopción de al menos las herramientas tecnológicas más básicas, y tres barreras que, si bien no son intrínsecas al sector agropecuario, se profundizan por las carencias presentes en el mundo rural de ALC. Además de la falta de desarrollo de condiciones esenciales (infraestructura básica como energía eléctrica o conectividad), identificamos la prevalencia de brechas de capital humano (educación y habilidades digitales), las dificultades de acceso a la tecnología e información, y las restricciones financieras como limitantes regionales. A continuación, se discuten cada uno de estos aspectos.

### **Condiciones esenciales**

Para asegurar el uso de herramientas digitales en los procesos agropecuarios es necesario contar con ciertas condiciones mínimas que habiliten la incorporación de estas tecnologías. En este sentido, América Latina y el Caribe enfrentan múltiples barreras y desafíos. Una condición básica para la modernización del sector agropecuario es la existencia de infraestructura en zonas rurales que permita el acceso a energía eléctrica. Aunque a lo largo del siglo XXI ha habido grandes avances en términos de cobertura eléctrica en la región, las mayores carencias se observan en áreas rurales (Allub et al., 2024). Más de 18 millones de personas en la región aún carecen de electricidad en sus viviendas, y la mayoría corresponden a 3,5 millones de hogares rurales dispersos (Paniagua, 2023). El Gráfico A.1 analiza la brecha de acceso a la electricidad entre hogares rurales y urbanos para países

<sup>3</sup> Al momento incluyen madera, cacao, café, carne y ganado en pie, aceite de palma, caucho y soja

<sup>4</sup> Grasso et al. (2022) explican que el uso de blockchain permite registrar cada etapa de la producción de un alimento, lo que hace que el proceso sea más transparente. Como esta información puede ser auditada por cualquier integrante de la cadena, incluidos los propios consumidores, las decisiones de compra pueden basarse en datos más confiables y detallados.

seleccionados de la región y para el promedio de América Latina. El mismo muestra que existe una brecha de conectividad entre hogares rurales y urbanos a nivel regional. Mientras que la conexión eléctrica es virtualmente universal en hogares urbanos, aún se puede apreciar terreno de mejora en áreas rurales.

Ahora bien, ampliar la electrificación rural requiere grandes inversiones debido al alto costo marginal de extender redes convencionales hacia comunidades remotas. Una solución prometedora es la adopción de energías renovables descentralizadas, principalmente la energía fotovoltaica. En países como Bolivia, Honduras o Perú que muestran grandes brechas de conectividad, los paneles fotovoltaicos aparecen como una solución costo-efectiva para intentar universalizar la conexión eléctrica. Si analizamos los precios de los paneles solares vemos una tendencia decreciente que puede seguir profundizándose en los próximos años facilitando su adquisición para hogares de bajos ingresos.

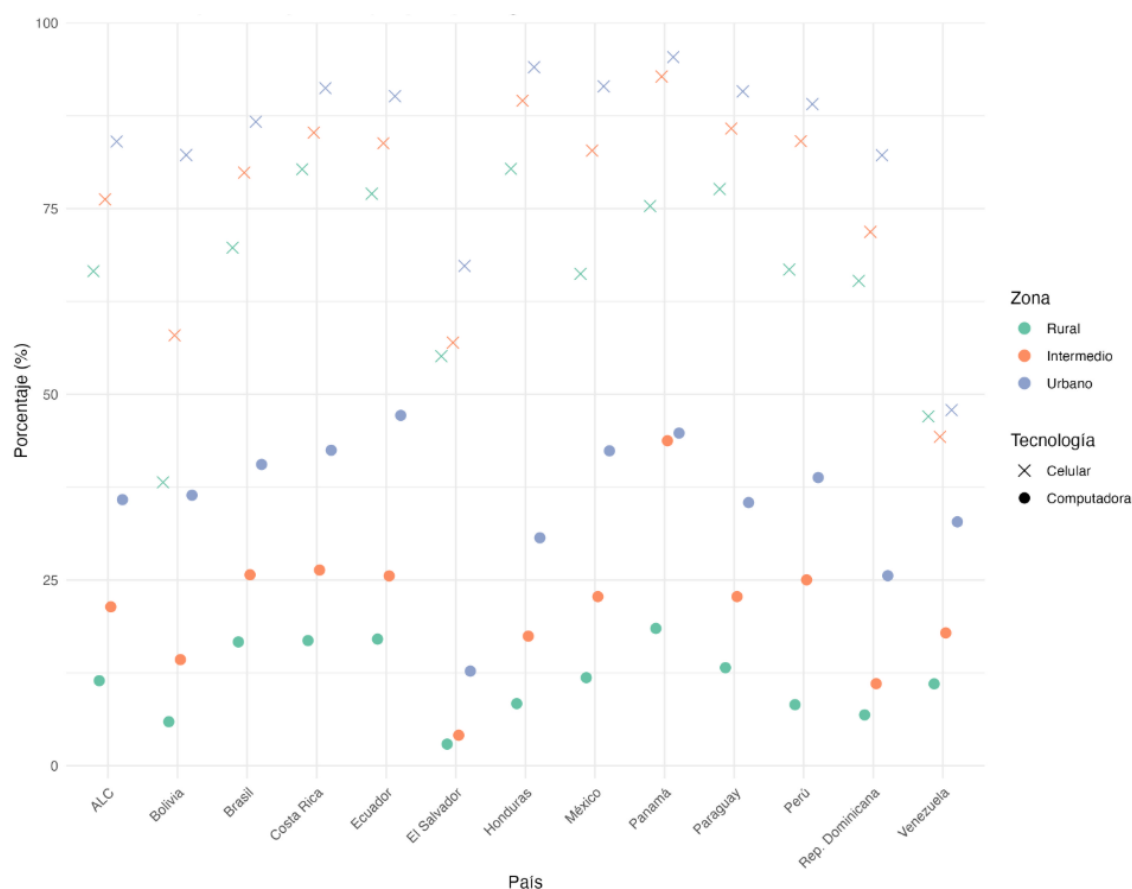
Sin embargo, aunque la conectividad eléctrica sea una condición necesaria para impulsar un proceso de digitalización, no es una condición suficiente. El acceso a internet asequible y de calidad es también indispensable. El Gráfico A.2, contempla el porcentaje de la población que tiene acceso a internet según área de residencia, revelando una notable disparidad regional en el acceso a internet: el promedio de hogares urbanos conectados en áreas urbanas es del 77%, en comparación con el 50% en las áreas rurales. Además, se identifican diferencias significativas según el país analizado, aunque los valores de conectividad urbana siempre superan a los de las zonas rurales. El trabajo de Sotomayor et al. (2021) sirve como referencia para explicar los motivos detrás de estas disparidades. Países con grandes superficies como Brasil o México pueden enfrentar costos marginales elevados a la hora de proveer conectividad fija a zonas de pocos habitantes, alejadas de centros urbanos. Para países menos prósperos, y con menores niveles de electrificación rural, el costo de universalizar la conexión puede resultar prohibitivo. Esto podría cambiar con la llegada de nuevos desarrollos tecnológicos, como la consolidación del internet satelital, que podría propiciar una reducción de costos sustancial asociado a la conectividad en zonas remotas.

Más allá del acceso a internet propiamente dicho, también amerita analizar las características del servicio brindado. Rodrigues et al. (2023) postulan que, de acuerdo con el umbral de referencia recomendado por la Comisión sobre la Banda Ancha para el Desarrollo Sostenible, un servicio se clasifica como asequible cuando su costo no sobrepasa el 2% del ingreso. Analizando los países de América Latina y el Caribe, se puede notar que la realidad dista considerablemente de la recomendación provista. El costo del servicio para los hogares pertenecientes al primer quintil de ingresos puede llegar a 14% y 12% de su ingreso para los servicios de banda ancha móvil y fija respectivamente. Alves et al. (2025), por otra parte, analizan la velocidad de conectividad fija para gobiernos locales en América Latina y el Caribe encontrando sustanciales diferencias en términos de calidad. Mientras que países como Chile y Uruguay muestran velocidades considerablemente uniformes y elevadas a lo largo de sus territorios, la mayoría de los países analizados muestran o bien niveles predominantemente bajos (como por ejemplo en Bolivia o en varios de los países del Caribe) o bien considerables heterogeneidades al interior de sus territorios (tal es el caso de los bajos niveles en el noroeste de Brasil, o las disparidades entre la provincia de Buenos Aires en Argentina respecto de provincias como La Pampa, Formosa o Jujuy.).

Otra de las condiciones necesarias para llevar adelante un proceso de digitalización integral en el sector agropecuario es contar con dispositivos que permitan modernizar

los procesos productivos. El Gráfico 6 muestra el acceso a teléfono celular y computadora respectivamente, separando a la población en rural, intermedio y urbana, donde la calificación intermedia comprende ciudades aisladas o centros poblados cercanos a grandes ciudades. En dicho gráfico podemos observar que, a pesar de la heterogeneidad en el acceso en países de la región, en todos los casos se observa menor acceso en zonas más rurales. En Panamá, país para el que se cuenta con datos más recientes, se observa una moderada brecha en acceso a celular, superior al 20%, sin embargo, la brecha en acceso a computadora es significativamente mayor. En zonas urbanizadas el acceso es superior al 40%, mientras que en las zonas más rurales es menor al 20%.

**Gráfico 6: Proporción de hogares con acceso a teléfono celular o computadora**



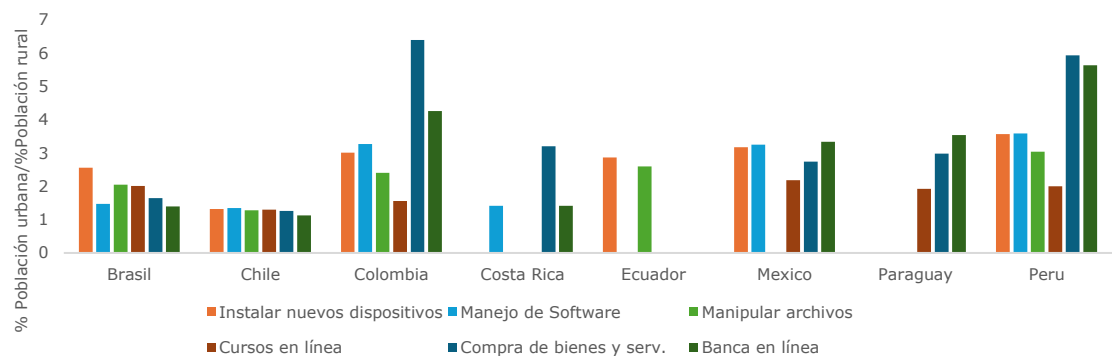
Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPAL usando el último dato disponible para cada país: Bolivia 2012, Brasil 2010, Costa Rica 2011, Ecuador 2022, El Salvador 2007, Honduras 2012, México 2020, Panamá 2023, Paraguay 2022, Perú 2010, República Dominicana 2010 y Venezuela 2011.

## Habilidades digitales y educación rural

La adopción de nuevas tecnologías dentro de la cadena de valor agropecuaria requiere que los productores cuenten con un conjunto de habilidades digitales mínimas. Aun disponiendo de conectividad de calidad y con los dispositivos necesarios, difícilmente se pueda pensar en una adopción exitosa de herramientas digitales si los productores y los trabajadores agropecuarios no cuentan con el conocimiento para explotarla. El Gráfico 7 explora las brechas en habilidades digitales entre la población urbana y la población rural de ocho países de América Latina utilizando datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La tendencia es clara para todos los países: las habilidades digitales están mucho más

presentes en entornos urbanos que rurales. Esta información sugiere la presencia de un obstáculo para la digitalización del sector agropecuario.

**Gráfico 7: Brechas de habilidades digitales urbano-rurales para países seleccionados**



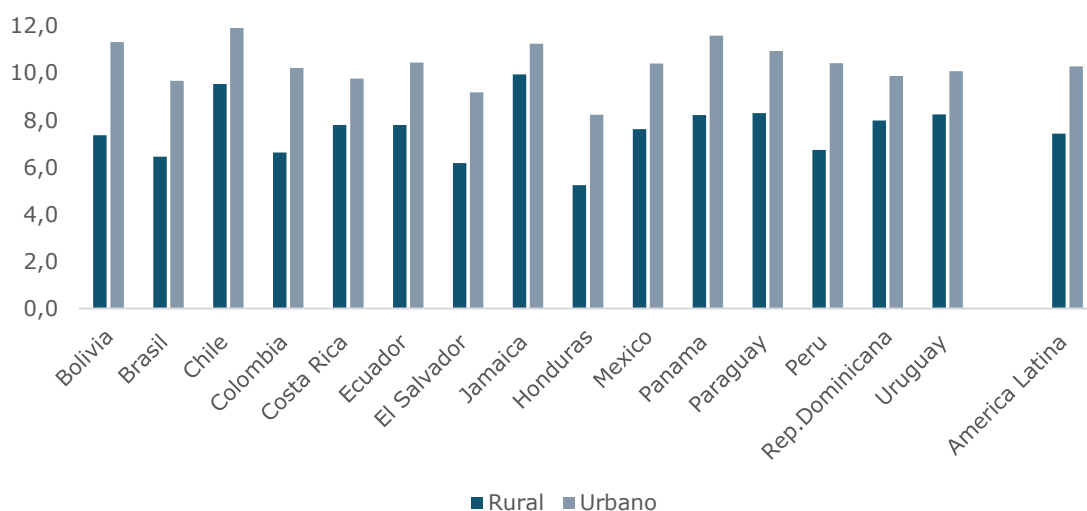
Nota: Las barras verticales son el resultado de la brecha en el porcentaje de la población urbana que puede realizar ciertas tareas en relación al porcentaje de la población rural. Los datos corresponden a estimaciones del año 2023. Por ejemplo, el valor 2.5 de “instalar nuevos dispositivos en Brasil” refleja que el porcentaje de personas en territorios urbanos que pueden realizar esa tarea es 2.5 veces mayor que el porcentaje de personas en territorios rurales.

Fuente: Elaboración propia con base en UIT (2024).

En esta misma línea, Buccari et al. (2025) documentan que los trabajadores del sector agro tienen bajas habilidades digitales en comparación a otros sectores de la economía. Esto es una tendencia que se observa tanto en países de América Latina como en países de la OCDE. Desde una perspectiva más amplia, la falta de habilidades digitales está emparentada con bajos niveles educativos. Alves et al. (2025) analizando datos para México y Perú muestran como el desarrollo de habilidades digitales básicas, como enviar un correo electrónico, aparece sumamente correlacionado con el nivel educativo alcanzado.

Desarrollar las habilidades digitales necesarias para operar nuevas tecnologías requiere de un piso básico de conocimiento brindado por la educación formal. Y en el caso de herramientas más sofisticadas, como los modelos predictivos con IA, se requieren incluso mayores habilidades digitales. Testimonios recopilados en el trabajo realizado por CII (2022) documentan una escasez de trabajadores calificados en las comunidades donde se desarrollan actividades agropecuarias. La incapacidad para adquirir talentos y cualificaciones adecuados es un obstáculo que la producción agropecuaria debe solucionar. El Gráfico 8 ilustra la brecha educativa existente entre los entornos rurales y los urbanos para los países de la región.

**Gráfico 8: Años de educación promedio alcanzados según país**



Fuente: Elaboración propia con base en CEDLAS (2025) usando el último dato disponible para cada país. Para Brasil, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay se toma el dato correspondiente a 2023. Para Bolivia, Chile y México 2022, y para Jamaica 2021. Los indicadores se calculan para el total de la población de 15 años o más.

### Acceso a información y servicios

La agricultura, y en particular la agricultura digital, depende de plataformas de datos que ofrezcan ciertos servicios: pronósticos meteorológicos localizados, sistemas de alerta de plagas, entre otros. En países desarrollados, parte de estos insumos informativos son provistos por empresas privadas o por instituciones públicas como servicios meteorológicos con alta resolución, o portales de datos agronómicos abiertos. En ALC, en general la oferta de información pública es insuficiente o no está suficientemente promocionada ni es de tan fácil acceso. Un ejemplo de lo primero es la baja inversión en servicios meteorológicos nacionales que ofrezcan datos con altos niveles de desagregación geográfica. Esta carencia limita lo que las aplicaciones privadas pueden hacer, ya que muchas se basan en datos fuentes producidos por gobiernos. Otros ejemplos son la ausencia de censos agropecuarios en gran parte de los países de ALC. Incluso en aquellos países que cuentan con censos agropecuarios, no siempre se cuenta con información detallada. Por ejemplo, en el caso de Colombia no se cuenta con información respecto a superficie irrigada ni calidad de la maquinaria agrícola.

Otra de las principales carencias, especialmente para pequeños productores en países en desarrollo, es el acceso a la información de tecnologías de frontera (Jack, 2013). La información en la agricultura familiar es en general traspasada de generación en generación, o con sus pares como otros productores locales. En el caso de tecnologías de frontera, donde en general es necesario hacer inversiones ya sea en datos o en capital humano o físico, y a su vez cambiar el status-quo, la escasez de información, y la escasez de casos de éxito en productores de similares características, es una gran barrera a la adopción. En países en desarrollo, los gobiernos realizan grandes inversiones en programas de extensión y en programas de información. En general, estos programas son entregados en formato presencial, por ejemplo, en ferias agropecuarias. Sin embargo, escalar estos programas es muy costoso, y en muchas ocasiones puede dejar de lado las zonas más remotas. Existe una literatura que muestra la costo-efectividad del uso de herramientas descentralizadas, que pueden basarse en métodos tan básicos como radio o mensajería SMS (Madon et al. 2023,

Baumüller 2018). Estos métodos de difusión de información pueden ser también complementarios a las ferias agropecuarias, las cuales permiten un contacto más humano y donde pueden hacerse demostraciones de las herramientas (Estefan et al. 2024).

Adicionalmente, el desarrollo y adaptación de servicios y tecnologías del sector agropecuario de acuerdo con las realidades y necesidades de la región requiere de inversiones en I+D. Ello demanda no solo voluntad política y del sector privado, sino también el financiamiento de estos procesos de investigación. Sin embargo, como remarcan Ziegler y Arias Segura (2021), la digitalización en el ámbito rural, aunque abre la puerta a múltiples oportunidades, también debe tomar en cuenta las condiciones diferenciales entre países.

### **Limitaciones financieras y económicas**

Finalmente, una condición transversal para la modernización del sector agrícola es el acceso al financiamiento. La producción agrícola requiere, en numerosas ocasiones, elevadas inversiones iniciales para poder comprar o arrendar terrenos, animales, insumos y capital (BID, 2023). Esto se intensifica con la modernización, dada la viabilidad del uso de herramientas como drones, sensores, robots, entre otros. Por más que la digitalización pueda traer amplios beneficios en el mediano y largo plazo, el costo de incorporar herramientas complejas a la cadena productiva puede resultar un gran obstáculo para pequeños y medianos productores quienes enfrentan mayores restricciones de acceso a financiamiento.

Con el fin de superar estas barreras, algunos países de la región, como Argentina a través de préstamos como los Créditos para Productores de Alimentos Frescos del Banco Nación o Perú, a través de su Agrobanco, han intentado facilitar el acceso al crédito de pequeños productores. El caso de Perú resulta especialmente interesante analizando el rol del Fondo para la Inclusión Financiera del Pequeño Productor Agropecuario que ha logrado desde principios de 2024 hasta finales de febrero de 2025 formalizar 48 mil créditos por casi 82 millones de soles peruanos. Ampliar el acceso de los pequeños productores al sistema financiero es un paso clave para fomentar un sector agropecuario más moderno, competitivo e inclusivo.

