



Desafíos y direcciones futuras del Big Data y la Inteligencia Artificial en la educación

Hui Luan¹, Peter Geczy², Hollis Lai³, Janice Gobert^{4,5}, Stephen J. H. Yang⁶, Hiroaki Ogata⁷, Jacky Baltes⁸, Rodrigo Guerra⁹, Ping Li¹⁰ y Chin-Chung Tsai^{1,11} *

¹Instituto de Excelencia en Investigación en Ciencias del Aprendizaje, Universidad Normal Nacional de Taiwán, Taipéi, Taiwán, ²Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada, Tsukuba, Japón, ³Facultad de Odontología, Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Alberta, Edmonton, AB, Canadá, ⁴Escuela de Posgrado en Educación, Rutgers – Universidad Estatal de Nueva Jersey, Nuevo Brunswick, NJ, Estados Unidos, ⁵Apprendis, LLC, Berlín, MA, Estados Unidos, ⁶Departamento de Ciencias de la Computación e Ingeniería de la Información, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación, Universidad Nacional Central, Ciudad de Taoyuan, Taiwán, ⁷Escuela de Posgrado de Informática, Universidad de Kioto, Kioto, Japón, ⁸Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Tecnología e Ingeniería, Universidad Normal Nacional de Taiwán, Taipéi, Taiwán, ⁹Centro de Tecnología, Universidad Federal de Santa María, Santa María, Brasil, ¹⁰Departamento de Estudios Chinos y Bilingües, Facultad de Humanidades, Universidad Politécnica de Hong Kong, Kowloon, Hong Kong, ¹¹Programa de Ciencias del Aprendizaje, Universidad Normal Nacional de Taiwán, Taipéi, Taiwán

OPEN ACCESS

Editado por:

Ronnel B. King,

Universidad de Macao, China

Revisado por:

Hannele Niemi,

Universidad de Helsinki, Finlandia

Ze Wang,

Universidad de Missouri, Estados Unidos

* Correspondencia:

Chin-Chung Tsai

tsaicc@ntnu.edu.tw

Sección de especialidad:

Este artículo fue enviado a

Psicología Educativa,

una sección de la revista

Frontiers in Psychology

Recibió: 7 de julio de 2020

Aceptado: 22 de septiembre de 2020

Publicado: 19 de octubre de 2020

Citación:

Luan H, Geczy P, Lai H, Gobert J,

Yang SJH, Ogata H, Baltes J,

Guerra R, Li P y Tsai CC (2020)

Desafíos y direcciones futuras del Big Data y la Inteligencia Artificial

en Educación.

Front. Psychol. 11:580820.

doi: 10.3389/fpsyg.2020.580820

Analizamos los nuevos desafíos y las nuevas direcciones que enfrenta el uso del big data y la inteligencia artificial (IA) en la investigación educativa, la formulación de políticas y la industria. En los últimos años, las aplicaciones del big data y la IA en educación han avanzado significativamente. Esto pone de relieve una nueva tendencia en la investigación educativa de vanguardia. La conveniencia y la integración de la recopilación de datos en las tecnologías educativas, junto con las técnicas computacionales, han hecho realidad el análisis del big data. Estamos yendo más allá de las demostraciones de prueba de concepto y la aplicación de técnicas, y estamos comenzando a observar una adopción sustancial en muchas áreas de la educación. Las principales tendencias de investigación en los ámbitos del big data y la IA se asocian con la evaluación, el aprendizaje individualizado y la educación de precisión. Los enfoques de análisis de datos basados en modelos se desarrollarán rápidamente para guiar el desarrollo, la interpretación y la validación de los algoritmos. Sin embargo, las conclusiones del análisis educativo deben, por supuesto, aplicarse con cautela. En el ámbito de las políticas educativas, el gobierno debe dedicarse a apoyar la formación continua, ofrecer programas de formación docente y proteger los datos personales. En cuanto al sector educativo, es fundamental desarrollar relaciones recíprocas y mutuamente beneficiosas para fortalecer la colaboración entre el mundo académico y la industria. Además, es fundamental garantizar que las tecnologías se guíen por marcos teóricos relevantes y se prueben empíricamente. Por último, en este artículo, abogamos por un diálogo profundo entre los defensores de la tecnología "fría" y la humanidad "caliente" para que este genere una mayor comprensión entre docentes y estudiantes sobre cómo la tecnología, y en particular la explosión del big data y la revolución de la IA, pueden generar nuevas oportunidades (y desafíos) que puedan aprovecharse al máximo para las prácticas pedagógicas y el aprendizaje.

Palabras clave: big data, inteligencia artificial, educación, aprendizaje, enseñanza

INTRODUCCIÓN

El propósito de este documento de posición es presentar el estado actual, las oportunidades y los desafíos del big data y la IA en la educación. El trabajo se originó a partir de las opiniones y las actas de una mesa redonda de una conferencia internacional sobre big data e IA en la educación. Foro Internacional de Ciencias del Aprendizaje, 2019), donde destacados investigadores y expertos de diversas disciplinas, como educación, psicología, ciencia de datos, IA y neurociencia cognitiva, intercambiaron conocimientos e ideas. Este artículo se organiza de la siguiente manera: comienza con una visión general de los avances recientes del big data y la IA en educación. A continuación, presentamos los principales desafíos y las tendencias emergentes. Finalmente, con base en nuestros análisis sobre el big data y la IA en educación, se sugieren las conclusiones y el alcance futuro.

Los rápidos avances en las tecnologías de big data e inteligencia artificial (IA) han tenido un profundo impacto en todos los ámbitos de la sociedad, incluyendo la economía, la política, la ciencia y la educación. Gracias en gran parte a estos avances, podemos continuar con muchas de nuestras actividades sociales durante la pandemia de COVID-19. Las herramientas, plataformas y aplicaciones digitales, así como las comunicaciones entre personas, han generado enormes cantidades de datos (big data) en diferentes ubicaciones. Las tecnologías de big data buscan aprovechar el poder de la gran cantidad de datos, ya sea en tiempo real o de otro modo. Daniel, 2019). Los atributos característicos del big data se conocen a menudo como las cuatro V. Es decir, volumen (cantidad de datos), variedad (diversidad de fuentes y tipos de datos), velocidad (velocidad de transmisión y generación de datos) y veracidad (la precisión y confiabilidad de los datos). Laney, 2001; Schroeck y otros, 2012; Geczy, 2014). Recientemente se agregó una quinta V, es decir, el valor (es decir, que los datos se puedan monetizar; Dijcks, 2013). Debido a las características intrínsecas del big data (las cinco V), es imposible procesar y utilizar conjuntos de datos grandes y complejos mediante técnicas tradicionales de gestión de datos. Por lo tanto, se requieren tecnologías computacionales innovadoras para la adquisición, el almacenamiento, la distribución, el análisis y la gestión del big data. Lazer y otros, 2014; Geczy, 2015). El análisis de big data generalmente abarca los procesos de recopilación, análisis y evaluación de grandes conjuntos de datos. La extracción de conocimiento práctico y patrones viables de los datos suele considerarse uno de los principales beneficios de la revolución del big data. Mayer-Schönberger y Cukier, 2013; Jagadish y otros, 2014). El análisis de big data emplea una variedad de tecnologías y herramientas, como análisis estadístico, minería de datos, visualización de datos, análisis de texto, análisis de redes sociales, procesamiento de señales y aprendizaje automático. Chen y Zhang, 2014).

Como subconjunto de la IA, el aprendizaje automático se centra en la creación de sistemas informáticos que puedan aprender de los datos y adaptarse a ellos automáticamente sin programación explícita (Jordan y Mitchell, 2015). Los algoritmos de aprendizaje automático pueden proporcionar nuevos conocimientos, predicciones y soluciones para adaptar las necesidades y circunstancias de cada individuo. Con la disponibilidad de datos de entrenamiento de entrada de alta calidad y en gran cantidad, los procesos de aprendizaje automático pueden lograr resultados precisos y facilitar la toma de decisiones informada. Manyika y otros, 2011; Gobert y otros, 2012, 2013; Gobert y São Pedro, 2017). Estos métodos de aprendizaje automático con uso intensivo de datos son estudios bibliométricos (Hinojo-Lucena et al., 2019), cualitativo

situadas en la intersección del big data y la IA, y son capaces de mejorar los servicios y la productividad de la educación, así como de muchos otros campos, incluidos el comercio, la ciencia y el gobierno.

