

Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación

Ignacio Jara
Juan Manuel Ochoa

Sector Social
División de Educación

DOCUMENTO PARA
DISCUSIÓN N°
IDB-DP-00776



USOS Y EFECTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN



Ignacio Jara
Juan Manuel Ochoa



USOS Y EFECTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN



Ignacio Jara y Juan Manuel Ochoa¹

(mayo de 2020)

En este documento se abordan los impactos de la inteligencia artificial (IA) en la educación (K-12), a partir de una reseña de los avances logrados en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y en la administración de los sistemas educativos. Se destacan igualmente los aportes de la IA a la personalización del aprendizaje mediante sistemas adaptativos que proponen y ajustan las trayectorias educativas a las características y comportamiento individuales de los estudiantes, así como a las tareas rutinarias de los docentes y de la administración educativa con base en el análisis inteligente de grandes volúmenes de información. Por último, se discuten los riesgos potenciales que se deben abordar por medio de las políticas, como por ejemplo la preparación digital de los estudiantes, la privacidad de su información personal, la eventual perpetuación de las inequidades preexistentes, y los temores de los docentes frente a la IA que puedan inhibir su adopción en las escuelas.

Este documento está enmarcado dentro de la iniciativa fAlr LAC² del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que busca promover el uso ético y responsable de los datos y de los sistemas basados en la IA en la región, especialmente en la provisión de servicios sociales.

¹ Bajo la coordinación de Elena Arias Ortiz y Marcelo Pérez Alfaro, especialistas de la División de Educación, y Madiery Vásquez, consultora de la División de Educación en el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

² Para conocer más sobre la iniciativa fAlr LAC haz clic [aquí](#).

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en sinónimo de nuevas promesas, pero también de los riesgos que conlleva la masificación de las tecnologías digitales en las diferentes esferas de la vida económica y social del siglo XXI. Expertos y medios de comunicación proyectan la idea de que robots con apariencia y capacidades humanas serán realidad a la vuelta de la esquina, realizando labores que podrían salvar vidas, transformar ciudades y educar niños, pero que también pondrán en peligro los puestos de trabajo de quienes no se adapten a esta nueva revolución tecnológica. En diversos estudios se intenta dimensionar el ritmo y profundidad de los cambios que se avecinan, mientras que muchas industrias automatizan procesos gracias a las nuevas máquinas disponibles y se prueban prototipos de inventos que hasta hace poco parecían de ciencia ficción (Kaku, 2012).

Por un lado, mientras que la humanidad estaría entrando a un estadio completamente nuevo de invenciones tecnológicas que podrían resolver problemas y desafíos del mundo moderno, por el otro resurgen viejos temores en torno a una humanidad acorralada por sus propias creaciones. En este escenario de imágenes polarizadas surgen distintas voces que intentan matizar el panorama, entender el alcance de esta revolución y poner en perspectiva los avances que se están registrando, sin perjuicio de lo difícil que resulte aventurar proyecciones en un escenario de cambio vertiginoso y futuro incierto (Stanford University University, 2016; Tuomi, 2018).

La educación es uno de los ámbitos donde se están viviendo estas tensiones. A los sistemas escolares se les exige que respondan a los

desafíos educativos del siglo XXI, marcados por cambios tecnológicos en el mundo del trabajo y la vida social, mientras que simultáneamente deben saldar sus deudas pendientes de acceso y calidad para todos los estudiantes. En este contexto, se depositan renovadas esperanzas en lo que las nuevas tecnologías de IA puedan aportar para reducir las barreras de acceso, automatizar la gestión, y optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje (UNESCO, 2019a; 2019b; OCDE, 2018).

A la esperanza de que la IA pueda hacer realidad las transformaciones educativas que se han esperado por tanto tiempo se contraponen las dificultades y resistencia a los cambios tecnológicos aún presentes en las escuelas, tal y como lo sugiere la baja adopción que aún exhiben las nuevas herramientas de IA (Horizon Report, 2019; OCDE, 2018; Ganascia, 2018; The Royal Society, 2018; Luckin et al., 2016; Woolf et al., 2013).

La historia no es nueva. En todo el mundo, los intentos por integrar tecnologías digitales en las actividades escolares han sido objeto de políticas públicas por más de tres décadas, pero el ritmo de adopción ha sido mucho más lento de lo esperado, y los impactos en las prácticas pedagógicas y en los resultados del aprendizaje de los estudiantes han sido esquivos. Cada nueva ola de invenciones tecnológicas –internet, computadoras portátiles, pizarras, tabletas, celulares y toda clase de recursos y propuestas digitales– ha golpeado repetidas veces a las puertas de las aulas escolares con renovadas esperanzas de cambio; sin embargo, la acogida ha sido menor de lo que se esperaba. Y si bien muchos docentes y administradores han

incorporado gradualmente nuevas formas de trabajo apoyadas por tecnologías digitales, se trata de un proceso cuyo ritmo no termina por satisfacer a los expertos en tecnología, como tampoco a quienes se proponen reformar la educación (Sutherland, 2014; McFarlane; 2019).

No obstante lo anterior, existe un cierto consenso acerca de que la revolución tecnológica impulsada por la IA tendrá un impacto significativo en el campo educativo, así como en las demás esferas de la actividad humana. Lo que sigue siendo materia de debate son el ritmo y profundidad de esta transformación (Tuomi, 2018). En este contexto, y como punto de partida para intentar una mejor comprensión de los efectos y alcances que esta revolución podría tener en el campo de la educación, se ofrece a continuación un breve perfil de la tecnología de IA que está comenzando a masificarse.

La revolución tecnológica de la IA

Actualmente, el término inteligencia artificial (IA) se utiliza para referirse a una amplia gama de tecnologías digitales de última generación (UNESCO, 2019a; Horizon Report, 2019; Canbek y Mutlu, 2016). Sin embargo, la IA no es nueva; es un área de las ciencias de la computación

que ha acompañado casi desde sus inicios a mediados del siglo pasado el desarrollo de lo que hoy se conoce como tecnología de la información y las comunicaciones (TIC). Lo que ha caracterizado a esta área de investigación y desarrollo es su ambición de crear máquinas inteligentes que simulen el razonamiento y comportamiento humanos (Luckin et al., 2016; Canbek y Mutlu, 2016). A lo largo de su historia, la IA ha realizado importantes contribuciones al desarrollo tecnológico, entre ellas los robots que ensamblan automóviles en Detroit o los tutores inteligentes que se utilizan en muchas escuelas. Sin embargo, casi siempre estas contribuciones han sido más modestas que las promesas que las han anunciado (Kaku, 2012).

Durante las últimas décadas, la investigación en IA fue creando nuevos métodos y algoritmos para resolver problemas específicos. Uno de estos avances fueron los algoritmos de aprendizaje automático o de máquina (*machine learning*), a saber, programas computacionales que, en lugar de detallar el conjunto de reglas y criterios que un computador debe seguir para cumplir un objetivo —algo casi imposible cuando la complejidad de la tarea es alta—, se enfocan en aprender a resolver el problema por sí mismos a partir de datos y ejemplos preexistentes. Los algoritmos de aprendizaje automático se basan por lo general en modelos de redes neuronales (*neural networks*) que intentan reproducir la biología de la mente humana con neuronas interconectadas entre sí y señales que circulan entre ellas. Para ello emplean un método de representación y cálculo basado en múltiples capas al que se denomina “aprendizaje profundo” (*deep learning*)³.

Estos tres nombres —aprendizaje automático/ automatizado o de máquina, redes neuronales y conocimiento profundo— aparecen en la literatura sobre aplicaciones de IA para referirse a las tecnologías que permiten que

³ El término “aprendizaje profundo” utilizado en IA no guarda relación con su uso en el campo educativo. En IA “aprendizaje profundo” refiere a un tipo de algoritmo para el aprendizaje automático de sistemas computacionales. En cambio en educación, “aprendizaje profundo” se utiliza para referirse a aprendizajes significativos requeridos para desenvolverse en el siglo XXI como son las competencias relativas a la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración, entre otros (<https://eligeeducar.cl/aprendizaje-profundo-se-puede-alcanzar>).

los computadores aprendan a realizar tareas específicas que de otra forma resultaría muy complejo o francamente imposible programar. Ahora, el aprendizaje así producido se consigue “entrenando” los algoritmos con millones de datos. Por ejemplo, si se quiere que un algoritmo de este tipo aprenda a reconocer la presencia de gatos en fotografías –cosa que para un humano es trivial y para un computador es extremadamente difícil–, los expertos deberán entrenarlo con millones de fotografías que contengan gatos. Sin embargo, este tipo de procesos de entrenamiento requiere grandes volúmenes de datos y un enorme poder computacional para poder calibrar los parámetros que ajustan los algoritmos para reconocer los patrones de interés (gatos) cuando se le presenten nuevas entradas (fotografías). Esto mantuvo a estos métodos alejados de sus posibles aplicaciones prácticas hasta hace aproximadamente una década (Tuomi, 2018).

