



Recibido: 3 enero 2022  
Revisión: 19 enero 2022  
Aceptado: 24 enero 2022

Dirección autores:

Departamento de Didáctica y  
Organización Educativa. Facultad  
de Educación. Universidad de  
Barcelona. Edifici Llevant, 2ª planta,  
Passeig de la Vall d'Hebron, 17,  
08035, Barcelona (España).

E-mail / ORCID

[xaviergiro@ub.edu](mailto:xaviergiro@ub.edu)

 <https://orcid.org/0000-0003-2960-8469>

[jmsancho@ub.edu](mailto:jmsancho@ub.edu)

 <https://orcid.org/0000-0002-2941-5619>

## ARTÍCULO / ARTICLE

# La Inteligencia Artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico<sup>1</sup>

## Artificial Intelligence in Education: Big Data, Black Boxes, and Technological Solutionism

Xavier Giró Gràcia y Juana Sancho-Gil

**Resumen:** El uso de la tecnología digital está impregnando y transformando todos los sistemas sociales, y la educación no es una excepción. En la última década, el desarrollo de la Inteligencia Artificial ha dado un nuevo impulso a la esperanza de dotar a los sistemas educativos de soluciones "eficaces" y más personalizadas para la enseñanza y el aprendizaje. Educadores e investigadores en el campo de la educación y responsables políticos, en general, carecen de los conocimientos y la experiencia necesarios para comprender la lógica subyacente a estos nuevos sistemas. Además, no contamos con suficientes evidencias basadas en la investigación para comprender plenamente las consecuencias que tienen para el desarrollo del alumnado, tanto el uso extensivo de las pantallas como la creciente dependencia de los algoritmos en los entornos educativos. Este artículo, dirigido a educadores, académicos del ámbito de la educación y responsables políticos, introduce en primer lugar los conceptos de "Big Data", Inteligencia Artificial (IA), algoritmos de aprendizaje automático y cómo se presentan y despliegan como "cajas negras", así como su posible impacto en la educación. A continuación, se centra en los discursos educativos subyacentes que históricamente han visto a las tecnologías de la información y la comunicación como panacea para resolver los problemas educativos, señalando la necesidad de analizar no solo sus ventajas, sino también sus posibles efectos negativos. Termina con una breve exploración de posibles escenarios futuros y conclusiones.

**Palabras clave:** Aprendizaje potenciado por la tecnología, Inteligencia artificial, Analíticas del aprendizaje, Tecnologías persuasivas, Contextos educativos.

**Abstract:** The use of digital technology is constantly permeating and transforming all social systems, and education is not an exception. In the last decade, the development of Artificial Intelligence has given a new push to the hope of providing educational systems with 'effective' and more personalized solutions for teaching and learning. Educators, educational researchers, and policymakers, in general, lack the knowledge and expertise to understand the underlying logic of these new systems, and there is insufficient research based evidence to fully understand the consequences for learners' development of both the extensive use of screens and the increasing reliance on algorithms in educational settings. This article, geared towards educators, academics in the field of Education, and policymakers, first introduces the concepts of 'Big Data', Artificial Intelligence, Machine Learning algorithms and how they are presented and deployed as 'black boxes', and the possible impact on education these new software solutions can have. Then, it focuses on the underlying educational discourses that historically have seen information and communication technologies as a panacea for solving educational problems, pointing out the need to analyse not only their advantages, but also their possible negative effects. It finishes with a short exploration of possible future scenarios and conclusions.

**Keywords:** Technology-Enhanced Learning, Artificial Intelligence, Learning Analytics, Persuasive Technologies, Educational Contexts.

<sup>1</sup> Este artículo es una traducción al español de: Giró Gràcia, X., & Sancho-Gil, J. M. (2021). Artificial Intelligence in Education: Big Data, Black Boxes, and Technological Solutionism. *Seminar.net*, 17(2). <https://doi.org/10.7577/seminar.4281>

## 1. Introducción

«Nosotros construimos nuestras tecnologías, y nuestras tecnologías nos construyen a nosotros y a nuestro tiempo. Nuestros tiempos nos hacen, nosotros hacemos nuestras máquinas, nuestras máquinas hacen nuestros tiempos. Nosotros nos convertimos en el objeto que miramos, pero ellas se convierten en lo que nosotros hacemos de ellas.» (Turkle, 1995, p. 46).

La historia de la educación no puede desvincularse del desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación. Según McClintock (1993), el uso de textos impresos tuvo un impacto fundamental en la forma de concebir e implementar la educación formal en la Edad Moderna. La revolución del libro de bolsillo se promocionó como una forma de liberar a profesorado y alumnado de los libros de texto, las conferencias y las clases expositivas (Cohen, 1988). El cine, la radio, la televisión, los ordenadores y una colección cada vez mayor de dispositivos digitales se han anunciado periódicamente como la nueva panacea para resolver los problemas educativos (Cuban, 1986; Saettler, 1990; Papert, 1993; Perelman, 1992; Gates, 1996; Sancho, 1998; Sancho-Gil, 2020; Sancho-Gil et al., 2020).

Sin tener en cuenta que estas tecnologías no han sido pensadas ni desarrolladas en o para el contexto educativo (Noble, 1991), las escuelas y universidades llevan décadas intentando implementar y utilizar nuevas herramientas de información y comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Su objetivo explícito es encontrar formas más sencillas, más baratas y que requieran menos tiempo para comunicar, transferir o impartir información. La idea de Alfred North Whitehead de que «la mejor educación se encuentra en la obtención de la máxima información a partir del aparato más sencillo» (Cuban 1986, p. 3) parece más viva que nunca. A pesar de todas las pruebas que la cuestionan y de la creciente preocupación por «la locura del solucionismo tecnológico» (Morozov, 2013). Además, para muchos profesionales y estudiosos, la agenda oculta detrás de la adopción de nuevas tecnologías digitales radica en el afán de la industria por encontrar nuevos clientes dispuestos a adoptar la última versión de su nuevo artilugio y mantener viva la idea del «progreso infinito» (MacDonald, 1993).

Los albores de la tercera década del siglo XXI están siendo testigos de la imparable influencia de las grandes corporaciones digitales en la educación. Un ámbito que se ha convertido para ellas en una fuente inagotable de datos y dinero y, por tanto, de poder. Poder para configurar y moldear las nociones de conocimiento, enseñanza y aprendizaje, y los roles del profesorado y el alumnado. Cada vez son más los educadores que toman conciencia del papel social clave que desempeñan unos pocos no elegidos democráticamente y del poder que ejercen a través de los algoritmos y el Big Data (Lupton & Williamson, 2017, Williamson, 2017). Una tendencia que llevó a Buchanan & McPherson (2019, párr. 2) a sostener que «Australia puede estar dirigiéndose hacia un futuro educativo diseñado por Silicon Valley y no por los gobiernos, educadores y comunidades escolares.»

Este artículo, orientado a educadores, académicos del ámbito de la Educación y responsables políticos, pretende arrojar luz sobre los numerosos aspectos de la Inteligencia Artificial (IA) que no son ampliamente conocidos. Se articula en dos partes principales, primero introduce las nociones que fundamentan el Big Data en la sociedad contemporánea. Sitúa cómo los datos están alimentando el uso de algoritmos

en todas las áreas de nuestras vidas, y específicamente en el campo de la IA, así como el concepto de «cajas negras». A continuación, se centra en el discurso educativo que subyace a la idea de que la tecnología digital es la nueva panacea para resolver los persistentes problemas de la educación y termina con una breve exploración de posibles escenarios futuros y conclusiones.