En cuanto a la educación, nuestra principal área de interés, la aplicación de las tecnologías de IA se remonta a hace aproximadamente 50 años. El primer Sistema de Tutoría Inteligente, «SCHOLAR», se diseñó para apoyar el aprendizaje de geografía y era capaz de generar respuestas interactivas a las afirmaciones de los estudiantes. Carbonell, 1970). Si bien la cantidad de datos era relativamente pequeña en ese momento, era comparable a la cantidad de datos recopilados en otros estudios educativos y psicológicos tradicionales. La investigación sobre IA en educación durante las últimas décadas se ha dedicado al avance de las tecnologías de computación inteligente, como los sistemas de tutoría inteligente. Graesser y otros, 2005; Gobert y otros, 2013; Año nuevo, 2015), sistemas robóticos (Toh y otros, 2016; Anwar y otros, 2019) y chatbots (Smutny y Schreiberova, 2020). Con los avances en las tecnologías de la información en la última década, los psicólogos educativos han tenido mayor acceso al big data. En concreto, las redes sociales (p. ej., Facebook, Twitter), los entornos de aprendizaje en línea (p. ej., los Cursos Online Masivos y Abiertos [MOOC]), los sistemas de tutoría inteligente (p. ej., AutoTutor), los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS), los sensores y los dispositivos móviles generan cantidades cada vez mayores de datos dinámicos y complejos que contienen registros personales, datos fisiológicos, registros y actividades de aprendizaje de los estudiantes, así como su rendimiento y resultados de aprendizaje. Daniel, 2015). Analítica de aprendizaje, descrita como “la medición, recopilación, análisis y presentación de informes de datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce” (Long y Siemens, 2011, p. 34), a menudo se implementan para analizar estas enormes cantidades de datos (Aldowah y otros, 2019). El aprendizaje automático y las técnicas de IA amplían aún más las capacidades del análisis del aprendizaje (Zawacki-Richter y otros, 2019). La información esencial extraída del big data podría utilizarse para optimizar el aprendizaje, la enseñanza y la administración. Daniel, 2015). Por lo tanto, la investigación sobre big data e IA está adquiriendo cada vez mayor importancia en la educación. Johnson y otros, 2011; Becker y otros, 2017; Hwang y otros, 2018) y psicología (Harlow y Oswald, 2016; Yarkoni y Westfall, 2017; Adjerid y Kelley, 2018; Cheung y Jak, 2018). Recientemente, la adopción de big data e IA en la psicología del aprendizaje y la enseñanza ha sido tendencia como un método novedoso en la investigación educativa de vanguardia. Daniel, 2015; Starcic, 2019).

LA FORMULACIÓN DE LA POSICIÓN

Un creciente cuerpo de literatura ha intentado descubrir el valor del big data en diferentes niveles educativos, desde la educación preescolar hasta la educación superior (Chen N.-S. y otros, 2020). Varios artículos de revistas y capítulos de libros han presentado descripciones retrospectivas y los últimos avances en el área de investigación en rápida expansión desde diferentes ángulos, incluida la revisión sistemática de la literatura (Zawacki-Richter y otros, 2019; Quadir y otros, 2020),

análisis (Malik y otros, 2019; Chen L. y otros, 2020) y análisis de redes sociales (Goksel y Bozkurt, 2019). Se pueden encontrar más detalles en las revisiones mencionadas anteriormente. En este artículo, nuestro objetivo es presentar el progreso actual en la aplicación del big data y la IA en la educación. En general, la investigación sobre el aprendizaje se centra en identificar los patrones y perfiles de aprendizaje y comportamiento afectivo de los estudiantes, mejorar los métodos de evaluación, predecir el rendimiento académico o el abandono escolar de cada estudiante y proporcionar sistemas adaptativos para un apoyo personalizado. Papamitsiou y Economides, 2014; Zawacki-Richter y otros, 2019). Desde el punto de vista docente, numerosos estudios han intentado mejorar la planificación de cursos y el desarrollo curricular, la evaluación de la enseñanza y el apoyo a la enseñanza (Zawacki-Richter y otros, 2019; Quadir y otros, 2020). Además, se están utilizando paneles de control para profesores, como Inq-Blotter, impulsados por técnicas de big data, para informar la instrucción de los profesores en tiempo real mientras los estudiantes trabajan simultáneamente en Inq-ITS (Gobert y São Pedro, 2017; Mislevy y otros, 2020). Las tecnologías de big data que emplean análisis de aprendizaje y aprendizaje automático han demostrado una alta precisión predictiva del rendimiento académico de los estudiantes. Huang y otros, 2020 Solo unos pocos estudios se han centrado en la eficacia de los programas de analítica del aprendizaje y las aplicaciones de IA. Sin embargo, hallazgos recientes han revelado resultados alentadores en cuanto a la mejora del rendimiento académico y la retención de los estudiantes, además de apoyar al profesorado en el diseño del aprendizaje y el perfeccionamiento de las estrategias de enseñanza. Viberg y otros, 2018; Li y otros, 2019; Sonderlund y otros, 2019; Mislevy y otros, 2020).

A pesar del creciente número de informes y métodos que describen la implementación de tecnologías de big data e IA en entornos educativos, observamos una brecha notable entre las capacidades tecnológicas contemporáneas y su aplicación en la educación. La industria educativa, en rápido crecimiento, ha desarrollado numerosas técnicas de procesamiento de datos y aplicaciones de IA, que podrían no estar basadas en los marcos teóricos actuales ni en los hallazgos de la psicología del aprendizaje y la enseñanza. El rápido ritmo del progreso tecnológico y la adopción educativa relativamente lenta han contribuido a la creciente brecha entre la preparación tecnológica y su aplicación en la educación. Macfadyen, 2017). Existe una necesidad apremiante de reducir esta brecha y estimular la adopción tecnológica en la educación. Este trabajo presenta diversos puntos de vista y sus problemas controvertidos, la investigación contemporánea y los desarrollos futuros prospectivos en la adopción de big data e IA en la educación. Abogamos por un enfoque interdisciplinario que abarca las esferas de influencia educativa, tecnológica y gubernamental. En el ámbito educativo, existe una relativa falta de conocimiento y habilidades en IA y aplicaciones de big data. En el aspecto tecnológico, pocos científicos de datos y desarrolladores de IA están familiarizados con los avances en psicología de la educación, aunque esto está cambiando con el advenimiento de programas de posgrado en la intersección de Ciencias del Aprendizaje y Ciencias de la Computación. Finalmente, en términos de políticas gubernamentales, los principales desafíos que se enfrentan son los dilemas regulatorios y éticos entre el apoyo a las reformas educativas y las restricciones a la adopción de tecnologías orientadas a datos.

UN ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO PARA LA ADOPCIÓN EDUCATIVA DE BIG DATA E IA

En respuesta a las nuevas oportunidades y desafíos que traen consigo la explosión del big data y la revolución de la IA, académicos, educadores, legisladores y profesionales necesitan colaborar de forma productiva. Deben trabajar juntos para cultivar las competencias y habilidades esenciales de nuestros estudiantes, importantes para el trabajo del siglo XXI, impulsado por la economía del conocimiento. Bereiter, 2002 La colaboración entre diversas disciplinas y sectores es una tarea exigente, especialmente cuando cada parte carece de una visión clara de sus intereses mutuamente beneficiosos y de los conocimientos y habilidades necesarios para materializar dicha visión. Destacamos varias esferas de interés que se solapan en la intersección de la investigación, la formulación de políticas y la colaboración con la industria. Los investigadores y la industria se beneficiarían del desarrollo de tecnología educativa específica y su transferencia eficiente a productos comerciales. Las empresas y los gobiernos se beneficiarían de una legislación que estimule los mercados tecnológicos, a la vez que protege adecuadamente los datos y la privacidad de los usuarios. Los académicos y los responsables políticos se beneficiarían de priorizar las reformas educativas que permitan una mayor adopción de currículos mejorados con tecnología. Los desarrollos recientes y las tendencias futuras en evolución en las intersecciones entre investigadores, responsables políticos y actores de la industria, derivadas de los avances y la implementación de las tecnologías de big data e IA en la educación, se ilustran en **Figura 1**.

Los ámbitos constructivos entre las partes interesadas evolucionan progresivamente junto con los avances científicos y tecnológicos. Por lo tanto, es importante reflexionar sobre las proyecciones y los desafíos a largo plazo. Las siguientes secciones destacan los nuevos desafíos y las futuras direcciones de las tecnologías de big data e IA en la intersección de la investigación educativa, la formulación de políticas y la industria.

BIG DATA E IA EN EDUCACIÓN: INVESTIGACIÓN

Comprender las diferencias individuales es fundamental para desarrollar herramientas pedagógicas dirigidas a estudiantes específicos y adaptar la educación a sus necesidades individuales en las diferentes etapas. Los sistemas educativos inteligentes que emplean big data y técnicas de IA son capaces de recopilar datos personales precisos y valiosos. El análisis de datos puede revelar los patrones de aprendizaje de los estudiantes e identificar sus necesidades específicas. Gobert y São Pedro, 2017; Mislevy y otros, 2020). Por lo tanto, el big data y la IA tienen el potencial de lograr un aprendizaje individualizado para lograr una educación de precisión. Lu y otros, 2018). Observamos las siguientes tendencias emergentes, brechas de investigación y controversias en la integración de big data e IA en la investigación educativa para que haya una comprensión profunda y rigurosa de las diferencias individuales que se puedan utilizar para personalizar el aprendizaje en tiempo real y a escala.

- (1) La educación está pasando progresivamente de un enfoque único a una educación de precisión o aprendizaje personalizado.