Una de las tecnologías modernas que requiere mayor inversión inicial es la robótica. Dentro de esta categorización se puede encontrar un conjunto de herramientas sumamente heterogéneas, tanto en términos de costos como de funcionalidades. En líneas generales, las herramientas más complejas pueden traer aparejados costos más elevados. Si bien esto podría no ser un limitante para grandes productores, sí podría resultar prohibitivo para pequeños y medianos productores con menor capacidad financiera. Frente a estos obstáculos, una posible solución es el desarrollo de esquemas de alquiler de servicios o herramientas por parte de empresas especializadas, así como también la propiedad cooperativa de los equipos (Santos Valle y Kienzle, 2021). En el caso de herramientas de complejidad media o baja, existe además un potencial importante para la conversión de equipos agrícolas estándar (Santos Valle y Kienzle, 2021).

## Recomendaciones de política

Las políticas públicas para la modernización del sector agropecuario deberán hacer frente a las barreras listadas en la sección anterior, identificando las principales carencias en cada una de las economías de ALC y priorizando el desarrollo de condiciones habilitantes como la infraestructura eléctrica, celular, y de internet. A continuación, listamos un grupo taxativo de políticas públicas que permitirían la aceleración de la transformación digital en el sector agropecuario de ALC.

**Cerrar brechas de infraestructura rural:** Priorizar la inversión en infraestructura básica que habilite la digitalización. Esto implica lograr la universalización en la conectividad eléctrica rural, apoyándose en soluciones alternativas (paneles solares domiciliarios, microrredes comunitarias) allí donde la red convencional no llega o resulta muy caro hacerla llegar. Será necesario también expandir la conectividad de Internet en el mundo rural. Para ello pueden llevarse adelante alianzas público-privadas con operadores de telecomunicaciones, subsidios a la oferta en zonas no rentables, e incorporación de tecnologías satelitales o inalámbricas de última generación. Una potencial solución que permita una cobertura universal, que ya está siendo utilizada en países como Chile y Argentina, es el internet satelital, como es el caso más conocido de Starlink, pero también otras como Telecom, Arsat u Orbith. Esta tecnología resulta particularmente útil para conectar zonas rurales aisladas, ya que tiene la ventaja de no necesitar contar con una red de fibra óptica y de no estar expuestas a desastres naturales como terremotos. Sin embargo, los vientos y lluvias extremas sí pueden afectar la señal, generando riesgo de intermitencia o indisponibilidad durante largos períodos de clima lluvioso. De acuerdo con Ziegler y Arias Segura (2021), las brechas tecnológicas son brechas dinámicas cuyos límites se van modificando (como, por ejemplo, la aparición de la conexión 5G que desplaza al 4G, o la obsolescencia de dispositivos). Entonces, las políticas que intenten cerrar brechas de conectividad entre el mundo rural y el mundo urbano deben considerar que las mismas no se resuelven de forma definitiva, sino que requieren esfuerzos de actualización continuos.

La banca de desarrollo multilateral también puede jugar un papel relevante a la hora de promover el cierre de brechas de conectividad. Un ejemplo de esta dinámica para la región es el Programa de Inclusión Digital y Transformación Educativa “Santa Fe + Conectada” financiado parcialmente por CAF que ha buscado ampliar y modernizar la infraestructura de conectividad de la Provincia de Santa Fe con el objetivo de proveer internet de calidad a lo largo del territorio provincial, y proveer capacitación en el uso de estas herramientas.

**Aumentar esfuerzos de inversión en información agropecuaria:** Fortalecer la provisión pública de servicios de información críticos para la agricultura digital, por ejemplo, mediante sistemas nacionales de información agroclimática que ofrezcan pronósticos meteorológicos locales gratuitos en tiempo real. Otras herramientas incluyen el desarrollo de observatorios de precios y mercados accesibles en línea para productores, así como la creación de plataformas abiertas de datos con estadísticas agropecuarias, mapas de suelos, imágenes satelitales, etc. Muchos de estos servicios informativos difícilmente serán provistos por el sector privado con cobertura universal dada la baja rentabilidad esperada de brindar esos servicios. Es por ello que el Estado debe asumir el rol de proveedor, posiblemente en cooperación con organismos internacionales o con Universidades o centros de investigación, que puedan aprovechar la riqueza de datos para avanzar con agendas de investigación pensadas desde y para ALC. Un ejemplo que puede tomarse como punto de partida, son los Institutos de Datos Espaciales, y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Argentina. Estos institutos han realizado grandes inversiones en facilitar el



acceso y uso de información geoespacial, y en el caso del INTA, ofreciendo capacitación virtual específica en distintas áreas vinculadas al sector agropecuario.

**Promover la alfabetización digital:** Integrar las habilidades digitales en los programas de educación y capacitación rural. En la educación formal, incorporar contenidos de tecnología y agro informática en escuelas agrarias y centros de formación técnica. Las escuelas rurales deben brindar capacitación digital a lo largo de todos sus niveles. Siguiendo las propuestas planteadas por Ziegler y Arias Segura (2021), abordar los obstáculos en el desarrollo de habilidades digitales requiere avanzar no solo en la formación de nuevas generaciones, sino también trabajar en el proceso de reconversión productiva de la población adulta. Aunque se trate de una única problemática, las políticas deben considerar las características y particularidades de su población objetivo.

**En paralelo, otra política deseable sería complementar los servicios de extensión agropecuaria** existentes con métodos digitales como la mensajería SMS y capacitación en el uso de herramientas digitales. Estos servicios de extensión permiten que los pequeños productores accedan a la información de forma simple y gratuita. Líneas de acción en esta agenda son talleres en comunidades sobre uso de smartphones para gestión agropecuaria, cursos cortos de computación básica orientada a necesidades rurales y ferias agropecuarias con muestras de aplicaciones e instrumentos IoT, que permitan al productor visualizar la tecnología y conocer sus aplicaciones y potenciales. Para ALC existen casos documentados de servicios de extensión mediante mensajería SMS en Ecuador (Larochelle et al. 2019), Perú (Nakasone, 2013) y Colombia (Camacho y Conover, 2011).

**Apoyar la innovación local:** Seguir impulsando el desarrollo de soluciones digitales y de biotecnología y genética, pensadas por y para la región, aunque como se evidencia en CII (2022) existe una gran presencia de emprendimientos aplicables a lo largo de toda la cadena agroalimentaria. Este impulso puede generarse mediante el fomento de un ecosistema emprendedor dinámico en AgTech, con acciones como financiamiento específico a programas de incubación y aceleración de startups agro-digitales, organización de llamados a concursos de innovación abierta en desafíos agropecuarios, y promover la difusión de casos de éxito e intercambio de experiencias. Universidades y centros de investigación locales también deberían ser integrados en el proceso de I+D. Países como Brasil invierten fuertemente en Embrapa (su instituto de investigación agropecuaria) que tiene programas dedicados a agricultura de precisión y digital.

**Desarrollar instrumentos de financiamiento inclusivo para la digitalización:** Crear mecanismos financieros adaptados para que pequeños productores puedan acceder a estas tecnologías. Esto podría tomar la forma de líneas de crédito especiales a tasas subsidiadas y con plazos acordes al retorno esperado de la inversión tecnológica, fondos de garantía para respaldar préstamos a pequeños agricultores que deseen adquirir equipamiento digital, o incluso programas de cofinanciamiento público-privado donde el gobierno costea una parte de la tecnología. Adicionalmente, aprovechar las *fintech* agro u otras herramientas financieras digitales que puedan canalizar financiamiento a pequeños productores de forma más ágil, y con mayor flexibilidad, que la banca tradicional. Otro mecanismo es la promoción de cooperativas o asociaciones para financiamiento en conjunto de la compra o alquiler de tecnología para uso compartido. La banca de desarrollo y los programas gubernamentales de apoyo al sector agropecuario han empezado a incluir líneas específicas para modernización digital. Sin embargo, en muchos países de la región, el crédito agropecuario sigue concentrado en los productores grandes y comerciales, con acceso muy limitado para los pequeños. La informalidad de la

tenencia de la tierra o la falta de garantías complica aún más el acceso a préstamos tradicionales. Una tendencia alentadora es que los costos de ciertas tecnologías suelen disminuir con el paso del tiempo. Tal como sucedió con los teléfonos celulares o paneles solares, y más recientemente drones y sensores, cabe esperar que los dispositivos y servicios digitales también se abaraten conforme se masifiquen.

Dada la prevalencia de pequeños productores en la región, es indispensable que la política pública tenga un enfoque diferenciado para los productores más vulnerables. No es un objetivo razonable pensar en un sector agropecuario con una modernización universal en ALC en el corto plazo, cuando se observan carencias de infraestructura digital y educación digital básica, y donde un porcentaje muy elevado de la agricultura es de subsistencia. Es importante evitar que la brecha digital amplíe la brecha socioeconómica que se observa en el mundo rural, con su posible impacto en el empleo no calificado. Si bien no conocemos estimaciones sobre el impacto de la agricultura 4.0 en el empleo en ALC, Charlton et al. (2022) concluyen que la automatización implicará una redistribución del empleo en el sector agricultor hacia empleos en la cadena de producción agroalimentaria, incluyendo el procesamiento, transporte y almacenamiento, entre otros. Es importante destacar que las habilidades necesarias para el trabajo manual en la actividad primaria no son las mismas que las habilidades de los nuevos empleos que se generarían en la cadena de valor. Para amortiguar el impacto que la modernización del sector agropecuario pueda tener en el empleo no calificado será fundamental la alfabetización digital de la población, así como el acercamiento en la provisión de dispositivos y bienes públicos. Además, se debe contar con mecanismos de contención para evitar que el incremento de la productividad agropecuaria vaya en detrimento de la inclusión de las poblaciones más vulnerables.

Si bien la modernización del agro potencialmente puede reemplazar parte de la mano de obra no calificada, por ejemplo, con robótica, una gran oportunidad que presenta es la creación de empleo de calidad, con requerimientos de mano de obra calificada, y con características atractivas para trabajadores jóvenes, por ejemplo, a través de las aplicaciones de tecnologías modernas a los procesos productivos. Los gobiernos y empresas pueden anticipar esta transición invirtiendo en capacitación de la fuerza laboral rural, lo que podría volver más atractiva la empleabilidad en el sector agropecuario permitiendo revertir parte de la migración joven al mundo urbano. Es fundamental en el diálogo público que los hacedores de política logren comunicar estos potenciales beneficios para vencer resistencias a la modernización provenientes del potencial de destrucción de empleos no calificados.

En definitiva, la digitalización ofrece a la agricultura de ALC una oportunidad para un sector clave en la región. Las herramientas digitales podrían permitir a la región consolidarse como un actor clave en el sector agroalimentario a nivel global, a la vez que pueden permitir aumentos en la productividad de sus pequeños productores que pueden estar limitados en el uso de capital agropecuario tradicional por su escala, mientras se fomenta la conservación de los ricos recursos naturales. Para ello, es clave solucionar las carencias básicas ya mencionadas, y realizar esfuerzos adicionales en información, educación y financiamiento, con un foco en los pequeños y medianos productores.

## Referencias

- Allub, L., Álvarez, F., Alves, G., Cont, W., Juncosa, F., Odriozola, J. (2024). Energías Renovadas: Transición energética justa para el desarrollo sostenible (RED;). Caracas: CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2248>
- Alves, G., Brassiolo, P., Buccari, F., Camacho, C., Cifuentes, R., Estrada, R., & Fajardo, G. (2025). Soluciones cercanas: el papel de los gobiernos locales y regionales en América Latina y el Caribe. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2430>
- Arias Segura, J., Rodríguez, A., & Beduschi Filho, L. C. (2021). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas Una mirada hacia América Latina y el Caribe. Blog IICA.
- Arias Segura, J (2023) Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe.
- Baumüller, H. (2018) The Little We Know: An Exploratory Literature Review on the Utility of Mobile Phone-Enabled Services for Smallholder Farmers. J. Int. Dev., 30: 134–154. doi: 10.1002/jid.3314.
- BID (2023). Cómo las nuevas tecnologías están transformando los agronegocios en América Latina y el Caribe.
- Brassiolo, P., Estrada, R., Vicuña, S., Odriozola, J., Toledo, M., Juncosa, F., ... & Schargrodsky, E. (2023). Desafíos globales, soluciones regionales: América Latina y el Caribe frente a la crisis climática y de biodiversidad.
- Buccari, F., De la Mata, D., y Maljar, M. Digitalización e inteligencia Artificial en el sector de la salud
- Camacho, A., & Conover, E. (2011). *The impact of receiving price and climate information in the agricultural sector*. IDB working paper series. Available at: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Impact-of-Receiving-Price-and-Climate-Information-inthe-Agricultural-Sector.pdf>
- CEDLAS (2025) Indicadores sociodemográficos para el mundo rural [base de datos]. Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales. Forthcoming.

- CEPAL (2023). Una mirada hacia la digitalización en el sector agrícola en América Latina y el Caribe Heterogeneidad y políticas públicas.
- Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, J.E. 2022. Automation and social impacts: winners and losers. Background paper for The State of Food and Agriculture 2022. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2610en>
- CII (2022) Transformación digital de los agronegocios en América Latina y el Caribe Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (CEPAL/FAO/IICA), Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2023-2024 (LC/TS.2023/161), San José, 2023.
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of Big Data based on its essential features. *Library review*, 65(3), 122-135.
- Estefan, Alejandro and Winters, Paul and Ordonez, Romina and Parilli, Cristina, Mixed Evidence: Combining Field Days and Digitally Provided Information to Train Palm Farmers in the Amazon. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4995254> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4995254>
- FAO (2014). Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política.
- FAO y CEPAL. 2021. Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe: Digitalización de la agricultura para la transformación inclusiva de sociedades rurales. Boletín N.º18. Santiago, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4677es>
- FAO (2022). The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture. Roma: FAO. (Impacto de tecnologías digitales e automatización en agricultura).

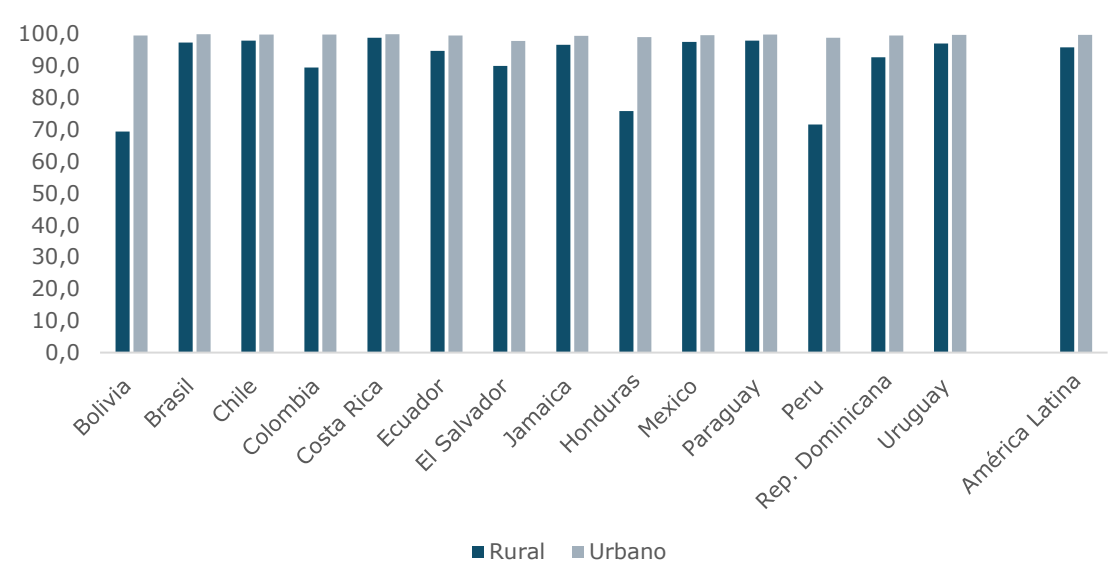
- FAO (2023a). Cultivos y productos de ganadería. FAOSTAT [base de datos]. Consulta realizada el 21 de mayo de 2025 en <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>
- FAO (2023b). Uso de la tierra. FAOSTAT [base de datos]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consulta realizada el 21 de mayo de 2025 en <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>
- Fabregas, R., Harigaya, T., Kremer, M., & Ramrattan, R. (2022). Digital agricultural extension for development. In *Introduction to development engineering: A framework with applications from the field* (pp. 187-219). Cham: Springer International Publishing.
- GanaderIA. (2025). Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.ganaderia.com/>
- Grasso, D. I., Castillo, A., Castillo, F., y Castro Blandón, C. (2022). Casos de uso de blockchain en las cadenas de valor agropecuarias: América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.18235/0004500>
- Herreros, S., J. Durán, X. Olmos, "Evaluación preliminar de las exportaciones latinoamericanas potencialmente afectadas por el reglamento de la Unión Europea relativo a la comercialización de productos asociados a la deforestación", serie Comercio Internacional, N° 180 (LC/TS.2024/84), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024
- Instacrops. (2025). Recuperado el 23 de mayo de 2025 de <https://www.instacrops.com/en/home/>
- International Fund for Agricultural Development. (2021). Transforming food systems for rural prosperity. Rural development report 2021.
- Jack, B. Kelsey. 2013. "Constraints on the adoption of agricultural technologies in developing countries." Literature review, Agricultural Technology Adoption Initiative, J-PAL (MIT) and CEGA (UC Berkeley)

- Larochelle, C., et al. (2019). Did you really get the message? Using text reminders to stimulate adoption of agricultural technologies. *The Journal of Development Studies*, 548–564. <https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1393522>
- Madon, T., Gadgil, A. J., Anderson, R., Casaburi, L., Lee, K., & Rezaee, A. (2023). *Introduction to development engineering: A framework with applications from the field* (p. 652). Springer Nature.
- McKinsey Global Institute. (2017). Where machines could replace humans — and where they can't (yet). Retrieved from <https://public.tableau.com/en-us/s/gallery/where-machines-could-replace-humans>
- Nakasone, E. (2013). The role of price information in agricultural markets: Experimental evidence from rural Peru. *Agricultural and Applied Economics Association*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.150418>
- Nera. (2025). Recuperado el 20 de mayo de 2025 de <https://www.nera-agro.com/>
- O'Farrell, Juan; Pizzo, Florencia; Freytes, Carlos; Demeco, Lucía y Aneise, Ana Julia (2022). Biotecnología agrícola en la Argentina. Productos, técnicas y capacidades productivas hacia una agricultura sustentable. Pensar los recursos naturales como motor de la innovación. Buenos Aires: Fundar.
- OCDE (2019), Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD/LEGAL/0449
- Paniagua, C. (2023). Impacto CAF: Electrificación para un desarrollo sostenible. CAF. <https://www.caf.com/es/especiales/impacto-caf/areas-de-accion/electrificacion-sostenible/>
- Prosperidad Agropecuaria. (2025, March). Caracas: CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2416>
- Rodrigues, M., Nunes, S., Sotomayor, O., "Una mirada hacia la digitalización en el sector agrícola en América Latina y el Caribe: heterogeneidad y políticas públicas", Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023.