## 2. La era del Big Data

Las sociedades humanas han recurrido a la recopilación de datos durante miles de años. El primer censo del que tenemos constancia fue realizado por los babilonios en el año 3800 a. C. y en él se contabilizaba el número de personas y de ganado, así como las cantidades de mantequilla, miel, leche, lana y verduras disponibles (Lennon, 2016). El ser humano siempre ha utilizado los datos para intentar comprender mejor el mundo que le rodea y para desarrollar modelos que le permitan hacer predicciones sobre el futuro. ¿Tendremos suficiente comida almacenada para sobrevivir al invierno? ¿Cuántos hospitales necesitamos en un pueblo o en una gran ciudad? ¿Podrá la gente vivir cómodamente con los trabajos y salarios disponibles? Pero, en torno al cambio del último milenio, la forma de ver los datos se transformó profundamente. La evolución de los sistemas informáticos, tanto en términos de capacidad de procesamiento en bruto como de almacenamiento de datos, junto con el crecimiento exponencial del uso de las tecnologías digitales, crearon la tormenta perfecta que confluyó en lo que ahora llamamos Big Data.

Los datos se producen, se procesan, se almacenan y se transforman a ritmos nunca vistos (Hilbert y López, 2011), y eso está transformando nuestras vidas. La invención de Internet unida al uso generalizado de los ordenadores tradicionales primero, y de los dispositivos móviles después, no solo han revolucionado las formas de acceder a la información, con sus consecuencias políticas, económicas y culturales (Castells, 1996), sino las maneras en que se recogen y explotan los datos en cantidades masivas. Ahora estamos rodeados de agentes informáticos, como predijo Negroponte en los años noventa (Negroponte, 1995). Además de *Siri*, *Alexa*, *Google*, los más conocidos, existe una miríada más. Para que estos agentes digitales funcionen, se adaptan y nos ofrecen la mejor respuesta a nuestras consultas, necesitan saberlo todo sobre nosotros. Nuestras citas, nuestras preferencias musicales, dónde vivimos, cómo nos desplazamos, qué nos gusta hacer en nuestro tiempo libre... Pero el uso masivo de datos no solo está contribuyendo a cambiar nuestra relación con la información y la forma en que la procesamos; también está en la base de un nuevo paradigma económico. La nueva moneda es nuestra huella digital, el rastro de pequeñas interacciones que dejamos cada vez que usamos un dispositivo digital (Muhammad, et al., 2018). Las redes sociales, los motores de búsqueda o las *apps* de grandes marcas comerciales utilizan todos estos datos para construir nuestros perfiles digitales. Perfiles elaborados con nuestros datos que luego son reutilizados, transformados y vendidos a los profesionales del marketing para la publicidad, a veces con poca consideración por la privacidad o la ética. Un ejemplo reciente lo encontramos en el escándalo de *Cambridge Analytics* y *Facebook* (Isaak & Hanna, 2018). Si eres usuario de *Google*, solo tienes que visitar tu perfil y mirar la página de «Configuración de anuncios»<sup>2</sup> para ver (si no has desactivado manualmente la «Personalización de anuncios») todo lo que *Google* sabe de ti: edad, sexo, hijos, educación, empleador o intereses, por nombrar algunos. *Google* ofrece, al igual que otros recopiladores de grandes datos, la opción de

<sup>2</sup> <https://adssettings.google.com>

excluirse de una parte o de la mayor parte del seguimiento que realiza. Pero la carga siempre recae en el usuario, y parte del seguimiento se considera parte integral al funcionamiento de estos servicios, por lo que no puede evitarse.

### 3. Analíticas de aprendizaje e Inteligencia Artificial

En lo que respecta a la educación, las analíticas de datos se han utilizado con regularidad para evaluar la calidad de los sistemas educativos, como ejemplifica el Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos de la OCDE, comúnmente conocido como PISA<sup>3</sup>. Pero los datos recogidos en este tipo de estudios están orientados a dar una visión global y, al mismo tiempo limitada, de los sistemas educativos como grandes instituciones monolíticas, Una visión que contiene problemas inherentes todavía sin resolver (Goldstein, 2018). Inspirados en la explosión del Big Data, los nuevos campos de las analíticas de aprendizaje y la minería de datos educativos tratan de aprovechar nuestras nuevas capacidades de recopilación de datos para crear nuevos modelos que fomenten el aprendizaje de los estudiantes. A través de procesos algorítmicos (basados en software de predicción, agrupamiento, minería de relaciones, destilación de datos para el juicio humano, análisis de redes sociales, entre otros), estas metodologías aprovechan la gran cantidad de datos que se pueden recoger en plataformas de e-Learning como *Canvas*, *Moodle*, *Sakai* o *Blackboard*, entre otras. «Además de los datos de procedencia y rendimiento del alumno, cada acción realizada (leer archivos, participar en foros, enviar mensajes o visitar enlaces recomendados, por ejemplo) deja una huella digital» (Calvet Liñán & Juan Pérez, 2015, s. p.). A medida que más escuelas adoptan plataformas de e-Learning y tecnologías móviles en su enseñanza diaria, la huella digital puede ser cosechada y procesada para construir perfiles de aprendizaje individualizados para cada estudiante (al igual que hace *Google*). Estos perfiles pueden ser utilizados para predecir el rendimiento de los estudiantes, ofrecer contenidos de aprendizaje personalizados y evaluar el aprendizaje de los estudiantes (Ray & Saeed, 2018). Y para procesar eficazmente todos los datos y crear los modelos que puedan impulsar esta personalización, la solución propuesta es la Inteligencia Artificial, que ya se utiliza en muchos otros sectores, desde las finanzas hasta la justicia.

El campo de la IA se remonta a los orígenes de la informática. El matemático inglés Alan Turing, famoso por su trabajo para descifrar la máquina Enigma utilizada por los nazis para codificar sus mensajes durante la Segunda Guerra Mundial, está considerado como uno de sus padres. En su artículo de 1950 «Computing Machinery and Intelligence», propuso la prueba de Turing para sustituir la pregunta «¿Pueden pensar las máquinas?» (Saygin et al., 2000). El término IA tiene sus raíces en la cibernética y en la creencia de que los seres humanos, y el propio universo, son lo que Finn (2017) llama «efectivamente computables», lo que implica que «las facultades cognitivas podrían abstraerse de las operaciones físicas de apoyo del cerebro» (Dick, 2019, s/p). Sin embargo, la informática contemporánea considera la IA como un campo que abarca múltiples disciplinas relacionadas con el desarrollo de máquinas con capacidades similares a las humanas. Por ejemplo, aprendizaje automático, visión por ordenador, reconocimiento de imágenes, coches autónomos, procesamiento y generación de lenguaje natural, etc. La IA se basa en algoritmos capaces de reconocer patrones, una característica esencial del cerebro humano. Tradicionalmente los enfoques de la IA se basaban en la construcción de algoritmos muy complejos que

<sup>3</sup> <http://www.oecd.org/pisa/>

podrían imitar procesos racionales, como el *ELIZA* de Weizenbaum (Weizenbaum, 1966). Los enfoques actuales se basan en el aprendizaje automático, que es el proceso por el cual el algoritmo imita una red de neuronas. Por ensayo y error, a través de generaciones repetidas de resultados basados en conjuntos de datos de entrenamiento, alcanza un estado en el que es capaz de producir resultados similares a los humanos (correctos) para cualquier entrada arbitraria. Cuando se llega a un conjunto muy complejo de neuronas artificiales que modelan una multitud de capas de pensamiento y son capaces de autoevaluar sus supuestos y adaptarlos en consecuencia, los informáticos utilizan el término «Deep Learning» (Dickson, 2021). Estos algoritmos de Aprendizaje Profundo están en el corazón de la clasificación automática de imágenes, la transcripción de voz a texto o la predicción del precio de las acciones.

