

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, EDUCACIÓN Y LA PREGUNTA POR LOS FINES

AURORA GARCÍA-CARRERAS

Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN: En el presente escrito se plantea una discusión en torno al problema de la inteligencia artificial en el ámbito educativo. El enfoque persigue aunar la reflexión sobre las posibilidades de la técnica y de la educación. Para ello, nos preguntamos por el efectivo sentido de la expresión «inteligencia artificial» así como por las problemáticas que evoca en el campo de discusión. A continuación, se realiza un análisis crítico de los posibles antecedentes del proyecto educativo incorporador de la inteligencia artificial para posteriormente plantear la pluralidad de finalidades y de técnicas. Esto último nos conduce a una breve consideración sobre el papel de la reflexión humanística en esta tesis.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial; humanidades; educación; innovación; dataísmo; tecnología educacional.

Artificial intelligence, education and the question about ends

ABSTRACT: This paper brings a discussion about the problem of artificial intelligence in the educational field. The approach seeks to unify both reflections on the possibilities of technology and education. To do this, in the first place, we wonder about the effective meaning of the expression "artificial intelligence" as well as the problems it raises in the field of discussion. Next, a critical analysis of the possible antecedents of the educational project incorporating artificial intelligence is carried out. Later the plurality of purposes and techniques of this tool are discussed. The latter leads us to a brief consideration of the role of humanistic reflection in this context.

KEY WORDS: Artificial intelligence; Humanities; Education; Innovation; Dataism; Educational technology.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se va a plantear una discusión en torno al estado de la enseñanza en el panorama de la floreciente disciplina de la *inteligencia artificial*. A través de este análisis se pretende vislumbrar cómo en la herramienta en cuestión no existiría un único destino predefinido. Esta reflexión nos aleja tanto de las visiones catastrofistas como excesivamente optimistas en torno a este *boom* tecnológico. Entendemos así que, además, existiría un claro paralelismo entre la condición de la educación, de la tecnología e incluso de las humanidades: en todas está contenida la inherente pregunta por los fines. Con ello, se pretende poner de relieve la necesidad de vincular la reflexión tecnológica y educativa, así como poner de manifiesto la relevancia que cobra la reflexión humanista en este contexto.

Para ello, en primer lugar, en el primer apartado, reconducimos la imponente expresión «inteligencia artificial» a su sentido efectivo alejado de toda elucubración derivada de los imaginarios ficticios. En segundo lugar, atendemos a los posibles predecesores del proyecto de una inteligencia artificial aplicada al ámbito educativo. En el tercer apartado, reflexionamos acerca de la pluralidad de fines y enfoques educativos que conllevan estas herramientas. Por último, realizamos una breve observación en torno al papel de las humanidades en esta era de la inteligencia artificial.

1. QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y QUÉ PROBLEMAS NOS PRESENTA

Para el correcto planteamiento del problema de la investigación nos conviene desligarnos de ciertos prejuicios en torno a este auge tecnológico. Para ello, atendemos a que la inteligencia artificial se corresponde con una herramienta concreta cuya aplicación en la actualidad no coincidiría con la representación que tomaría cuerpo en los imaginarios ficticios. No obstante, su cartografiado nos devuelve una serie de problemas educativos y filosóficos de profundo calado.

Para empezar, nos enfrentamos al problema de que el término *inteligencia artificial* o I.A. no es unívoco. Esta expresión alude tanto a una herramienta como a la sucesión de disciplinas que posibilitan la aplicación de esta herramienta.

Cuando hablamos de I.A. podemos referirnos por igual a un rico panorama de aplicaciones tales como mecanismos de filtrado de información o softwares de reconocimiento de objetos. Ahora bien, un aspecto común a esta serie de dispositivos estaría constituido por el hecho de que, en todos estos usos, la herramienta *artificial* o computacional estaría llevando a cabo una serie de decisiones que no habrían sido estrictamente programadas por los informáticos.

De igual manera, al aludir a la «inteligencia artificial» podemos referirnos a diversas disciplinas como el *Deep learning* o el *machine learning* cuyo modo de proceder o de aprender, a su vez, presenta diferentes versiones tales como el aprendizaje supervisado, el aprendizaje no supervisado e incluso el aprendizaje por refuerzo¹.