- Santos Valle, S. y Kienzle, J. 2021. Agricultura 4.0: Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible. Gestión integrada de cultivos, N. 24. Roma, FAO.
- Simos, Niko and Gordon-Smith, Henry (2024). Agritecture. <https://www.agritecture.com/blog/understanding-the-farm-to-table-movementfor-developers-architects-designers-and-hospitality-professionals>
- Sotomayor, O., Ramírez, E., & Martínez, H. (2021). Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina.
- UIT (2024) Individuals with ICT skills [base de datos]. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperada el 16 de abril de 2025 de <https://datahub.itu.int/query/>.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*, 153, 69-80.
- World Bank. (2016). World Development Report: Digital dividends. Washington, DC: World Bank.
- Ziegler, S. & Arias Segura, J. (2021). Conectividad rural en América Latina y el Caribe. Estado de situación y acciones para la digitalización y desarrollo sostenible. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/11324/21350>.

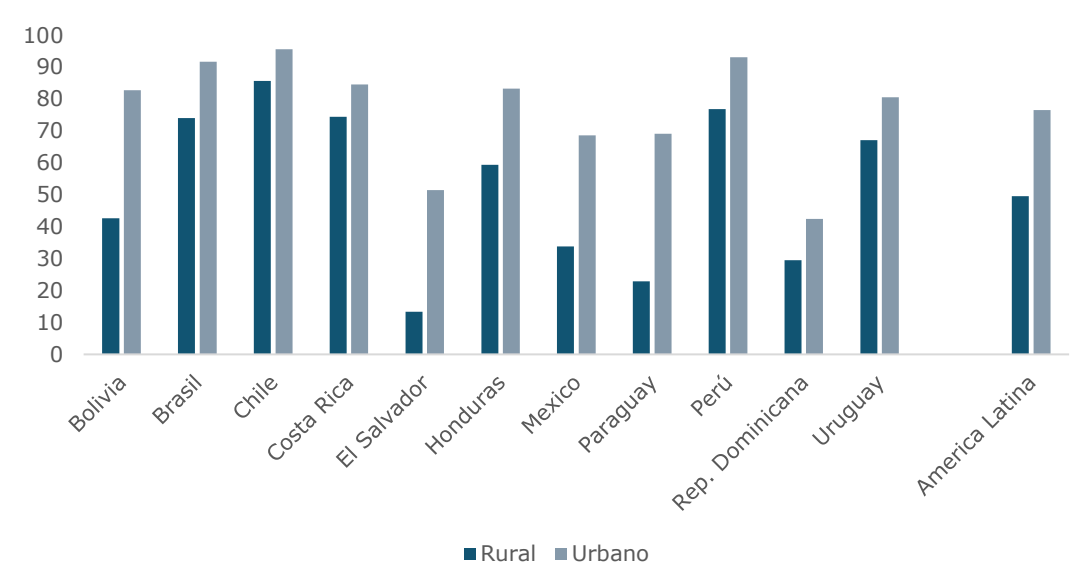
# Anexo I

**Gráfico A.1: Proporción de hogares con conexión eléctrica en áreas rurales y urbanas**



Fuente: Elaboración propia con base en CEDLAS (2025) usando el último dato disponible para cada país. Para Brasil, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay se toma el dato correspondiente a 2023. Para Bolivia, Chile y México 2022, y para Jamaica 2021.

**Gráfico A.2: Proporción de hogares con conexión a internet fija en áreas rurales y urbanas**



Fuente: Elaboración propia con base en CEDLAS (2025) usando el último dato disponible para cada país. Para Brasil, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay se toma el dato correspondiente a 2023. Para Bolivia, Chile y México 2022, y para Jamaica 2021.





## **NOTA #7**

# **DIGITALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS FINANCIEROS: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA CERRA BRECHAS DE ACCESO AGROPECUARIO REGIONAL**

---

# **Digitalización de los servicios financieros: desafíos y oportunidades para cerrar brechas de acceso**

**Fernando Álvarez**  
**Lian Allub**

## **Resumen**

A pesar de los avances logrados por América Latina y el Caribe en la profundización de sus sistemas financieros, aún persisten importantes brechas en el acceso y uso de servicios financieros para hogares y empresas. Cerrar estas brechas es indispensable para avanzar en la senda del desarrollo.

Este documento analiza el potencial de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial para mejorar el acceso y uso de servicios financieros en la región. Al mismo tiempo, señala algunos riesgos significativos asociados al fenómeno de la digitalización de estos servicios. Especial atención se le presta los espacios de política necesarios para aprovechar dicho potencial y minimizar los riesgos, destacando como elementos clave una regulación sólida complementada con políticas orientadas a mejorar la infraestructura de conectividad digital, así como la alfabetización digital y financiera.

## Introducción

Desde la década de los 90, muchos países de la región han logrado avances en materia de estabilidad macroeconómica y de supervisión y regulación de los sistemas financieros. Estos logros han redundado en una mayor profundidad financiera; desde 1980 la relación crédito/PIB en los países de la región se ha incrementado en alrededor 20 puntos porcentuales para ubicarse hoy en torno al 45 %. Por su parte, innovaciones vinculadas a las microfinanzas promovieron avances en materia de acceso a servicios financieros en muchos países de la región.

A pesar de estos avances, importantes problemas de acceso a servicios financieros persisten tanto para empresas, especialmente pymes y jóvenes, como para familias, especialmente las de menores recursos y en zonas rurales. Las tecnologías digitales y su incorporación en la industria financiera, es decir las *Fintech*, se vislumbran como una nueva promesa para cerrar significativamente estas brechas de acceso.

Las *Fintech* tienen el potencial de democratizar el acceso a servicios financieros mediante el uso de tecnología innovadora que reduce costos de la actividad financiera, lo que permite ofrecer productos y servicios más adaptados a las necesidades de los clientes. Datos para América Latina y el Caribe muestran que cada vez más los emprendimientos *fintech* se enfocan en segmentos de la población desatendidos por el sistema financiero tradicional. En 2023, “el 57 % de las empresas *fintech* tiene como población objetivo a personas o empresas sub-bancarizadas o no bancarizadas”, lo cual representa un significativo aumento en comparación con el 36 % observado en 2021 (Finovista et al., 2024).

La promesa de inclusión financiera impulsada por la digitalización de los servicios financieros no está exenta de riesgos tales como el sobreendeudamiento, las vulnerabilidades en la privacidad de los datos, los ciberataques y fraudes. Incluso, existe la posibilidad de favorecer la exclusión financiera para quienes carecen de requisitos clave (como una identidad digital, el acceso a internet o teléfonos inteligentes) o para aquellos que muestran desconfianza hacia los canales digitales. Mitigar estos riesgos y asegurar que estas tecnologías contribuyan a reducir las desigualdades, en lugar de exacerbarlas, exige la implementación de políticas públicas que acompañen su desarrollo e implementación, así como de marcos regulatorios sólidos. Asimismo, son cruciales factores habilitantes como la promoción de la alfabetización digital y financiera, y la garantía de acceso a los servicios y al capital para la conectividad digital.

Esta nota sectorial procura desarrollar una mirada panorámica de las oportunidades y desafíos de la incorporación de servicios digitales ---incluidos aquellos que incorporan inteligencia artificial (IA)--- para mejorar el acceso a servicios financieros de hogares y empresas, en particular pymes. Su objetivo final es destacar espacios de políticas que sirvan de base a una estrategia de inclusión financiera con base en la promoción y adopción de tecnologías digitales.

## El imperativo de la inclusión financiera en ALC

El acceso a instrumentos financieros es esencial para el desarrollo sostenible. Para el caso de las empresas, el acceso a financiamiento es vital para innovar y crecer. En el caso de las familias, los instrumentos de ahorro y crédito permiten adecuar mejor el consumo en el tiempo; así como financiar la acumulación de activos clave como la vivienda y el capital humano. Por su parte, el acceso a seguros permite mitigar riesgos importantes que pueden afectar considerablemente la existencia de las empresas y el bienestar de los hogares.

Ciertamente, y en parte gracias a avances en estabilidad macroeconómica y en materia de regulación y supervisión de los sistemas financieros, la región ha logrado avances no despreciables en la profundidad de los mercados financieros. En 1980, el crédito privado como proporción del PIB en los países de la región alcanzaba en promedio 25,6 % y hoy alcanza alrededor del 50 %; no obstante, aún muy por debajo de los países OCDE, en torno al 150%. Dentro de este crédito al sector privado, en América Latina la mayor parte es provisto por los bancos, quienes representan más del 80% de crédito privado, mientras que para los países de la OECD estos números son mucho menores, cayendo de un poco más del 60% en 2010 al 50% en 2023<sup>1</sup>.

De particular relevancia es el problema de acceso a instrumentos financieros para los grupos más rezagados, tales como las pymes (especialmente las jóvenes) y los hogares de menores recursos económicos. Desafortunadamente, existen brechas.

Las pymes representan un importante segmento del entramado productivo de la región, concentrando alrededor del 70% del empleo asalariado (Álvarez et al., 2025). Desafortunadamente, son un sector relativamente desatendido por el acceso a crédito en la región. En efecto, mientras que en América Latina y el Caribe apenas el 15% de los préstamos de bancos comerciales van dirigidos a pymes, en el resto de las regiones del mundo esta cifra supera el 20%, alcanzando incluso más del 27% en Europa (ver gráfico 1).

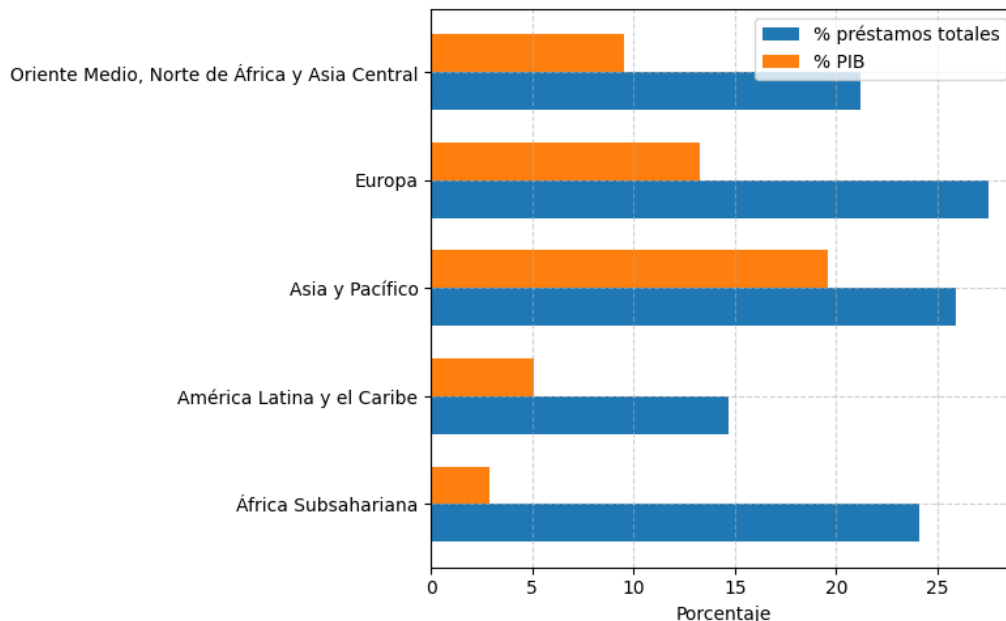
Entre las pymes, las más chicas suelen ser las más restringidas. Así mismo, las firmas con menor antigüedad son las que están más restringidas. Por ejemplo, según la encuesta de empresas del Banco Mundial (WBES, por sus siglas en inglés), entre empresas medianas (de 20 a 100 trabajadores), la tasa de tenencia de crédito es más de 20 puntos porcentuales menor para una empresa de menos de tres años de constituida formalmente, que para una empresa de más de 3 años (Álvarez et al., 2021).

### **Gráfico 1. Préstamos de Bancos Comerciales a pymes**

<sup>1</sup> El **crédito interno al sector privado** se refiere a los recursos financieros proporcionados al sector privado por sociedades financieras, como préstamos, compras de valores no participativos, créditos comerciales y otras cuentas por cobrar, que establecen un derecho de reembolso. Las sociedades financieras incluyen a las autoridades monetarias y los bancos de depósito, así como otras sociedades financieras para las que se dispone de datos (incluidas las sociedades que no aceptan depósitos transferibles, pero que incurren en pasivos como depósitos a plazo y de ahorro).

Crédito al sector privado por parte de los bancos

El **crédito interno al sector privado por parte de los bancos** se refiere a los recursos financieros proporcionados al sector privado por otras sociedades de depósito (sociedades que aceptan depósitos, excepto los bancos centrales), como préstamos, compras de valores no participativos, créditos comerciales y otras cuentas por cobrar, que establecen un derecho de reembolso.



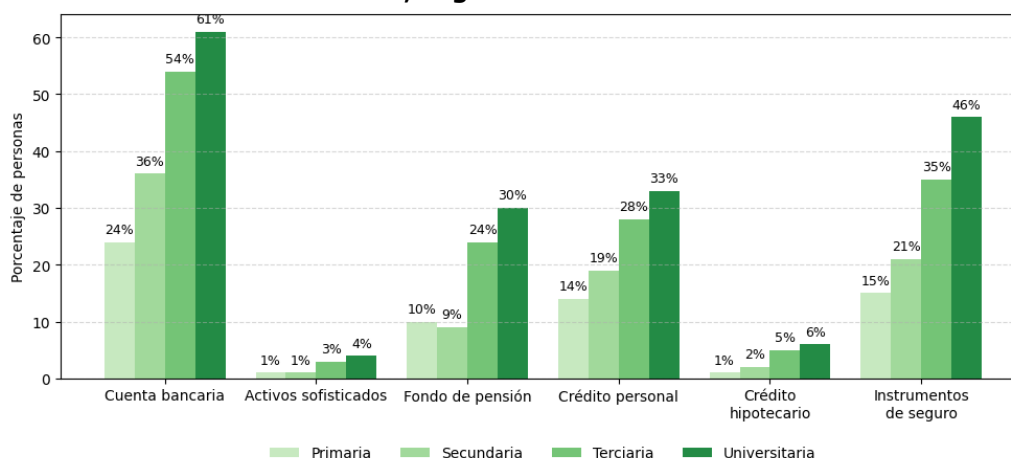
Nota: Para cada región se muestra el promedio simple de los países que la integran.  
Fuente: Elaboración propia en base a FMI (2024).

El WBES también indica que las cuatro razones más comúnmente citadas por las pymes para no solicitar un crédito, a pesar de tener necesidades de financiamiento, son: altas tasas de interés (44 %), procedimientos complejos (16 %), exigencia de colateral (7,6 %) y la expectativa de que no le sería aprobado (4 %). Al explorar estas razones para pymes jóvenes (menos de 3 años), destaca la exigencia de colateral (con 24 %), incluso superando el de altas tasas de interés (con 23 %), mientras que la expectativa de ser rechazada como razón para excluirse crece considerablemente (supera el 11 %) (Álvarez et al., 2021).

Ciertamente, las pymes pagan tasas más altas. Según datos de OCDE (2024a), para 5 países de la región, las pymes pagan una tasa de interés que en promedio es 8,6 puntos porcentuales más alta que la tasa de interés de las empresas grandes. La brecha va desde 3.6 p.p. en México a casi 20 p.p. en Perú. En contraste, los mismos datos señalan que para la mitad de los países estudiados (de un total de 30) la brecha de tasas entre pymes y empresas grandes era inferior a 1 p.p. (Álvarez et al., 2025).

Respecto a los hogares, también se identifican brechas no solo de la región respecto al mundo desarrollado; sino también entre niveles socioeconómicos al interior de los países de la región. El Gráfico 2 presenta información sobre tenencia de activos (cuenta bancaria, instrumentos de ahorro sofisticados y fondo de pensiones), seguros y pasivos (créditos personales y crédito hipotecario). Allí se observa que las cuentas bancarias son el activo financiero más común, pero, aun así, está lejos de la universalidad, especialmente entre los menos educados. En el otro extremo están los activos más sofisticados como acciones, bonos y fondos mutuos, con muy baja tenencia en general. En el medio, están los fondos de pensiones privados en aquellos países donde existen. Tener algún tipo de seguro tiene también una popularidad media, lo que muy probablemente está vinculado a la cobertura de seguros de salud de la seguridad social contributiva. En el espectro de los pasivos, los más comunes son los créditos personales. Destaca lo relativamente bajo del crédito hipotecario. En todos los casos, el gradiente según nivel educativo es muy claro.

**Gráfico 2. Porcentaje de personas que posee instrumentos financieros en América Latina, según nivel educativo**



Fuente: De la Mata et. al (2022).

Cuando las empresas enfrentan altos costos de endeudamiento y barreras para acceder al crédito, su capacidad para invertir en nuevas tecnologías, expandir operaciones e, incluso, mantener su capital existente y sobrevivir es limitada. La falta de acceso a instrumentos financieros para los hogares los limita para gestionar sus finanzas de manera segura y eficiente; les dificulta la capacidad para ahorrar y acceder a créditos a fin de llevar a cabo inversiones importantes como vivienda o educación. Así pues, mejorar el acceso a servicios financieros para las empresas y hogares es un imperativo para el desarrollo. La digitalización de los servicios financieros, incluida la penetración de la IA, permite favorecer el acceso a servicios financieros. En las secciones siguientes se detallan los canales por los que esto sucede.

## Una nueva promesa, ¿Cómo puede la digitalización y la IA mejorar el acceso a los servicios financieros?

Los sistemas financieros tradicionales enfrentan dificultades para servir a determinados grupos, tales como familias de bajos recursos y empresas pequeñas, jóvenes e informales, debido, entre otras cosas, a factores tales como las asimetrías de información y/o altos costos de procesar la información, los elevados costos de operar con sucursales físicas, y las barreras geográficas para llegar a zonas remotas, entre otros. La digitalización de los servicios financieros y la Inteligencia Artificial (IA) son herramientas con el potencial de transformar el panorama financiero y promover la inclusión de estos grupos no bancarizados.

La rápida adopción de teléfonos inteligentes y la expansión de la infraestructura digital en muchas economías en desarrollo han creado un entorno propicio para la implementación de soluciones financieras innovadoras basadas en la IA y la digitalización. Esta coyuntura podría permitir a estas economías avanzar rápidamente en la inclusión financiera, evitando las limitaciones impuestas por la infraestructura bancaria tradicional.

En términos simples, la digitalización es la representación de la información en formato digital (bits), en contraposición a un formato físico. La representación de la información en formato digital, por sí sola, no implica necesariamente un cambio sustancial en la forma en que el sistema financiero opera. No obstante, la digitalización, en conjunto con el incremento en la conectividad y la disponibilidad de información, permite el desarrollo

de servicios financieros y tecnologías digitales cuya adopción puede promover el acceso a más y mejores servicios financieros.

Los Servicios Financieros Digitales (SFD) son servicios financieros que dependen de tecnologías digitales para su prestación y utilización por parte de los consumidores, aprovechando plataformas como los dispositivos móviles e Internet para ofrecer soluciones financieras convenientes, accesibles y seguras. Estos servicios abarcan una amplia gama de actividades y productos financieros, incluyendo dinero electrónico, billeteras digitales, plataformas de pago digitales, préstamos, ahorros, seguros e inversiones (ver Apéndice).