Los sistemas de aprendizaje automático han ido penetrando en las empresas de todo el mundo durante la última década. Se consideran un gran catalizador del crecimiento en muchas industrias, desde el comercio minorista hasta la fabricación y todo lo demás. También han empezado a hacer incursiones en el sector público, aplicándose en el sistema judicial para determinar la duración de las sentencias, o en el sistema educativo para procesar las admisiones universitarias (O'Neil, 2016). Estos sistemas se presentan como «objetivos» y «neutrales», ya que se trata de modelos desarrollados por máquinas con una aportación humana limitada. De ahí que se muestren como herramientas sofisticadas que son demasiado complejas para ser explicadas a la población en general, por lo que no pueden ser cuestionadas (O'Neil, 2016).

#### **4. Algoritmos de caja negra**

Cuando se tiene un algoritmo demasiado complejo para que lo entienda un ser humano, pero se confía en que, dada una determinada entrada, producirá una respuesta correcta, a esto se le llama caja negra. Como afirma Cathy O'Neil en su libro «Armas de Destrucción Matemática», «los veredictos de las ADM aterrizan como dictados de los dioses algorítmicos. El propio modelo es una caja negra, su contenido un secreto corporativo ferozmente guardado» (O'Neil, 2016, p. 8). Se sabe lo que entra y lo que sale, pero no lo que implica el proceso de conversión de la entrada a la salida. Incluso cuando analizamos lo que podríamos convenir que son modelos exitosos de algoritmos de caja negra, como la búsqueda de *Google*, las sugerencias de *Netflix* o *Siri* de *Apple*, lo que podemos encontrar es que, al menos en parte, el algoritmo es una ilusión que requiere una constante intervención humana para que siga funcionando. Ian Bogost lo describe así:

«Una vez que se adopta el escepticismo hacia lo algorítmico y lo divino de los datos, ya no se puede interpretar ningún sistema computacional como meramente algorítmico. Piensa en *Google Maps*, por ejemplo. No se trata solo de un software de cartografía que se ejecuta a través de un ordenador, sino que también implica sistemas de información geográfica, satélites y transpondedores de geolocalización, móviles conducidos por personas, sistemas de grabación óptica panorámica montados en el techo, leyes internacionales de grabación y privacidad, sistemas de enrutamiento de redes físicas y de datos, y aparatos de presentación web/móvil. Eso no es cultura algorítmica, es simplemente, bueno, cultura.» (2015, s p.).

Un buen ejemplo de esto es el sistema de identificación de contenidos de YouTube, que se describe en el informe «Cómo lucha *Google* contra la piratería» de esta manera:

«Gracias a los avances en el aprendizaje automático, *Content ID* ahora puede detectar melodías, vídeos y audios con derechos de autor, lo que ayuda a identificar versiones, remezclas o reenvíos que [los propietarios de los derechos de autor] pueden querer reclamar, rastrear o eliminar de *YouTube*» (Google, 2018, p. 27).

Construido para apaciguar a los grandes conglomerados de medios de comunicación y mantener a *Google* (o *Alphabet*) a salvo de problemas legales, el sistema requiere que los creadores de contenidos registren sus creaciones y las introduzcan en una base de datos de material protegido por derechos de autor. A partir de esta base de datos en constante crecimiento, *Content ID* determina automáticamente si un vídeo subido por un usuario utiliza contenido protegido por derechos de autor y lo marca. Esta señalización puede llevar, según los deseos del titular de los derechos de autor, a bloquear el vídeo o a redirigir la monetización al demandante<sup>4</sup>. Solomon describe así los resultados del algoritmo:

«*Content ID* es un gran sistema para *YouTube* y para los titulares de los derechos de autor, pero no lo es tanto para los usuarios de *YouTube*, porque no solo no les protege, sino que les priva efectivamente de sus derechos en virtud de la ley de derechos de autor. El sistema es incapaz de reconocer las exenciones como el derecho a cita, lo que significa que muchos vídeos se marcan como infracciones aunque no lo sean. Además, cuando estos vídeos se marcan, la mayoría de los usuarios no impugnan las reclamaciones que se hacen contra ellos.» (2015, p. 255).

Se podría argumentar que el algoritmo cumple con mucho éxito la función que *Google* ha ideado para él. Identifica rápidamente y con bastante precisión (según *Google*) el contenido protegido por derechos de autor en los vídeos subidos por los usuarios. Pero también se puede argumentar que, al ser *YouTube* la plataforma dominante para distribuir vídeo en línea, el algoritmo tiene un inmenso poder para decidir qué puede publicarse y cómo. Aunque las leyes que rigen los derechos de autor y sus exenciones (*fair use*, *fair dealing*, o sus equivalentes en diferentes países) no formen parte de sus preocupaciones. Además, el algoritmo puede ser utilizado como un arma indirecta para silenciar críticas o análisis no deseados, ya que podrían requerir mostrar el material original en el proceso, como señala la Electronic Frontier Foundation (Trendacosta, 2020).

Cuando se trata de algoritmos de aprendizaje automático, hay que tener en cuenta que los datos, a pesar de lo que pueda parecer, nunca son objetivos ni completos. Los conjuntos de datos utilizados para entrenar estos algoritmos se crean a partir de los datos disponibles y los resultados esperados, que reproducen parcialmente la «realidad», con sus sesgos y disfunciones. Estos conjuntos de datos pueden no incluir información relevante que es crucial para producir lo que un ser humano aceptaría como resultados correctos, o pueden basarse en información histórica que reproduce tendencias socioeconómicas indeseables. Como argumenta O'Neil «La cuestión, sin embargo, es si hemos eliminado el sesgo humano o simplemente lo hemos camuflado con la tecnología. Los nuevos modelos de

<sup>4</sup> *Google* mantiene una página en su Centro de ayuda sobre *Content ID*, su funcionamiento y las preguntas más frecuentes en <https://support.google.com/youtube/answer/2797370>

reincidencia son complicados y matemáticos. Pero dentro de estos modelos hay una gran cantidad de supuestos, algunos de ellos perjudiciales» (2016, p. 25). El impacto del uso de algoritmos de caja negra en la educación es todavía limitado, pero ya se utilizan en la evaluación del rendimiento del profesorado. Por ejemplo, el programa IMPACT en las escuelas públicas de Washington DC, Estados Unidos, iniciado en 2009, que utiliza el aprendizaje automático y la IA para medir el rendimiento de los profesores (O'Neil, 2016). Además, cada vez son más las voces que impulsan la introducción de modelos de análisis de aprendizaje y minería de datos, asistentes inteligentes y motores de recomendación en las aulas, especialmente en los entornos de aprendizaje electrónico. Por lo tanto, necesitamos preguntarnos qué papel puede tener la IA en la educación, a qué problemas puede aportar soluciones, cuáles son los imaginarios subyacentes en los discursos educativos que impulsan el uso de estas tecnologías y qué efectos indeseados puede provocar.