Hacia 2010, la convergencia de diferentes avances tecnológicos⁴ hizo posible el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automático a costos razonables, lo cual abrió las puertas para el desarrollo y comercialización de una nueva generación de sistemas digitales que realizaban tareas de complejidad mucho más alta de lo que era posible hasta ese momento. A partir de entonces se inició una explosión de nuevas aplicaciones prácticas de IA que están teniendo un alto impacto en diferentes ámbitos de la economía y la sociedad, cuyo alcance es aún difícil de precisar. Se trata de algoritmos que detectan patrones y realizan predicciones sobre la base de una gran cantidad de datos a velocidades asombrosas, y que se pueden integrar dentro sistemas de toma de decisiones amplificando enormemente su capacidad. Los campos de aplicación de esta nueva tecnología son muy diversos y abarcan tareas como el análisis de imágenes, audios y videos;

el procesamiento y traducción del lenguaje natural; los vehículos autónomos; los servicios robotizados de atención al cliente; la detección de fraudes financieros; el control de procesos; el arte sintético; los juegos digitales inteligentes; los ambientes de aprendizaje personalizados; los diagnósticos clínicos; las búsquedas de información; el cuidado de adultos, y la automatización de procesos industriales, entre muchos otros (Pombo, Gupta y Stankovic, 2018; Tuomi, 2018; Stanford University, 2016).

Cabe señalar que el tipo de inteligencia desplegado por estos nuevos sistemas es impresionante si se compara con lo que existía previamente. Sin embargo, al mismo tiempo se debe notar que sus capacidades se limitan a la resolución de los problemas específicos para los que fueron creados, y que la construcción de cada uno de estos sistemas implica muchos años de investigación y desarrollo, incluyendo el entrenamiento basado en enormes volúmenes de datos. En este sentido, hay consenso acerca de que la IA que se puede vislumbrar hoy en día en ningún caso incluye un tipo de inteligencia de propósito general como la humana, como se especula en el ámbito de la opinión pública (Tuomi, 2018; Lu y Harris, 2018; Stanford University, 2016).

Los países están muy conscientes de que las transformaciones económicas y sociales

⁴ Mientras que la acumulación de información en internet y el desarrollo de sistemas para manejar enormes bases de datos (Big Data) permitió acceder a los datos de entrenamiento necesarios, el desarrollo de hardware multiprocesador de bajo costo facilitó la programación paralela requerida para entrenar los algoritmos del aprendizaje automático.

derivadas de esta ola de nuevas aplicaciones tecnológicas presentan oportunidades y desafíos importantes. Por eso se están realizando inversiones de gran magnitud para liderar la innovación en IA, al tiempo que se invierte en preparar a los ciudadanos para que vivan en un mundo cada vez más digital, donde los trabajos pueden cambiar radicalmente en pocos años. China, por ejemplo, lanzó en 2016 un plan para convertirse en un polo de desarrollo de IA y ordenó a las agencias a cargo de la educación en los gobiernos locales invertir el 8% de su presupuesto en la digitalización de las escuelas (UNESCO, 2019b). Algo similar está ocurriendo en otros países desarrollados, donde la IA ha adquirido una relevancia cada vez mayor en las agendas de investigación, innovación empresarial y desarrollo educativo (UNESCO, 2019b; Zaidi, Beadle y Hannah, 2018; Lu y Harris, 2018; Stanford University, 2016).

La utilización de las nuevas tecnologías de IA en el campo educativo es aún incipiente y de

carácter exploratorio, con un alcance limitado y un impacto modesto. Sin embargo, esto podría cambiar a medida que los últimos avances se vayan integrando gradualmente a los sistemas computacionales existentes y surjan otros nuevos (Horizon Report, 2019; Zaidi, Beadle y Hannah, 2018; OCDE, 2018; Tuomi, 2018; Luckin et al., 2016).

Así pues, se espera que los avances de la IA puedan contribuir especialmente a la personalización del aprendizaje, a la realización de las tareas rutinarias de los docentes y al análisis de datos a nivel de los sistemas escolares. En las próximas secciones se abordarán con mayor detalle estos y otros aportes de la IA a la educación, así como los desafíos que se deberán abordar y las políticas que será necesario diseñar para mitigar los riesgos que esta revolución pueda representar para las escuelas y sus estudiantes.

2. PRINCIPALES APORTES DE LA IA A LA ENSEÑANZA Y AL APRENDIZAJE

En el área de la enseñanza y el aprendizaje, la literatura identifica la personalización de la experiencia educativa como el principal ámbito que debe ser fortalecido con las nuevas aplicaciones de IA (Luckin et al., 2016; UNESCO, 2019b; Dorca, 2015; Conati y Kardan, 2013; Peña et al., 2002; Blanchard, 2015; Nye, 2015). Existen además otras contribuciones relacionadas con el apoyo a la colaboración y al diagnóstico de trastornos del aprendizaje, entre otros, que se están explorando en la actualidad.

Personalización de la educación

Un primer ámbito de contribución de la IA a la educación —quizás el más conocido y con más trayectoria— comprende los **sistemas de enseñanza adaptativos**. Se trata de plataformas y sistemas de tutoría inteligente que ofrecen trayectorias personalizadas de aprendizaje basadas en los perfiles, respuestas e interacciones de los estudiantes. Estas aplicaciones buscan acercar el tipo, dificultad, secuencia y ritmo de los materiales de aprendizaje, así como sus diálogos, preguntas y retroalimentación, a las necesidades individuales de los estudiantes, con costos considerablemente inferiores a los de los medios tradicionales (Luckin et al., 2016). Existe una variedad de productos para diversas materias del currículo —aunque con mayor frecuencia en matemáticas y ciencias— que han sido adoptados por los sistemas escolares en los ámbitos local y nacional.

Los ejemplos de este tipo de aplicaciones se registran principalmente en países desarrollados, pero también en el resto del mundo. Tal es

el caso de la plataforma adaptativa para la enseñanza del inglés en China denominada Liulishou, con capacidad para atender en línea a 600.000 estudiantes; o la aplicación M-Shule en Kenia, usada para impartir lecciones del currículo nacional vía SMS y adaptable a las habilidades de los estudiantes, además de que proporciona información acerca de su progreso a sus profesores y padres; o la plataforma adaptativa Daptio de Sudáfrica, la cual utiliza la IA para ayudar a estudiantes y docentes a entender los niveles de logro alcanzados y proveer contenidos pertinentes (UNESCO, 2019b). En América Latina, el Plan Ceibal de Uruguay masificó la plataforma adaptativa de matemáticas Bettermarks, alcanzando 69.000 usuarios activos en las 2.770 escuelas del país. Esta plataforma ofrece actividades y ejercicios interactivos, con una trayectoria que se va adaptando dependiendo del nivel de conocimiento de cada estudiante. Los alumnos avanzan a su ritmo y cuando tienen dificultades, la plataforma les genera automáticamente una serie de ejercicios de refuerzo. Asimismo, la plataforma le proporciona al docente una serie de indicadores basados en la ruta realizada por cada uno de los estudiantes. En Brasil, la plataforma adaptativa Geekie llega a más de 55.000 escuelas. Otros casos similares, pero más acotados, son las plataformas de aprendizaje personalizado en matemáticas eMAT en Chile y la plataforma APCI en Ecuador (CIPPEC, 2018; Domínguez, 2011; Carrillo, Onofa y Ponce, 2010).

La incorporación en estos sistemas adaptativos de nuevos algoritmos de IA con reconocimiento de voz e imagen, y el manejo de grandes volúmenes de datos, están permitiendo personalizar aún más las trayectorias de

aprendizaje de los estudiantes, armonizándolas con elementos de su personalidad, intereses, estilos de aprendizaje y estados de ánimo (Dorca, 2015; Conati y Kardan, 2013; Peña et al., 2002). Con las nuevas aplicaciones se podrían identificar las fortalezas y debilidades de cada usuario, así como sus desafíos y motivaciones, con lo cual se generaría una trayectoria idónea que optimice el proceso de aprendizaje de cada estudiante e incluso ajuste los contenidos a formatos culturalmente apropiados (Blanchard, 2015; Nye, 2015).