Dentro de las tecnologías digitales, una que ha centrado principal interés en general es la inteligencia artificial (IA). En el caso de los servicios financieros, algunos ejemplos específicos incluyen los chatbots impulsados por IA que proporcionan atención automatizada al cliente, responden consultas y ofrecen orientación financiera; los sistemas de puntuación crediticia impulsados por IA que analizan grandes conjuntos de datos, incluyendo datos alternativos, para evaluar la solvencia crediticia, especialmente para personas y empresas con historial crediticio limitado o nulo; y los algoritmos de IA utilizados para la detección de fraude mediante la identificación de patrones de transacciones anómalos.

Estos servicios y tecnologías financieras digitales pueden mejorar el acceso y las condiciones a las que se accede a servicios financieros a través de diversos canales:

- **Reducción de barreras geográficas.** Las personas y las empresas en áreas desatendidas ya no necesitan viajar largas distancias a las sucursales bancarias físicas para realizar transacciones, acceder a cuentas o solicitar préstamos. Los *chatbots* y los asistentes virtuales pueden brindar atención al cliente y orientación financiera de forma remota.
- **Mejoramiento de la información y de su procesamiento.** Las plataformas en línea y las transacciones digitales generan grandes cantidades de datos que permiten indagar en las necesidades financieras de las personas y empresas, y determinar el riesgo crediticio de los clientes. La IA desempeña un papel crucial en el aprovechamiento de este aumento de información; al analizar fuentes de datos alternativos, como el uso de teléfonos móviles, los pagos de servicios públicos y el historial de transacciones en línea, para evaluar el atractivo crediticio de individuos y pequeñas empresas que pueden carecer de un historial crediticio tradicional y/o de colateral. La capacidad de la IA para analizar datos y comprender los perfiles financieros individuales permite servicios personalizados que se adaptan mejor a las necesidades y limitaciones específicas de los diferentes tipos de clientes.
- **Reducción de costos de transacción y operacionales.** Las transacciones digitales suelen ser más baratas que el procesamiento de cheques en papel o la realización de transacciones en sucursales físicas. Esta eficiencia de costos permite a las instituciones financieras atender a clientes de bajos ingresos y pequeñas empresas de manera más asequible. La IA por su parte, al automatizar tareas como la detección de fraude, el servicio al cliente y el análisis de datos, genera importantes ahorros de costos para las instituciones financieras, que pueden traducirse en tarifas más bajas o en respuestas más expeditas. Asimismo, las cuentas de corretaje en línea con requisitos de inversión y comisiones relativamente bajos han facilitado que las personas con capital limitado participen en los mercados financieros.

- **Mayor conveniencia.** La banca digital ofrece acceso a los servicios financieros las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Los clientes pueden verificar los saldos de sus cuentas, transferir fondos, pagar facturas e incluso solicitar préstamos en cualquier momento y desde cualquier lugar con conexión a Internet. Los chatbots y los asistentes virtuales contribuyen a esta conveniencia al ofrecer atención instantánea. Todo esto mejora la experiencia del cliente y favorecen el uso de instrumentos financieros.
- **Incremento de la competencia bancaria.** Las empresas fintech, con sus enfoques innovadores y digitales, ofrecen productos y servicios financieros especializados sin la necesidad de una extensa infraestructura física. Esta mayor competencia presiona a los bancos tradicionales para que innoven, mejoren sus servicios y reduzcan costos, lo que en última instancia beneficia a los consumidores y las empresas a través de un mejor acceso y términos más favorables. Asimismo, las plataformas de préstamos entre pares (P2P), facilitadas por las tecnologías digitales, conectan directamente a prestatarios y prestamistas, eludiendo a los intermediarios financieros tradicionales.
- **Educación financiera.** Los chatbots pueden servir como educadores financieros virtuales, desglosando conceptos financieros complejos en un lenguaje sencillo y fácil de entender, ofreciendo orientación financiera personalizada y proporcionando tutoriales interactivos, cuestionarios y consejos sobre estrategias de presupuesto, ahorro e inversión, mejorando así la educación financiera entre las poblaciones desatendidas.
- **Mayor seguridad.** La IA tiene el potencial de mejorar la seguridad de los servicios financieros digitales mediante el monitoreo de las transacciones en tiempo real, la identificación de actividades fraudulentas y la protección de la información confidencial, lo que genera confianza entre los clientes no bancarizados y fomenta la adopción de plataformas digitales.

Que la digitalización pueda favorecer el funcionamiento de los mercados financieros no implica que esté exenta de riesgos (Recuadro 1) los cuales deben ser debidamente considerandos en los marcos regulatorios para sacar el máximo provecho al proceso de digitalización y automatización de los servicios financieros.

#### **Recuadro 1: Algunos potenciales riesgos de la digitalización**

**Sobreendeudamiento:** La facilidad y rapidez para acceder a créditos digitales, puede llevar a los individuos, especialmente a aquellos con menor educación financiera, a asumir deudas que exceden su capacidad de pago.

**Privacidad de los datos:** La digitalización de los servicios financieros implica la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos personales y financieros. Existe preocupación por la seguridad de esta información, el riesgo de violaciones de datos, el uso indebido de la información personal para fines no autorizados (como la discriminación o la manipulación), y la falta de transparencia sobre cómo se utilizan y protegen estos datos.

**Ampliación de las brechas:** La brecha digital es una barrera fundamental: aquellos sin acceso a internet, dispositivos adecuados o las habilidades digitales necesarias quedan rezagados. En muchos contextos, el acceso a servicios financieros digitales requiere una forma de identificación digital verificable. Las personas que carecen de ella pueden quedar excluidas. Además, si los datos históricos empelados para entrenar los



algoritmos de IA reflejan prejuicios, los sistemas de IA pueden heredar estos prejuicios e inducir discriminación en la concesión de créditos afectando de manera desproporcionada a grupos vulnerables.

**Ciberseguridad y fraude:** Delincuentes podrían explotar vulnerabilidades en las nuevas tecnologías y la falta de conocimiento de los usuarios para robar datos o fondos.

**Fragilidad financiera:** Una preocupación es que las Fintech asuman amplios riesgos sin provisiones adecuadas, lo que, dada su importancia creciente, puede introducir riesgos sistémicos. Por otra parte, la presión competitiva puede llevar tanto a Fintech como a bancos a asumir riesgos excesivos para ganar o defender cuotas de mercado, lo que podría resultar en una rápida acumulación de riesgo sistémico.

**Riesgos operacionales:** La dependencia de sistemas tecnológicos complejos introduce riesgos operacionales. Fallos en los sistemas, errores en los algoritmos o interrupciones del servicio pueden tener consecuencias significativas tanto para los proveedores como para los usuarios, especialmente aquellos que dependen exclusivamente de canales digitales.

Marcos regulatorios apropiados, mejorar la alfabetización digital y financiera y el acceso a servicios para la conectividad digital serán acciones clave para mitigar estos desafíos.

## ¿Qué dice la evidencia?

La evidencia rigurosa sobre los impactos de la digitalización, y especialmente de la inteligencia artificial, en el acceso y uso de servicios financieros se encuentra aún en una fase incipiente; sin embargo, algunos resultados son alentadores. En general, la evidencia apunta a que el uso de estas herramientas es favorecido por la educación financiera (Yang et al., 2023); pero también a que el uso de servicios financieros digitales puede incrementar el conocimiento financiero (Breza et al., 2020).

Un primer grupo de evidencia se asocia con la tecnología de los pagos digitales; de importante crecimiento en el mundo en desarrollo.<sup>2</sup> Para el caso de Kenia, Jack y Suri (2014) encuentra que la herramienta M-PESA, usada predominantemente para el envío de remesas, permitió aliviar el impacto de choques de ingreso en el consumo. Estos efectos se deben, en parte, a un mejor manejo del riesgo habilitado por la reducción de costos en las transacciones que la tecnología implica.<sup>3</sup> El uso de esta herramienta también tiene impactos favorables en la pobreza, especialmente en hogares encabezados por mujeres, favoreciendo el cierre de brechas de género (Suri & Jack, 2016).<sup>4</sup> El uso de pagos digitales también reduce los niveles de corrupción. Estudios

<sup>2</sup> Según Demirgüç-Kunt et al. (2022) la proporción de adultos que realizan o reciben pagos digitales en las economías en desarrollo aumentó del 35 % en 2014 al 57 % en 2021.

<sup>3</sup> Antes de que la tecnología estuviera disponible, la mayoría de los hogares entregaban las remesas en mano o de manera informal a través de amigos o conductores de autobús. Este proceso era costoso, lento e implicaba pérdidas sustanciales debido a robos.

<sup>4</sup> Los impactos, más pronunciados en los hogares encabezados por mujeres, parecen estar impulsados por cambios en el comportamiento financiero y por resultados en el mercado laboral, como la elección de ocupación, especialmente para las mujeres, que dejaron la agricultura para dedicarse a los negocios.

encuentran que su adopción para las transacciones financieras en Kenia conlleva una reducción de 3,1 puntos porcentuales en el pago de sobornos (Barasa, 2021).

El acceso a financiamiento digital también favorece el empoderamiento de las mujeres. En Uganda se encuentra que los créditos digitales mejoraban el acervo de capital y las ganancias de emprendimientos llevados a cabo por mujeres, en 11% y 15% respectivamente, relativo a créditos otorgados en efectivo. Este impacto se explica debido, en parte, por el mejoramiento de la capacidad para evadir la presión para compartir el dinero del crédito con otros miembros del hogar (Riley, 2024).

La evidencia también apunta a efectos favorables en las empresas. Por ejemplo, la tecnología de pago electrónico incrementa el uso de créditos móviles y reduce la volatilidad de las ventas y de la inversión precautoria, especialmente en las empresas más pequeñas (Dalton et al., 2024). También hay evidencia de que la adopción del dinero móvil puede incrementar la innovación en las empresas al favorecer el acceso al crédito comercial y a los préstamos bancarios (Osei-Tutu & Taylor, 2024). Para la región, estudios encuentran que el mayor acceso al financiamiento desde plataformas digitales mejora la productividad, reduce costos, y favorece la introducción de un nuevo producto o servicio (Ziegler et al., 2022).

También hay evidencia a favor del “efecto competencia” que se ve reflejado en la reducción de los márgenes de tasas de interés. Por ejemplo, Bakker et al. (2023) encuentran que un incremento de un punto porcentual en la proporción de transacciones de bancos digitales respecto al total de préstamos bancarios se asocia con una disminución en el margen de interés de entre 0,2 y 1,9 puntos porcentuales. En Brasil, donde hay una gran presencia de *fintech*, los márgenes de tasas de interés disminuyeron aproximadamente 13 puntos porcentuales entre 2017 y 2020, y se estima que el aumento en la actividad de los bancos digitales contribuyó a una reducción de 3 puntos porcentuales en estos márgenes.

Evidencia desde el mundo desarrollado destaca la utilidad del uso de las tecnologías digitales para el procesamiento de información por parte de las instituciones financieras. Por ejemplo, para Alemania se encuentra que la huella digital es una información poderosa para la predicción del riesgo crediticio incluso para personas sin historial crediticio tradicional (Berg et al., 2018)<sup>5,6</sup>. Para el caso del mercado hipotecario de los Estados Unidos, se encuentra que los prestamistas que se apoyan en tecnologías digitales procesan las solicitudes de préstamos 20% más rápido que los tradicionales (Fuster et al., 2018). Esta mayor velocidad no se traduce en un mayor riesgo de incumplimiento; al contrario, se encuentra que las tasas de impago en las hipotecas *FinTech* son aproximadamente un 25% más bajas que las de los prestamistas tradicionales.

<sup>5</sup> En el trabajo la huella digital está integrado por las siguientes variables que pueden ser recabadas sin solicitar mucha información al cliente: (1) el tipo de dispositivo, (2) el sistema operativo, (3) el canal a través del cual un cliente llega al sitio web (por ejemplo, motor de búsqueda o sitio de comparación de precios), (4) un indicador binario de si cliente usa configuraciones que no permiten rastrear el dispositivo, el sistema operativo y la información del canal, (5) la hora del día de la compra (mañana, tarde, noche), (6) el proveedor de servicios de correo electrónico, (7) un indicativo si la dirección de correo electrónico elegida por el usuario incluye nombre y/o apellido y (8) otro si incluye un número, (9) un indicativo si un usuario usa constantemente minúsculas al escribir, (10) un indicativo para un error tipográfico al ingresar la dirección de correo electrónico.

<sup>6</sup> La calidad predictiva de la información de la huella digital es ligeramente superior a la basada en la información del buró de crédito; pero se complementa bien con esta para mejora las predicciones. Para medir el poder predictivo emplean el indicador “área bajo la curva” (AUC por sus siglas en inglés) métrica típicamente usada para discriminar entre el poder predictivo de scores de créditos. El AUC del Instrumento basado en la Huella digital es 68,3% ligeramente superior al 66,6% de AUC asociado a la información del bureo de crédito. El AUC de usar conjuntamente ambos sets de información es 73,6%.

La evaluación crediticia con base en herramientas digitales puede también mitigar sesgos presentes en las interacciones cara a cara. Evidencia de ello se encuentra en el mercado inmobiliario de los Estados Unidos donde se observa que si bien en las FinTech los clientes afrodescendientes y latinos, pagan tasas de interés más altas que clientes similares no pertenecientes a estas minorías, este exceso de tasa de interés discriminatorio en la Fintechs es 40% menor en comparación con los prestamistas tradicionales (Bartlett et al., 2022)<sup>7</sup>. También se encuentra que mientras que la tasa de rechazo en grupos minoritarios (latinos y afrodescendientes) es 6% mayor que en clientes similares que no pertenecen a estas minorías en instituciones tradicionales, en las Fintechs no se encuentran sesgos en la tasa de rechazo contra las minorías. Finalmente, la evidencia también señala que las plataformas Fintech de préstamos para pequeños negocios (SBL por sus siglas en inglés) otorgaron más préstamos en códigos postales con mayores tasas de desempleo y mayor número de solicitudes de quiebra empresarial, en comparación con los prestamistas tradicionales (Cornelli et al., 2024); lo que sugiere que llegan a segmentos menos bancarizados.

## **La oferta de servicios digitales en un nuevo y cambiante panorama**

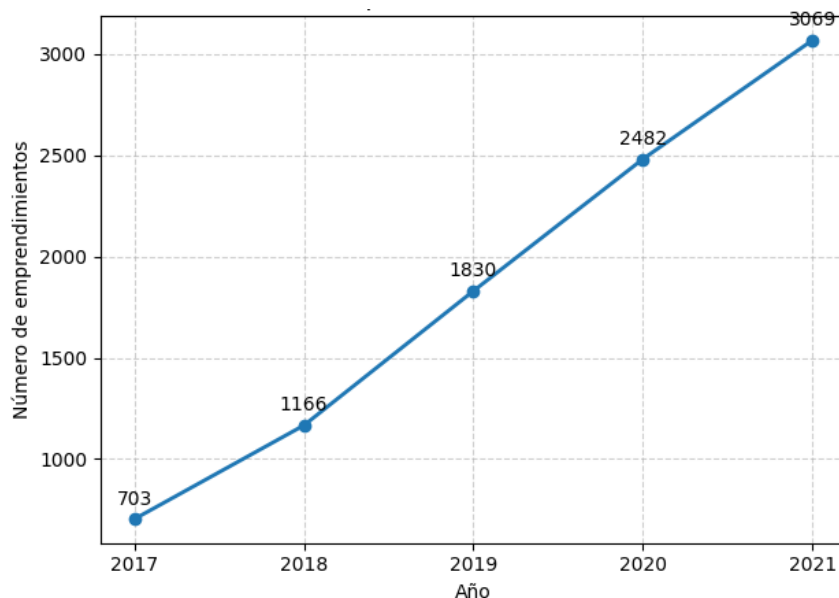
### **La oferta de servicios financieros**

La digitalización propició la aparición de nuevos actores en el sistema financiero lo cual incrementó la cantidad de servicios financieros disponibles para los usuarios. Dentro de estos actores se encuentran, como ya vimos en secciones anteriores, las empresas Fintech, cuya actividad principal es proveer servicios financieros, siendo ejemplo de estas Ualá, Nubank o Paypal. Sin embargo, también se sumaron empresas cuya actividad principal no es la financiera (en general grandes empresas tecnológicas, las *Bigtech*, como Amazon, Alibaba o Mercado Libre) que ahora ofrecen determinados servicios financieros, en particular a sus clientes.

Si nos enfocamos en las Fintech, el número de emprendimientos aumentó de manera considerable en América Latina y el Caribe desde 2017, pasando de 703 a 3069 en 2023.

### **Gráfico 3. Cantidad de emprendimientos Fintech**

<sup>7</sup> Los autores argumentan que el hecho de que en los algoritmos de IA aún se presenten sesgos en tasas de interés en contra de grupos minoritarios puede deberse a una estrategia de maximización de beneficios.

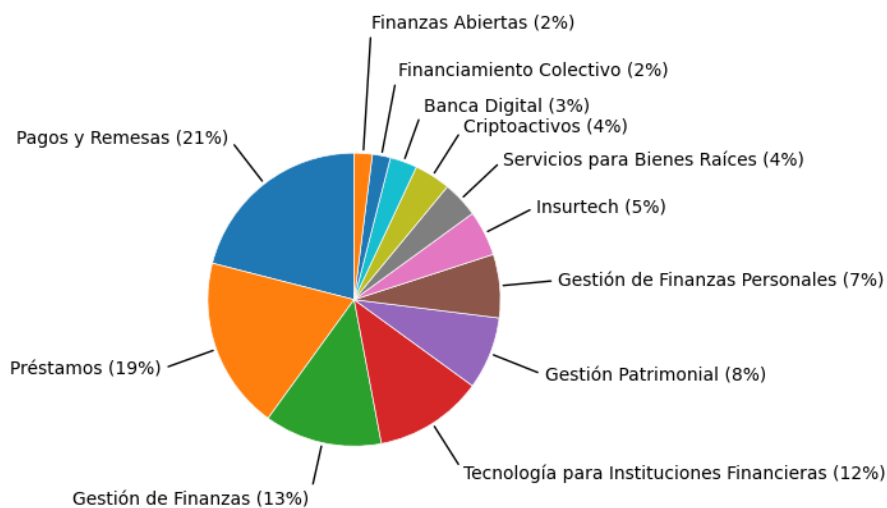


Fuente: Elaboración propia en base a Finovista et al. (2024).

Dentro de esta evolución, la mayor parte de los segmentos atendidos muestran una evolución positiva y monótona con excepción del financiamiento colectivo, que contaba con 109 empresas en 2021 pero con 60 en 2023 (Finovista et al., 2024).