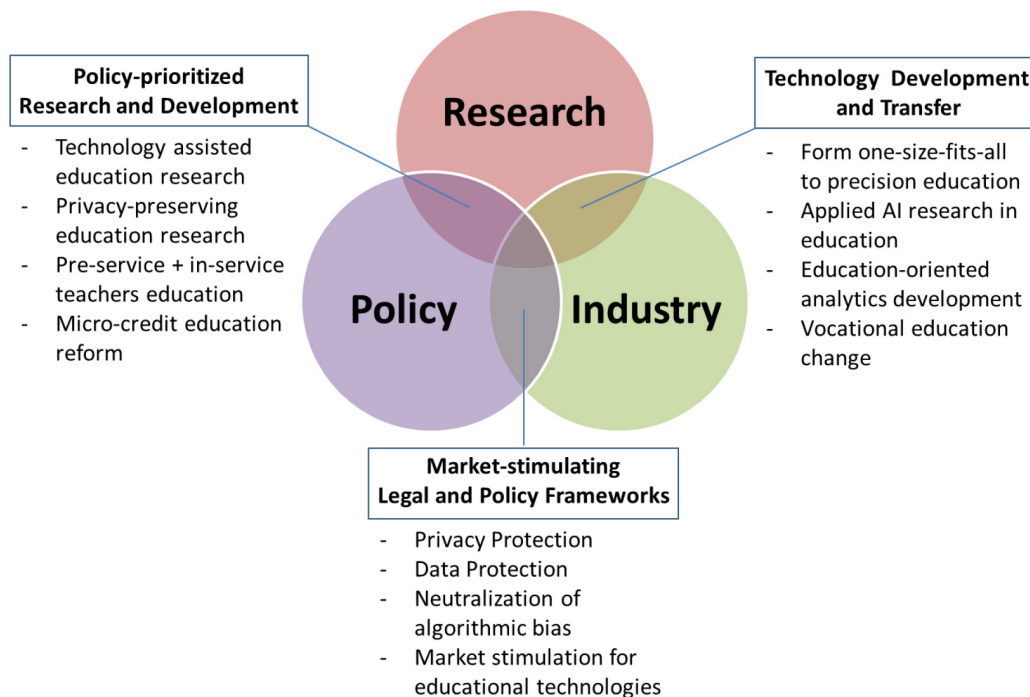


FIGURA 1 | Desarrollos contemporáneos y tendencias futuras en las intersecciones entre la investigación, las políticas y la industria impulsadas por los avances del big data y la inteligencia artificial en la educación.

(Lu y otros, 2018; Tsai y otros, 2020) El enfoque universal se diseñó para estudiantes promedio, mientras que la educación de precisión considera las diferencias individuales de los estudiantes en sus entornos de aprendizaje, así como sus estrategias de aprendizaje. La idea principal de la educación de precisión es análoga a la "medicina de precisión", donde los investigadores recopilan macrodatos para identificar patrones relevantes para pacientes específicos, de modo que la prevención y el tratamiento puedan personalizarse. Con base en el análisis de los perfiles y patrones de aprendizaje de los estudiantes, la educación de precisión predice su rendimiento y proporciona intervenciones oportunas para optimizar el aprendizaje. El objetivo de la educación de precisión es mejorar el diagnóstico, la predicción, el tratamiento y la prevención de los resultados del aprendizaje. Lu y otros, 2018 Las lagunas en la investigación contemporánea sobre herramientas adaptativas y experiencias educativas personalizadas impiden la transición a la educación de precisión. Se necesitan herramientas educativas adaptativas y sistemas de aprendizaje flexibles para adaptar la interacción, el ritmo y el progreso de aprendizaje de cada alumno, así como para satisfacer sus necesidades específicas, como las de los estudiantes con discapacidades de aprendizaje. Xie y otros, 2019; Zawacki-Richter y otros, 2019). Por lo tanto, como el aprendizaje personalizado se adapta a diferentes personas, los investigadores pueden centrarse en un aprendizaje individualizado que se adapta a las necesidades individuales en tiempo real. Gobert y São Pedro, 2017; Lu y otros, 2018).

- (2) El enfoque de la investigación sobre la implementación de IA en la educación está cambiando gradualmente de un enfoque computacional que demuestra casos de uso de nueva tecnología a uno cognitivo.

enfoque que incorpora la cognición en su diseño, como la percepción (VanRullen, 2017), emoción (Song y otros, 2016) y el pensamiento cognitivo (Bramley y otros, 2017). Además, también está pasando de un dominio único (por ejemplo, experiencia en el dominio o sistemas expertos) a un enfoque interdisciplinario a través de la colaboración (Spikol y otros, 2018; Krouska y otros, 2019) y transferencias de dominio (L'heureux y otros, 2017). Estos cambios controvertidos están facilitando las transiciones del conocimiento de lo desconocido (obteniendo información a través del razonamiento) a lo desconocido de lo desconocido (descubriendo valores ocultos y resultados desconocidos a través de algoritmos). Abed Ibrahim y Fekete, 2019; Cutumisu y Guo, 2019 En otras palabras, el aprendizaje determinista, orientado al razonamiento deductivo/inductivo y a los motores de inferencia, predominaba en los sistemas expertos tradicionales y en la IA antigua. Mientras que, hoy en día, el aprendizaje dinámico y estocástico, cuyo resultado implica cierta aleatoriedad e incertidumbre, se está convirtiendo gradualmente en la tendencia en las técnicas modernas de aprendizaje automático.

- (3) El formato de los datos generados por máquinas y el propósito de los algoritmos de aprendizaje automático deben diseñarse cuidadosamente. Existe una brecha significativa entre el diseño teórico y su aplicabilidad. Se necesita un modelo teórico para guiar el desarrollo, la interpretación y la validación de algoritmos. Gobert y otros, 2013; Hew y otros, 2019 Los resultados del análisis de datos y la evidencia generada algorítmicamente deben compartirse con los educadores y aplicarse con cautela. Por ejemplo, los esfuerzos para detectar algorítmicamente estados mentales como el aburrimiento, la frustración y la confusión (Panadero

y otros, 2010) debe respaldarse con las definiciones y constructos operativos evaluados con prudencia. Además, los datos afectivos recopilados por los sistemas de IA deben considerar las diferencias culturales, junto con los factores contextuales, las observaciones del profesorado y las opiniones del alumnado. (Yadegaridehkordi y otros, 2019). Los datos deben estar equilibrados informativamente y cualitativamente, a fin de evitar sesgos implícitos que puedan propagarse en algoritmos entrenados con dichos datos. (Estado, 2016).

- (4) Existen desafíos éticos y algorítmicos al equilibrar el aprendizaje proporcionado por humanos y el aprendizaje asistido por máquinas. La significativa influencia de la IA y las tecnologías contemporáneas es un arma de doble filo. (Khechine y Lakhal, 2018) Por un lado, facilita una mejor usabilidad e impulsa el progreso. Por otro lado, podría provocar sesgos algorítmicos y la pérdida de ciertas habilidades esenciales en los estudiantes que dependen excesivamente de la tecnología. Por ejemplo, en el aprendizaje basado en la creatividad o la experiencia, la tecnología puede incluso convertirse en un obstáculo para el aprendizaje, ya que puede impedir que los estudiantes adquieran experiencias directas y participen en las actividades de aprendizaje. (Cuthbertson y otros, 2004) Equilibrar adecuadamente la adopción de tecnología y la participación humana en diversos contextos educativos será un desafío en el futuro próximo. No obstante, la convergencia del aprendizaje humano y automático tiene el potencial de lograr una enseñanza y un aprendizaje altamente efectivos, más allá de la simple "suma de las partes de la inteligencia humana y artificial". (Topol, 2019).
- (5) El sesgo algorítmico es otro tema controvertido (Obermeyer y otros, 2019) Dado que los algoritmos modernos de IA dependen en gran medida de los datos, su rendimiento se rige únicamente por ellos. Los algoritmos se adaptan a las características cualitativas y cuantitativas inherentes a los datos. Por ejemplo, si los datos no están equilibrados y contienen información desproporcionadamente mejor sobre los estudiantes de la población general en comparación con las minorías, los algoritmos pueden producir errores sistemáticos y repetibles que perjudican a estas últimas. Es necesario abordar estas cuestiones controvertidas antes de su implementación generalizada en la práctica educativa, ya que cada estudiante es valioso. Se requieren estudios más rigurosos y validación en entornos de aprendizaje reales, aunque se está trabajando en este sentido. (Sao Pedro y otros, 2013).
- (6) La rápida expansión de la tecnología y la desigualdad en las oportunidades de aprendizaje han suscitado grandes controversias. Debido a la naturaleza exponencial del progreso tecnológico, en particular el big data y la revolución de la IA, se vislumbran un nuevo paradigma y un nuevo panorama de aprendizaje. Por ejemplo, el smartphone de élite hace 10 años, en 2010, era BlackBerry. Hoy, 10 años después, incluso en el África subsahariana, el 75 % de la población tiene teléfonos móviles varias generaciones más avanzados. (Inteligencia GSMA, 2020) Por lo tanto, las barreras de entrada están cambiando de los requisitos técnicos a la disposición o necesidad de adopción. Esto se ha demostrado claramente durante la pandemia de COVID-19. La necesidad de distanciamiento social y educación continua ha llevado a la implementación de aprendizaje en línea/e-learning en cuestión de meses. (Naciones Unidas, 2020).