Un ejemplo que ilustra esta tendencia es RoboTutor, una aplicación para tabletas orientada a compensar las carencias de niños de 7-10 años con poco o ningún acceso a la escuela, enseñándoles a leer, a escribir y aritmética básica sin el apoyo de un adulto. RoboTutor produce una retroalimentación automática a la lectura hablada que realizan los niños frente a sus dispositivos. Esta aplicación fue desarrollada por la Universidad Carnegie Mellon, y en 2019 recibió el Global Learning XPRIZE que premia aquellos programas informáticos que ayudan a la educación de los niños de países en desarrollo (CMU, 2019). En el mismo sentido, la plataforma Letrus de Brasil busca apoyar el trabajo escolar de desarrollo de la escritura, ofreciendo retroalimentación individual con base en el análisis de patrones y complementándola con la revisión de los maestros. Esto permite, a su vez, realizar análisis comparativo del desempeño individual de los estudiantes a nivel de escuela para informar la planificación escolar y alinearla a las necesidades de los estudiantes (F6S, 2019).

En China se están desarrollando varias iniciativas innovadoras en este ámbito. Una de ellas es MasterLerner, un “súper profesor” en línea capaz de responder simultáneamente 500 millones de consultas de los estudiantes que están preparando el examen de ingreso a la universidad en ese país. Otra es Huijiang, un sistema que dará retroalimentación en línea con base en el reconocimiento de las expresiones de

los estudiantes a partir del análisis de su imagen de video y de su voz (UNESCO, 2019b).

Existe un consenso generalizado en torno al valor de una educación personalizada que responda correctamente a las características y dificultades propias de cada estudiante. Al mismo tiempo, diversas experiencias y estudios han confirmado la utilidad del uso de plataformas adaptativas para fortalecer la educación personalizada. Por ejemplo, algunos estudios sobre uso de plataformas de matemáticas en ciertos países han confirmado su impacto en estos aprendizajes (véanse, por ejemplo, Perera y Aboal, 2018; Carrillo et al., 2010). Asimismo se han elaborado informes en los cuales se muestra que la utilización de este tipo de sistemas adaptativos estaría asociada a mayores niveles de empoderamiento, compromiso y proactividad del estudiante con su proceso de aprendizaje (Horizon Report, 2019; NSW Department of Education, 2017; Luckin et al., 2016).

Una variante de atención personalizada a los estudiantes explorada en los últimos años es la de los chatbots adaptativos. Se trata de sistemas de chat automatizados que dan respuesta en lenguaje natural a las consultas de los estudiantes sobre algún tema específico. En Argentina, por ejemplo, se llevó a cabo un experimento con este tipo de tecnología para la enseñanza de conceptos básicos ligados a las ciencias de la computación, el cual obtuvo una buena acogida por parte de los estudiantes (Benotti, Martínez y Schapachnik, 2014). Otros estudios han confirmado que el uso frecuente de este tipo de herramienta de comunicación facilita la incorporación de los estudiantes a actividades educativas (Dutta, 2017; Benotti, Martínez y Schapachnik, 2014).



Colaboración, juegos y diagnóstico

Una segunda línea de aporte de la IA al proceso pedagógico se relaciona con el apoyo que esta presta a la colaboración entre estudiantes. En educación, las **plataformas para el trabajo colaborativo** presentes desde hace varias décadas hacen uso de espacios de discusión asincrónicos. Tal es el caso de los foros en los que los estudiantes comparten sus preguntas y realizan tareas conjuntas (O'Malley, 2012; McLaren, Scheuer y Mikšátko, 2010). Son diversos los avances que en materia de IA están buscando contribuir a la forma en que se interactúa en estos espacios. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas que ofrecen retroalimentación a los estudiantes para las distintas materias y que informan a los docentes de aquellas situaciones que podrían requerir su atención, lo cual se hace por medio de una síntesis de las discusiones que se han llevado a cabo hasta ese momento (véase, por ejemplo, McLaren, Scheuer y Mikšátko, 2010).

Con este tipo de iniciativas se busca aprovechar la capacidad de la IA de analizar las respuestas y articular las discusiones en tiempo real con el fin de fomentar las habilidades de argumentación y debate de los alumnos (McLaren, Scheuer y Mikšátko, 2010; Scheuer et al., 2010). La automatización de este tipo de procesos también puede ser importante para apoyar la actividad del docente cuando los grupos de estudiantes son numerosos, ya que el análisis y resumen de las distintas discusiones que han tenido lugar dentro de los diversos grupos de trabajo dota al maestro de insumos para apoyar de manera eficiente a cada grupo sin tener que pasar por el proceso de recapitulación de todo lo ocurrido (Gadanidis, 2017; Luckin et al., 2016).

La incorporación de estas herramientas de IA como ente mediador de conversaciones entre los estudiantes y sus maestros está demostrando que favorece el desarrollo de habilidades de comunicación, resolución de

conflictos y aprendizaje colaborativo entre los primeros (UNESCO, 2019b; NSW Department of Education, 2017; Luckin et al., 2016).

Un tercer ámbito en el que se espera una contribución de la IA a la educación es su incorporación en **plataformas de juego** utilizadas como experiencias de aprendizaje. El aporte de la IA a los juegos incluye la modelación del jugador (reconocimiento de emociones faciales en tiempo real, adaptación de la dificultad en forma automática y evaluación del sigilo) y el procesamiento de lenguaje natural (evaluación en tiempo real del contenido y entonación de lo dicho), entre otros elementos (Westera et al., 2019). Los juegos equipados con este tipo de experiencias tendrían un potencial muy significativo en el ambiente educativo, en la medida en que permitirían desarrollar competencias sociales, de comunicación y de trabajo en equipo, así como persistencia, creatividad, autoeficacia y capacidad de resolver problemas (Westera et al., 2019; Romero, Usart y Ott, 2015). Diversos autores señalan las ventajas de utilizar juegos con estos atributos aportados por la IA, ya que la participación de los estudiantes en estos contextos lúdicos de acción facilitaría la articulación conjunta de varias de estas habilidades (Romero et al., 2015; Dede, 2010; Westera et al., 2019). Igualmente, elementos muy propios de este tipo de juegos como la evaluación del sigilo, es decir, la posibilidad de evitar conflictos “ocultándose”, están fuertemente asociados al pensamiento divergente y a la búsqueda de soluciones por fuera de lo común (Westera et al., 2019; Mislevy 2011).

Por último, están surgiendo aplicaciones con las que se busca aprovechar las nuevas capacidades de la IA en materia de reconocimiento de patrones en conjuntos de datos muy complejos para realizar **diagnósticos y otro tipo de contribuciones específicas**. Por ejemplo, la empresa sueca Lexplore desarrolló una

aplicación para predecir la dislexia con base en el seguimiento del movimiento de los ojos de los niños. Se están diseñando otras parecidas para identificar el autismo y el déficit de atención con el uso de robots sociales (Craglia et al., 2018). Asimismo, el uso de algoritmos de reconocimiento de fonemas permitiría su identificación y la corrección en tiempo real de la pronunciación de distintas palabras, lo cual podría utilizarse para desarrollar habilidades de habla y escucha de otra lengua sin necesidad de contar con un hablante nativo (Johnson et al., 2014; Markowitz, 2013; Miangah y Nezarat, 2012). Este tipo de tecnologías de reconocimiento de voz también se está aprovechando en plataformas adaptativas como Liulishou, mencionada anteriormente y utilizada para la enseñanza del inglés en China.

También se está explorando el potencial del procesamiento del lenguaje natural para mejorar la capacidad de exposición de los estudiantes. Se trata de desarrollar un asistente que, por medio del uso de cámaras y micrófonos instalados convenientemente en el aula, contraste la información que está proporcionando el expositor con la información de apoyo que este proyecta. Asimismo ofrece retroalimentación instantánea con base en el análisis del lenguaje corporal, la entonación de la voz y otros comportamientos no verbales con el fin de mejorar la efectividad del estudiante como expositor (Canbek y Mutlu, 2016).