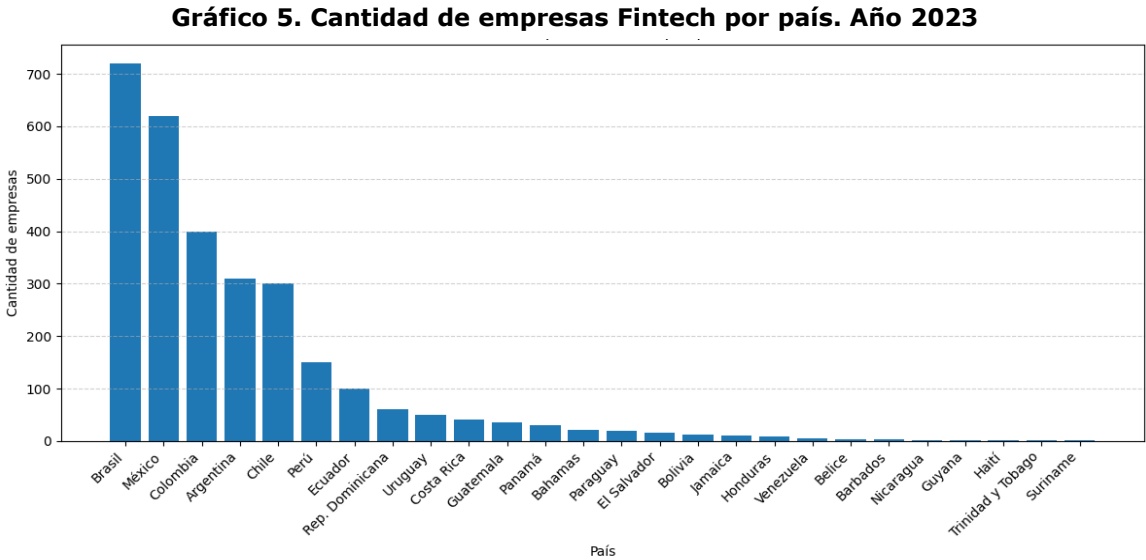
Dentro de los segmentos atendidos por estas iniciativas se destacan Pagos y Remesas y Préstamos, con una participación en torno al 20%, seguido por empresas de gestión de finanzas y tecnologías para instituciones financieras con el 13% y el 12% del total. Dos de los segmentos de mayor crecimiento entre 2017 y 2023 de acuerdo a Finovista et al. (2024) son los de banca digital e insurtech.

**Gráfico 4. Composición de emprendimientos Fintech por segmento atendido**



Fuente: Elaboración propia en base a Finovista et al. (2024).

Si consideramos la cantidad de empresas, los países que vienen liderando la digitalización de los sistemas financieros son Brasil y México con 722 y 618 empresas Fintech en 2023 respectivamente, seguidos de Colombia (409), Argentina (312) y Chile (305) (ver gráfico 5). Si se consideran las empresas por cada millón de habitantes, para tener en cuenta de alguna manera la diferencia en la cantidad de habitantes de los países, los países del Caribe, como Bahamas y Barbados pasan a liderar el ranking, mientras que Haití, Trinidad y Tobago Venezuela y algunos países de América Central muestran las tasas más bajas.



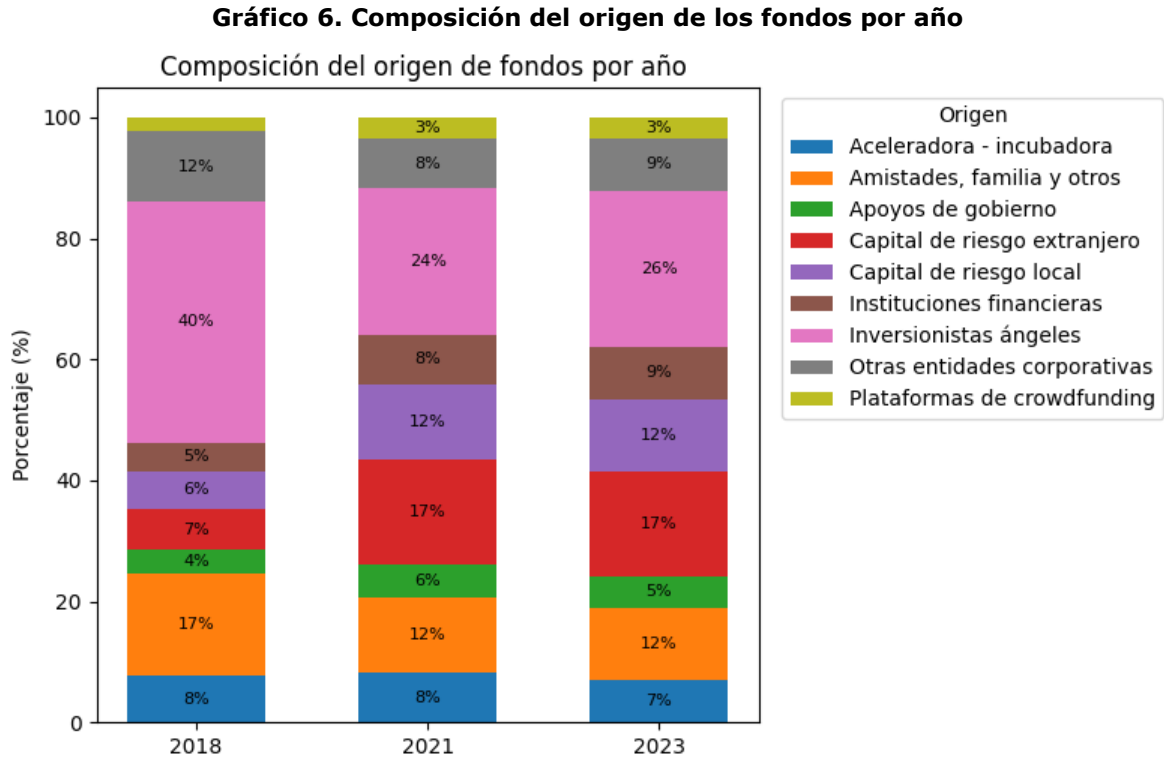
Fuente: Elaboración propia en base a Finovista (2024).

Dentro de las tecnologías, plataformas y herramientas más utilizados por las empresas Fintech para llevar adelante su actividad se destacan los cómputos en la nube y las plataformas abiertas y API<sup>8</sup> (*application programming interface*). A estas, le siguen la Big Data y analítica, la IA y el aprendizaje automático (que permiten el procesamiento de grandes volúmenes de datos para ofrecer productos) que, en conjunto con billeteras móviles, habilitan servicios personalizados para cada cliente y facilitan las operaciones de pago diarias de los consumidores. También utilizan la tecnología blockchain<sup>9</sup> que busca asegurar la transparencia y seguridad, y plataformas omnicanal, que buscan mejorar la experiencia del usuario haciéndola más fluida a través de múltiples canales y la automatización de procesos.

<sup>8</sup> Las API son un conjunto de reglas y especificaciones que permiten a diferentes aplicaciones de software comunicarse entre sí y compartir datos o funcionalidades lo cual permite a las empresas escalar rápidamente sus operaciones y ofrecer productos innovadores que integran otros servicios y datos.

<sup>9</sup> La tecnología de cadena de bloques es un mecanismo que permite compartir información de una base de datos de forma transparente dentro de una red. Estas bases de datos se vinculan entre sí en una cadena donde los datos son cronológicamente consistentes ya que se precisa el consenso de toda la RED para modificar o eliminar la cadena. El sistema incluye mecanismos integrados que evitan las entradas de transacciones no autorizadas y crean coherencia en la vista compartida de estas transacciones. Ver Amazon Web Services "¿Qué es la tecnología de cadena de bloques?" <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/?aws-products-all.sort-by=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sort-order=asc>).

Un aspecto importante para analizar la evolución de estas empresas a través de los años es su fuente de financiamiento. El gráfico 6 muestra cuál es el principal origen de los fondos para tres años distintos, 2018, 2021 y 2023. En 2018 la principal fuente de financiamiento de estos emprendimientos, con más del 50%, eran los inversores ángeles (ver Apéndice), seguidos con algo más del 20% por financiamiento por parte de amistades, familia y otros. Para 2023 este panorama cambió de forma significativa. Si bien los inversores ángeles siguen siendo el principal origen de fondos, su participación bajó de más del 50% a casi 30%. Otras fuentes de origen de fondos que tenían baja o nula participación en 2018, como capital de riesgo tanto doméstico como extranjero, instituciones financieras y otras entidades corporativas ganaron importancia representando entre 10% y 20 % de las fuentes de origen de fondos.

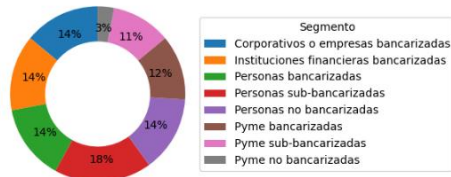


Fuente: Elaboración propia en base a Finovista (2024).

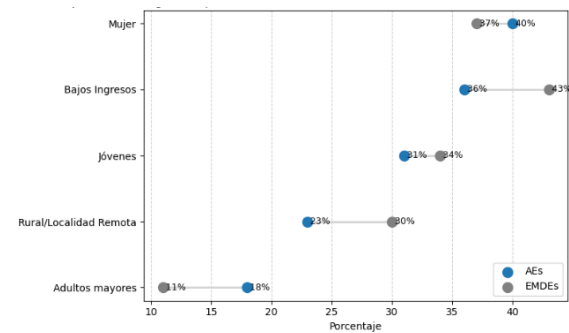
Un punto destacable de estas nuevas tecnologías, como se discutió en la sección anterior es el de democratizar el acceso al financiamiento y promover la inclusión. Al analizar la población objetivo a la cual se dirigen los productos o servicios Fintech se puede notar que cerca de la mitad está dirigida a personas o empresas no bancarizadas o sub-bancarizadas, permitiendo entonces a estos agentes acceder a instrumentos financieros para mejorar su desempeño productivo o de consumo-inversión (ver gráfico 7).

## Gráfico 7. Población objetivo de los productos o servicios Fintech

**Panel A. Composición de la población objetivo por segmento**



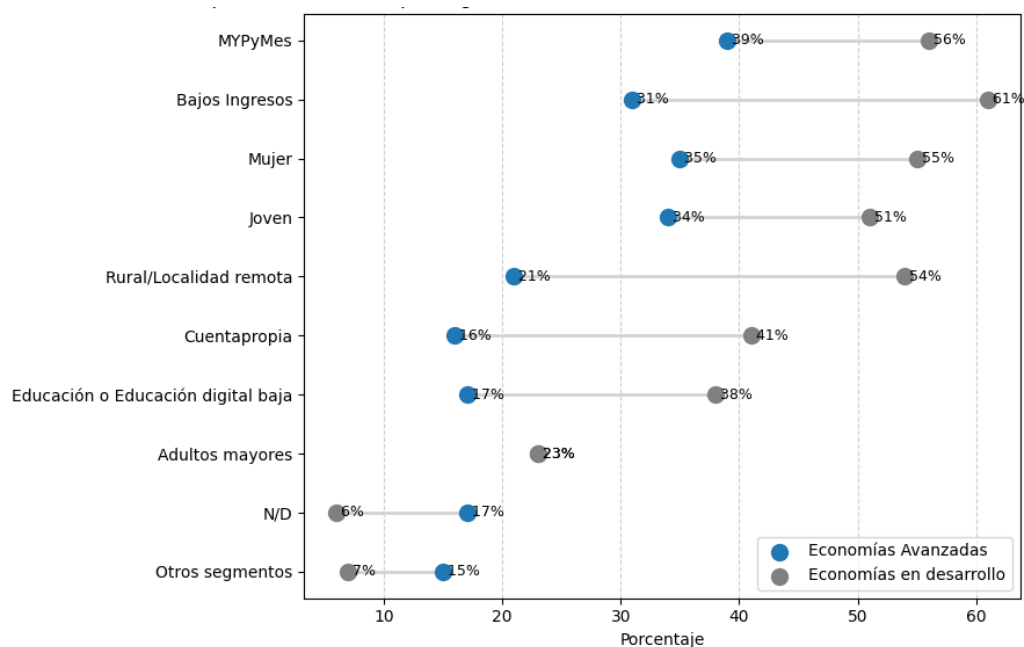
**Panel B. Proporción del segmento por clientes. Economías avanzadas versus economías en desarrollo**



Fuente: Elaboración propia en base a Propson et al. (2024).

Las Fintech ofrecen productos y servicios diseñados especialmente para esta población menos atendida, en particular en las economías en desarrollo. En estas economías las Fintechs priorizaron productos para micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs), población de bajos ingresos, mujeres, jóvenes y población rural en mayor medida que en los países desarrollados. Todo esto favorece la inclusión y el acceso a financiamiento en estas economías, promoviendo un mayor desarrollo e inclusión financiera en general, que como vimos al inicio presentan grandes brechas todavía en la región. Dentro de estos productos para la inclusión financiera se destacan las opciones de repago flexibles, los productos de microaseguración y las transferencias internacionales a bajo costo (muy importante para la transferencia de remesas).

## Gráfico 8. Proporción de clientes por segmento. Economías avanzadas versus economías en desarrollo



Fuente: Elaboración propia en base a Propson et al. (2024).

### ***La oferta de crédito por parte de las Fintechs y Bigtechs***

Los modelos de crédito Fintechs empezaron como plataformas descentralizadas donde los prestamistas elegían prestatarios o proyectos. La función de las plataformas era resolver problemas de información tanto sobre características del prestatario como de los procesos de selección. Con el tiempo algunas de estas instituciones optaron por financiar a inversores institucionalizados y sofisticaron sus modelos de crédito. Sin embargo, el negocio principal de las Fintech sigue siendo ofrecer servicios financieros (Cornelli et al., 2020).

Estas fuentes alternativas de crédito permitieron expandir los servicios financieros disponibles, incrementando la masa de recursos disponibles para las firmas. De acuerdo Cornelli et al.(2020) estas formas alternativas de crédito crecieron de forma monótona en el período 2013-2019. Sin embargo, este crecimiento no fue simétrico, mientras que las Fintech muestran un comportamiento de U invertida, incrementando hasta 2017 para luego empezar a caer, las Bigtech no dejaron de aumentar en todo el período.

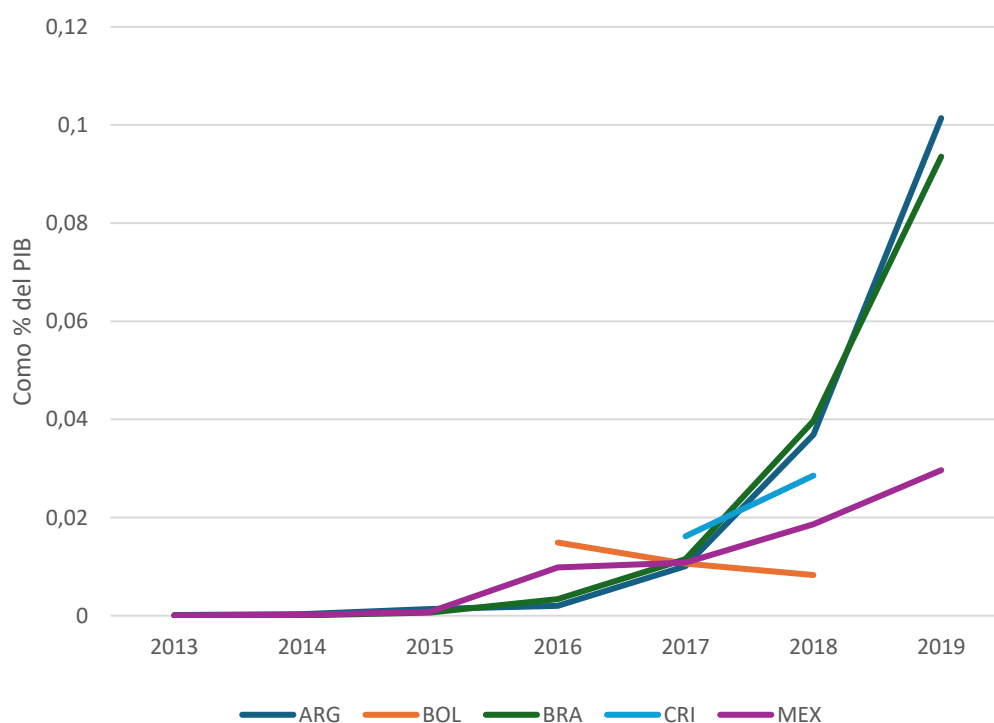
Este comportamiento dispar tiene también su correlato geográfico. Mientras que el crecimiento de las Bigtech tuvo gran impulso en Asia, Estados Unidos, algunos países de África y América Latina, las Fintech crecieron de manera significativa durante todo el período en Europa, Australia y Nueva Zelanda, crecieron hasta 2017 y luego se amesetaron en Reino Unido y Estados Unidos y tuvieron forma de U invertida en China.

El análisis de Cornelli et al. (2020) detalla que estas formas alternativas de crédito crecen con el desarrollo económico, aunque a una tasa decreciente. Su crecimiento también es mayor donde los márgenes bancarios son mayores y donde la regulación bancaria es más laxa, siendo estas dos características especialmente importantes para las Fintechs. Estas formas alternativas de crédito parecen haber sido un buen complemento del crédito bancario tradicional, llegando a sectores desatendidos por el sistema tradicional, aunque también incrementó la competencia en los segmentos que ya eran atendidos por la banca tradicional.



En cuanto a la evolución de los créditos otorgados por las Fintech y Bigtechs en la región, el gráfico 9 muestra datos para un conjunto de países que cuentan con información. Se puede apreciar que, si bien la participación es todavía baja, la mayoría de los países viene mostrando un crecimiento vertiginoso, en particular a partir de 2017. En Argentina y Brasil, el crédito provisto por Fintechs y Bigtechs pasó de prácticamente 0 en 2016 a cerca de 0,1% del PIB en 2019, último año para el cuál se dispone de datos. En México el crecimiento comienza en 2016 pero es menos pronunciado que en Argentina y Brasil, alcanzando 0,03% del PIB en 2019. Costa Rica solo dispone de datos para 2017 y 2018, pero se observa una tendencia creciente, pasando de 0,016% a cerca de 0,03%. La excepción es Bolivia, que muestra una caída en la participación de los créditos de este tipo de empresas pasando de 0,015% en 2016 a 0,008% en 2018.

**Gráfico 9. Crédito provisto por empresas Fintech y Bigtech**



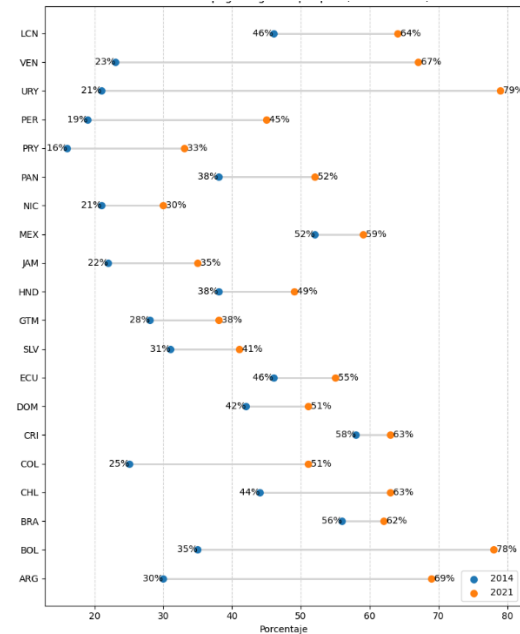
Fuente: Elaboración propia en base a Banco Mundial (2025b).