En segundo lugar, y como advertencia frente a lo previamente expuesto apreciamos que, la cuestión de la *inteligencia artificial* alude a un problema filosófico complejo² y que, por tanto, ésta no puede ser resuelta a través de una mera enumeración de sus aplicaciones.

La «inteligencia artificial» contiene por sí misma una problemática histórica que nos hace reflexionar sobre las posibilidades de la técnica, así como sobre la naturaleza de nuestra propia inteligencia. Por ejemplo, en los orígenes del debate sobre la posibilidad de la constitución de una inteligencia artificial no rara vez ha estado de fondo el problema de la modelización de la inteligencia humana. Uno de los padres de la disciplina, Allen Newell, no dudaba en establecer una analogía casi idéntica entre el funcionamiento de la mente humana

¹ HOLMES, W., BIALIK, M. y FADEL, C., *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.

² Este problema filosófico, a nuestro juicio, no podría resolverse en una mera reformulación de las palabras empleadas. Filósofos como Markus Gabriel parecerían aludir a una suerte de pseudoproblemática planteando que, en realidad, el debate sobre la constitución artificial de la inteligencia sería falso por ser ya la inteligencia humana constituida artificialmente a través de la cultura. Estamos aludiendo a una tesis sostenida por éste en la obra *El sentido del pensamiento*. En: GABRIEL, M., *El sentido del pensamiento*, Barcelona: Ediciones de Pasado y Presente, 2022.

y del ordenador siendo ambos entendidos como «sistemas de procesamiento de la información»³.

Estas concepciones aparejadas a la *inteligencia artificial* no dejan de constituir un ámbito de necesaria discusión por cuanto que, entre otras cosas, con ellas estaría en juego la imposición de un modelo computacional e incluso conductista de la inteligencia que, para nuestro caso, puede influir en el modo de concebir la enseñanza.

Por otro lado, cabe resaltar que en el campo de reflexión acerca de la concreta *inteligencia artificial* se aprecia que, puesto que no hay un acuerdo en torno a la consistencia de nuestra inteligencia, tampoco lo habría en la definición conceptual del término.

Encontramos así definiciones basadas en una noción conductista de la inteligencia como la de Marvin Minsky. Para este autor, la *inteligencia artificial* sería aquella disciplina que permitiría desarrollar una serie de acciones de las cuales si fueran realizadas por humanos inferiríamos inteligencia⁴.

Asimismo, otros organismos, como la Comisión europea, parecerían incidir en el aspecto inteligente de la atribución de fines. De este modo, *inteligencia artificial* también podría aludir a sistemas que mostrarían un comportamiento inteligente siendo capaces de realizar un análisis del entorno, así como de realizar acciones con cierta independencia con el propósito de alcanzar objetivos específicos⁵. Además, otros parecen hacer hincapié en el carácter de automatización de cálculos complejos como vía de simulación de actividad inteligente. Richard Bellman en *An Introduction To Artificial Intelligence* señalaría así que la inteligencia artificial es «la automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...»⁶.

Como colofón a esta exposición en torno a la pluralidad de sentidos de la expresión «inteligencia artificial» debemos referirnos a una última distinción que aqueja a la propia denominación de la disciplina y que la pone en cuestión tal y como fue concebida como proyecto inicial.

³ «La mente humana también es un sistema de procesamiento de la información, y una descripción de la misma puede darse en una aproximación de las mismas características. [...] El modelo de procesamiento humano puede dividirse en tres subsistemas que interaccionan entre sí (1) el sistema perceptual, (2) el sistema motor y (3) el sistema cognitivo, cada uno con sus propias memorias y procesadores». [La traducción es nuestra] En: CARD, S. K., MORAN, T. P. y NEWELL, A., *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1983.

⁴ Encyclopedie Herder. «*Inteligencia artificial*». 2009, disponible en: https://encyclopedia.herdeeditorial.com/wiki/Inteligencia_artificial#:~:text=Marvin%20Minsky%2C%20uno%20de%20los,ser%20humano%20calificamos%20como%20inteligente%C2%BB

⁵ Comisión Europea. «Inteligencia artificial para Europa» [Comunicado de prensa], 2018, disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0237&from=ES>.

⁶ MORENO-PADILLA, R. D., «La llegada de la inteligencia artificial a la educación», en: Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, vol. 7, núm. 14, 2019, pp. 260-270.