En consecuencia, se genera una enorme cantidad de datos de aprendizaje. Se espera que la extracción de patrones significativos y el descubrimiento de conocimiento a partir de estos datos se realicen mediante técnicas de análisis de aprendizaje e inteligencia artificial. Inevitablemente, las culturas de aprendizaje, las experiencias de aprendizaje y la dinámica del aula actuales están cambiando a medida que vivimos vidas algorítmicas. (Bucher, 2018). Por lo tanto, existe una necesidad crítica de adoptar teorías de aprendizaje adecuadas de la psicología educativa y alentar a nuestros estudiantes a ser participantes activos en lugar de receptores pasivos o simplemente objetos rastreados. (Loftus y Madden, 2020). Por ejemplo, bajo el marco constructorista (Tsai, 2000), la educación mejorada con tecnología o impulsada por IA puede empoderar a los estudiantes para que conozcan sus actividades y patrones de aprendizaje, predigan sus posibles resultados de aprendizaje y regulen estratégicamente su comportamiento de aprendizaje (Koh y otros, 2014; Loftus y Madden, 2020) Por otro lado, en la era de la explosión de información y la revolución de la IA, los estudiantes desfavorecidos y los países en desarrollo se enfrentan a una brecha digital cada vez mayor. Para reducir las desigualdades y generar más oportunidades, fomentar las competencias de los jóvenes se presenta como uno de los medios más prometedores. (UNESCO, 2015) Mientras tanto, el apoyo externo de organizaciones internacionales como el Banco Mundial y la UNESCO es fundamental para que los países en desarrollo establezcan su infraestructura de comunicaciones (por ejemplo, hardware, software, conectividad, electricidad). Naturalmente, la tecnología no reemplazará ni obstaculizará el aprendizaje humano; más bien, un uso inteligente de las nuevas tecnologías facilitará la transferencia y la adquisición de conocimientos. (Azevedo y otros, 2019).

Un tema general de las tendencias de investigación mencionadas es que necesitamos teorías de la psicología cognitiva y educativa que guíen nuestra comprensión del alumno individual (y sus diferencias individuales), a fin de desarrollar las mejores herramientas, algoritmos y prácticas para el aprendizaje personalizado. Tomemos, por ejemplo, la RV (realidad virtual) o la RA (realidad aumentada) como tecnología de rápido desarrollo para la educación. La industria ha desarrollado diversos tipos de aplicaciones de RV/RA (p. ej., *Expediciones de Google* con más de 100 excursiones virtuales), pero estas generalmente se han desarrollado desde la perspectiva de la industria (véase más información a continuación) y pueden no estar basadas en teorías y datos de la psicología educativa sobre cómo aprenden realmente los estudiantes. Para que la RV/RA sea una herramienta de aprendizaje eficaz, debemos separar las características tecnológicas de las experiencias y habilidades humanas (p. ej., las habilidades cognitivas, lingüísticas y espaciales del alumno; véase Li y otros, 2020) Por ejemplo, la realidad virtual (RV) proporciona un entorno virtual 3D de alta fidelidad, similar a la vida real, y las herramientas tecnológicas se basan en el supuesto de que el realismo 3D permite al alumno adquirir una base perceptiva durante el aprendizaje (p. ej., tener acceso a experiencias visuales, auditivas y táctiles como en el mundo real). Siguiendo la teoría de la cognición encarnada (Barsalou, 2008), deberíamos esperar que el aprendizaje de RV produzca mejores resultados de aprendizaje en comparación con el aprendizaje presencial tradicional. Sin embargo, los datos empíricos sugieren que existen diferencias individuales significativas, ya que algunos estudiantes se benefician más que otros.

Otros, del aprendizaje en RV. Es posible que las personas con mayores capacidades cognitivas y perceptivas no necesiten información visoespacial adicional (proporcionada por la RV) para tener éxito en el aprendizaje. En cualquier caso, es necesario comprender cómo las experiencias corpóreas (proporcionadas por la tecnología) interactúan con las capacidades inherentes de los diferentes estudiantes (así como con sus conocimientos y experiencia previos) para una óptima aplicación de la tecnología relevante en la educación.

BIG DATA E IA EN EDUCACIÓN: FORMULACIÓN DE POLÍTICAS

Tras la revolución desencadenada por los avances en el big data y la tecnología de IA, los responsables de las políticas han intentado formular estrategias y políticas sobre cómo incorporar la IA y las tecnologías emergentes en la educación primaria, secundaria y terciaria (Pedró y otros, 2019). Es necesario superar importantes desafíos para integrar adecuadamente el big data y la IA en la práctica educativa. Los tres segmentos siguientes destacan los desafíos, las brechas y las tendencias emergentes pertinentes en materia de políticas.

- (1) En las economías del conocimiento impulsadas digitalmente, los sistemas tradicionales de educación formal están experimentando cambios drásticos o incluso un cambio de paradigma (Peters, 2018). El aprendizaje permanente se está adoptando e implementando rápidamente a través de esquemas de aprendizaje en línea o basados en proyectos que incorporan múltiples formas de enseñanza (Lenschow, 1998; Sharples, 2000; Campo, 2001; Koper y Tattersall, 2004). Este nuevo concepto de educación continua requerirá microcréditos o microtítulos para sostener los esfuerzos de los estudiantes. Manuel Moreno-Marcos et al., 2019). La necesidad de cambiar el alcance y el papel de la educación se hará evidente en el futuro próximo (Williams, 2019). Por ejemplo, en los próximos años será necesario desarrollar nuevos métodos de instrucción, participación y evaluación en la educación formal para apoyar la educación permanente. El sistema debería basarse en microcréditos o microtítulos.
- (2) Las soluciones para integrar los hallazgos de investigación de vanguardia, los currículos innovadores basados en la teoría y las tecnologías emergentes en el aprendizaje de los estudiantes son evidentemente beneficiosas, y quizás incluso estén listas para su adopción. Sin embargo, existe una aparente divergencia entre un gran número de docentes en prácticas y en ejercicio y su disposición a apoyar y adoptar estas tecnologías emergentes. Pedró y otros, 2019). Los docentes en formación tienen mayor exposición a las tecnologías modernas y, en general, están más dispuestos a adoptarlas. Los docentes en ejercicio tienen mayor experiencia práctica y tienden a recurrir más a ella. Para superar esta brecha, es necesario desarrollar y ofrecer programas eficaces de formación docente y programas de educación continua que apoyen la adopción de estas nuevas tecnologías para que puedan implementarse con fidelidad. O'Donnell, 2008). Esta cuestión podría volverse aún más urgente de abordar a la luz del período prolongado de la pandemia de COVID-19.
- (3) Se necesita un marco legislativo adecuado para proteger los datos personales de la recopilación inescrupulosa, la divulgación no autorizada, la explotación comercial y otros abusos.

(Boyd y Crawford, 2012; Pardo y Siemens, 2014). Los registros educativos y los datos personales son altamente sensibles. Existen riesgos significativos asociados con los perfiles educativos, los registros y otros datos personales de los estudiantes. Las instituciones educativas deben adoptar medidas de seguridad adecuadas. Los proveedores de sistemas educativos comerciales están explotando activamente tanto las lagunas legislativas como los canales ocultos de adquisición de datos. Cada vez más actores del sector están implementando modelos de negocio basados en datos. Geczy, 2018). Los organismos legislativos, reguladores y de cumplimiento, tanto a nivel nacional como local, desempeñan un papel fundamental. Es fundamental que los gobiernos promulguen, implementen y apliquen la legislación y las medidas de privacidad y protección de datos personales. Para ello, es necesario lograr un equilibrio adecuado entre el uso deseable de los datos personales con fines educativos y la monetización comercial indeseable y el abuso de los mismos.

BIG DATA E IA EN LA EDUCACIÓN: INDUSTRIA

Así como los aspectos científicos y académicos del big data y la IA en la educación tienen sus desafíos únicos, también lo tiene la comercialización de herramientas y sistemas educativos (Renz y otros, 2020). Numerosos países han intentado estimular el crecimiento basado en la innovación mediante la mejora de la transferencia de tecnología y el fomento de la colaboración entre el mundo académico y la industria. Huggins y Thompson, 2015). En los Estados Unidos, esto se inició con la Ley Bayh-Dole (Mowery y otros, 2001). Se fomenta encarecidamente el desarrollo de una colaboración recíproca y sostenida. Esta facilita la transferencia de tecnología y fortalece los vínculos entre la academia y la industria educativa. Hay varios puntos a considerar al abordar la colaboración entre la academia y la industria. Es importante que la colaboración sea mutuamente beneficiosa. Los siguientes puntos destacan las áreas de beneficios comunes tanto para el comercio educativo como para la academia. También exponen las brechas existentes y las perspectivas futuras.

- (1) La comercialización de herramientas y sistemas educativos inteligentes que incorporan los últimos avances científicos y tecnológicos puede proporcionar a los educadores herramientas para desarrollar currículos, marcos pedagógicos, evaluaciones y programas más eficaces. La publicación oportuna de los avances de la investigación educativa en plataformas comerciales es deseable para los proveedores desde las perspectivas de desarrollo, marketing e ingresos. Renz y Hilbig, 2020). La implementación de las últimas investigaciones permite el desarrollo progresivo de productos comerciales y una diferenciación distintiva para fines de marketing. Esto también podría resolver la importante brecha entre lo que la industria conoce y desarrolla y lo que la investigación académica afirma respecto al aprendizaje estudiantil. Las características novedosas también podrían monetizarse adecuadamente, expandiendo así las fuentes de ingresos. Las brechas entre la disponibilidad de las últimas investigaciones y su adopción práctica están ralentizando el progreso e impactando negativamente a los proveedores comerciales. Una solución viable es...

una alineación más estrecha y/o colaboración directa entre la academia y la industria.