## La demanda de servicios financieros

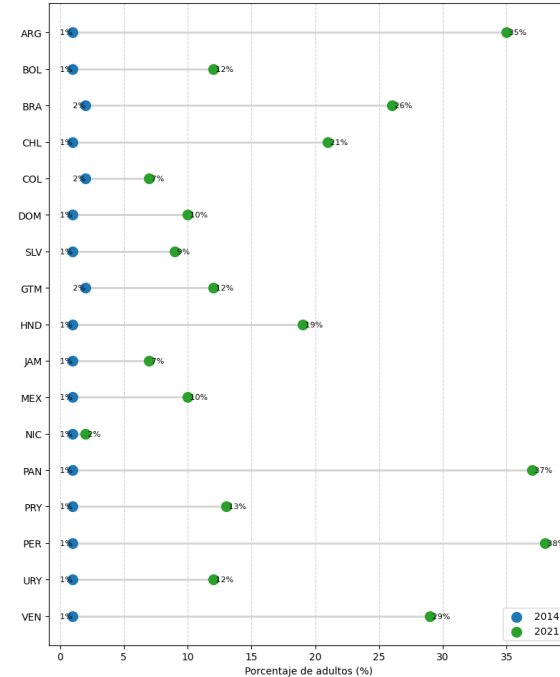
El uso de servicios financieros digitales muestra un claro aumento a nivel regional en los últimos años. A nivel regional, la proporción de adultos que hizo o recibió un pago digital se incrementó de 44% a 66% entre 2014 y 2021, mostrando la generalización en el uso que tuvo este tipo de instrumentos en la región. Esta tendencia se observa en la mayoría de los países, destacándose los países de América del Sur con aumentos de más de 20 porcentuales en la mayoría de los países. En el caso de América Central y el Caribe, se observa un conjunto de países con un uso elevado en 2014 y donde el aumento es modesto, y otro conjunto de países con un nivel de uso bajo en 2014 y sin aumentos (o incluso con caídas) para 2021.

**Gráfico 10. Evolución de pagos digitales y cuentas de dinero móvil por país. Año 2014 versus 2021.**

**Panel A. Pagos digitales**



**Panel B. Cuentas de dinero móvil**



Fuente: Elaboración propia en base a Banco Mundial (2025b).

Esta tendencia en el uso de pagos móviles se observa también en el caso de cuentas de dinero móvil. Las cuentas de dinero móvil son cuentas financieras que se gestionan mediante dispositivos móviles, en particular teléfonos celulares. Ejemplos de este tipo de cuentas son Tigo Money, Modo, Plin, entre otros. En 2014 era poco frecuente que las personas dispusieran de una cuenta de dinero móvil, representando a menos del 5% de las personas, mientras que para 2021/2022 se nota en la mayoría de los países un incremento significativo mostrando valores en algunos casos superiores al 30%.

### ***La digitalización y el acceso al financiamiento de las empresas Micro, Pequeñas y Medianas***

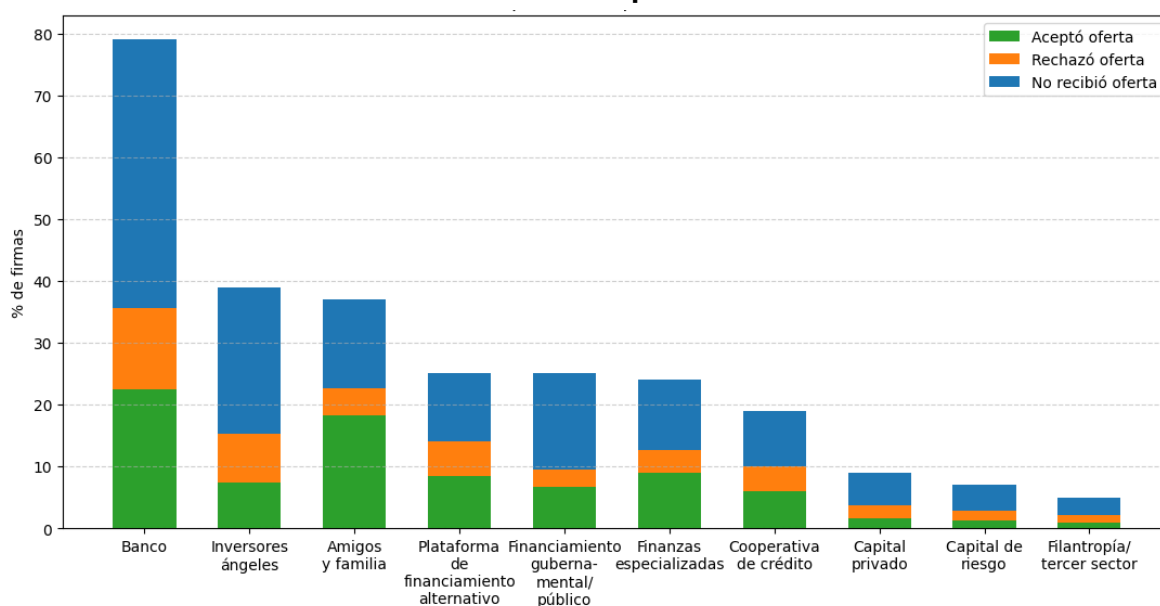
Con la digitalización aparecieron nuevas formas de entablar esta relación crediticia. Sin pretender brindar una lista exhaustiva, las más utilizadas son las relaciones Persona a Persona (P2P)/Marketplace, donde la plataforma digital actúa como intermediario entre prestamista y prestatario; la negociación de facturas, donde una plataforma ofrece comprar las facturas por cobrar a una empresa que precisa de efectivo; o el financiamiento colectivo (crowdfunding), donde un individuo o empresa recauda dinero para un proyecto o negocio particular.

Ziegler et al. (2022) llevaron adelante una encuesta desarrollada por el Centro de Finanzas Alternativas de Cambridge (CCAF, por sus siglas en inglés) y el BID, entre 33 empresas Fintech de LATAM y 540 MIPyMES que usaron herramientas financieras digitales. La mayor parte de las empresas que respondieron la encuesta y que hicieron uso de financiamiento digital utilizaron modelos P2P o Marketplace (76%) seguido por

negociación de facturas (13%) y financiación colectiva (11%). El monto promedio solicitado es relativamente bajo, en torno a los 3.900 USD, aunque presenta una gran varianza.

Una parte importante de estas empresas encuestadas había buscado financiamiento anteriormente, con distintos resultados en cuanto a recepción de una oferta luego de la solicitud y a aceptación de la oferta por la contraparte. Un 80% había realizado una solicitud de financiamiento en un banco, de las cuales menos de la mitad recibieron una oferta por parte del banco y un 60% de ellas aceptó la oferta de crédito. La siguiente forma de financiamiento más utilizada fue de inversores ángeles, donde cerca del 40% de los encuestados buscaron financiamiento, de los cuales sólo el 40% de ellos recibió una oferta y la mitad de las ofertas fueron aceptadas. Finalmente, la tercera forma más utilizada fue créditos de familias y amigos, donde un 37% de los encuestados buscó financiamiento por este medio, de los cuales 61% recibieron oferta y un 80% de las ofertas fueron aceptadas. Otras formas de financiamiento buscados y utilizados fueron: plataformas de financiamiento alternativos, financiamiento público, proveedores financieros especializados, cooperativas de crédito, capital privado, capital de riesgo y filántropos.

**Gráfico 11. Forma de captación de fondos**

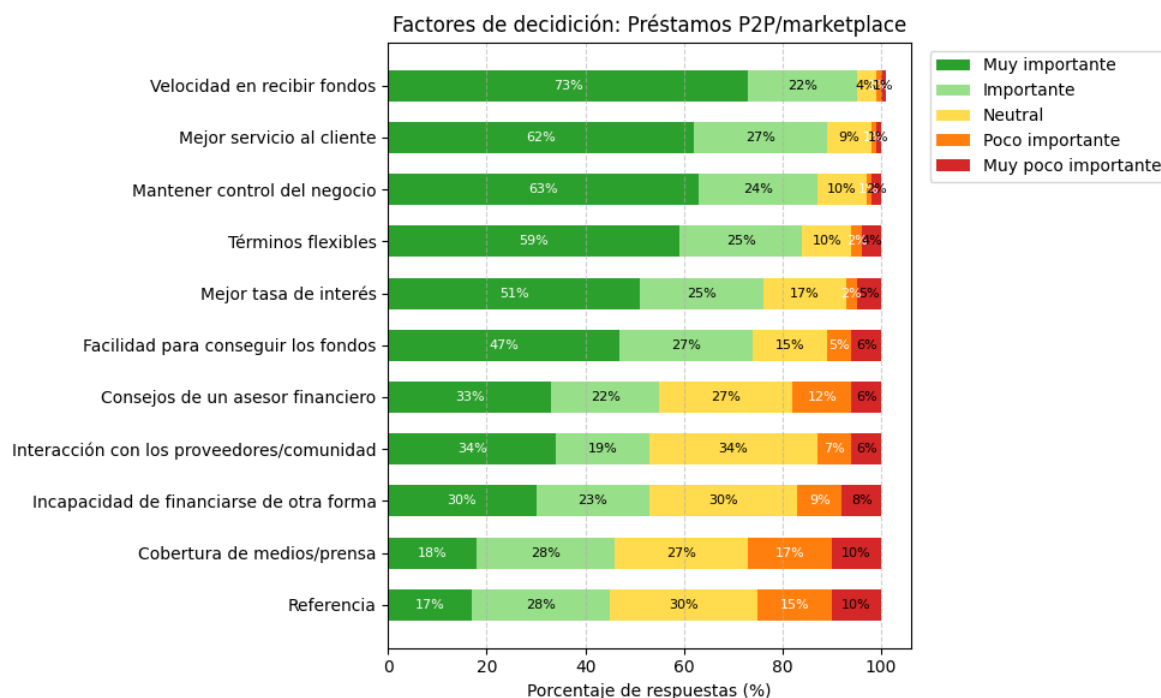


Fuente: Elaboración propia en base a Ziegler et al. (2022).

En cualquiera de los modelos de plataforma utilizados (P2P/Marketplace, negociación de facturas, crowdfunding) las empresas solían hacer uso de servicios bancarios, en particular de transferencias o tarjetas de crédito personales.

Respecto a las razones para elegir las plataformas digitales, los encuestados respondieron entre las más importantes la velocidad de obtención de fondos, mejor servicio al cliente y términos flexibles.

**Gráfico 12. Factores de decisión. Préstamos P2P/Marketplace**



Nota: Si bien este gráfico es para el financiamiento P2P/Marketplace, los factores principales son similares entre las distintas alternativas. Además, esta fue el principal recurso utilizado.

Fuente: Ziegler et al. (2022).

En definitiva, se puede apreciar que el sector de las MiPyMEs tenía dificultades para acceder a ofertas de crédito antes de la digitalización, y que parte de estos segmentos fueron atendidos por las Fintech, reforzando la idea de que, si bien compiten por un segmento de los clientes, las Fintech complementan a las finanzas tradicionales, atendiendo a segmentos previamente desatendidos, y, por lo tanto, incrementando la inclusión financiera de individuos y empresas.

## Espacios de política

Si bien el sector privado es el motor clave para la expansión de los servicios financieros digitales y la adopción de la IA, ciertas políticas públicas son indispensables para crear los incentivos y condiciones que impulsen esta transformación. Estas políticas abarcan diversos ámbitos, incluyendo aspectos regulatorios, así como temas relacionados con factores habilitantes tales como la infraestructura de conectividad digital y el desarrollo de habilidades digitales y financieras.

Los bancos de desarrollo multilaterales son actores clave en el desarrollo de los servicios financieros digitales, no solo ofreciendo financiamiento tanto para proyectos de infraestructura digital como para el desarrollo de Fintech; sino también generando conocimiento, promoviendo la difusión de buenas prácticas entre países y el desarrollo y penetración de servicios digitales innovadores. El Recuadro 2 señala algunas iniciativas de CAF para el apoyo de digitalización de servicios financieros.

### Recuadro 2: La acción CAF en digitalización e inclusión financiera

Desde hace tiempo ya que CAF-banco de desarrollo de América Latina y el Caribe viene trabajando tanto en su agenda de digitalización como de educación e inclusión

financiera. Un ejemplo de estas últimas son las encuestas de capacidades financieras que se llevan a cabo en distintos países de la región y que tienen como objetivo conocer el nivel de educación financiera de los ciudadanos de la región.

Entre los proyectos e iniciativas relacionados a la digitalización y a la educación e inclusión financiera. Por ejemplo, el "Programa Sectorial para Apoyar la Agenda Nacional de Conectividad" en Ecuador o el "Programa de Apoyo a la Implementación de la Estrategia de Transformación e Inclusión Digital" en Trinidad y Tobago, que tienen como objetivo aportar a cerrar la brecha digital en ambos países. Entre los relacionados a la inclusión y educación financiera podemos encontrar el "Programa de Inclusión Financiera e Innovación Digital del Gobierno Mexicano con Enfoque de Género" cuyo objetivo es fortalecer a la población mexicana en su salud financiera, priorizando la perspectiva de género, o una inversión patrimonial a través de compras de acciones que se llevó adelante en Colombia con el objetivo de promover el desarrollo y crecimiento continuo de una plataforma digital y soluciones de tecnología financiera para el sector Pyme. CAF también lleva adelante un laboratorio de inclusión financiera que busca apoyar proyectos e iniciativas innovadores y que incorporen elementos tecnológicos para reducir la brecha financiera, así como promover el uso y la calidad de los productos y servicios financieros.

Sin duda, la banca multilateral, a través de proyectos de desarrollo y mantenimiento de la infraestructura digital, así como de programas de educación e inclusión financiera como los descritos anteriormente pueden ser un aliado clave para que los países avancen a un paso acelerado pero firme en su camino hacia la digitalización y la inclusión financiera.

Fuente: Elaboración propia en base a Italia (2024).

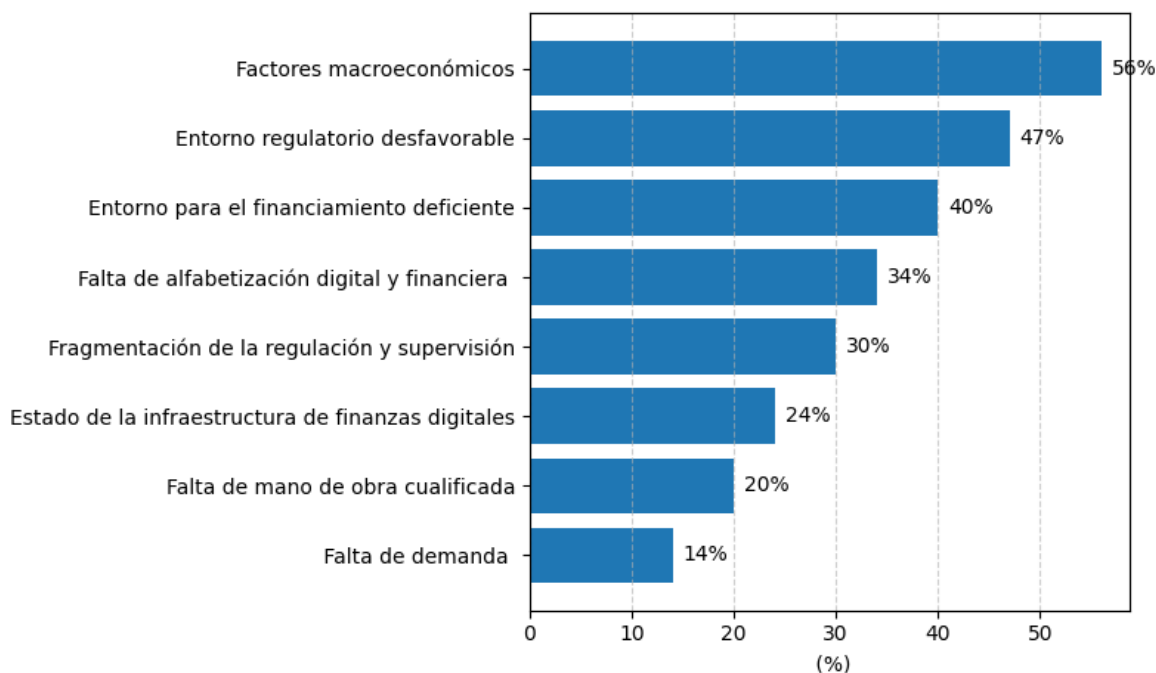
Las estrategias de política deben ser integrales y reconocer la complementariedad entre estos ámbitos como entre los actores tradicionales y los emergentes, fomentando sus sinergias. En efecto, la asociación entre entidades financieras tradicionales y las Fintech permite aprovechar las fortalezas de ambos tipos de organizaciones: por ejemplo, las instituciones financieras tradicionales aportan su marca, cartera de clientes y acceso a fondos, mientras que las Fintech ofrecen innovación tecnológica, sistemas modernos de información y la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos de consumidores (Kelly et al., 2017) .

El primer apartado de esta sección se enfoca en aspectos regulatorios, mientras que el segundo aborda de manera sucinta otros ámbitos de acción. Este énfasis en la regulación es consistente con la evidencia que señala las carencias en los marcos regulatorios como uno de los principales obstáculos. De hecho, una encuesta reciente a Fintechs a nivel global<sup>10</sup> indica que un "ambiente regulatorio desfavorable" es el segundo obstáculo más importante (señalado por el 47% de los encuestados), solo superado por las condiciones macroeconómicas (ver gráfico 13). El tercer factor más comúnmente mencionado (40% de las Fintech encuestadas) se asocia a un entorno deficiente para el financiamiento de

<sup>10</sup> La encuesta es del *World Economic Forum* (2024), referida en el trabajo de Ferri De Camargo Paes et al. (2024) . La encuesta con un formato de panel, selecciona cuidadosamente a 227 Fintechs en 6 regiones (Asia Pacífico, Europa, América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Canadá, y África subsahariana).

las Fintechs, otro aspecto que también puede mejorarse a partir de la regulación. Al analizar específicamente la situación de las Fintechs en la región, un “entorno regulatorio desfavorable” es percibido como el principal obstáculo (54% de los encuestados), superando incluso al entorno adverso para el financiamiento (46%) y a los factores macroeconómicos (41%).

**Gráfico 13. Factores limitantes**



Fuente: Ferri De Camargo Paes et al. (2024).

## Marcos regulatorios

El marco regulatorio para la digitalización de servicios financieros procura fomentar la innovación, la competencia, y la diversificación de servicios e inclusión financiera; y a la vez, mitigar riesgos asociados con la estabilidad financiera, la protección al consumidor y la ciberseguridad. Esto, en un contexto de continua transformación tecnológica de actores y de productos.

Una regulación efectiva que promueva un ecosistema fintech vibrante, inclusivo y seguro requiere seguir los principios generales que se mencionan a continuación. La regulación debe ser proporcional a los riesgos de cada actividad Fintech, evaluando si los requisitos para grandes bancos aplican indiscriminadamente a Fintechs más pequeñas o de nicho, que no suelen presentar los mismos riesgos sistémicos. Además, debe enfocarse en la función de la actividad o servicio, no en la tecnología específica, para mantener su relevancia ante la evolución tecnológica (Alonso Gispert et al., 2022).

La cooperación y coordinación también son claves. Una regulación Fintech exige colaboración entre agencias reguladoras nacionales para asegurar enfoques coherentes

y evitar normativas duplicadas o contradictorias<sup>11</sup>. Igualmente importante es la cooperación internacional entre reguladores para compartir mejores prácticas, armonizar marcos y abordar los desafíos de los servicios digitales transfronterizos.

Ante la rápida innovación tecnológica y el cambiante ecosistema Fintech, la adaptabilidad y el aprendizaje son indispensables. Los reguladores necesitan un enfoque dinámico y flexible, con monitoreo constante del mercado. La regulación también debe ser integral, formando parte de una agenda más amplia de transformación digital, inclusión financiera y desarrollo sostenible. Asimismo, es clave complementar la regulación con políticas que cierren brechas de infraestructura digital, promuevan habilidades digitales y fortalezcan la educación financiera.

Además de estos principios globales, a continuación, se detallan acciones regulatorias específicas.