En 1980, el filósofo John Searle⁷ distinguió entre *inteligencia artificial* en un sentido fuerte e *inteligencia artificial* en un sentido débil. La *inteligencia general* o *inteligencia artificial* en un sentido fuerte consistiría en el logro de hacer que las máquinas adoptaran un tipo de inteligencia capaz de adaptarse a múltiples circunstancias. Esta inteligencia sería capaz de trasponer lo aprendido a contextos diferentes en los cuales fue adquirido. El correlato psicológico y pedagógico de esta capacidad se conoce como *transferencia*⁸.

Por el contrario, la *inteligencia artificial* en un sentido débil se correspondería con aquella capacidad de simular una específica actividad de manera inteligente, pero sin que ello implique esta capacidad de trasposición de aprendizajes que serían necesarios para el desarrollo de esa conducta a contextos distintos. Este tipo de *inteligencia artificial* sería la única disponible actualmente y este hecho parece estar influyendo en las propuestas de reconfiguración del currículum bajo la premisa de que la cualidad específica de la inteligencia general es la que nos caracteriza como humanos⁹.

Es por ello, por lo cual, en el posterior análisis tan solo tendremos en cuenta las aplicaciones efectivas de la *inteligencia artificial* en el aula, correspondientes a aquello que sería cualificado como *inteligencia artificial* en sentido estrecho o débil. Estas son herramientas tales como los *sistemas de tutoría inteligentes*¹⁰,

⁷ En el artículo referenciado a continuación este autor traza la distinción comentada al tiempo que argumenta por qué la inteligencia artificial en sentido fuerte no podrá ser alcanzada. En: SEARLE, J. R., «Minds, brains, and programs», en: Behavioral and Brain Science, vol. 3, núm. 3, 1980, pp. 417-457.

⁸ TOURIÑÁN LÓPEZ, J. M., «La transferencia de conocimiento como proceso: de la universidad al sector educativo. Una mirada desde la pedagogía», en: Revista boletín redipe, núm. 8, 2019, pp. 19-65.

⁹ Así la UNESCO sostiene que: «Un mundo impactado de manera creciente por la IA requiere una pedagogía que, más que enfocarse a aquello en lo que las computadoras son buenas (memorización y computación), ponga el énfasis en habilidades propiamente humanas como pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad, y en desarrollar la habilidad de colaborar las herramientas de IA omnipresentes en la vida, el aprendizaje y el trabajo». En: UNESCO, *AI and education. Guidance for policy-makers*, 2021, disponible en: https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p:usmarcdef_0000376709&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_c6ac8eec-8f44-4967-9057-5ea2d1e7196a%3F_%3D376709eng.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000376709/PDF/376709eng.pdf#AI%20in%20education_pages.indd%3A.14150%3A1021

¹⁰ Estos sistemas se caracterizan por proporcionar un aprendizaje guiado a los estudiantes en un entorno interactivo y personalizado. El primer sistema de tutoría inteligente fue SCHOLAR, diseñado en 1970 por el informático uruguayo Jaime Carbonell como contenido de su tesis doctoral. Para más información pueden consultarse las siguientes referencias: RODRÍGUEZ CHÁVEZ, M. H., «Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior», en: RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 2021, disponible en: <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/848/2978#citations>; CARBONELL, J. R., «AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction», en: IEEE Transactions on Man-Machine Systems, vol. 11, núm. 4, 1970, pp. 190-202.

los sistemas de tutoría basados en el diálogo¹¹, los agentes de software conversacionales inteligentes (chatbots), los entornos exploratorios de aprendizaje y las plataformas online para el autoaprendizaje.

No obstante, en este momento de la exposición podríamos preguntarnos si acaso la denominación *inteligencia artificial* es la más indicada para la efectiva aplicación de técnicas como el *machine learning* en el ámbito de la escuela. Según algunos autores una denominación más adecuada al efectivo transcurso de la disciplina sería «ciencia de datos».

La *inteligencia artificial* en ese caso quedaría ligada no a una suerte de reactualización de un sueño metafísico de autoproducción de la inteligencia humana sino, por el contrario, a una concreta e incluso «modesta» pero ambiciosa disciplina del tratamiento de datos. Eso sí, sería una técnica que desde sí misma estaría cambiando nuestro modo de aproximarnos a la realidad, las necesidades de las empresas e incluso produciendo lo que algunos especialistas en inteligencia artificial como Andrew Ng denominan «cuarta revolución industrial»¹².