Consideraciones educativas y prácticas

El aprovechamiento de la mayor parte de las aplicaciones educativas desarrolladas a partir de las nuevas capacidades tecnológicas de la IA supone **condiciones de acceso a dispositivos y conexión a internet** que permitan un trabajo individual y personalizado con los recursos digitales. Esto implica que todos los alumnos dispongan de una computadora portátil o una tableta (propia o del centro educativo) para realizar las actividades pertinentes y que las escuelas dispongan de internet de alta velocidad para garantizar el trabajo fluido de cientos de alumnos simultáneamente. Si bien cabría suponer que en el mediano plazo es posible que estas condiciones se tornen habituales en los sistemas escolares de los países desarrollados, se requerirán de todas maneras inversiones importantes en infraestructura digital durante los próximos años, incluso en naciones avanzadas en esta materia como Estados Unidos (Lu y Harris, 2018). En cambio en los países en vías de desarrollo solo las lograrán pequeños grupos de escuelas, de modo que quedarán por fuera del alcance de la mayoría de los centros educativos probablemente por un buen tiempo, pese a los esfuerzos desplegados en materia de políticas en las últimas décadas (Jara, 2015). Aunque en América Latina y el Caribe se han logrado avances importantes en temas de digitalización y conectividad, existe aún una fragmentación sustancial para zonas rurales con altos niveles de marginación. Es posible entonces que las promesas de una educación personalizada apoyada por la IA no se cristalicen todavía en los lugares donde más se necesita.

Pero más allá de estas restricciones prácticas, existen consideraciones de índole pedagógica que es necesario incorporar al análisis del impacto que podrían tener los nuevos recursos digitales potenciados por la IA. Como se señaló anteriormente, la personalización de la enseñanza es uno de los principales ámbitos donde se espera que la IA contribuya

a la educación, gracias al potencial de esta tecnología para detectar patrones y realizar predicciones a grandes velocidades. Sin embargo, se sabe que una experiencia educativa de calidad requiere una combinación de actividades individuales y colectivas que permita conversaciones grupales y la adquisición de significados propios del aprendizaje social, algo que todo ejercicio educativo debe considerar (Tuomi, 2018). De ahí la preocupación de que un énfasis excesivo en el uso de recursos digitales potenciados por la IA que realcen la personalización y las actividades individuales vaya en desmedro de una experiencia educativa balanceada.

También hay preocupación por el sesgo social de una educación que hace hincapié en el trabajo personal de los estudiantes. Para que estos últimos sigan en forma independiente sus propias trayectorias de aprendizaje se requieren niveles de autonomía que no siempre están presentes en el caso de los niños que viven en ambientes de privación y carecen de ayuda en sus hogares. Por lo tanto, una educación excesivamente personalizada podría favorecer a los sectores de mayor capital sociocultural, en detrimento de los niños con mayores necesidades educativas (Lu y Harris, 2018). En este mismo sentido, hay preocupación por el sesgo implícito de las aplicaciones de IA que han sido entrenadas con datos de poblaciones diferentes a las que finalmente las utilizan, lo que podría afectar también las posibilidades de los sectores marginados de aprovechar las

ventajas de esta nueva tecnología (véase la sección 4 más adelante).

Muchas de estas preocupaciones surgen como reacción a una visión en la que el futuro de la educación es inexorablemente uno donde la diversidad de métodos de enseñanza y el trabajo docente requerido para el aprendizaje son reemplazados por el trabajo personalizado en plataformas adaptativas potenciadas por la IA. Sin embargo, este no parece ser el derrotero más probable, pues ya ha comenzado a aparecer alguna evidencia de que la IA es más efectiva cuando complementa —no reemplaza— los métodos de enseñanza existentes, es decir, cuando el ejercicio individual se agrega al trabajo de la clase; cuando los sistemas de corrección automática enriquecen —no sustituyen— las observaciones del maestro; o cuando los sistemas proporcionan al docente información sobre las fortalezas y debilidades de los estudiantes para su análisis y decisiones. En este escenario, el docente tiene el papel protagónico en el aula, analizando la información que suministra la IA, y guiando y articulando el trabajo de los estudiantes. En este escenario, el desafío se relaciona más bien con las capacidades de los docentes para realizar estas tareas, ya que son relativamente pocos los que cuentan con las competencias necesarias para procesar todo el volumen de información individual que los nuevos sistemas proveen, y/o para traducirla en las respuestas personalizadas que se supone deben proporcionar (Lu y Harris, 2018).

3. PRINCIPALES APORTES DE LA IA EN LA ADMINISTRACIÓN Y LA POLÍTICA EDUCATIVAS

En la literatura se identifican dos ámbitos principales de impacto de la IA en la administración de las instituciones escolares: (i) lo relacionado con la automatización de las tareas rutinarias de los docentes, y (ii) el análisis de grandes volúmenes de información de los sistemas educativos.

En primer término, están surgiendo nuevas aplicaciones de IA que se hacen cargo de las **tareas rutinarias**, si bien complejas, que ocupan una cantidad de tiempo importante de los docentes: la corrección automática de pruebas de selección múltiple y ensayos, y la generación de preguntas para las pruebas o la verificación de asistencia de los estudiantes, entre otras. Por ejemplo, en 60 mil escuelas de China se está utilizando un sistema para la corrección automática de ensayos cuyo algoritmo permite mejorar continuamente su capacidad de comprender el lenguaje humano con base en el análisis de ensayos escritos por los estudiantes, y en las calificaciones y comentarios de sus maestros (Chen, 2018). En Kenia se está utilizando el sistema sQuid para monitorear la asistencia de los estudiantes a la escuela e identificar casos que requieran atención especial por parte de los maestros (UNESCO, 2019b). En Uruguay, el sistema de protección de trayectorias educativas expide automáticamente una alerta temprana ante la eventual deserción de un estudiante con base en indicadores socioeconómicos, ausentismo y trayectoria escolar (CODICEN, 2016).

La información disponible muestra que la implementación de estos sistemas se asocia con una disminución del tiempo destinado a tareas administrativas de todos los actores, pero

particularmente de los docentes, quienes lo estarían utilizando en labores más pedagógicas como el trabajo de planificación o el apoyo al estudiantado (UNESCO, 2019b; Horizon Report, 2019; NSW Department of Education, 2017).

Otros sistemas usan chatbots adaptativos para que los estudiantes puedan responder dudas, hacer reclamos o dar seguimiento a procedimientos administrativos, como por ejemplo para la actualización de datos personales. Los chats son sistemas con los que los estudiantes se encuentran familiarizados y permiten entablar conversaciones escritas en lenguaje natural, lo que facilita resolver consultas en un amplio espectro de temas y así liberar el tiempo de los docentes y del personal administrativo. El uso de estos chatbots ha sido implementado principalmente en instituciones de educación superior para ayudar a los estudiantes a planificar sus cursos (p. ej., en la Universidad Técnica de Berlín), recordar obligaciones (p. ej., en la Universidad Estatal de Georgia en EEUU) y orientar los pasos de los trámites universitarios (p. ej., en la Universidad Comunitaria del Norte de Virginia, EEUU). Esto ha generado una disminución del tiempo requerido para realizar dichas tareas, así como un aumento en la tasa de retención del estudiantado (Barrett et al., 2019; World Economic Forum, 2017).

En segundo término están las aplicaciones a nivel de sistemas escolares para **analizar grandes volúmenes de información** de estudiantes e instituciones educativas a fin de facilitar la identificación de patrones en la población atendida y diseñar estrategias de intervención focalizadas y diferenciadas. La

incorporación de la IA en los sistemas de gestión de las instituciones que administran los sistemas educativos permitiría aprovechar la enorme cantidad de datos disponibles en muchos países para predecir situaciones de riesgo y fortalecería las capacidades de monitoreo y toma de decisiones de las autoridades en los distintos niveles del sistema (UNESCO, 2019b). En 2017, el World Economic Forum destacó la importancia de incorporar este tipo de sistemas tecnológicos pues ello estaría asociado a una mayor tasa de retención del estudiantado, así como a una mejora en su desempeño académico (Horizon Report, 2019; NSW Department of Education, 2017; Luckin et al., 2016).

Si bien la incorporación de tecnología IA a los sistemas de información y gestión educativa (SIGED) de los países aumentaría su capacidad de acumular datos relevantes para la toma de decisiones educativas oportunas a nivel de escuela y de país, esto supone que tales sistemas están disponibles en plataformas digitales con información completa, actualizada y confiable; sin embargo, esto no es muy común en América Latina y el Caribe (UNESCO, 2019b; BID, 2019a). Normalmente, los SIGED deberían poder administrar una plataforma integral de información sobre matrícula, escuelas, cursos, asistencia, docentes, infraestructura y resultados de aprendizaje, entre otros aspectos, pero muchas veces estos datos se encuentran dispersos o no están digitalizados. No obstante, en muchos lugares se está avanzando en este sentido. A modo de ejemplo se puede mencionar el estado del Espíritu Santo en Brasil, que ha logrado mejorar la planificación de alumnos y docentes por cursos al trabajar de manera integrada los datos estudiantiles con la planimetría de los edificios escolares (BID, 2019a).