### ***Sandboxes y oficinas de innovación: fomentando la innovación en entornos controlados***

Los **sandboxes regulatorios** son espacios de experimentación donde empresas innovadoras ofrecen productos o servicios bajo reglas temporales. Estas reglas pueden flexibilizar requisitos y limitar, por ejemplo, el número de usuarios o el período de oferta. Así, las empresas prueban innovaciones en un entorno controlado y en colaboración con supervisores.

Esta figura reduce la incertidumbre al ofrecer un espacio controlado para probar ideas novedosas que no encajan en el marco regulatorio actual. Permiten pruebas tempranas con clientes reales y retroalimentación regulatoria directa, reduciendo tiempo y costos para lanzar innovaciones a gran escala. Igualmente, los reguladores comprenden de primera mano nuevas tecnologías, modelos de negocio y sus riesgos en un entorno de bajo impacto sistémico, aprendizaje crucial para diseñar futuras regulaciones adecuadas. Finalmente, son un canal de comunicación y colaboración entre innovadores y reguladores.

Los sandboxes son un paso intermedio y estratégico en la evolución regulatoria. Permiten a los reguladores aprender sobre tecnologías y modelos de negocio disruptivos en un entorno controlado y actúan como puente entre marcos regulatorios tradicionales —no del todo adecuados a la era digital— y nuevas normativas. Al facilitar la experimentación y recopilación de evidencia antes de emitir regulaciones definitivas, ayudan a reducir el riesgo de errores regulatorios costosos.

En América Latina y el Caribe, 9 países cuentan con estas iniciativas: Barbados, Brasil, Colombia, Ecuador, Jamaica, México, Perú, República Dominicana y Trinidad y Tobago (Finnovista et al., 2022). Su popularidad en la región refleja su utilidad para gestionar la incertidumbre regulatoria de la innovación disruptiva.

Sin embargo, su éxito práctico depende de dos factores clave. Primero, un diseño claro y pragmático que defina criterios de elegibilidad, duración de pruebas, alcance de

<sup>11</sup> La regulación y supervisión Fintech recae principalmente en autoridades financieras nacionales (superintendencias, comisiones financieras, bancos centrales). No obstante, el modelo varía según la jurisdicción y el servicio. Otras instituciones también son clave para el desarrollo del sistema fintech y una regulación sólida, incluyendo, autoridades de y de protección de datos, consumidores y telecomunicaciones.

exenciones, requisitos de protección al consumidor y planes de salida o transición a una licencia completa. Segundo, la capacidad y agilidad de la autoridad regulatoria para procesar solicitudes eficientemente, supervisar pruebas y extraer aprendizajes que informen la evolución del marco regulatorio.

Por su parte, las **oficinas de innovación** son unidades dentro de las agencias regulatorias que facilitan el diálogo entre innovadores y supervisores, guiando a empresas (reguladas o no) en el marco normativo.

La utilidad de estos centros radica en dos aspectos. Primero, la empresa innovadora, en este caso una Fintech, se familiariza con los requisitos legales y regulatorios y analiza cómo la innovación se alinea con los objetivos de política pública. Segundo, las autoridades comprenden modelos de negocio y tecnologías, y evalúan su cumplimiento con el marco regulatorio. Este diálogo continuo fomenta un aprendizaje que lleva a decisiones informadas de los reguladores, cómo crear nuevas regulaciones, revisar modelos de negocio o apoyar al emprendedor a cumplir requisitos. En la región, al menos 13 jurisdicciones tienen un hub de innovación Fintech (Finnovista et al., 2022).

### ***Finanzas y Banca Abierta: apertura de datos para una mayor competencia***

La Banca Abierta es una figura que permite a los clientes bancarios autorizar a terceros proveedores de servicios a acceder a sus datos de cuentas bancarias (saldos, transacciones, información de productos) de forma segura y estandarizada. Las Finanzas Abiertas es una extensión de este concepto, abarcando un espectro mucho más amplio de información financiera más allá de las cuentas bancarias (e.g., datos de seguros, inversiones, fondos de pensiones, hipotecas, e incluso información de servicios públicos).

El principio fundamental es que los datos pertenecen al cliente; quien debe otorgar su consentimiento explícito para que sus datos financieros sean compartidos con terceros proveedores de servicios. La mayoría de los esquemas operan de manera descentralizada, con los datos permaneciendo en las instituciones financieras de origen. El acceso e intercambio entre las instituciones financieras tenedoras de los datos y los terceros se realizan a través de lo que se conoce como Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs)<sup>12</sup>. Los entes supervisores tienen el rol central de establecer estándares técnicos para las APIs, de seguridad de la información, normas de protección de datos y privacidad, reglas para la gestión del consentimiento, y marcos de responsabilidad y resolución de disputas. Asimismo, los supervisores suelen ser responsables de acreditar o licenciar a los proveedores de servicios de pago que desean participar en el ecosistema de finanzas abiertas, asegurando que cumplen con los estándares de seguridad y solvencia.

Estas figuras catalizan la transformación del sector financiero por varias razones. Primero, fomentan la competencia: al reducir asimetrías de información y facilitar la portabilidad de datos, empoderan al consumidor para comparar productos y cambiar fácilmente de proveedor. Esto intensifica la competencia entre actores tradicionales y nuevos entrantes, presiona los precios a la baja y mejora la calidad del servicio. Segundo, impulsan la innovación, permitiendo a Fintechs y otros desarrolladores crear

<sup>12</sup> Tecnologías que, junto con un conjunto de estándares de datos, formatos de mensajes, reglas y procedimientos comunes, permiten que los programas de software de los participantes de una red se comuniquen entre sí de manera automatizada, segura y eficiente.



productos y servicios financieros innovadores y personalizados, basados en el acceso a datos del cliente.

En particular, las finanzas abiertas tienen el potencial de incluir a personas y MiPyMEs previamente excluidas del sistema financiero formal. Al permitir el uso de datos transaccionales alternativos (ej., historial de pagos de servicios) para la evaluación crediticia, pueden facilitar el acceso a préstamos a quienes carecen de un historial crediticio tradicional.

Brasil es reconocido como el líder regional y un referente global en la implementación de finanzas abiertas. El Banco Central de Brasil (BCB) impulsó una implementación regulatoria por fases, iniciada en 2020. El marco evolucionó de banca abierta a finanzas abiertas, ampliando el alcance de los datos compartibles (OCDE, 2024b).

El éxito y el impacto real de esta figura dependen críticamente de factores que van más allá de la normativa. La confianza del consumidor es primordial: los usuarios solo consentirán compartir sus datos si perciben que el sistema es seguro, que su privacidad está protegida y que tienen control sobre su información. Como buena práctica, el consentimiento otorgado por el cliente debe ser granular (para qué fines) y fácil de revocar. La integración de finanzas abiertas con otras infraestructuras digitales clave, como los sistemas de pago instantáneo (evidenciado por la sinergia con Pix en Brasil<sup>13</sup>), parece actuar como un multiplicador significativo del valor percibido. Por lo tanto, el impacto final de finanzas abiertas es el resultado de una compleja interacción entre la regulación habilitadora, la confianza del usuario, la innovación empresarial y las sinergias con el ecosistema digital más amplio.

### ***El crowdfunding: regulando nuevas formas de financiamiento***

En esencia, el crowdfunding es un mecanismo a través del cual plataformas en línea ponen en contacto a promotores de proyectos que demandan fondos con ofertantes de fondos que buscan un rendimiento o la compra de un bien o servicio. Estas plataformas permiten que una pluralidad de personas físicas o jurídicas (inversionistas) ofrezcan financiamiento a otras personas físicas o jurídicas (promotores) que solicitan fondos para un proyecto.

Existen diversas modalidades, incluyendo el crowdfunding de préstamos (P2P o P2B) y de inversión en capital (equity crowdfunding) en el cual el financiamiento viene a cambio de acciones en el emprendimiento. Una regulación adecuada del crowdfunding puede fomentar la inclusión financiera fundamentalmente al habilitar fuentes alternativas de financiamiento, fomentar la competencia, y democratizar la inversión.

Al mismo tiempo, la regulación debe mitigar los riesgos inherentes a este modelo, especialmente para los inversores minoristas o no sofisticados, quienes pueden tener dificultades para evaluar adecuadamente los riesgos de los proyectos o la solvencia de los prestatarios. El establecimiento de requisitos de autorización para las plataformas, normas de transparencia, límites de inversión y mecanismos de gestión de riesgos apuntan a crear un entorno más seguro y confiable para todos los participantes, especialmente, para los proveedores de fondos.

Varios países de la región tienen marcos jurídicos para el crowdfunding. Un informe reciente explora el estado de la regulación del crowdfunding en 8 países de la región: Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú, Uruguay y Chile (Robles Peiro, 2022). Se observa una importante dispersión en los aspectos típicamente regulados por estos

<sup>13</sup> Deloitte (2024)

instrumentos tales como requerimientos financieros a las plataformas (específicamente capital mínimo), requisito de admisión a los receptores de financiamiento y límite de financiamiento entre otros.

### ***Licencias específicas: Reconociendo la naturaleza diferencial de las Fintechs***

Una respuesta regulatoria a los nuevos modelos de negocio de las Fintechs ha sido crear regímenes de licencias específicos o adaptar los marcos vigentes con licencias diferenciadas para actividades o entidades que no encajaban en categorías tradicionales y pueden tener perfiles de riesgo y escalas de operación distintos.

Las licencias Fintech específicas o adaptadas reducen barreras de entrada y promueven la competencia al establecer requisitos (de capital, operativos, de gobernanza) proporcionales al riesgo y escala de la actividad. Al definir claramente las actividades permitidas por licencia, se incentiva la especialización e innovación en nichos de mercado. Además, estas categorías regulatorias facilitan una supervisión más efectiva, permitiendo a los supervisores desarrollar enfoques y herramientas de monitoreo adaptados a los modelos de negocio y riesgos particulares de las Fintech.

Algunos países de la región han formulado leyes especiales para el funcionamiento de la Fintechs. Un ejemplo es la ley Fintech de México promulgada en 2018. Esta ley se estructura en torno a varios pilares fundamentales (Valderrama, 2024); el primero de ellos precisamente se asocia con la regulación específica para dos nuevas figuras: (i) Instituciones de Fondos de Pago Electrónico e (ii) Instituciones de Financiamiento Colectivo. Los otros pilares incluyen los sandboxes regulatorios, activos virtuales, y finanzas abiertas.

Dos factores claves para que estas licencias específicas funcionen son la proporcionalidad y la eficiencia administrativa del regulador. Si los requisitos de capital son excesivos para los startups o si los plazos de aprobación son demasiado largos y si la supervisión posterior es inflexible o desproporcionada, la licencia puede convertirse en una nueva barrera burocrática en lugar de un facilitador.

Más allá de estas licencias específicas, un aspecto deseado del marco regulatorio es promover la interoperabilidad entre los diferentes instrumentos. La existencia de múltiples sistemas cerrados como diferentes billeteras digitales que no se comunican entre sí, fragmenta el mercado, limita la elección del consumidor y puede reforzar la posición de los actores con redes más grandes. Iniciativas regulatorias o impulsadas por bancos centrales para promover la interoperabilidad, como el sistema Pix en Brasil son cruciales para superar esta fragmentación.

### ***Identidad digital y ciberseguridad: construyendo ecosistemas seguros***

La identidad digital permite a los usuarios abrir cuentas y contratar servicios financieros de forma remota, rápida y sin fricciones. Esto reduce costos operativos, mejora la experiencia del usuario y favorece la inclusión financiera de poblaciones en áreas remotas, rurales o con dificultades de movilidad, que de otro modo enfrentarían barreras para acceder a servicios financieros formales.

Además, los sistemas de identidad digital con autenticación multifactor y verificación biométrica pueden ser más seguros que los procesos tradicionales basados en documentos físicos, ayudando a prevenir la suplantación de identidad. La IA puede ser un aliado en la ciberseguridad. Un ejemplo es la biometría conductual que puede analizar cómo los usuarios interactúan con sus dispositivos para crear un perfil biométrico conductual único, añadiendo una capa de seguridad invisible para la autenticación.

Asimismo, un buen sistema también permite a Fintechs e instituciones financieras cumplir obligaciones regulatorias de identificación y verificación de clientes, fundamentales para prevenir el lavado de activos y el financiamiento del terrorismo.

Para lograr sistemas confiables, se precisa desarrollar o adoptar marcos que definan niveles de aseguramiento, especifiquen tecnologías de verificación aceptables (biometría, validación de documentos oficiales) y promuevan la interoperabilidad. Estos marcos deben también establecer reglas claras y seguras para la verificación remota de identidad y el uso de autenticación multifactor en transacciones de alto riesgo, acceso a cuentas o cambios de información sensible.

A su vez, la regulación debe considerar ciertos riesgos. La brecha digital puede excluir a parte de la población si los sistemas dependen únicamente de acceso a smartphones o internet de alta calidad. Asimismo, la concentración de datos sensibles crea vulnerabilidades y preocupaciones sobre privacidad y uso indebido. Por ello, un marco de identidad digital exitoso debe diseñarse con principios claros de inclusión (ofreciendo alternativas para quienes enfrentan barreras digitales), seguridad robusta (protegiendo los datos contra accesos no autorizados y fraudes) y respeto a la privacidad (otorgando control al usuario sobre sus datos y transparencia en su uso), además de auditorías regulares para detectar y mitigar sesgos.

En la región se observa un uso creciente de diversas tecnologías para la identidad digital incluyendo la biometría (facial, dactilar, de voz), la verificación de documentos, y la autenticación multifactor (MFA por sus siglas en inglés). Estudios recientes revelan la presencia de sistemas de identificación digital a nivel nacional para diversos países de la región concluyendo que casi todos los países de Suramérica han adoptados sistemas de identificación; pero la adopción es menor en Mesoamérica y el Caribe (Metz y Casher (2024) y Alves et al. (2025)).

Por su naturaleza digital, las Fintech son vulnerables a ciberataques que pueden comprometer su continuidad operativa, la integridad de datos y la estabilidad financiera. Esto exige inversiones significativas en seguridad robusta (encriptación, autenticación multifactor, monitoreo constante) y una gestión proactiva de riesgos operativos. La dependencia de proveedores externos, como servicios en la nube, introduce riesgos adicionales que requieren gestión cuidadosa. Las regulaciones de ciberseguridad buscan establecer estándares mínimos de resiliencia y protección, e incluyen componentes como:

- **Gestión de riesgos cibernéticos:** Exigencia de identificar, evaluar y mitigar continuamente los riesgos de ciberseguridad asociados a sus operaciones, tecnologías y proveedores.
- **Estándares de seguridad:** Obligación de implementar controles técnicos y organizativos adecuados, como encriptación de datos (en reposo y en tránsito), seguridad de redes, gestión de accesos, desarrollo seguro de software y protección contra malware.
- **Respuesta a incidentes:** Requerimiento de planes de respuesta claros y probados para detectar, contener, erradicar y recuperarse de incidentes de ciberseguridad, incluyendo protocolos de notificación a autoridades y usuarios afectados.
- **Auditorías y pruebas:** Realización periódica de auditorías de seguridad, evaluaciones de vulnerabilidad y pruebas de penetración para verificar la efectividad de los controles.

- **Gobernanza y supervisión:** Establecimiento de estructuras de gobernanza interna claras para la supervisión de la ciberseguridad, a menudo con responsabilidad directa a nivel directivo.
- **Programas de concienciación y capacitación:** Promover o requerir programas regulares de formación en ciberseguridad para empleados y campañas de concienciación pública sobre higiene digital (contraseñas seguras, phishing, etc.).

## **Dos condicionantes claves**

Más allá de los desafíos regulatorios intrínsecos a la actividad financiera, el desarrollo de las Fintech, así como su capacidad efectiva para promover la inclusión financiera, se ve condicionado por la infraestructura de conectividad y por las habilidades digitales y financieras de los usuarios.

Existe una importante brecha digital en las economías en desarrollo, caracterizada por disparidades en el acceso y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación basadas en factores como los ingresos, el género, la educación y la ubicación geográfica. Según el Reporte de Progreso y Tendencias Digitales 2023 (Banco Mundial, 2024), los países de ingresos medios-altos presentan brechas en el uso de internet urbano vs rural de 22 puntos porcentuales; las brechas de género son de 5 puntos porcentuales, y entre adultos y jóvenes son de 19 puntos. Para el caso de los países de ingreso medio-bajo, los valores son 34, 15 y 13, respectivamente.

Si bien, estas brechas dependen de diversos factores; aspectos relacionados con infraestructura y habilidades juegan un rol protagónico. Esta brecha puede limitar el alcance y el impacto de los servicios financieros digitales y las aplicaciones de IA, excluyendo potencialmente a las poblaciones más vulnerables. La limitada penetración de Internet, particularmente en las zonas rurales y remotas, y la falta de asequibilidad de los teléfonos inteligentes y los servicios de datos, pueden impedir que muchas personas accedan a los servicios financieros digitales y aprovechen las herramientas impulsadas por IA.

### ***Infraestructura Digital y Conectividad:***

Un habilitador fundamental para el despliegue de las Fintech es la infraestructura digital y de conectividad. Para poder hacer uso de los servicios brindados por las Fintech es preciso tener acceso a internet y un dispositivo móvil (teléfono inteligente, tablet u ordenador). No solo la disponibilidad es importante, sino también la calidad del servicio para poder tener una mejor experiencia del usuario.

La región todavía presenta importantes brechas en cuanto a velocidad de descarga y de acceso a internet. En la mayoría de los países hay grandes heterogeneidades geográficas. De acuerdo con Alves et al. (2025), el 22 % de las jurisdicciones tienen velocidades inferiores a 25 Megabits por segundo (Mbps), lo que dificulta la realización de tareas simples como la descarga de archivos o email. Estas brechas de velocidad se observan también entre las localidades urbanas y rurales, siendo muy inferiores en estas últimas.

En la relación a la tenencia de dispositivos, el porcentaje de personas que disponen de computadoras en la región es bajo, pero los celulares han alcanzado un muy alto nivel de penetración: más del 90 % de las personas reportan tener uno en los países con datos de encuestas de hogares (Bolivia, Brasil, Colombia y México) (ver Alves et al.,

2025). La tenencia de celulares cae a valores del 60 % al 75 % entre las personas de 65 años o más, resaltando el potencial impacto negativo en inclusión y desigualdad que puede tener la penetración de finanzas digitales si no son acompañadas de políticas públicas que promuevan el acceso y, como veremos a continuación, la educación financiera y digital.

En resumen, la infraestructura de conectividad y digital así como la disponibilidad de dispositivos móviles u ordenadores es un habilitador fundamental para que la población pueda acceder a los servicios que brindan las Fintech. Inversión pública y privada que permita el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones (fibra óptica, redes móviles) y subsidios para facilitar el acceso a internet y a dispositivos, en particular para las poblaciones vulnerables, serán fundamentales para que estas oportunidades de mejorar el acceso a servicios financieros lleguen a toda la población y permitan cerrar las brechas de acceso a servicios financieros.

### ***Educación y Alfabetización Financiera y Digital:***

La disponibilidad de la tecnología por sí sola no tendrá gran efecto si la población no está capacitada para hacer un uso activo de la misma. Por ello, la alfabetización financiera y digital es otro de los habilitadores fundamentales en el despliegue de las Fintech. Además, mejorar estas habilidades es clave para mitigar desafíos vinculados al uso de estas tecnologías.