## **5. La necesidad de satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes**

La idea de ir más allá de la manera uniforme de enfocar la enseñanza y el aprendizaje institucional se basa en dos perspectivas contradictorias, una educativa y otra tecnológica.

A principios del siglo XX, John Dewey, la Educación Progresista (en EE.UU.) y la Escuela Nueva (en Europa) defendían la necesidad de considerar a niños, niñas y jóvenes no como recipientes vacíos que debían llenarse con los libros y el conocimiento del profesorado. Se proclamaba que el alumnado, independientemente de su origen biológico, socioeconómico y cultural, llegaba a la escuela con su mochila de experiencias, conocimientos y capacidad de aprender. El alumnado era una parte esencial del proceso de enseñanza y aprendizaje que debía considerar sus peculiaridades y circunstancias. Sin embargo, en 1970, Basil Bernstein seguía señalando que muchos niños, niñas y jóvenes que abandonaban la escuela no se sentían reconocidos, respetados ni valorados por ella. Cincuenta años después, la «persistencia de una educación no equitativa» (Pigot et al., 2021, p. vii) sigue siendo el mayor reto educativo, social y político para satisfacer las necesidades del alumnado. Una parte del alumnado sigue sin ser considerado (Sancho, 2021).

Por otro lado, en la década de 1950, la necesidad de mejorar los resultados del aprendizaje y un creciente interés por la tecnología, llevaron al psicólogo conductista Burrhoughs Frederic Skinner a construir una máquina que aplicara automáticamente sus principios de aprendizaje a la enseñanza. Para él, los nuevos avances en el análisis experimental del comportamiento sugerían que por primera vez era posible desarrollar una verdadera tecnología de la educación. Esta tecnología, en forma de máquina de enseñar, siguiendo la práctica del laboratorio experimental, utilizaría la instrumentación para dotar al alumnado de amplios repertorios de comportamientos verbales y no verbales. Además, el artilugio sería capaz de crear entusiasmo para seguir estudiando (Skinner, 1961).

Estas dos visiones parecen coexistir en el interés actual por la personalización del aprendizaje (OECD-CERI, 2006) y el impulso para introducir en la educación formal sistemas de aprendizaje basados en tecnologías persuasivas, algoritmos y Big Data. Las

tecnologías persuasivas fueron desarrolladas por Fogg en la Universidad de Stanford para diseñar máquinas que cambiasen lo que la gente piensa y hace (Fogg, 2003; 2009).

«Habló de ayudar a la gente a mantenerse en forma, dejar de fumar, gestionar sus finanzas y estudiar para los exámenes. Dos décadas después, sus métodos son mundialmente conocidos por generar miles de millones de dólares para varias docenas de empresas, pero no por ayudar a nadie a dejar de fumar» (Peirano, 2019, p. 28).

Además de producir múltiples efectos colaterales como ponen de manifiesto diferentes estudios (Alter, 2017; Desmurget, 2020; Williams, 2018, entre otros).

Como ha sucedido con las sucesivas oleadas de desarrollos tecnológicos, la Inteligencia Artificial ha despertado nuevas expectativas como «solución» a los problemas educativos. Para organizaciones internacionales como la UNESCO (Chakroun, et al., 2019), «la IA ofrece una amplia gama de soluciones, aplicaciones y técnicas para que el sector educativo las utilice para mejorar la enseñanza y el aprendizaje» (p. 7). Parecen especialmente entusiasmados con la forma en que «los Big Data pueden aprovecharse para rastrear el rendimiento de los libros y automatizar los procesos para construir modelos predictivos de aprendizaje automático» (p. 12). Según ellos puede mejorar el análisis del compromiso de los lectores en proyectos como World reader, cuyo objetivo es ayudar a las personas a «lograr un mejor éxito educativo, mejorar su potencial de ingresos y llevar una vida más saludable y feliz»<sup>5</sup>. Aunque advierten que:

«Cada vez más, los proveedores de servicios y aplicaciones recogen, guardan y utilizan grandes cantidades de datos de las personas. Los algoritmos, desarrollados sobre la base de estos datos, refuerzan con gran efectividad los prejuicios humanos y propagan "burbujas de filtro", estados de aislamiento intelectual que pueden resultar de las búsquedas personalizadas cuando un algoritmo de un sitio web adivina selectivamente la información que un usuario desea ver, basándose en la propia información del usuario, como su ubicación y su comportamiento de clics anteriores.» (p. 52)

Como tampoco ignoran que «los prejuicios históricos también pueden ser amplificados por la IA cuando su desarrollo se basa en conjuntos de datos históricos. Estas consideraciones deben tenerse en cuenta en cualquier debate sobre el uso de Big Data» (p. 59).

Todas estas afirmaciones provienen de los debates de la Semana del Aprendizaje Móvil (Mobile Learning Week -MLW) de 2019, centrada en los retos de reducir las barreras de la educación, mejorar los resultados del aprendizaje para todos y las posibilidades que ofrece la IA, que contó con el apoyo de la UNESCO. El poder económico de la MLW es bien conocido, como lo es el poder de la UNESCO para crear discursos y orientar las políticas educativas en muchos países. De ahí la importancia de señalar su entusiasmo un tanto desmedido, en este caso, por la IA como solución a los problemas educativos. Teniendo en cuenta que los discursos y las «soluciones» a la enseñanza y el aprendizaje en contextos formales basados en el papel casi «milagroso» de la tecnología ignoran sistemáticamente la complejidad que entraña cualquier sistema social.

<sup>5</sup> <https://www.worldreader.org/>

## 6. Soluciones reduccionistas a problemas complejos

«Para cada problema complejo hay una respuesta clara, sencilla y equivocada.» (H. L. Mencken, 1880-1956).

Como se ha sugerido anteriormente, la idea de reducir la complejidad de la educación y el aprendizaje a formas eficaces de procesar la información preconfeccionada tiene una larga historia con sus raíces más importantes en los Estados Unidos en la década de 1950 (Saettler, 1990). Como se ha argumentado en escritos anteriores (Sancho, 1995; 2020), la educación y el aprendizaje son unos de los mejores ejemplos de lo que Rittel y Webber (1984) acuñaron como "problemas perversos". Según Sancho (2020), este tipo de problemas:

«[...] están mal formulados. La información necesaria para entenderlos depende de las ideas de quienes intentan resolverlos. Se requiere un inventario exhaustivo de todas las posibles soluciones propuestas anteriormente. Es prácticamente imposible entender el problema sin conocer su contexto, ni buscar información sin ver la posible solución. No se consideran resueltos por razones inherentes a la lógica del problema (verdadero-falso), sino por lo que quienes intentan resolverlos consideran un grado adecuado de 'satisfacción'. Cualquier intervención en un problema 'perverso' tiene consecuencias, dejando huellas que no pueden ser borradas por una acción 'reparadora' de sus efectos no deseados, que a su vez generarán otros problemas. Tienen características específicas que los hacen 'únicos' y actúan como síntomas de otros problemas.» (Buchanan, 1992, p. 198).