- (2) Una mayor variedad de herramientas comerciales y de libre acceso contribuye a mantener una sana competencia en el mercado. También ayuda a evitar monopolios y oligopolios que frenan la innovación, limitan las opciones y perjudican los mercados de herramientas educativas. Algunas plataformas consolidadas o gratuitas (p. ej., Moodle, LMS) podrían mostrar este potencial de oligopolios durante la pandemia de COVID-19. Con más herramientas disponibles en el mercado, educadores y académicos pueden explorar nuevas vías para mejorar la educación y la investigación. Se pueden idear formas de educación nuevas y más eficaces. Por ejemplo, los entornos educativos virtuales multimodales tienen un gran potencial futuro. Se trata de entornos que, de otro modo, serían imposibles en entornos físicos convencionales (véase la discusión previa sobre RV/RA). La expansión de los mercados y el comercio educativos debería conducir inevitablemente a una mayor financiación de la investigación y el desarrollo. Popenici y Kerr, 2017 Los proyectos de investigación colaborativa patrocinados por la industria deberían brindar apoyo y oportunidades a los académicos para impulsar la investigación educativa. Es controvertido que en numerosas geografías se observe una tendencia a la baja en la investigación colaborativa. Para revertir esta tendencia, es deseable que los investigadores académicos y los profesionales de la industria incrementen su interacción mediante presentaciones, capacitaciones e incluso iniciativas gubernamentales. Los tres actores clave (academia, industria y gobierno) deberían desempeñar un papel más activo.

- (3) La formación profesional y práctica ofrece numerosas oportunidades para una colaboración fructífera entre la academia y la industria. Con la naturaleza cambiante del trabajo y la creciente adopción de tecnología, existe una creciente demanda de cambios radicales en la formación profesional, tanto para el profesorado como para el alumnado. Informe sobre el desarrollo mundial, 2019 El conocimiento del dominio proporcionado por el profesorado se complementa de forma beneficiosa con entornos de aprendizaje asistidos por IA en el ámbito académico. Las habilidades prácticas se mejoran en entornos industriales gracias a la experiencia práctica y la retroalimentación tanto de los formadores como de las herramientas tecnológicas. Por lo tanto, los estudiantes se benefician de la adquisición de conocimientos del dominio y el perfeccionamiento de sus habilidades mediante la interacción con profesores y formadores. Asimismo, se benefician de la adquisición de habilidades prácticas mediante la interacción con entornos tecnológicos simulados y reales. Una formación profesional eficaz exige profesores y formadores en el ámbito del aprendizaje humano, y entornos de IA y herramientas tecnológicas reales en el ámbito del aprendizaje automático. La colaboración entre el ámbito académico y la industria, así como los enfoques equilibrados de aprendizaje humano y automático, son pertinentes para la formación profesional.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El big data y la IA tienen un enorme potencial para lograr un aprendizaje y una enseñanza altamente efectivos. Estimulan nuevas preguntas y diseños de investigación, aprovechan tecnologías y herramientas innovadoras en la recopilación y el análisis de datos y, en última instancia, se convierten en...

TABLA 1 | Principales desafíos y posibles soluciones para la integración de big data e IA en la educación.

Aspecto	Grandes desafíos	Posibles soluciones
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> El modo de educación está evolucionando progresivamente desde un enfoque único para todos hacia una educación de precisión y un aprendizaje individualizado. La investigación de IA en educación se centra actualmente en las tecnologías informáticas inteligentes en un solo dominio. El formato, el propósito y el significado de los datos generados por máquina deben diseñarse cuidadosamente. La influencia significativa de las tecnologías de IA y big data es un arma de doble filo. 	<ul style="list-style-type: none"> Se necesitarán herramientas educativas adaptativas y sistemas de aprendizaje flexibles para satisfacer las necesidades de cada alumno. El enfoque de la investigación sobre la implementación de la IA en la educación debe incorporar teorías de cognición y conocimiento sobre las diferencias individuales en el aprendizaje de los estudiantes. Se necesita un modelo teórico que guíe el desarrollo, la interpretación y la validación de algoritmos. El análisis de datos debe aplicarse con cautela.
Formulación de políticas	<ul style="list-style-type: none"> En las economías del conocimiento impulsadas digitalmente, los sistemas educativos formales tradicionales están experimentando cambios drásticos o incluso un cambio de paradigma. Un gran número de docentes en formación y en servicio no están preparados para apoyar y adoptar nuevas tecnologías. Existe una necesidad urgente de protección de la privacidad y de los datos personales contra la divulgación no autorizada, la explotación comercial y otros abusos. 	<ul style="list-style-type: none"> Los estudios futuros deberían orientarse al uso de las tecnologías educativas en el contexto apropiado y adaptado a las características de cada alumno. Será necesario desarrollar nuevos métodos de instrucción, participación y evaluación en la educación formal para apoyar sistemas de educación permanente basados en microcréditos o microtítulos. Es necesario diseñar y ofrecer programas eficaces de formación docente y de educación continua para apoyar la adopción de estas nuevas tecnologías. El gobierno debe buscar un equilibrio óptimo entre la recopilación de datos personales y la protección de datos personales en la formulación de políticas. implementación y cumplimiento.
Industria	<ul style="list-style-type: none"> La comercialización de herramientas y sistemas educativos inteligentes presenta un conjunto de desafíos difíciles. Ampliar el espectro de herramientas disponibles comercialmente y de forma gratuita es necesario para mantener una competencia sana en el mercado. La formación profesional y práctica necesita cambios radicales para seguir siendo pertinente y prudente. 	<ul style="list-style-type: none"> Se fomenta firmemente la construcción de una asociación recíproca y sostenida entre el mundo académico y la industria de la educación. Los proyectos de investigación colaborativa patrocinados por la industria deberían brindar apoyo a los académicos para avanzar en la investigación aplicada y su comercialización. Una colaboración más estrecha entre la academia y la industria con un aprendizaje equilibrado, orientado al ser humano y asistido por máquinas.

un paradigma de investigación dominante (Daniel, 2019). Sin embargo, aún son bastante novedosos y desconocidos para muchos investigadores y educadores. En este artículo, describimos los antecedentes generales, los conceptos fundamentales y los avances recientes de este campo en rápido crecimiento. Junto con las oportunidades emergentes, destacamos los desafíos cruciales y las tendencias emergentes del big data y la IA en la educación, que se reflejan en la investigación educativa, la formulación de políticas y la industria. **Tabla 1** Resume concisamente los principales desafíos y las posibles soluciones del big data y la IA en la educación. En resumen, los estudios futuros deben centrarse en la educación de precisión basada en la teoría, incorporando aplicaciones interdisciplinarias y utilizando adecuadamente las tecnologías educativas. El gobierno debe dedicarse a apoyar la formación continua, ofrecer programas de formación docente y proteger los datos personales. En cuanto al sector educativo, se deben desarrollar relaciones recíprocas y mutuamente beneficiosas para fortalecer la colaboración entre el mundo académico y la industria.

Con respecto al desarrollo futuro del big data y la IA, abogamos por un diálogo profundo entre los defensores de la tecnología "fría" y la humanidad "caliente" para que los usuarios de la tecnología puedan beneficiarse de su capacidad y no verla como una amenaza para su sustento. Un problema igualmente importante es que la dependencia excesiva de la tecnología puede llevar a una subestimación del papel de los humanos en la educación. Recordemos el papel fundamental de la escolarización: la escuela es un gran equalizador, así como un agente central de socialización. Necesitamos comprender mejor el papel del procesamiento social y afectivo (p. ej., emoción, motivación), además del procesamiento cognitivo, en los éxitos (o fracasos) del aprendizaje de los estudiantes. Después de todo, el aprendizaje humano es un comportamiento social, y varias regiones clave de nuestro cerebro están programadas para la interacción social (véase Li y Jeong, 2020 para una discusión).

Se ha estimado que aproximadamente la mitad de los trabajos rutinarios actuales podrían automatizarse en un futuro próximo (Frey y Osborne, 2017; Informe sobre el desarrollo mundial, 2019). Sin embargo, la labor docente es insustituible. La relación profesor-alumno es indispensable para el aprendizaje de los estudiantes y una fuente de inspiración para su crecimiento personal. Roorda y otros, 2011; Cheng y Tsai, 2019). Por otra parte, los nuevos avances tecnológicos nos permitirán recopilar y analizar datos a gran escala, multimodales y continuos en tiempo real.