La información disponible identifica espacios de mejora en estas habilidades. Como se señala en De la Mata et. al. (2022), los habitantes de la región se caracterizan por tener conocimientos financieros bajos; al comparárseles con habitantes de países de la OCDE. Este déficit es más marcado en hogares de bajo nivel socioeconómico. Igualmente, se observa una brecha significativa en habilidades digitales entre los países de la OCDE y los de la región, especialmente en los sectores de más bajo estatus socioeconómico (Alvarez et. al., 2025).

Las disparidades en los niveles de alfabetización digital pueden dificultar la adopción y el uso efectivos de estas tecnologías, incluso cuando el acceso está disponible. Las personas con habilidades digitales limitadas pueden tener dificultades para navegar por las interfaces digitales, comprender las medidas de seguridad en línea y confiar en las plataformas financieras digitales. Lo mismo ocurre con las habilidades financieras; tal y como comentamos, la evidencia apunta a que el uso de los servicios digitales es favorecido por las habilidades financieras (Yang et al., 2023). Asimismo, el conocimiento financiero limita riesgos asociados a la penetración de los servicios financieros digitales tales como sobre endeudamiento, y problemas de ciberseguridad.

Por esto es necesario desarrollar programas de educación financiera y digital integrados en el sistema educativo y para adultos, y campañas de concienciación y protección al consumidor financiero digital. La evidencia señala que estas iniciativas son efectivas, no solo para mejorar las habilidades si no también el comportamiento financiero; asimismo, la evidencia señala la importancia de focalizar y tener un formato de contenido cónsono con la población objetivo (De la Mata et. al., 2022).

## **Conclusiones**

La digitalización de los servicios financieros representa una oportunidad transformadora para la necesaria inclusión financiera en América Latina y el Caribe. La evidencia, aunque aún incipiente, ofrece resultados alentadores que van desde la expansión de los pagos digitales y su impacto en la reducción de la pobreza y la corrupción, hasta la mayor

eficiencia y menor discriminación en la concesión de créditos por parte de plataformas digitales. Esto refuerza la idea de que estas tecnologías tienen el potencial de superar barreras tradicionales que han limitado el acceso a servicios financieros a pymes y a hogares de bajos ingresos.

Desafortunadamente, la digitalización de los servicios financieros no está exenta de desafíos. Los riesgos asociados con el sobreendeudamiento, la privacidad de los datos, los ciberataques y la exclusión de aquellos sin conectividad digital o sin las habilidades necesarias, requieren ser considerados en una estrategia integral para promover la inclusión financiera de manera segura.

Esta estrategia tiene como pilar fundamental el diseño de marcos normativos sólidos. A tal fin resultan convenientes los *sandboxes*, que son espacios de experimentación donde empresas innovadoras ofrecen productos o servicios bajo reglas temporales, reduciendo la incertidumbre para probar ideas novedosas que no encajan en el marco regulatorio actual. También destacan las oficinas de innovación, que facilitan el diálogo entre innovadores y supervisores. Iniciativas como la Banca Abierta, la regulación del *crowdfunding* y la creación de licencias específicas para Fintech son cruciales, al igual que el fortalecimiento de la identidad digital y la ciberseguridad.

Estas iniciativas regulatorias son indispensables, pero también es imperativo invertir en infraestructura digital para cerrar la brecha de conectividad y en programas de educación y alfabetización financiera y digital para empoderar a los usuarios. Este empoderamiento y conocimiento serán clave para mitigar los riesgos de la penetración del uso de servicios financieros digitales.

Esta estrategia demanda un enfoque colaborativo donde el sector privado impulse la innovación, mientras que el sector público cree un entorno habilitador. Solo a través de este enfoque equilibrado se podrá asegurar que la promesa de la digitalización financiera se traduzca en una inclusión financiera más equitativa y sostenible, contribuyendo al desarrollo integral de la región.

## Referencias

- Alonso Gispert, T., Chatain, P.-L., Driessen, K. J. T., Queiroz Palermo, D., & Plaitakis, A. I. (2022). *Regulation and Supervision of FinTech: Considerations for EMDE Policymakers*. Banco Mundial. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099735204212215248/pdf/P173006033b45702d09522066cbc8338dcb.pdf>
- Álvarez, F., de la Mata, D., Frisancho, V., Juncosa, F., & Toledo, M. (2025). *Conocimiento que transforma: Veinte años al servicio de un futuro próspero, inclusivo y sostenible* (Reporte de Economía y Desarrollo). <https://red20.caf.com/>
- Álvarez, F., López, O., & Toledo, M. (2021). *Acceso al financiamiento de las pymes*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1752>
- Alves, G., Brassiolo, P., Buccari, F., Camacho, C., Cifuentes, R., Estrada, R., & Fajardo, G. (2025). *Soluciones cercanas: El papel de los gobiernos locales y regionales en América Latina y el Caribe* [Reporte de Economía y Desarrollo]. CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2430>
- Bakker, B., Garcia-Nunes, B., Lian, W., Liu, Y., Perez Marulanda, C., Siddiq, A., & Sumlinski, M. (2023). *The Rise and Impact of Fintech in Latin America*. International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9798400235474.063>
- Banco Mundial. (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-2049-6>
- Banco Mundial. (2025a). *Encuesta de empresas del Banco Mundial* [Base de datos]. <https://www.enterprisesurveys.org/es/citing-the-data>
- Banco Mundial. (2025b). *World Development Indicators* [Base de datos]. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>
- Barasa, L. (2021). *Mobile Money Payment: An Antidote to Petty Corruption?* <https://publication.aercafriclibrary.org/handle/123456789/2408>
- Bartlett, R., Morse, A., Stanton, R., & Wallace, N. (2022). Consumer-lending discrimination in the FinTech Era. *Journal of Financial Economics*, 143(1), 30-56. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.047>
- Berg, T., Burg, V., Gombović, A., & Puri, M. (2018). *On the Rise of FinTechs – Credit Scoring using Digital Footprints* (No. w24551; p. w24551). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w24551>
- Breza, E., Kanz, M., & Klapper, L. F. (2020). *Learning to navigate a new financial technology: Evidence from payroll accounts*. <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/28249.html>
- Cornelli, G., Frost, J., Gambacorta, L., & Jagtiani, J. (2024). The impact of fintech lending on credit access for us small businesses. *Journal of Financial Stability*, 73, 101290.
- Cornelli, G., Frost, J., Gambacorta, L., Rau, P. R., Wardrop, R., & Ziegler, T. (2020). *Fintech and big tech credit: A new database*.

- Dalton, P. S., Pamuk, H., Ramrattan, R., Uras, B., & Van Soest, D. (2024). Electronic Payment Technology and Business Finance: A Randomized, Controlled Trial with Mobile Money. *Management Science*, 70(4), 2590-2625. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4821>
- De La Mata, D., Berniell, L., Schargrodsky, E., Álvarez, F., Arreaza, A., & Alves, G. (2022). Desigualdades heredadas. El rol de las habilidades, el empleo y la riqueza en las oportunidades de las nuevas generaciones. Caracas. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1981>
- Deloitte. (2024). *Open Banking. Enseñanzas, riesgos y oportunidades*. Deloitte. file:///C:/Users/User/Downloads/folleto\_open\_banking\_ensenanzas\_riesgos\_opportunidades.pdf
- Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., & Ansar, S. (2022). *The Global Findex Database 2021: Financial inclusion, digital payments, and resilience in the age of COVID-19*. World Bank Publications.
- Ferri De Camargo Paes, F., Suresh, K., K. Salman, D., Mutinda, S., Xie, Z., Zhang, B. Z., & Propson, D. (2024). The Future of Global Fintech: Towards Resilient and Inclusive Growth. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4992737>
- Finnovista, Banco Interamericano de Desarrollo, & BID Invest. (2022). *Fintech en América Latina y el Caribe: Un ecosistema consolidado para la recuperación*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0004202>
- Finovista, Banco Interamericano de Desarrollo, & BID Invest. (2024). *Fintech en América Latina y el Caribe: Un ecosistema consolidado con potencial para aportar a la inclusión financiera regional*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0013032>
- FMI. (2024). *Financial Access Survey* [Base de datos]. <https://data.imf.org/?sk=E5DCAB7E-A5CA-4892-A6EA-598B5463A34C>
- Fuster, A., Plosser, M., Schnabl, P., & Vickery, J. (2018). The Role of Technology in Mortgage Lending. *National Bureau of Economic Research, Inc.*, 24500. <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/24500.html>
- Italia, M. (2024). Conectividad, inclusión y transformación digital para un mayor progreso. *Impacto CAF*. <https://www.caf.com/media/4672990/impactocaf-conectividad-y-transformacion-digital-informe-completo.pdf>
- Jack, W., & Suri, T. (2014). Risk Sharing and Transactions Costs: Evidence from Kenya's Mobile Money Revolution. *American Economic Review*, 104(1), 183-223. <https://doi.org/10.1257/aer.104.1.183>
- Kelly, S., Ferenzy, D., & McGrath, A. (2017). How financial institutions and fintechs are partnering for inclusion: Lessons from the frontlines. *Center for Financial Inclusion at Accion*.
- Lavalleja, M. (2020). *Panorama de las fintech: Principales desafíos y oportunidades para el Uruguay* (No. 48; Estudios y Perspectivas). Oficina de la CEPAL en Montevideo. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a2f979b7-4e6b-481e-ba08-317b68cbbf23/content>



- Metz, A., & Casher, C. (2024). *ID4D Global Dataset: Volume 2—Digital identification progress and gaps*. Banco Mundial. <https://id4d.worldbank.org/global-dataset>
- OCDE. (2024a). *Financing SMEs and Entrepreneurs 2024: An OECD Scoreboard*. OECD. <https://doi.org/10.1787/fa521246-en>
- OCDE. (2024b). *Nota de antecedentes: Investigaciones de oficio. Documento DAF/COMP/LACCF(2024)11*. Foro Latinoamericano y del Caribe sobre Competencia. [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/LACCF\(2024\)11/es/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/LACCF(2024)11/es/pdf)
- Osei-Tutu, F., & Taylor, D. (2024). The impact of mobile money adoption on firm innovation. *Economics Letters*, 244, 112006. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.112006>
- Propson, D., Ajvazoska, E., de Camargo Paes, F. F., Mutinda, S., Salman, D., Shemin, J. L., Suresh, K., Xie, Z., & Zhang, B. (2024). *The future of global fintech: Towards resilient and inclusive growth*.
- Riley, E. (2024). Resisting Social Pressure in the Household Using Mobile Money: Experimental Evidence on Microenterprise Investment in Uganda. *American Economic Review*, 114(5), 1415-1447. <https://doi.org/10.1257/aer.20220717>
- Robles Peiro, R. H. (2022). *Regulación del crowdfunding en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0004429>
- Suri, T., & Jack, W. (2016). The long-run poverty and gender impacts of mobile money. *Science*, 354(6317), 1288-1292. <https://doi.org/10.1126/science.aah5309>
- Valderrama, C. (2024, febrero 7). *¿Qué es la Ley Fintech? Y ¿Cómo está transformando a México?* <https://www.legalparadox.com/post/qu%C3%A9-es-la-ley-fintech-y-c%C3%B3mo-est%C3%A1-transformando-a-m%C3%A9xico>
- Yang, J., Wu, Y., & Huang, B. (2023). Digital finance and financial literacy: Evidence from Chinese households. *Journal of Banking & Finance*, 156, 107005. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2023.107005>
- Ziegler, T., de Camargo Paes, F. F., Closs, C. L., Soki, E., Herrera, D., & Sarmiento, J. (2022). The SME Access to Digital Finance Study: A Deep Dive into the Latin American Fintech Ecosystem. *Judge Business School, University of Cambridge, UK*. <https://www.jbs.cam.ac.uk/faculty-research/centres/alternative-finance/publications/sme-access-to-digital-finance-study-latam>.

## Anexo I: Glosario de términos

- **Pagos y Remesas:** Este segmento está integrado por soluciones innovadoras que facilitan la gestión y transferencia de dinero a nivel local e internacional. Incluyen a empresas que brindan servicios de pago en línea para el comercio electrónico, puntos de venta, tarjetas recargables o prepago, agregadores de tarjetas de crédito, pagos a través de lectura de códigos QR, billeteras móviles, transferencias de persona a persona, entre otras. Su crecimiento se ve impulsado por la necesidad de alternativas al efectivo y a los sistemas de pago tradicionales, a menudo costosos o inaccesibles
- **Préstamos:** Este segmento abarca una variedad de servicios que buscan modernizar y facilitar el acceso al crédito tanto para consumidores como para empresas. Se trata de un instrumento alternativo a la banca tradicional que permite solicitar préstamos de manera ágil y simplificada. Incluye a las plataformas de préstamos de persona a persona (peer to peer o P2P), personas a empresas (peer to business), y a empresas que otorgan créditos o descuentan facturas. Las plataformas de préstamos de persona a persona funcionan como intermediarios entre prestatarios y prestamistas, asumiendo este último el riesgo por el préstamo. Los prestamistas pueden disminuir el riesgo a través de su fraccionamiento, es decir, prestando pequeñas cantidades a muchas personas. Una de sus principales contribuciones es la disminución de las tasas de interés a partir de una estructura más eficiente que la de los préstamos tradicionales. A su vez, permite el acceso a crédito a personas o PYMES que por sus características no podían acceder a un crédito en una institución financiera tradicional. Dentro de este segmento, a nivel mundial destacan empresas como Lending Club, Prosper, On Deck, Kabbage, Borro, NoviKap, Affirm, Patch of Land, Avant, SoFi, Zopa y RateSetter (Lavalleja, 2020). Este segmento es uno de los más importantes y de mayor crecimiento en la ALyC.
- **Gestión de finanzas empresariales:** Ofrece herramientas digitales para la optimización de las operaciones financieras. Incluye servicios de contabilidad, gestión de gastos, facturación electrónica, cobranzas, compliance, y gestión de la información, entre otras.
- **Gestión de finanzas personales:** Ofrece herramientas digitales para la optimización de las finanzas personales. Son aplicaciones que facilitan la administración de las mismas, permitiendo, a través de la utilización de datos y la sistematización de información, un manejo más eficiente en el uso del dinero y la toma de decisiones de ahorro, gasto e inversión.
- **Tecnologías y servicios para instituciones financieras:** Agrupa una gama de soluciones tecnológicas diseñadas para modernizar y optimizar los procesos financieros de empresas fintech e instituciones tradicionales. Incluye herramientas digitales, inteligencia artificial (IA), Big Data, algoritmos inteligentes, interfaces de programación de aplicaciones, contratos inteligentes, prueba de conocimiento cero, almacenamiento e intercambio distribuido de datos entre otros.

También incluye empresas que brindan servicios a los bancos con soluciones de infraestructura que mejoran su funcionamiento, incluyendo el manejo y análisis de bases de datos, y el desarrollo de la interfaz para aplicaciones de terceros con los sistemas internos de los bancos, y otras que ofrecen servicios en el área de seguridad, autenticación y prevención del fraude.

- **Gestión patrimonial/Inversiones:** Hace referencia a la integración de tecnologías digitales a la gestión y planificación de activos financieros para individuos y empresas. Plataformas digitales que facilitan la administración de patrimonio, el acceso a inversiones (mercados de valores, fondos) y el trading, a menudo con barreras de entrada más bajas que los servicios tradicionales. Incluye servicios de asesoramiento financiero y gestión de inversiones, y soluciones para el mercado de valores.
  - Asesoramiento financiero: Son aplicaciones que ofrecen recomendaciones de productos y asignación de cartera teniendo en cuenta el perfil de riesgo, los objetivos financieros y las necesidades de liquidez del cliente.
  - Gestión de inversiones: Usan algoritmos y tecnología para personalizar la estrategia de inversión, y reequilibrar las carteras automáticamente para mantener las asignaciones de activos previstas.
- **Insurtech:** Empresas que aplican tecnología para mejorar la eficiencia de la cadena de valor del sector asegurador, desde la tarificación y suscripción hasta la gestión de siniestros y nuevos modelos (como los seguros P2P). Respecto a la industria aseguradora tradicional ofrecen contratos de seguros en línea, nuevos productos, procesos más rápidos con el objetivo de mejorar la experiencia del cliente, agilizar las operaciones y crear productos personalizados generando ahorros y mayor eficiencia.
- **Regtech/Suptech:** Tecnologías diseñadas para ayudar a las entidades financieras a cumplir con las regulaciones de manera más eficiente (Regtech) y para que los supervisores mejoren sus capacidades de monitoreo y análisis (Suptech).
- **Servicios para bienes raíces o Proptech:** Son empresas que ofrecen alternativas para la búsqueda de inmuebles, financiamiento compartido, crédito hipotecario, gestión de portafolios inmobiliarios, compra y venta de propiedades sin intermediarios y análisis de información para la toma de decisiones. Todo esto ayuda a reducir tiempos y costos, aumentar la eficiencia operativa y tener un mayor control de la gestión por parte de vendedores y compradores o inquilinos.
- **Criptoactivos/Blockchain:** Son aplicaciones que utilizan criptomonedas y tecnología de blockchain para realizar pagos digitales. Aunque a veces se debate su categorización, las actividades relacionadas con activos virtuales (criptomonedas, tokens) y la tecnología de registro distribuido (DLT) forman parte integral del panorama fintech, impactando áreas como pagos, transferencias e incluso la emisión y negociación de instrumentos financieros. Estos pagos son rápidos, seguros y sin intermediarios, y al utilizar la tecnología blockchain permite una trazabilidad y transparencia en el flujo de operaciones.
- **Banca digital:** Operan con una licencia bancaria propia o la de un tercero, brindando servicios bancarios a través de soluciones digitales. Se caracterizan por no contar con infraestructura física y una menor cantidad de trabajadores. Permiten realizar transacciones de forma autónoma, segura, y rápida, y ofrecen una experiencia de usuario optimizada. Brindan un servicio ágil y de menor costo. Han experimentado un crecimiento significativo en la región.
- **Financiamiento colectivo:** Representa la innovadora y creciente modalidad de financiamiento que permite a individuos, emprendedores y empresas acceder a recursos económicos a través de aportaciones de otros individuos. Este financiamiento puede ser a partir de capital o de instrumentos de deuda o de

donaciones. Son plataformas que conectan proyectos o emprendedores que necesitan financiación con una multitud de pequeños inversores (equity crowdfunding, crowdlending, recompensas, donaciones).

- **Finanzas abiertas:** Incluye el uso de API para que desarrolladores externos accedan a datos financieros. Esto permite crear aplicaciones y servicios financieros que mejoran la experiencia del usuario y la inclusión financiera. Para garantizar la seguridad de los datos, se implementan medidas como el cifrado, autenticación y autorización
- **Inversores ángeles:** Son agentes que proveen de capital a un start up, generalmente a cambio de una participación accionaria. Además de capital financiero suelen aportar también conocimientos profesionales o empresariales útiles para el desarrollo de la empresa.
- **Bigtechs:** Son compañías, en general tecnológicas, que proveen servicios financieros a clientes, pero cuyo negocio principal no es el financiero. Ejemplos de este tipo de instituciones son Alibaba/Ant group, Mercadolibre o Microsoft
- **Fintech:** Proviene de los términos en inglés Financial Technologies (FinTech). Son empresas que, a través del uso de la tecnología, ofrecen soluciones digitales de servicios financieros. Ejemplos de este tipo de empresas son Ualá, Nubank o PayPal.