Uno de los principales problemas de la conversión de la educación en procesos de información para diseñadores, máquinas y alumnado es el reduccionismo ontológico que conlleva. Para Searle (1992, p. 15), la reducción ontológica consiste en «la forma en que se demuestra que los objetos de cierta clase no consisten en nada más que en objetos de otra clase». Por ejemplo, si el aprendizaje consiste únicamente en «retener información», todos los aspectos de la intencionalidad, el contexto, la elaboración de significados... desaparecen o se rechazan por no ser «objetivables» o medibles. Así, se convierten en sus valores sustitutos aproximados, algo que puede ser especialmente controvertido, incluso peligroso, a la hora de modelar el aprendizaje del alumnado (O'Neil, 2018). Sobre todo, si tenemos en cuenta que, como señala Searle (1992, p. 15), «en general en la historia de la ciencia, las reducciones causales exitosas tienden a implicar reducciones ontológicas».

Las discusiones relacionadas con el papel de los algoritmos y el Big Data para mejorar la educación y el aprendizaje no pueden abstraerse de los contextos. No podemos dejar de considerar que:

«El aprendizaje es un fenómeno que involucra a personas reales que viven en contextos sociales reales y complejos de los que no pueden abstraerse de manera significativa. [...] el alumnado está contextualizado. Tienen un género, una orientación sexual, un estatus socioeconómico, una etnia, una cultura de origen; tienen intereses y cosas que les aburren; han desayunado o no; y viven en barrios con o sin violencia armada o terremotos frecuentes, les atrae (o choca) la personalidad de su profesor, etc.» (Phillips, 2014, p. 10).

Los seres humanos aprenden a lo largo, lo ancho y lo profundo de su vida (Banks et al, 2007), incluso en momentos y contextos en los que no se les enseña explícitamente. Esta característica del aprendizaje es lo que hace que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea tan intrincado, tan «perverso». Necesitamos ser conscientes de lo que entendemos por enseñanza y aprendizaje. Hoy en día parece crucial ampliar y complejizar la noción de enseñanza, para ir más allá de la idea de que «enseñar es contar [por un profesor o un algoritmo], aprender es escuchar [o seguir las indicaciones del algoritmo] y el conocimiento es lo que está en los libros [o en una aplicación digital]» (Cuban, 1993, p. 27 - nuestros añadidos entre corchetes).

Pero no solo eso. Tenemos que considerar cómo las personas dan sentido a la información, a las situaciones por las que pasan, al mundo que les rodea, que puede ser restringido o ampliado por diferentes medios (capital social y cultural, acceso a las tecnologías digitales). Esto significa la importancia de considerar todos los procesos de aprendizaje en entornos sociales (escuela, familia, comunidad) o en los creados artificialmente. En la era del Capitalismo de la Vigilancia (Zuboff, 2019), cualquier corporación puede tener acceso a volúmenes masivos de datos sobre prácticamente todos los estudiantes, en particular los que más utilizan las plataformas digitales, tanto dentro como fuera de la escuela. Este es uno de los argumentos más poderosos para el uso de Big Data en la educación actual, pero estos datos están poco contextualizados, y a menudo, como se ha señalado, se recogen y utilizan sin tener en cuenta sus efectos colaterales.

Esta tendencia se enfrenta a varias cuestiones importantes. En primer lugar, la creciente identificación de niños y niñas va en contra de sus derechos digitales. «Una cuestión que ha empezado a cruzarse con los instrumentos existentes sobre los derechos de la infancia, como la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de la Infancia (UN CDN) (1989)» (Lupton & Williamson, 2017, p. 782). Como argumentan estos autores:

«Los datos generados por estas tecnologías se utilizan a menudo para la vigilancia de datos, es decir, el seguimiento y la evaluación de los niños por ellos mismos o por otras personas, que puede incluir el registro y la evaluación de los detalles de su apariencia, crecimiento, desarrollo, salud, relaciones sociales, estados de ánimo, comportamiento, logros educativos y otras características.» (p. 781).

La segunda se refiere a las formas de convertir estos datos en algoritmos para guiar el aprendizaje del alumnado. Thomas Popkewitz (2018) advierte de los efectos perversos que puede tener la investigación educativa, especialmente para los niños, niñas y jóvenes vulnerables, cuando se enfrentan a etiquetas como falta de motivación, déficit de atención, falta de concentración, problemas de salud, etc. Como se ha señalado, los algoritmos desarrollados y entrenados por seres humanos no son «objetivos» e imparciales. Además, la mayoría de las personas no poseen la experiencia necesaria para entenderlos, ya que funcionan como cajas negras. Podemos identificar el posicionamiento ideológico y los intereses de un proyecto de ley educativa, un plan de estudios, el proyecto educativo de centro de una escuela, una planificación universitaria, un libro de texto o una «simple» aplicación educativa. Sin embargo, la mayoría de nosotros apenas podemos entender las nociones de enseñanza, aprendizaje, conocimiento, alumnado y profesorado en las que se basan los algoritmos, más allá del discurso de marketing de la corporación que los vende.

La tercera tiene que ver con el proceso actual de transformación de la educación por la frenética actividad de recopilación de datos que tiene lugar en muchos países. Para Buchanan y McPherson (2019, s/p) «los desarrolladores de tecnologías educativas tienen una influencia creciente en nuestras aulas, y estamos asistiendo a un cambio en la educación pública desde un sistema controlado democráticamente a uno diseñado y dirigido por corporaciones.»

Para ellas, la sustitución de la experiencia del profesorado por la capacidad de detección de patrones de los algoritmos de análisis del aprendizaje puede reducir las oportunidades de los estudiantes a las suposiciones codificadas en la lógica algorítmica. Una situación que abre muchas cuestiones intrincadas y entrelazadas, cuya discusión requeriría un artículo aparte.

La progresión de las personas, no solo en entornos institucionales, puede ser rastreada junto con acciones como la actividad física, el uso de dispositivos digitales, la participación en los medios sociales, etc. Información que puede cotejarse con los datos aportados por el alumnado y el profesorado a través de plataformas y *apps* de aprendizaje personalizado utilizadas en las aulas o en casa (Thompson, 2017). La mayoría de ellas diseñadas con tecnologías persuasivas impulsadas por algoritmos basados en los datos del alumnado para fomentar el progreso y la motivación, así como la vigilancia (Knox et al., 2020; Warzel, 2019). Sin obviar que los algoritmos educativos pueden influir directamente en las prácticas de los agentes educativos y determinar el aprendizaje del alumnado. Estos son aspectos importantes para tener en cuenta ya que, como se ha señalado anteriormente, su desarrollo incurre en sesgos cognitivos y culturales, y en cuestiones relacionadas con las capacidades de los usuarios (Hartong & Förschler, 2019).