REFERENCIAS

- Abed Ibrahim, L., y Fekete, I. (2019). Lo que el aprendizaje automático puede decirnos sobre el papel del dominio del lenguaje en la precisión diagnóstica de las tareas de repetición de frases y no palabras en alemán. *Frente. Psicología*.9:2757. doi: 10.3389/fpsyg.2018.02757
- Adjerid, I., y Kelley, K. (2018). Big data en psicología: un marco para la investigación. *adelanto. Am. Psicología*.73, 899–917. doi: 10.1037/amp0000190
- Aldowah, H., Al-Samarraie, H. y Fauzy, WM (2019). Minería de datos educativos y analítica del aprendizaje para la educación superior del siglo XXI: una revisión y síntesis. *Telemat. Informar*.37, 13–49. doi: 10.1016/j.tele.2019.01.007
- Anwar, S., Bascou, NA, Menekse, M. y Kardgar, A. (2019). Una revisión sistemática de estudios sobre robótica educativa. *J. Ingeniería Preuniversitaria, Res. Educativa (J-PEER)*, 19–42. doi: 10.7771/2157-9288.1223
- Azevedo, JPWD, Crawford, MF, Nayar, R., Rogers, FH, Barron Rodríguez, MR, Ding, EYZ, et al. (2019). *Poner fin a la pobreza de aprendizaje: ¿Qué hace falta?*. Washington, DC: Banco Mundial.

Datos. Este análisis intensivo de datos e impulsado por la tecnología del comportamiento humano, en entornos reales y simulados, puede ayudar a los docentes a identificar las trayectorias y patrones de aprendizaje de los estudiantes, desarrollar planes de lecciones correspondientes y adoptar estrategias de enseñanza eficaces. Klačnja-Milicevic et al., 2017; Gierl y Lai, 2018). También puede ayudar a los profesores a abordar los problemas más complejos de los estudiantes y cultivar sus habilidades de pensamiento de orden superior al liberarlos de sus tareas monótonas y rutinarias. Li, 2007; Belpaeme y otros, 2018). Por lo tanto, ahora es imperativo para nosotros adoptar la IA y la tecnología y preparar a nuestros docentes y estudiantes para el futuro de la educación mejorada por la IA y respaldada por la tecnología.

La adopción del big data y la IA en el aprendizaje y la enseñanza aún se encuentra en sus primeras etapas y, por ahora, se ve limitada por desafíos tecnológicos y de mentalidad. Sin embargo, la convergencia de los avances en psicología, ciencia de datos e informática es muy prometedora para revolucionar la investigación, la práctica y la industria educativa. Esperamos que los últimos logros y las futuras direcciones presentadas en este documento impulsen nuestro objetivo común de ayudar a estudiantes y docentes a alcanzar el desarrollo sostenible.

CONTRIBUCIONES DEL AUTOR

HLu redactó el borrador inicial del manuscrito. PG, HLa, JG y PL revisaron los borradores y aportaron la base teórica. SY, HO, JB y RG contribuyeron con el contenido para la preparación del borrador original del manuscrito. C-CT proporcionó el enfoque teórico, el diseño, la retroalimentación del borrador y supervisó la investigación durante toda la investigación. Todos los autores contribuyeron al artículo y aprobaron la versión presentada.

FONDOS

Este trabajo fue apoyado financieramente por el Instituto de Excelencia en Investigación en Ciencias del Aprendizaje de la Universidad Normal Nacional de Taiwán (NTNU) a través del Programa del Centro de Investigación de Áreas Destacadas en el marco del Proyecto Sprout de Educación Superior del Ministerio de Educación (MOE) de Taiwán.

Baker, RSJD, D'Mello, SK, Rodrigo, MMT y Graesser, AC (2010).

Es mejor estar frustrado que aburrido: la incidencia, la persistencia y el impacto de los estados cognitivo-afectivos de los estudiantes durante las interacciones con tres entornos de aprendizaje diferentes basados en computadora. *Int. J. Human-Comp. Stud*.68, 223–241. doi: 10.1016/j.ijhcs.2009.12.003

Barsalou, LW (2008). "Fundamentación de las operaciones simbólicas en el cerebro" sistemas modales", en *Enraizamiento encarnado: enfoques sociales, cognitivos, afectivos y neurocientíficos*, eds GR Semin y ER Smith (Cambridge: Cambridge University Press), 9–42. doi: 10.1017/cbo9780511805837.002

Becker, SA, Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, CG y Ananthanarayanan, V. (2017). *Informe Horizonte del NMC: Edición de Educación Superior 2017*. Austin, TX: El Consorcio de Nuevos Medios.

Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B. y Tanaka, F. (2018). Robots sociales para la educación: una revisión. *Ciencia. Robot*.3:eaat5954. doi: 10.1126/scirobotics.aat5954

Bereiter, C. (2002). *Educación y MENTE en la era del conocimiento*. Mahwah,

New Jersey: LEA.