Hay ejemplos diversos de cómo los países están buscando potenciar sus sistemas de gestión con IA. Por ejemplo, el Ministerio de Educación

de los Emiratos Árabes desarrolló un sistema de gestión que cubre a los 1,2 millones de estudiantes de su sistema educativo. Este cuenta con datos sobre el estudiantado, los docentes y su desarrollo profesional, el currículum, los recursos de aprendizaje, financiamiento y operaciones, evaluaciones internacionales, etc., a partir de lo cual se están realizando análisis estratégicos sobre la educación del país basados en algoritmos de IA. En Kenia se desarrolló el sistema iMlango que combina información de asistencia ingresada en forma automática (sistema sQuid, mencionando anteriormente) con plataformas que suministran en forma personalizada contenidos educativos y guías a estudiantes y docentes. Otro caso es el de Chile, donde algunos investigadores utilizaron un algoritmo para estudiar los datos públicos sobre el contexto educativo, social y geográfico de los estudiantes, y a partir de ello predecir la deserción escolar con base en la distancia entre los hogares y las escuelas (UNESCO, 2019b).

En todos estos casos, los nuevos tipos de análisis basados en información existente potenciados por las nuevas tecnologías de IA permiten alimentar **decisiones basadas en datos**, algo que es de particular interés cuando se trata de políticas educativas. En numerosos países, las políticas promueven el uso de información educativa para adoptar decisiones a nivel de escuelas, especialmente cuando los docentes y directivos pueden disponer de resultados de evaluaciones para identificar las necesidades de cada estudiante a fin de adaptar y ajustar las estrategias de enseñanza individuales (Schlidkamp, Kuin Lai y Eral, 2013; Van Geel et al., 2016; Trach, 2018). En el ámbito local, también se promueve la combinación de los datos de estudiantes y docentes para orientar el desarrollo profesional de estos últimos (Dillaha y Haren, 2017).

Sin embargo, el uso de información en la toma de decisiones educativas presenta diversos desafíos. En un estudio en cinco países (Reino



Unido, Alemania, Polonia, Lituania y Holanda) se evidenció que si bien las escuelas utilizan datos para orientar la mejora de los aprendizajes, así como el desarrollo y desempeño escolar, se presentaban problemas de acceso a información de buena calidad. También se detectó la necesidad de entrenar a los docentes en el uso de tal información y en el tipo de trabajo colaborativo requerido para su análisis (Schildkamp, Karbautzki y Vanhoof, 2014).

El uso de datos educativos acumulados a nivel de país puede alimentar decisiones de política nacional e igualmente orientar la acción de administradores locales y escuelas. Sin embargo, es muy difícil analizar e interpretar estos enormes volúmenes de información sin la asistencia de sistemas especializados (Martens, 2018). Por eso es crucial incorporar los nuevos algoritmos de IA capaces de identificar patrones y predecir escenarios que apoyen estos procesos de toma de decisiones.

En este contexto, la **analítica de aprendizaje** (*learning analytics*) es un área particularmente fortalecida por los nuevos algoritmos predictivos de la IA. Estos sistemas analizan los datos de las interacciones de los estudiantes en las plataformas digitales de aprendizaje –por lo general plataformas virtuales de aprendizaje (*learning management systems* o LMS) o sistemas adaptativos– a fin de identificar patrones y tendencias que permitan atender a los diferentes alumnos según sus necesidades y estudiar las relaciones entre estas interacciones y variables educativas como el rendimiento o la deserción, entre otras (Rojas, 2017; BID, 2019a). A medida que se masifican las plataformas que median el aprendizaje de los estudiantes se cuenta con una mayor cantidad de datos, lo que facilita hacer este tipo de análisis para optimizar los sistemas de apoyo a los estudiantes, ya sea a través de las mismas plataformas, de sus docentes o del ajuste de las políticas que orientan los sistemas educativos (E U Joint Research Centre for Policy, 2016).

En los últimos años, en países como Australia, Dinamarca, España y Noruega, entre otros, se han iniciado diversos esfuerzos encaminados a construir un marco común para las plataformas de aprendizaje utilizadas en sus sistemas escolares y vincularlas con los SIGED, de manera tal que se creen las condiciones para un análisis de los datos de aprendizaje que alimente el trabajo de docentes, escuelas e instituciones nacionales (Nouri et al., 2019; E U Joint Research Centre for Policy, 2016). En América Latina y el Caribe destaca el ejemplo de Uruguay, país que posee uno de los sistemas escolares más digitalizados de la región. En 2016, allí se dio inicio a un proyecto apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) dirigido a sentar las bases de un sistema nacional de analítica del aprendizaje que permita monitorear y procesar los datos educativos disponibles en el país. Esto con el objeto de adaptar las prácticas de enseñanza y así mejorar los desempeños escolares y disminuir la deserción (BID, 2016).

Por último, cabe destacar los sistemas de **admisión escolar en línea** que se están implementando en varios países de la región y que hacen más transparente, equitativa y eficiente la asignación de los cupos de las escuelas a los niños postulantes. Estas plataformas permiten publicar la oferta de cupos disponibles en los centros educativos, recibir las postulaciones de los padres y asignar los cupos automáticamente mediante criterios y mecanismos conocidos. Entre los ejemplos más destacados figuran: (i) el de las escuelas de la ciudad de Buenos Aires, que desde 2014 realizan la asignación de cupos mediante un sistema de inscripción escolar en línea; (ii) el de Chile, que en 2017 implementó un sistema similar en todo el país; (iii) el de Uruguay, donde la matrícula de estudiantes de primaria y media básica se hace de manera digital; y (iv) los de Perú y Ecuador, que para 2020 esperan realizar pilotos de sistemas nacionales de admisión.

Habilidades para un mundo con IA

Otro de los desafíos a los que se enfrentan las políticas educativas en el nuevo contexto de masificación de la IA en el mundo del trabajo y la vida social se relaciona con el **desarrollo de habilidades** que permitan a los estudiantes desenvolverse apropiadamente en su vida adulta. Existe un nivel de consenso acerca de que esta nueva generación de estudiantes se enfrentará a un mercado del trabajo radicalmente distinto del que vivieron las generaciones anteriores, y que por esa razón deberán estar dotados de un conjunto de habilidades nuevas para que se puedan desempeñar de manera idónea en la sociedad del futuro (NSW Department of Education, 2017; Luckin et al., 2016; Pellegrino y Hilton, 2012).

Entre las competencias requeridas figuran la resolución de problemas no rutinarios, el pensamiento lógico y crítico, y las habilidades interpersonales, de presentación y de resolución de conflictos. Asimismo se necesitarán habilidades intrapersonales, descritas en términos generales como la capacidad de adaptación, la autoadministración y el desarrollo personal (NSW Department of Education, 2017; Luckin et al., 2016; Pellegrino y Hilton, 2012).

En el siglo XXI se requerirá igualmente una comprensión más profunda del mundo digital –ciencias informáticas, pensamiento computacional, programación–, para que los jóvenes puedan participar en la discusión de los dilemas que la IA está planteando a las sociedades modernas e incorporarse de manera activa y flexible a trabajos que operan cada vez más con apoyos tecnológicos (Van Laar et al., 2017; OCDE, 2016; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016).

Pese a que existe un nivel de consenso en torno a la necesidad de formar al estudiantado en este tipo de habilidades —con frecuencia enunciadas en muchos programas de estudios nacionales—, la forma en que se las debe desarrollar no es del todo clara. Más aún, dentro de los principales déficits en la formación de los actuales docentes figura justamente el de la enseñanza y promoción de este tipo de competencias (NSW Department of Education, 2017; Woolf et al., 2013).

En este escenario, las políticas educativas deberían asumir un papel activo en lo que se refiere a crear las condiciones que hagan posible el desarrollo de estas habilidades en el entorno escolar. Allí la IA podría desempeñar una función de apoyo muy relevante en su promoción. Las nuevas aplicaciones educativas de IA podrían proporcionar el conocimiento necesario tanto a los estudiantes como a los docentes, y hacerlo con el dinamismo requerido para que se las pueda adaptar rápidamente a los cambios en la demanda del mundo laboral (véase por ejemplo Dragon et al., 2013; Floryan y Woolf, 2013).