## **7. ¿Sólo aprendizaje o educación?**

Todas estas consideraciones plantean cuestiones fundamentales sobre el presente y el futuro de la educación. Resulta fundamental decidir qué entendemos por educación. ¿La educación consiste únicamente en enseñar y aprender en la escuela, en transmitir información y en llenar al alumnado de hechos, conceptos, competencias y procedimientos para resolver problemas ya resueltos o habilidades para responder en los exámenes lo que se espera de ellos? ¿O se trata de aprender a conocer, de aprender a hacer (en entornos formales e informales), de aprender a convivir, de aprender a vivir con otros, de descubrir a los demás (no solo virtualmente, sino también cara a cara), de trabajar por metas comunes, de aprender a ser y de aprender a través de la vida? (Delors, 1998).

No podemos desconsiderar el desarrollo de niños, niñas y jóvenes en todas sus dimensiones. Que no solo hay que entrenar «el cerebro». Que todo el cuerpo necesita todo tipo de experiencias (intelectuales, afectivas, físicas, táctiles, olfativas, visuales, auditivas, gustativas). Que un uso excesivo de las pantallas, que sistemáticamente se impone al ejercicio físico y a muchas experiencias humanas fundamentales, puede dañar definitivamente el desarrollo armónico de las personas.

No podemos negar la importancia que tiene hoy en día la adquisición de habilidades digitales. Sin embargo, según el neurocientífico Desmurget (2020, p. 231), resulta crucial no confundir «aprender sobre 'lo' digital con aprender 'a través' de lo

digital». Varios estudios han puesto de manifiesto que «cuanto más dejamos una parte importante de nuestras actividades cognitivas en manos de la máquina, menos material encuentran nuestras neuronas para estructurarse, organizarse y conectarse» (Ibid, 232). Probablemente por esta razón, los promotores y principales beneficiarios de estas aplicaciones tecnológicas tratan de preservar a sus hijos e hijas de su influencia enviándolos a escuelas con poco o ningún uso de dispositivos digitales, pero con experiencias de naturaleza, arte y filosofía (Lahitou, 2018; Weller, 2018).

En este sentido, hay que tener en cuenta que diferentes investigaciones vienen mostrando que, a pesar de la enorme inversión en tecnologías digitales en los sistemas educativos -disparada en este momento por los efectos de la pandemia de la Covid-, los resultados de aprendizaje son terriblemente decepcionantes, dando la impresión de que el gasto puede no solo haber sido inútil, sino incluso perjudicial (Desmurget, 2020). El estudio de la OCDE (2015) sobre el uso de ordenadores y los resultados de PISA destacaba que «a pesar de las considerables inversiones en ordenadores, conexiones a Internet y software para uso educativo, hay pocas pruebas sólidas de que un mayor uso de ordenadores entre los estudiantes conduzca a mejores resultados en matemáticas y lectura» (p. 145). Y aún más:

«Los datos de PISA muestran que, para un nivel determinado de PIB per cápita y tras tener en cuenta los niveles iniciales de rendimiento, los países que han invertido menos en la introducción de ordenadores en la escuela han mejorado más rápido, por término medio, que los países que han invertido más» (p. 149).

Estos resultados señalan la necesidad de descentralizar el enfoque del aprendizaje de un solo dispositivo, de desarrollar proyectos pedagógicos integrales capaces de aprovechar todas las tecnologías disponibles (no solo la digital) y de mejorar tanto las condiciones de los entornos de aprendizaje como la formación del profesorado

Todas las discusiones anteriores nos han llevado a dos reflexiones principales. (a) Si todo este gasto en tecnología digital no hubiera sido más eficaz si se hubiera invertido en las numerosas carencias de los sistemas educativos. (b) ¿Cuál es el papel y la responsabilidad de los docentes, equipos directivos, asesores, inspectores, investigadores y responsables políticos a la hora de decidir dónde y cómo invertir los escasos recursos en educación?

## **8. Escenarios futuros y conclusiones**

En la mayoría de los países considerados desarrollados la Inteligencia Artificial ha sido reconocida como un factor clave para el crecimiento, sobre todo económico. Cuarenta y dos países han adoptado los Principios de la OCDE sobre Inteligencia Artificial, que establecen que los sistemas de IA deben diseñarse de forma que respeten el Estado de Derecho, los derechos humanos, los valores democráticos y la diversidad. Además deben incluir las salvaguardias adecuadas -por ejemplo, permitiendo la intervención humana cuando sea necesario- para garantizar una sociedad justa y equitativa (OCDE, 2019). La Comisión Europea ha publicado recientemente su Propuesta de marco normativo sobre Inteligencia Artificial, en la que se señala que el uso de la IA en la educación o la formación profesional, que puede determinar el acceso de los individuos a la educación y a una carrera profesional (por ejemplo, por la calificación de

los exámenes) como de alto riesgo. Esto requiere que los sistemas de IA estén sujetos a supervisiones estrictas antes de que puedan comercializarse (CE, 2021). El creciente escrutinio político y social en el uso de las tecnologías basadas en la IA, especialmente cuando se trata de derechos humanos básicos, indica que probablemente se adoptarán nuevas normativas a corto o medio plazo. En este contexto el liderazgo de la Unión Europea podría ser un factor importante a la hora de definir los límites de lo que es aceptable y lo que no en todo el mundo, ya que las empresas internacionales tienen que atenerse a la legislación europea si quieren operar en Europa. Está por ver cómo afectarán estas normas al uso de la IA en la educación, ya que todavía es muy limitado, pero un marco político estricto podría tener un gran impacto en la viabilidad de ciertas prácticas, y hacer que algunos usos, como delegar la evaluación del aprendizaje a la IA, estén prohibidos o requieran supervisión humana.

La principal promesa de adoptar el Big Data y la Inteligencia Artificial en la educación es que nos proporcionarán conocimientos que nos ayudarán a personalizar el aprendizaje para cada estudiante, de modo que puedan estar mejor atendidos en las instituciones de enseñanza y más comprometidos con su trayectoria escolar. El antiguo modelo de análisis del aprendizaje (siendo las notas de las asignaturas los datos más destacados) tiene un alcance limitado y no nos dice cuáles son las dificultades del alumnado, por lo que solo sirve como una forma tosca de clasificar a los estudiantes en triunfadores o fracasados. La promesa de un nuevo modelo que resuelva todos estos problemas es muy atractiva. Sin embargo, los sistemas educativos han demostrado ser muy refractarios a los grandes cambios y, aunque las nuevas políticas relativas al uso de la IA pueden tardar en ponerse en marcha, la adopción generalizada de los sistemas de decisión de la IA, especialmente en los centros públicos, parece poco probable, y el impacto de esta adopción puede ser muy limitado, además de no necesariamente beneficioso.