- Boyd, D., y Crawford, K. (2012). Preguntas críticas para el big data: provocaciones para un fenómeno cultural, tecnológico y académico. *Inf. Comun. Soc.*15, 662–679. doi: 10.1080/1369118x.2012.678878
- Bramley, NR, Dayan, P., Griffiths, TL y Lagnado, DA (2017). Formalización El barco de Neurath: algoritmos aproximados para el aprendizaje causal en línea. *Psicólogo Rev.* 124, 301–338. doi: 10.1037/rev0000061
- Bucher, T. (2018). *Si entonces: Poder algorítmico y política*. Nueva York, NY: Oxford Prensa universitaria.
- Carbonell, JR (1970). IA en CAI: un enfoque de inteligencia artificial para la computación. instrucción asistida. *IEEE Trans. Sistema Hombre-Máquina*.11, 190-202. doi: 10.1109/TMMS.1970.299942
- Chen, CP, y Zhang, CY (2014). Aplicaciones con uso intensivo de datos, desafíos, Técnicas y tecnologías: una encuesta sobre big data. *Informar. Ciencia*.275, 314–347. doi: 10.1016/j.ins.2014.01.015
- Chen, L., Chen, P. y Lin, Z. (2020). Inteligencia artificial en educación: una revisión. *Acceso IEEE*, 75264–75278. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988510
- Chen, N.-S., Yin, C., Isaias, P. y Psotka, J. (2020). Big data educativo: Extrayendo significado de los datos para una educación inteligente. *Interactúa. Aprende. Entorno*.28, 142–147. doi: 10.1080/10494820.2019.1635395
- Cheng, K.-H., y Tsai, C.-C. (2019). Un estudio de caso de excursiones virtuales inmersivas. En un aula de primaria: experiencias de aprendizaje de los estudiantes y comportamientos de interacción profesor-alumno. *Comp. Educ.*140:103600. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103600
- Cheung, MW-L. y Jak, S. (2018). Desafíos del análisis de big data y Aplicaciones en psicología. *Zeitschrift Fur Psychol. J. Psicólogo*.226, 209–211. doi: 10.1027/2151-2604/a000348
- Cuthbertson, B., Socha, TL, y Potter, TG (2004). El arma de doble filo: Reflexiones críticas sobre la tecnología tradicional y moderna en la educación al aire libre. *J. Adv. Educ. Aprendizaje al aire libre*.4, 133–144. doi: 10.1080/14729670485200491
- Cutumisu, M., y Guo, Q. (2019). Uso del modelado de temas para extraer pre-La comprensión del pensamiento computacional por parte de los docentes en servicio a partir de sus reflexiones sobre la codificación. *IEEE Trans. Educ.*62, 325–332. doi: 10.1109/te.2019.2925253
- Daniel, B. (2015). Big data y analítica en la educación superior: oportunidades y desafíos. *Br. J. Educ. Technol.*46, 904–920. doi: 10.1111/bjet.12230
- Daniel, BK (2019). Big data y ciencia de datos: una revisión crítica de cuestiones para Investigación educativa. *Br. J. Educ. Technol.*50, 101–113. doi: 10.1111/bjet.12595
- Dijks, J. (2013). *Oracle: Big Data para la empresa. Informe técnico de Oracle*. Secoya Shores, CA: Oracle Corporation.
- Field, J. (2001). Educación a lo largo de la vida. *Int. J. Educación Permanente*.20, 3–15. doi: 10.1080/09638280010008291
- Frey, CB, y Osborne, MA (2017). El futuro del empleo: cuán susceptibles son ¿Son los puestos de trabajo objeto de la informatización? *Pronóstico tecnológico. Cambio social*.114, 254–280. doi: 10.1016/j.techfore.2016.08.019
- Geczy, P. (2014). Características del big data. *Macrotema Rev.*3, 94–104.
- Geczy, P. (2015). Gestión de big data: marco relacional. *Rev. Bus. Finanzas Semental*.6, 21–30.
- Geczy, P. (2018). Modelos de negocio orientados a datos: obteniendo ventaja competitiva. *Global J. Bus. Res.*12, 25–36.
- Gierl, MJ, y Lai, H. (2018). Uso de la generación automática de ítems para crear soluciones. y fundamentos de las pruebas formativas computarizadas. *Medición psicológica aplicada* 42, 42–57. doi: 10.1177/0146621617726788
- Gobert, J., Sao Pedro, M., Raziuddin, J. y Baker, RS (2013). De los archivos de registro a Métricas de evaluación para la investigación científica utilizando minería de datos educativos. *J. Aprender. Ciencia*.22, 521–563. doi: 10.1080/10508406.2013.837391
- Gobert, JD, y Sao Pedro, MA (2017). “Entornos de evaluación digital” para prácticas de investigación científica”, en *El manual Wiley de cognición y evaluación*, eds AA Rupp y JP Leighton (West Sussex: Marcos, metodologías y aplicaciones), 508–534. doi: 10.1002/9781118956588.ch21
- Gobert, JD, Sao Pedro, MA, Baker, RS, Toto, E. y Montalvo, O. (2012). Aprovechar la minería de datos educativos para la evaluación del desempeño en tiempo real de las habilidades de investigación científica dentro de micromundos. *J. Educ. Min. de Datos*.4, 104–143. doi: 10.5281/zenodo.3554645
- Goksel, N., y Bozkurt, A. (2019). “Inteligencia artificial en la educación: actualidad Perspectivas y perspectivas futuras”, en *Manual de investigación sobre el aprendizaje en la era del transhumanismo*, eds S. Sisman-Ugur y G. Kurubacak (Hershey, PA: IGI Global), 224–236 doi: 10.4018/978-1-5225-8431-5.ch014
- Graesser, AC, Chipman, P., Haynes, BC y Olney, A. (2005). AutoTutor: un Sistema de tutoría inteligente con diálogo de iniciativa mixta. *IEEE Trans. Educ.*48, 612–618. doi: 10.1109/te.2005.856149
- Inteligencia GSMA (2020). *La economía móvil 2020*. Londres: GSM Association.
- Harlow, LL, y Oswald, FL (2016). Big data en psicología: introducción a la Número especial. *Métodos psicológicos*21, 447–457. doi: 10.1037/met0000120
- Hew, KF, Lan, M., Tang, Y., Jia, C. y Lo, CK (2019). ¿Dónde está la «teoría»? ¿En el ámbito de la investigación en tecnología educativa? *Br. J. Educ. Technol.*50, 956–971. doi: 10.1111/bjet.12770
- Hinojo-Lucena, FJ, Aznar-Díaz, I., Cáceres-Reche, MP y Romero-Rodríguez, JM (2019). Inteligencia artificial en la educación superior: un estudio bibliométrico sobre su impacto en la literatura científica. *Ciencias Educativas*9:51. doi: 10.3390/educsci9010051
- Huang, AY, Lu, OH, Huang, JC, Yin, C. y Yang, SJ (2020). Predecir Rendimiento académico de los estudiantes mediante el uso de big data educativo y analítica de aprendizaje: evaluación de métodos de clasificación y registros de aprendizaje. *Int. Aprender. Medio ambiente*.28, 206–230. doi: 10.1080/10494820.2019.1636086
- Huggins, R., y Thompson, P. (2015). Emprendimiento, innovación y desarrollo regional. Crecimiento: una teoría de redes. *Autobús pequeño. Económico*.45, 103–128. doi: 10.1007/s11187-015-9643-3
- Hwang, G.-J., Spikol, D., y Li, K.-C. (2018). Editorial invitado: tendencias e investigación Cuestiones de análisis del aprendizaje y big data educativo. *Educ. Tecnol. Soc.*21, 134–136.
- Jagadish, HV, Gehrke, J., Labrinidis, A., Papakonstantinou, Y., Patel, JM, Ramakrishnan, R., et al. (2014). Big data y sus desafíos técnicos. *Comun. ACM*. 57, 86–94. doi: 10.1145/2611567
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A. y Haywood, K. (2011). *El 2011 Informe Horizon*. Austin, TX: El Consorcio de Nuevos Medios.
- Jordan, MI, y Mitchell, TM (2015). Aprendizaje automático: tendencias, perspectivas, y perspectivas. *Ciencia*349, 255–260. doi: 10.1126/science.aaa8415
- Khechine, H. y Lakhal, S. (2018). La tecnología como arma de doble filo: Desde la predicción del comportamiento con UTAUT hasta los resultados de los estudiantes considerando las características personales. *J. Inform. Technol. Educ. Res.*17, 63–102. doi: 10.28945/4022
- Klašnja-Milicevic, A., Ivanovic, M. y Budimac, Z. (2017). ciencia de datos en Educación: big data y análisis del aprendizaje. *Ing. Aplicac. Comput. Educ.*25, 1066–1078. doi: 10.1002/cae.21844
- Koh, JHL, Chai, CS y Tsai, CC (2014). Factores demográficos, TPACK constructos y percepciones de los docentes del TPACK de orientación constructivista. *J. Educ. Technol. Soc.*17, 185–196.
- Koper, R., y Tattersall, C. (2004). Nuevas direcciones para el aprendizaje permanente utilizando tecnologías de red. *Br. J. Educ. Technol.*35, 689–700. doi: 10.1111/j.1467-8535.2004.00427.x
- Krouska, A., Troussas, C. y Virvou, M. (2019). Aprendizaje de redes sociales: una exploración Estudio más allá del e-learning y evaluación de sus aplicaciones utilizando el marco EV-SNL. *J. Comp. Ass. Learn.*35, 168–177. doi: 10.1111/jcal.12330
- Laney, D. (2001). Gestión de datos 3D: control del volumen, la velocidad y la variedad. *Nota de resolución del Grupo META*.6, 70–73.
- Lazer, D., Kennedy, R., King, G. y Vespignani, A. (2014). La parábola de Google Gripe: trampas en el análisis de big data. *Ciencia*343, 1203–1205. doi: 10.1126/ciencia.1248506
- Lenschow, RJ (1998). De la enseñanza al aprendizaje: un cambio de paradigma en la ingeniería. Educación y aprendizaje permanente. *Eur. J. Eng. Educ.*23, 155–161. doi: 10.1080/03043799808923494
- L'heureux, A., Grolinger, K., Elymany, HF y Capretz, MA (2017). Máquina Aprendizaje con big data: retos y enfoques. *Acceso IEEE*, 7776–7797. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2696365
- Li, H., Gobert, J. y Dickler, R. (2019). “Evaluación de la transferencia de andamios Pregunta: ¿qué se pega y perdura?” *Inteligencia Artificial en la Educación*, eds S. Isotani, E. Millán, A. Ogan, P. Hastings, B. McLaren y R. Luckin (Cham: Springer), 163–168. doi: 10.1007/978-3-030-23207-8_31
- Li, P., y Jeong, H. (2020). El cerebro social del lenguaje: fundamentos del segundo aprendizaje de idiomas en la interacción social. *npj Sci. Aprender*.5:8. doi: 10.1038/s41539-020-0068-7
- Li, P., Legault, J., Klippel, A. y Zhao, J. (2020). Realidad virtual para estudiantes. aprendizaje: comprender las diferencias individuales. *Hum. Comportamiento. Cerebro*1, 28–36. doi: 10.37716/HBAB.2020010105