4. LOS RIESGOS Y DESAFÍOS DEL USO DE LA IA EN LA EDUCACIÓN

La revolución tecnológica de la IA plantea un conjunto de cuestionamientos, desafíos y riesgos que deben ser abordados por las políticas públicas, pues de lo contrario podría mermarse la posibilidad de aprovechar los beneficios potenciales que esta ofrece y que se describieron en las secciones anteriores.

En primer lugar está la preocupación por la **protección de la privacidad** de los escolares. La inteligencia de los algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*) se obtiene al entrenarlos con grandes volúmenes de datos, lo que en el caso de la educación significa utilizar la información de los estudiantes y sus familias disponible en las escuelas y, en algunos casos, en las redes sociales y otros registros de imágenes, videos y audios que realizan las aplicaciones para personalizar sus respuestas. Los riesgos de información se relacionan con los protocolos de seguridad, mientras que la gobernanza de los datos por parte del sistema educativo y de las empresas que desarrollan las aplicaciones es materia de cuestionamiento y debate. Lo anterior se debe a que la información personal de los menores de edad es más susceptible de ser usada para fines distintos a los aprobados, con lo cual aquellos pueden terminar siendo víctimas de manipulación comercial o de otro tipo (UNESCO, 2019a; 2019b; Hilbert, 2015). Asimismo, el riesgo de un ciberataque es alto cuando no existen protocolos de seguridad apropiados en el uso de la IA. Aunque no es un riesgo exclusivo de aquella, el potencial de sus aplicaciones para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje aumenta la exposición de los datos personales de los estudiantes y sus familias.

En segundo lugar, existe preocupación acerca de que los **sesgos** implícitos en las nuevas aplicaciones de IA no ayuden a garantizar una educación inclusiva y de calidad para todos. El entrenamiento de los algoritmos de aprendizaje automático se realiza con datos provenientes de ciertos contextos y personas, lo que podría conducir a que estos sistemas internalicen criterios parciales o discriminatorios propios de esas fuentes. En tal sentido, su utilización podría reproducir estos sesgos dentro de las aulas, manteniendo o aumentando las brechas que ya existen en el campo educativo. Así pues, es esencial que se diseñen políticas destinadas a prevenir que la incorporación de IA aumente las brechas de género, raciales u otro tipo existentes en la actualidad (Horizon Report, 2019; BID, 2019b; UNESCO, 2019b).

En tercer lugar, y en relación con lo anterior, también existe la preocupación de que la IA acentúe aún más los problemas de **equidad educativa** que se registran dentro de los países y entre ellos. Se reconoce que la difusión de estas nuevas tecnologías ha sido hasta ahora baja, en parte porque aún implican costos de inversión elevados para las escuelas, y en parte por la poca preparación de los docentes en su manejo, lo que les impide comprender bien sus aportes y aprovecharlas en las aulas. Es probable que las escuelas y países con más recursos puedan ir creando las condiciones para el uso de la IA más rápido que en los países y sectores más pobres, aumentando en la práctica la inequidad educativa preexistente (Zaidi, Beadle y Hannah, 2018; NSW Department of Education, 2017; McKinsey Global Institute, 2017; Luckin et al, 2016; Zaidi et al, 2018).

En cuarto lugar, existe también un reto relacionado a la **interacción IA** – estudiantes y la expectativa generada por la IA que la tecnología pueda educar por sí sola a los estudiantes y reemplazar a los docentes. La percepción popular de robots con capacidades humanas divulgadas por los medios de comunicación refuerza la idea de que, como está ocurriendo en otros sectores de la economía, las máquinas podrían automatizar las tareas de las cuales son responsables los docentes. Sin embargo, si bien algunas de las labores rutinarias que realizan podrían ser apoyadas por IA, hoy no se vislumbra en el horizonte que esto se pueda extender a la función fundamental que cumplen los docentes en el proceso de construcción de los aprendizajes significativos de los estudiantes (Tuomi, 2018; UNESCO, 2019a; Horizon Report, 2019; Ganascia, 2018,). Para facilitar la adopción de las aplicaciones de IA en las escuelas y por parte de los docentes es necesario despejar estas dudas que circulan en la cultura popular, así como poner en su justa medida la contribución que puedan prestar las nuevas herramientas tecnológicas a los procesos de enseñanza y aprendizaje y que serán complementarias al trabajo de los docentes.

Por último, muchos temen por el grado de **autonomía** que pudieran tener los sistemas basados en IA. A diferencia de los sistemas computacionales tradicionales en que los criterios y reglas de operación quedan explícitos en el código de sus programas, los algoritmos de aprendizaje automático, que se autocalibran para predecir los resultados deseados durante su proceso de entrenamiento, no operan con base en ningún criterio o regla y son, en cierta medida, opacos respecto a por qué funcionan de la manera en que lo hacen (Craglia et al., 2018). Un investigador que participa en el desarrollo del sistema para automatizar la corrección de los ensayos realizados por los estudiantes en China ilustra esta situación al referirse al sistema creado: "... [el algoritmo] ha evolucionado continuamente y se ha vuelto tan complejo

que ya no sabemos con certeza qué estaba pensando y cómo emitió un juicio..." (Chen, 2018). En otros casos, los investigadores han quedado sorprendidos cuando los algoritmos han llegado a soluciones que no habían sido consideradas, lo cual deja al descubierto un cierto margen de impredecibilidad en la operación de este tipo de tecnología. Estas características de la IA, que la diferencian del resto de las tecnologías digitales que la preceden, generan cuestionamientos éticos sobre la responsabilidad de sus acciones, e incluso sobre las responsabilidades legales que habría que afrontar en caso de que estas acciones tuvieran consecuencias negativas para otras personas (Scherer, 2015).

Son varios los llamados que se han hecho para que se impulsen políticas que maximicen los beneficios y mitiguen los riesgos de la incorporación de las IA en las diferentes esferas de la vida económica y social, incluyendo la educación. En América Latina y el Caribe destaca la iniciativa fAIr LAC del BID (BID, 2019b). Esta se orienta a promover el uso ético de la IA para que se pueda aprovechar su potencial en el desarrollo de los países, al tiempo que se resguarda la privacidad de los datos y se evitan los posibles sesgos en la construcción de los algoritmos. En particular, las políticas educativas deben abordar esta misión incorporando en su diseño estratégico una visión en la cual se consideren las potencialidades y desafíos que conlleva la IA. Esto con el fin de impulsar una educación que, respondiendo a las necesidades de la sociedad moderna, pueda al mismo tiempo despejar los temores, actuar con realismo y abordar sus dificultades (UNESCO, 2019b; Tuomi, 2018).

5. CONCLUSIONES

En la última década, la inteligencia artificial (IA) ha mostrado avances muy significativos que hacen posible implementar sistemas que abordan problemas que, aunque específicos, comportan una complejidad antes impensada. Los campos de aplicación de estos nuevos algoritmos son amplios, y entre ellos figura de manera prominente la educación. Esto aplica tanto a sus procesos de enseñanzas y aprendizaje directamente, como a sus sistemas administrativos.

Aunque todavía es prematuro dimensionar el impacto que esta revolución tendrá para la educación, ya existen indicios de que podría tener un efecto profundo en la manera en que los sistemas escolares educan y se administran. El principal impacto esperado en el área de la enseñanza es el de una mayor personalización del aprendizaje gracias a sistemas adaptativos que ajustan las trayectorias educativas a las características y comportamiento individual de los estudiantes. En el ámbito de la administración, se espera un ahorro de tiempo de los docentes gracias a la disponibilidad

de aplicaciones que los apoyen en tareas rutinarias, y a una mayor precisión en el diseño y focalización de las políticas con base en el análisis inteligente de grandes volúmenes de información educativa.

Los responsables por la formulación de políticas tienen también el desafío de desarrollar en las nuevas generaciones las habilidades y conocimientos requeridos para desenvolverse en un mundo laboral dominado por la automatización y donde la vida social está cada vez más digitalizada.

Asimismo, por medio de las políticas se deben buscar formas de mitigar los riesgos y preocupaciones inherentes al uso de la IA en la educación, salvaguardando la privacidad de la información personal de los estudiantes; evitando que su uso en las aulas amplifique — en vez de disminuir— los sesgos e inequidades preexistentes en la sociedad; y despejando los mitos y temores que puedan obstaculizar su adopción en las escuelas.

Referencias

Arntz, M., T. Gregory y U. Zierahn, U. 2016. The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis.