Los algoritmos de IA se están convirtiendo en algo omnipresente en la sociedad actual, pero se suelen ofrecer como cajas negras, demasiado complejas para comprenderlas. También como secretos comerciales, propiedad intelectual de las grandes empresas, demasiado valiosos para discutirlos abiertamente. Por otro lado, los modelos que los gobiernan se basan a menudo en suposiciones sesgadas, y en conjuntos de datos recogidos de una «realidad» que dista mucho de ser «real». La IA puede ser útil, especialmente para complementar la instrucción humana o en situaciones en las que el contacto humano es limitado, como en los entornos de aprendizaje digital. Sin embargo, el uso de algoritmos en la educación requiere supervisión, profesionales informados que comprendan cuáles son los límites de los algoritmos y transparencia en su aplicación y en los datos que recogen. También depende de un alto nivel de madurez tanto del alumnado como del profesorado, para abordar de forma crítica las evaluaciones, predicciones o materiales que el algoritmo ofrece. Los docentes no pueden abdicar de su papel y los resultados de los algoritmos necesitan ser cuestionados cuando son defectuosos.

También hay importantes cuestiones éticas en torno a la recogida de datos del alumnado y el profesorado y la creación de modelos en torno a ellos. Los datos son una moneda muy valiosa hoy en día y es esencial obtener el consentimiento de los usuarios y tratar los datos de forma adecuada, en términos de adquisición, almacenamiento, intercambio, anonimización y destrucción. La legislación tendrá que ponerse al día con la economía de los datos para proteger la privacidad de las personas, sobre todo de las menores, y para poner límites a lo que los desarrolladores de algoritmos pueden

adquirir de nosotros y lo que pueden hacer con ellos, y eso también repercutirá en su uso en la educación.

Los teléfonos inteligentes, los ordenadores e Internet son una parte integral de nuestras vidas en el siglo XXI y los algoritmos forman parte de esta realidad. Vivimos nuestra vida en una dualidad en línea/fuera de línea, en la que no siempre es obvio dónde acaba una y empieza la otra. Los educadores no pueden ser ajenos a este hecho y cada vez más resulta fundamental ser conscientes de las ventajas y los problemas que presenta la era algorítmica. Los responsables políticos, los educadores y los investigadores educativos no solo tienen que encontrar el mejor uso de estas tecnologías en la educación, maximizando sus efectos en beneficio de todos los individuos y grupos sociales, y evitando sus trampas. También educar a los estudiantes en lo que son los algoritmos y en el impacto que pueden tener en nuestras vidas.

Por último, no podemos olvidar el desarrollo físico, intelectual y emocional del alumnado y ser conscientes de que pasar demasiado tiempo frente a las pantallas puede ir en detrimento de experiencias vitales para el crecimiento del ser humano. Necesitamos urgentemente una iniciativa de investigación interdisciplinaria amplia y profunda que pueda ofrecer una imagen clara de los beneficios y perjuicios del desarrollo y el uso de las nuevas tecnologías digitales en la educación.

## 9. Agradecimientos

Grupo de investigación ESBRINA -Subjetividades, visualidades y entornos educativos contemporáneos- (2017 SGR 1248): <http://esbrina.eu>.

REUNI+D - Red Universitaria de Investigación e Innovación Educativa. Conectando Redes y Promoviendo el Conocimiento Abierto. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (RED2018-102439-T): <http://reunid.eu>

## 10. Referencias

- Alter, A. (2017). *Irresistible: The Rise of Addictive Technology and the Business of Keeping*. Penguin Press.
- Banks, J. A., Au, K. H., Ball, A.F., Bell, P., Gordon, E. W., Gutiérrez, K. D., Heath, S. B., Lee, C. D., Lee, Y., Mahiri, J., Nasir, N. S., Valdés, G., Zhou, M. (2007). *Learning in and out of school in diverse environments. Life-long, Life-wide, Life-deep*. The LIFE Center for Multicultural Education, University of Washington.  
[http://lifeslc.org/docs/Banks\\_etal-LIFE-Diversity-Report.pdf](http://lifeslc.org/docs/Banks_etal-LIFE-Diversity-Report.pdf)
- Bernstein, B. (1970). Education cannot compensate for society. *New society*, 26, 344-345.
- Bogost, I. (2015, January 15). The Cathedral of Computation. *The Atlantic*.  
<http://www.theatlantic.com/technology/archive/2015/01/the-cathedral-of-computation/384300/>
- Buchanan, R., & McPherson, A. (2019, July 8). Education shaped by big data and Silicon Valley. Is this what we want for Australia? *EduResearch Matters*,  
<https://www.aare.edu.au/blog/?p=4182>
- Calvet Liñán, L., & Juan Pérez, Á. A. (2015). Educational Data Mining and Learning Analytics: differences, similarities, and time evolution. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12(3), 98-112.  
<http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v12i3.2515>
- Castells, M. (1996). *The Rise of the Network Society* (Information Age), vol. 1. 2nd ed. Blackwell Publishers.
- Chakroun, B., Miao, F., Mendes, V., Domiter, A., Fan, H., Kharkova, I., Holmes, W., Orr, D., Jermol, M., Issroff, K., Park, J., Holmes, K.,

- Crompton, H., Portales, P., Orlic, D., & Rodriguez, S. (2019). *Artificial Intelligence for Sustainable Development: Synthesis Report, Mobile Learning Week 2019*. UNESCO
- Cohen, D. K. (1988). Educational Technology and School Organization. In R. S. Nickerson & P. P. Zoghbiates (Eds.), *Technology in Education: Looking Toward 2020* (pp. 231-264). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Pu.
- Cuban, L. (1986). *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920*. Teachers College.
- Cuban, L. (1993). *How teachers taught: constancy and change in American classrooms, 1890-1990*. Teachers College Press.
- Delors, J. (1998). *Learning: The treasure within*. Unesco.
- Desmurget, M. (2020). *La fábrica de cretinos digitales*. Península.
- Dick, S. (2019). Artificial Intelligence. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.92fe150c>
- Dickson, B. (2021, January 28). Demystifying deep learning. *Techtalks*. <https://bdtectalks.com/2021/01/28/deep-learning-explainer/>
- European Commission (2021). *Regulatory framework proposal on Artificial Intelligence*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
- Finn, E. (2017). *What Algorithms Want. Imagination in the Age of Computing*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262035927.001.0001>
- Fogg, B. J. (2003). *Persuasive Technology: Using Computers to Change what We Think and Do*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Fogg, B. J. (2009). A Behavior Model for Persuasive Design. *Persuasive'09*, April 26-29. Claremont, CA. <https://doi.org/10.1145/1541948.1541999>
- Gates, B. (1996). *The road ahead*. Viking.
- Goldstein, H. (2018). Measurement and Evaluation Issues with PISA. In L. Volante (Ed.), *The PISA Effect on Global Educational Governance* (pp. 49-58). Routledge.
- Google (2018). *How Google Fights Piracy*. [https://www.blog.google/documents/25/GO806\\_Google\\_FightsPiracy\\_eReader\\_final.pdf](https://www.blog.google/documents/25/GO806_Google_FightsPiracy_eReader_final.pdf)
- Hartong, S., & Förschler, A. (2019). Opening the black box of data-based school monitoring: Data infrastructures, flows and practices in state education agencies. *Big Data & Society*. <https://doi.org/10.1177/2053951719853311>
- Hilbert, M., & López, P. (2011). The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. *Science*, 332(6025), 60-65. <https://doi.org/10.1126/science.1200970>
- Isaak, J., & Hanna, M. J. (2018). User Data Privacy: Facebook, Cambridge Analytica, and Privacy Protection. *Computer*, 51(8), 56-59. <https://doi.org/10.1109/MC.2018.3191268>.
- Knox, J., Williamson, B., & Bayne, S. (2020). Machine behaviourism: Future visions of 'learnification' and 'datafication' across humans and digital technologies. *Learning, Media and Technology*, 45(1), 31-45. <https://doi.org/10.1080/17439884.2019.1623251>
- Lahitou, J. (2018, August 18). Silicon Valley Parents Choose Low & No Tech Schools. What About Your Kid's School? *The Good Man Project*. <https://goodmenproject.com/uncategorized/silicon-valley-parents-choose-low-notech-schools-thats-probably-not-the-tech-policy-at-your-kids-school/>
- Lennon, T. (2016, August 11). Babylon's ancient clay tablets made more census than today's computers. *The Daily Telegraph*. <https://www.dailytelegraph.com.au/news/babylons-ancient-clay-tablets-mademore-census-than-todays-computers/newsstory/3f76510db70c6bfd1185192a2e90bad>
- Lupton, D., & Williamson, B. (2017). The datafied child: The dataveillance of