- Li, X. (2007). Educación en línea apoyada por agentes inteligentes. *Diciembre. Sci. J. Innovat. Educación*.5, 311–331. doi: 10.1111/j.1540-4609.2007.00143.x
- Loftus, M., y Madden, MG (2020). Una pedagogía de datos y artificial
Inteligencia para la subjetivación estudiantil. *Enseñanza. Educación superior*.25, 456–475. doi: 10.1080/13562517.2020.1748593
- Long, P., y Siemens, G. (2011). Penetrando la niebla: analítica en el aprendizaje y educación. *Reverendo Educativo*.46, 31–40. doi: 10.1007/978-3-319-38956-1_4
- Lu, OHT, Huang, AYQ, Huang, JCH, Lin, AJQ, Ogata, H. y Yang, SJH (2018). Aplicación de la analítica de aprendizaje para la predicción temprana del rendimiento académico de los estudiantes en el aprendizaje combinado. *Educ. Technol. Soc.* 21, 220–232. Macfadyen, LP (2017). Superando las barreras de la analítica educativa: cómo El pensamiento sistémico y el pragmatismo pueden ayudar. *Educ. Technol.*.57, 31–39. Malik, G., Tayal, DK y Vij, S. (2019). "Un análisis del papel de la inteligencia en la educación y la enseñanza", en *Hallazgos recientes en técnicas de computación inteligente. Avances en sistemas inteligentes y computación.*, eds P. Sa, S. Bakshi, I. Hatzilygeroudis y M. Sahoo (Singapur: Springer), 407–417. Manuel Moreno-Marcos, P., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, PJ y Delgado Kloos, C. (2019). Predicción en MOOC: una revisión y futuras líneas de investigación. *IEEE Trans. Aprender. Tecnología*.12, 384–401. doi: 10.1109/TLT.2018.285 6808
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., et al. (2011). *Big data: la próxima frontera para la innovación, la competencia y la productividad*. Nueva York, NY: McKinsey Global Institute.
- Mayer-Schönberger, V. y Cukier, K. (2013). *Big data: una revolución que... Transformar cómo vivimos, trabajamos y pensamos*. Boston, MA: Houghton Mifflin Harcourt.
- Mislewy, RJ, Yan, D., Gobert, J. y Sao Pedro, M. (2020). "Puntuación automatizada en sistemas de tutoría inteligentes", en *Manual de puntuación automatizada*, eds D. Yan, AA Rupp y PW Foltz (Londres: Chapman and Hall/CRC), 403–422. doi: 10.1201/9781351264808-22
- Mowery, DC, Nelson, RR, Sampat, BN y Ziedonis, AA (2001). El crecimiento Patentes y licencias en universidades estadounidenses: una evaluación de los efectos de la Ley Bayh-Dole de 1980. *Res. Pol.*.30, 99–119. doi: 10.1515/97808047963 61-008
- Nye, BD (2015). Sistemas de tutoría inteligente por y para el mundo en desarrollo: una Revisión de tendencias y enfoques de la tecnología educativa en un contexto global. *Int. J. Art. Intell. Educ.*.25, 177–203. doi: 10.1007/s40593-014-0028-6 Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C. y Mullainathan, S. (2019). Disecionando la discriminación racial sesgo en un algoritmo utilizado para gestionar la salud de las poblaciones. *Ciencia*.366, 447–453. doi: 10.1126/science.aax2342
- O'Donnell, C. (2008). Definición, conceptualización y medición de la fidelidad de Implementación y su relación con los resultados en la investigación sobre intervención curricular K-12. *Rev. Educ. Res.*.78, 33–84. doi: 10.3102/0034654 307313793
- Papamitsiou, Z., y Economides, AA (2014). Análisis del aprendizaje y la educación Minería de datos en la práctica: una revisión sistemática de la literatura sobre evidencia empírica. *Educ. Technol. Soc.*.17, 49–64.
- Pardo, A., y Siemens, G. (2014). Principios éticos y de privacidad para el aprendizaje. analítica. *Br. J. Educ. Technol.*.45, 438–450. doi: 10.1111/bjet.12152 Pedró, F., Subosa, M., Rivas, A. y Valverde, P. (2019). *Inteligencia artificial en Educación: desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible*. París: UNESCO.
- Peters, MA (2018). Aprendizaje profundo, educación y la etapa final de la automatización. *Teoría de la Filosofía Educativa*.50, 549–553. doi: 10.1080/00131857.2017.1348928 Popenici, SA, y Kerr, S. (2017). Explorando el impacto de la inteligencia artificial en enseñanza y aprendizaje en la educación superior. *Res. Práctica. Tecnología. Aprendizaje Mejorado*. 12:22. doi: 10.1186/s41039-017-0062-8
- Quadir, B., Chen, N.-S., e Isaías, P. (2020). Análisis de los objetivos educativos, Problemas y técnicas utilizadas en la investigación de big data educativo de 2010 a 2018. *Int. Aprender. Medio ambiente*.1–17. doi: 10.1080/10494820.2020.1712427 Renz, A., y Hilbig, R. (2020). Prerrequisitos para la inteligencia artificial en el futuro Educación: identificación de impulsores, barreras y modelos de negocio de las empresas de tecnología educativa. *Int. J. Educ. Technol. Educación Superior*.17:14. doi: 10.1186/s41239-020-00193-3
- Renz, A., Krishnaraja, S. y Gronau, E. (2020). Desmitificación de lo artificial Inteligencia en la educación: ¿Cuánta IA hay realmente en la tecnología educativa? *Int. J. aprender. Anal. Arte. Intel. Educativo. (IJAI)*.2, 4–30. doi: 10.3991/ijai.v2i1.12675
- Roorda, DL, Koomen, HMY, Spilt, JL y Oort, FJ (2011). la influencia De las relaciones afectivas profesor-alumno en el compromiso y el rendimiento escolar de los estudiantes: un enfoque metaanalítico. *Rev. Educ. Res.*.81, 493–529. doi: 10.3102/0034654311421793
- Sao Pedro, M., Baker, R. y Gobert, J. (2013). "¿Qué diferentes tipos de La estratificación puede revelar información sobre la generalización de los modelos de evaluación de habilidades extraídos de datos", en *Actas de la 3ª Conferencia sobre Análisis del Aprendizaje y Conocimiento*(Lovaina), 190–194.
- Schroek, M., Shockley, R., Smart, J., Romero-Morales, D., y Tufano, P. (2012). Analítica: el uso real del big data. *IBM Global Bus. Serv.*.12, 1–20. doi: 10.1002/9781119204183.ch1
- Sharples, M. (2000). El diseño de tecnologías móviles personales para la vida. aprendiendo. *Comp. Educ.*.34, 177–193. doi: 10.1016/s0360-1315(99)0 0044-5
- Smutny, P., y Schreiberova, P. (2020). Chatbots para el aprendizaje: una revisión de Chatbots educativos para el Messenger de Facebook. *Comp. Educ.*.151:103862. doi: 10.1016/j.compedu.2020.103862
- Sonderlund, AL, Hughes, E., y Smith, J. (2019). La eficacia del aprendizaje Intervenciones analíticas en la educación superior: una revisión sistemática. *Br. J. Educ. Technol.*.50, 2594–2618. doi: 10.1111/bjet.12720
- Song, Y., Dai, X.-Y., y Wang, J. (2016). No todas las emociones son creadas. Igual: comportamiento expresivo del público en red en el sitio de redes sociales de China. *Comp. Hum. Comportamiento*.60, 525–533. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.086
- Spikol, D., Ruffaldi, E., Dabisias, G. y Cukurova, M. (2018). Supervisado. Aprendizaje automático en análisis de aprendizaje multimodal para estimar el éxito en el aprendizaje basado en proyectos. *J. Comp. Ass. Learn.*.34, 366–377. doi: 10.1111/jcal. 12263
- Staats, C. (2016). Comprender el sesgo implícito: lo que los educadores deben saber. *Soy. Educación*.39, 29–33. doi: 10.2307/3396655
- Starcic, AI (2019). Aprendizaje humano y análisis del aprendizaje en la era de inteligencia artificial. *Br. J. Educ. Technol.*.50, 2974–2976. doi: 10.1111/bjet. 12879
- Foro Internacional de Ciencias del Aprendizaje (2019). *El aprendizaje internacional Foro de Ciencias: Tendencias internacionales de IA y Big Data en las ciencias del aprendizaje* . Taipei: Universidad Normal Nacional de Taiwán.
- Toh, LPE, Causo, A., Tzuu, PW, Chen, IM y Yeo, SH (2016). Una revisión sobre el uso de robots en la educación y los niños pequeños. *J. Educ. Technol. Soc.*.19, 148–163.
- Topol, EJ (2019). Medicina de alto rendimiento: la convergencia de lo humano y inteligencia artificial. *Medicina Natural*.25, 44–56. doi: 10.1038/s41591-018-0300-7 Tsai, CC (2000). Relaciones entre las creencias epistemológicas científicas de los estudiantes. y percepciones de entornos de aprendizaje constructivistas. *Res. Educativa*.42, 193–205. doi: 10.1080/001318800363836
- Tsai, SC, Chen, CH, Shiao, YT, Ciou, JS y Wu, TN (2020). Educación de precisión con aprendizaje estadístico y aprendizaje profundo: un estudio de caso en Taiwán. *Int. J. Educ. Technol. Educación Superior*.17, 1–13. doi: 10.1186/s41239-020-00186-2
- UNESCO (2015). *ODS 4-Educación 2030, Declaración de Incheon (DI) y Marco Para la Acción. Para la Implementación del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Garantizar una Educación Inclusiva, Equitativa y de Calidad y Promover Oportunidades de Aprendizaje Permanente para Todos, ED-2016/WS/28*.Londres: UNESCO
- Naciones Unidas (2020). *Informe de políticas: La educación durante la COVID-19 y después*. Nueva York, NY: Naciones Unidas
- VanRullen, R. (2017). Ciencia de la percepción en la era de las redes neuronales profundas. *Frete. Psicología*.8:142. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00142
- Viberg, O., Hatakka, M., Bälter, O. y Mavroudi, A. (2018). El panorama actual de análisis del aprendizaje en la educación superior. *Computación. Comportamiento humano*.89, 98–110. doi: 10.1016/j.chb.2018.07.027
- Williams, P. (2019). ¿La educación basada en competencias con blockchain indica una ¿Nueva misión para las universidades? *J. Educación Superior, Gestión Polit.*.41, 104–117. doi: 10.1080/1360080x.2018.1520491
- Informe sobre el desarrollo mundial (2019). *La naturaleza cambiante del trabajo*. Washington, DC: Banco Mundial/Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J. y Wang, C.-C. (2019). Tendencias y Desarrollo del aprendizaje adaptativo/personalizado mejorado con tecnología: una

Revisión sistemática de publicaciones en revistas del año 2007 al 2017. *Comp. Educ.* 140:103599. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103599

Yadegaridehkordi, E., Noor, NFBM, Ayub, MNB, Affal, HB y

Hussin, NB (2019). Computación afectiva en educación: una revisión sistemática e investigaciones futuras. *Comp. Educ.* 142:103649. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103649

Yarkoni, T., y Westfall, J. (2017). Elegir la predicción sobre la explicación en Psicología: lecciones del aprendizaje automático. *Perspectiva. Psicología. Ciencia.* 12, 1100–1122. doi: 10.1177/1745691617693393

Zawacki-Richter, O., Marín, VI, Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Sistemático Revisión de la investigación sobre aplicaciones de inteligencia artificial en la educación superior; ¿Dónde están los educadores? *Int. J. Educ. Technol. Educación Superior.* 16:39. doi: 10.1186/s41239-019-0171-0

Incompatibilidad: JG trabajó en la empresa Apprendis, LLC, Berlín.

Los demás autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

Copyright © 2020 Luan, Geczy, Lai, Gobert, Yang, Ogata, Baltes, Guerra, Li y Tsai. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución (CC BY). Se permite su uso, distribución y reproducción en otros foros, siempre que se cite al autor original y al titular de los derechos de autor, y se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite ningún uso, distribución ni reproducción que no cumpla con estos términos.