Barrett, M., L. Branson, S. Carter, F. DeLeon, J. Ellis, C. Gundlach y D. Lee. 2019. Using Artificial Intelligence to Enhance Educational Opportunities and Student Services in Higher Education. *Inquiry: The Journal of the Virginia Community Colleges*, 22(1), 1-11.

Benotti, L., M. C. Martínez y F. Schapachnik. 2014. Engaging High School Students Using Chatbots. En *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education* (pp. 63-68). ACM.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2016. Uruguay: Implementación de un sistema de monitoreo en analíticas de aprendizaje y tutorías virtuales (UR-T1143). Documento de Cooperación Técnica.

----- . 2019a. Del papel a la nube: cómo guiar la transformación digital de los sistemas de información y gestión educativa (SIGED). Consultado en <https://publications.iadb.org/es/del-papel-la-nube-como-guiar-la-transformacion-digital-de-los-sistemas-de-informacion-y-gestion>

----- . 2019b. fAIr LAC. BID Mejorando vidas. Consultado en <https://www.iadb.org/es/fairlac>

Blanchard, E. G. 2015. Socio-cultural Imbalances in AIED Research: Investigations, Implications and Opportunities. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25, 204-228.

Canbek, N.G. y M. E. Mutlu. 2016. On the Track of Artificial Intelligence: Learning with Intelligent Personal Assistants. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 592-601.

Carrillo, P., M. Onofa y J. Ponce. 2010. Information Technology and Student Achievement: Evidence from a Randomised Experiment in Ecuador. *IDB Working Paper Series No. IDB-WP-223*.

Chen, S. 2018. China's schools are quietly using AI to mark students' essays... but do the robots make the grade? *Society, South China Morning Post*. Consultado en <https://www.scmp.com/news/china/society/article/2147833/chinasschools-are-quietly-using-ai-mark-studentsessays-do>

CIPPEC. 2018. Un sistema educativo digital para la Argentina. CIPPEC, Argentina.

Carnegie Mellon University (CMU) 2019. RoboTutor. Carnegie Mellon University. Consultado en <https://www.cmu.edu/scs/robotutor/>

Cobo, C. 2019. Is Education Ready to Work in Data-intensive Environments? World Bank EduTech Blog. Consultado en <https://blogs.worldbank.org/edutech/education-ready-work-data-intensive-environments>

Cobo, C., C. Broveto y F. Gago. 2016. A Global Network for Deep Learning: The Case of Uruguay. Consultado en <https://ssrn.com/abstract=2834902>

Consejo Directivo Central de la Administración Nacional de Educación Pública (CODICEN). 2016. Propuesta para un sistema de protección de trayectorias educativas. CODICEN.

Conati, C. y S. Kardan. 2013. Student Modeling: Supporting Personalized Instruction, from Problem Solving to Exploratory, Open-Ended Activities. *AI Magazine*, 34(2).

Craglia M. (Ed.), A. Annoni, P. Benczur, P. Bertoldi, P. Delipetrev, G. De Prato, C. Feijoo, E. Fernández Macías, E. Gómez, M. Iglesias, H. Junklewitz, M. López Cobo, B. Martens, S. Nascimento, S. Nativi, A. Polvora, I. Sánchez, S. Tolan, I. Tuomi y L. Vesnic Alujevic. 2018. Artificial Intelligence – A European Perspective, EUR 29425 EN, Oficina de Publicaciones, Luxemburgo.

Dede, C. 2010. Comparing Frameworks for 21st Century Skills. En J. Bellanca y R. Brandt, editores. *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn* (pp. 51-75). Bloomington, IN: Solution Tree Press

Dillaha W. y J. Haren. 2017. The Newest Trends un Data-Driven Decision Making. Consultado en http://blogs.edweek.org/edweek/education_futures/2017/01/the_newest_trend_in_data-driven_decision_making_connecting_student_and_educator_growth.html

Domínguez, P. 2011. Medición del impacto de una empresa privada en la comunidad: el caso de Compumat (Tesis de maestría inédita). Pontificia Universidad Católica de Chile.

Dorca, F. 2015. Implementation and use of simulated students for test and validation of new adaptive educational systems: A practical insight. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25, 319-345.

Dragon, T., M. Mavrikis, B. M. McLaren, A. Harrer, C. Kynigos, R. Wegerif y Y. Andyang. 2013. Metafora: A Web-Based Platform for Learning to Learn Together in Science and Mathematics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 99(1).

Dutta, D. 2017. *Developing an Intelligent Chat-bot Tool to Assist high School Students for Learning General Knowledge Subjects*. Georgia Institute of Technology.

E U Joint Research Centre for Policy (Editores: R. Vuorikari, J. Castaño Muñoz; Autores y Colaboradores: R. Ferguson, A. Brasher, D. Clow, A. Cooper, G. Hillaire, J. Mittelmeier, B. Rienties, T. Ullmann y R. Vuorikari). 2016. *Research Evidence on the Use of Learning Analytics - Implications for Education Policy*. Joint Research Centre Science for Policy Report.

F6S (2019). Letrus Brasil. F6S Netwok. Consultado en <https://www.f6s.com/letrusbrazil>

Floryan, M. y B. P. Woolf 2013. Improving the Efficiency of Automatic Knowledge Generation Through Games and Simulations. En *Proceedings of 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Lecture Notes in Computer Science 7926. Berlin: Springer.

Frey, C.B. M. A. Osborne. 2013. *The Future Of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation*. Oxford: University of Oxford.

Gadanidis, G. 2017. Artificial Intelligence, Computational Thinking, and Mathematics Education. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2), 133-139.

Ganascia, J.G. 2018. Inteligencia artificial: Entre el mito y la realidad. El Correo de la UNESCO. *Inteligencia Artificial: Promesas y Amenazas*. Bélgica: UNESCO Press.

Hilbert, M. 2015. Big Data for Development: A Review of Promises and Challenges. *Development Policy Review*, 34(1), 135-174.

Horizon Report (2019). EDUCAUSE: Higher Education Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE. Consultado en <https://library.educause.edu/media/files/library/2019/4/2019horizonreport.pdf?la=en&hash=C8E-8D444AF372E705FA1BF9D4FF0DD4CC6F0FDD1>

- Jara, I. 2015. Infraestructura digital para educación: avances y desafíos para Latinoamérica. *Cuaderno Siteal/TIC*. IPE – UNESCO Sede Regional Buenos Aires.
- Jing, M. 2018. China Wants to Bring Artificial Intelligence to its Classrooms to Boost its Education System. *Science & Research, South China Morning Post*. Consultado en <https://www.scmp.com/tech/science-research/article/2115271/china-wants-bring-artificial-intelligence-its-classrooms-boost>
- Johnson, L., S. Becker, V. Estrada y A. Freeman. 2014. *Horizon Report: 2014 Higher Education*. Consultado en <http://www.editlib.org/p/130341/>
- Kaku, M. 2012. *La física del futuro: Cómo la ciencia determinará el destino de la humanidad y nuestras vidas cotidianas en el siglo XXII*. Buenos Aires: Debate.
- Kim, Y., T. Soyata y R. F.Behnagh. 2018. Towards Emotionally Aware AI Smart classroom: Current Issues and Directions for Engineering and Education. *IEEE Access*, 6, 5308-5331.
- Loble, L. 2018. Aprender a vivir en la era de la IA. *El Correo de la UNESCO. Inteligencia Artificial: Promesas y Amenazas*. Bélgica: UNESCO Press.
- Lu, L. L. y L.A. Harris. 2018. Artificial Intelligence (AI) and Education. FOCUS: Congressional Research Service. Consultado en <https://fas.org/sgp/crs/misc/IF10937.pdf>
- Luckin, R., W. Holmes, M. Griffiths y L. B. Forcier. 2016. *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Londres: Pearson Education.
- Markowitz, J. A. 2013. Beyond SIRI: Exploring Spoken Language in Warehouse Operations, Offender Monitoring and Robotics. En *Mobile Speech and Advanced Natural Language Solutions*, 3-21. New York: Springer.
- Martens B. 2018. The Impact of Data Access Regimes on Artificial Intelligence and Machine Learning, Digital Economy Working Paper 2018-09;, EUN JRC Technical Reports.
- McFarlane, A. 2019. *Aprendizaje auténtico para la era digital: desencadena el potencial del aula*. México: Trillas.
- McKinsey Global Institute. 2017. *A Future that Works: Automation, Employment and Productivity*. Consultado en <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>
- McLaren, B. M., O. Scheuer y J. Mikšátko. 2010. Supporting Collaborative Learning and E-discussions Using Artificial Intelligence Techniques. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 20(1), 1-46.
- Miangah, T.M. y A. Nezarat. 2012. Mobile-Assisted Language Learning. *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 3(1), 309-319.
- Mislevy, R.J. 2011. *Evidence-Centered Design for Simulation-Based Assessment*. CRESST Report 800. Los Angeles, CA: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST).