- children and implications for their rights. *New Media & Society*, 19(5), 780-794. <https://doi.org/10.1177/1461444816686328>
- MacDonald, B. (1993). Micromundos y mundos reales. Una agenda para la evaluación. *Comunicación y Pedagogía-Infodidac*. October, 31-41.
- McClintock, R. O. (1993). El alcance de las posibilidades pedagógicas. In R. O. McClintock, G. Vázquez, M. J. Streibel (Coord.), *Comunicación, tecnología y diseños de instrucción: la construcción del conocimiento escolar y el uso de los ordenadores* (pp. 104-125). CIDE-MEC.
- Morozov, E. (2013). *To save everything, click here: The folly of technological solutionism*. Public Affairs.
- Muhammad, S.S., Dey, B.L., & Weerakkody, V. (2018). Analysis of Factors that Influence Customers' Willingness to Leave Big Data Digital Footprints on Social Media: A Systematic Review of Literature. *Information Systems Frontiers*, 20(3), 559-576. <https://doi.org/10.1007/s10796-017-9802-y>
- Negroponte, N. (1995). *Being Digital*. Alfred A. Knopf.
- Noble, D. D. (1991). *The Classroom Arsenal: Military Research, Information Technology, and Public Education*. The Falmer Press.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. Crown Publishing Group, USA.
- OECD-CERI (2006). *Personalising Education*. OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264036604-en>
- OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA*. OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- OECD (2019). *OECD Principles on Artificial Intelligence*. <https://www.oecd.org/goingdigital/ai/principles/>
- Papert, S. (1993). *The Children's machine*. Basic Books.
- Peirano, M. (2019). *El enemigo conoce el sistema. Manipulación de ideas, personas, influencias después de la economía de la atención*. Debate.
- Perelman, L. J. (1992). *Schools Out. Hyperlearning, the New Technology, and the end of Education*. William Morrow and Company, Inc.
- Phillips, D. C. (2014). Research in the Hard Sciences, and in Very Hard "Softer" Domains. *Educational Researcher*, 43(1), 9-11. <https://doi.org/10.3102/0013189X13520293>
- Pigott, T. D., Tocci, C., Ryan, A. M., & Galliher, A. (2021). Quality of Research Evidence in Education: How Do We Know? *Review of Research in Education*, 45(1), vii-xii. <https://doi.org/10.3102/0091732X211001824>
- Pinar Saygin, A., Cicekli, I. & Akman, V. (2000). Turing Test: 50 Years Later. *Minds and Machines* 10, 463-518. <https://doi.org/10.1023/A:1011288000451>
- Popkewitz, T. (2018, September 6). *The Paradox of Research: The Good Intentions of Inclusion that Excludes and Abjects*. ECER 2018. Bolzano, Italy. <https://cutt.ly/pk6dwqQ>
- Ray S., & Saeed M. (2018). Applications of Educational Data Mining and Learning Analytics Tools in Handling Big Data in Higher Education. In M. Alani, H. Tawfik, M. Saeed & O. Anya (eds), *Applications of Big Data Analytics*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76472-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76472-6_7)
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1984). Planning Problems are Wicked Problems. Developments. In N. Gross (ed.), *Design Methodology* (pp. 135-144). John Wiley and Sons.
- Saettler, P. (1990). *The Evolution of American Educational Technology*. Libraries Unlimited, Inc.
- Sancho-Gil, J. M. (1995). Looking for the 'Right' Answers or Raising the 'Right' Questions? A Dialogical Approach to Automating Instructional Design. In R. D. Tennyson & A. E. Barron (Ed.), *Automating Instructional Design: Computer-Based Development and Delivery Tools* (pp. 79-99). Springer-

- Verlag. NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 140.
- Sancho-Gil, J. M. (1998). Enfoques y funciones de las nuevas tecnologías para la información y la educación: lo que es no es lo que parece. In J. de Pablos & J. Jiménez (Eds.), *Nuevas Tecnologías, Comunicación Audiovisual y Educación* (pp. 71-102). Cedecs.
- Sancho-Gil, J. M. (2020). Digital technology as a trigger for learning promises and realities. *Digital Education Review*, 37, 195-207.  
<https://doi.org/10.1344/der.2020.37.191-203>
- Sancho-Gil, J. M., Rivera-Vargas, P. & Miño-Puigcercós, R (2020). Moving beyond the predictable failure of Ed-Tech initiatives. *Learning, Media and Technology*, 45(1), 61-75.  
<https://doi.org/10.1080/17439884.2019.1666873>
- Sancho-Gil, J. M. (2021, 23 febrero). No abandonamos, vosotros nos abandonasteis. *El Diario de la Educación*.  
<https://cutt.ly/ZIMWpME>
- Greg Thompson (2017) Computer adaptive testing, big data and algorithmic approaches to education, *British Journal of Sociology of Education*, 38:6, 827-840, DOI: 10.1080/01425692.2016.1158640
- Trendacosta, K. (2020, December 10). Unfiltered: How YouTube's Content ID Discourages Fair Use and Dictates What We See Online. *Electronic Frontier Foundation*.  
<https://www.eff.org/wp/unfiltered-how-youtubes-content-id-discourages-fair-useand-dictates-what-we-see-online>
- Turkle, S. (1995). *Life on the Screen: Identity in the Age of the Internet*. Shuster and Shuster.
- Warzel, Ch. (2019, July 2). Welcome to the K-12 Surveillance State. Is tech really the solution to student safety? *New York Times*.  
<https://www.nytimes.com/2019/07/02/opinion/surveillance-state-schools.html>
- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA--A Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36-45.  
<https://doi.org/10.1145/365153.365168>
- Weller, C. (2018, February 18). Silicon Valley parents are raising their kids tech-free — and it should be a red flag. *Business Insider*.  
<https://www.businessinsider.com/siliconvalley-parents-raising-their-kids-tech-free-red-flag-2018-2>
- Williamson, B. (2017). *Big Data in Education: The Digital Future of Learning, Policy and Practice*. SAGE Publications.  
<https://doi.org/10.4135/9781529714920>
- Williams, J. (2018). *Stand out of our Light: Freedom and Resistance in the Attention Economy*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781108453004>
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power: Barack Obama's books of 2019*. Profile books.