Nouri, J., M. Ebner, D. Ifenthaler, M. Saqr, J. Malmberg, M. Khalil, O. Viberg, J. Bruun, M. Conde-González, Z. Papamitsiou y U. Berthelsen. 2019. Efforts in Europe for Data-Driven Improvement of Education – A Review of Learning Analytics Research in Seven Countries. *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education*. 1(1). Consultado en <https://doi.org/10.3991/ijai.v1i1.11053>

NSW Department of Education. 2017. Education: Future Frontiers. Discussion Paper N° 2: Challenges and Opportunities. New South Wales Government, Australia. Consultado en <https://education.nsw.gov.au/our-priorities/innovate-for-the-future/education-for-a-changing-world/media/documents/exar/future-frontiers-discussion-paper-2.pdf>

Nye, B.D. 2015. Intelligent Tutoring Systems by and for the Developing World: A Review of Trends and Approaches for Educational Technology in a Global Context. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(2), 177-203.

O'Malley, C. (Ed.). 2012. *Computer Supported Collaborative Learning* (Vol. 128). Springer Science & Business Media.

Organization for Cooperation and Economic Development (OCDE). 2016. Policy Brief on the Future of Work - Skills for a Digital World © OECD.

----- . 2018. AI: Intelligent Machines, Smart Policies Conference Summary. *OECD Digital Economy Papers*, 270.

Ovalle, D. y J. Jiménez. 2006. Ambiente inteligente distribuido de aprendizaje: integración de ITS y CSDL por medio de agentes pedagógicos. *Revista EIA* (6), 89-104.

Pellegrino, J. y M. Hilton. 2012. *Committee on Defining Deeper Learning and Twenty-First Century Skills*. National Research Council. Atlanta, GA: National Academies Press

Peña, C., J. Marzo, J. de la Rosa y R. Fabregat. 2002. Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. *Revista UIS ingenierías*, 1(2), 17-29.

Perera, M. y D. Aboal. 2018. *The Impact of a Mathematics Computer-Assisted Learning Platform on Students' Mathematics Test Scores*. Fundación CEIBAL. Consultado en <https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/handle/123456789/225>

Pombo, C., R. Gupta, R. y M. Stankovic. 2018. *Servicios sociales para ciudadanos digitales: oportunidades para América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Consultado en <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8885/Servicios-sociales-para-ciudadanos-digitales-Oportunidades-para-America-Latina-y-el-Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prentzas, J. e I. Hatzilygeroudis. 2011. Techniques, Technologies and Patents Related to Intelligent Educational Systems. En G. D. Magoulas, (ed.) *E-Infrastructures and Technologies for Lifelong Learning: Next Generation Environments* (pp. 1-28). Hershey: Information Science Reference.

Prentzas, J. 2013. Artificial Intelligence Methods in Early Childhood Education. En *Artificial Intelligence, Evolutionary Computing and Metaheuristics*, 169-199. Springer, Berlin, Heidelberg.

Rojas, P. 2017. Learning Analytics. Una revisión de la literatura. *Educ. Educ.*, 20(1), 106-128.

Romero, M., M. Usart y M. Ott. 2015. Can Serious Games Contribute to Developing and Sustaining 21st Century Skills?. *Games and Culture*, 10(2), 148-177.

Russell, S. J. y P. Norvig, P. 2016. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Malaysia: Pearson Education Limited.

Scherer, M.U. 2015. Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies. *Harvard Journal of Learning & Technology*, 29, 353.

Scheuer, O., F. Loll, N. Pinkwart y B. M. McLaren. 2010. Computer-supported Argumentation: A Review of the State of the Art. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 5(1), 43-102.

Schildkamp K., M. Kuin Lai, L. Eral, editores. 2013. *Data-based Decision Making in Education: Challenges and Opportunities*. Google Books. Dordrecht, Alemania: Springer.

Schildkamp K., L. Karbautzki y J. Vanhoof. 2014. Exploring Data Use Practices Around Europe: Identifying Enablers and Barriers. *Studies in Educational Evaluation*, vol. 42, 15-24.

Smith, A. y J. Anderson. 2014. *AI, Robotics, and the Future of Jobs*. PEW Research Center.

Stanford University University (2016). Artificial Intelligence and Life in 2030. One hundred year study on artificial intelligence report of the 2015 study panel. Consultado en https://ai100.StanfordUniversity.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai_100_report_0916fnl_single.pdf

Sutherland, R. 2014. *Education and Social Justice*. Bristol, Reino Unido: Policy Press.

The Royal Society. 2018. *The Impact of Artificial Intelligence on Work: An Evidence Synthesis on Implications for Individuals, Communities, and Societies*. Londres: The Royal Society. Consultado en <https://www.thebritishacademy.ac.uk/sites/default/files/AI-and-work-evidence-synthesis.pdf>

Trach E. 2018. Tackling Data-Driven Decision Making in Education. Consultado en <https://www.schoolology.com/blog/tackling-data-driven-decision-making-education>

Tuomi, I. 2018. The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education. European Union Joint Research Centre for Policy Report. Consultado en <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/impact-artificial-intelligence-learning-teaching-and-education>

UN Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2019a. Concept Note. *International Conference on Artificial Intelligence and Education Planning Education in the AI Era: Lead the Leap*. Beijing, China.

------. 2019b. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. *Working Papers on Education Policy*, 7.

Van Geel M., T. Keuning, A. J. Visscher y J. P. Fox . 2016. Assessing the Effects of a School-wide Data-based Decision-making Intervention on Student Achievement Growth in Primary Schools. *American Educational Research Journal*, vol. 53, no. 2, 360-39.

Van Laar, E., A. van Deursen, J. van Dijk y J. de Haan. 2017. The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577-588.

Westera, W., R. Prada, S. Mascarenhas, P. A. Santos, J. Dias, M. Guimarães y C. Christyowidiasmoro. 2019. Artificial Intelligence Moving Serious Gaming: Presenting Reusable Game AI Components. *Education and Information Technologies*, 1-30.

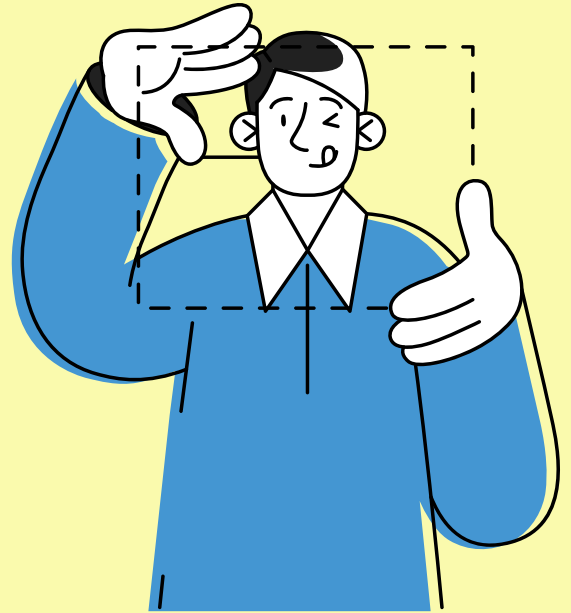
Woolf, B.P., H. C. Lane, V. K. Chaudhri y L. J. Kolodner. 2013. AI Grand Challenges for Education. *AI Magazine*, 34(4), 66-84.

Woolf, B.P., V. Shute, K. VanLehn, W. Burlison, J. L. King, D. Suthers, B. Bredeweg, R. Luckin, R. S. Baker y E. Tonkin. 2010. *A Roadmap for Education Technology*. Washington, DC: Computing Research Association.

World Bank. 2018. Learning to Realize the Education's Promise. *World Development Report 2018*. Consultado en <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28340/9781464810961.pdf>

World Economic Forum. 2017. Artificial Intelligence will Transform Universities. Here's How. Consultado en https://www.weforum.org/agenda/2017/08/artificial-intelligence-will-transform-universities-here-s-how/?utm_content=buffer04c70&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

Zaidi, A., S. Beadle y A. Hannah. 2018. Review of the Online Learning and Artificial Intelligence Education market: A report for the British Department of Education. Consultado en www.gov.uk/government/publications.



USOS Y EFECTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN

Ignacio Jara
Juan Manuel Ochoa



<https://www.iadb.org/>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