Así, el auge material de la *ciencia de datos* habría traído aparejado la eclosión de una serie de conceptualizaciones e ideologías en torno a los datos. El filósofo Byung-Chul Han en obras como *Psicopolítica* y *La salvación de lo bello* habría calificado como *dataísmo* a aquella ideología que sostendría que la realidad podría ser interpretada a partir de la mera lectura de los datos. El dato quedaría concebido como pura información y transparencia, forma de objetividad de cuya acumulación se derivaría una aproximación a la nuda realidad de las cosas.

En el panorama educativo esta concepción *dataísta* no deja de representar una amenaza por cuanto que se corre el riesgo de que, especialmente en la fase evaluativa, el profesor delegue en su función a la inteligencia artificial. Se creería así que esta técnica estaría supuestamente desprovista de prejuicios representando desde sí misma una objetividad absoluta por la sola alteridad inhumana.

En suma, de la presentación de la problemática de la investigación ponemos de manifiesto que la IA en su aplicación efectiva constituye un campo muy rico y variado de aplicaciones que no se corresponde fielmente con el imaginario ficticio en torno a ella. Asimismo, se ha dado cuenta de que en el planteamiento original de la misma se alude a un problema filosófico complejo cuya

¹¹ Estos sistemas en lugar de proporcionar un camino de aprendizaje personalizado lo que hacen es animar a los alumnos a emprender una conversación con ellos sobre una materia específica. En el transcurso de la conversación se iría produciendo el aprendizaje al tiempo que se irían generando modelos de personalización de éste. Consultar: GRAESSER, A. C., LU, S., JACKSON, G. T., MITCHELL, H. H., VENTURA, M., OLNEY, A. y LOUWERSE, M. M., «AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language», en: Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, vol. 36, núm. 2, 2004, pp. 180-192.; HOLMES, W., BIALIK, M. y FADEL, C., *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.

¹² ROUHAINEN, L., *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*, Barcelona: Alienta Editorial, 2018.

concepción de la inteligencia humana puede comprometer el proyecto educativo. De igual modo, se ha advertido que los dispositivos de *inteligencia artificial* no han logrado una facultad de *transferencia* similar a la de los seres humanos por lo cual tan sólo podemos hablar de la existencia de una *inteligencia artificial* en sentido *débil*. Por último, se ha puesto de manifiesto cómo ciertas concepciones ideológicas aparejadas al desarrollo de la ciencia de datos pueden influir fuertemente en el ejercicio de la docencia.

Organizaciones como la UNESCO no dejan de resaltar el enorme potencial transformador de la herramienta para con el destino educativo. En el apartado siguiente pondremos en cuestión cierta visión «*adanista*» de este devenir tecnológico tomando en cuenta una sana lección escéptica que nos proporciona la historia reciente.

2. SOBRE MÁQUINAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

En este epígrafe plantearemos una discusión en torno a las figuras predecesoras del actual proyecto de educación con *inteligencia artificial*. Con ello, no dejaremos de ver disonancias en las diferentes proyecciones educativas, así como en las bases teóricas de todos aquellos proyectos que nos han llevado al estado actual. Esto nos conducirá, no obstante, a una crítica unificada de ciertas notas comunes que atravesarían los diversos proyectos educativos en este ideal técnico plasmado.

2.1. Sobre máquinas de enseñanza

En el año 1924 un psicólogo llamado Sidney Pressey presentó en Washington DC, en la American Psychological Association (APA), el modelo de una máquina de enseñanza especializada en administrar *test* de opción múltiple. Esta maqueta no tenía el carácter de mera herramienta puesto que, a su vez, se fundamentaba en el diagnóstico de una necesidad para las futuras generaciones:

Tiene que producirse una «revolución industrial» en la educación en la cual la ciencia educativa y la ingenuidad de la tecnología educacional se combinen para modernizar los severamente ineficientes y torpes procedimientos de la educación convencional¹³.

La máquina en cuestión consistía en un método automático de registro de respuestas de *test* de opción múltiple. El aparato presentaba cuatro opciones ante la cual el individuo debía elegir una respuesta. A su vez, tenía dos modos de actuación.

En primer lugar, si elegíamos la opción examen o «*test*» la máquina registraba todas las respuestas de manera consecutiva y tras la finalización de la

¹³ La traducción es nuestra. En: PRESSEY, S. L., *Psychology and the new education*, Nueva York, Harper, 1944, p. 640.

prueba otorgaba los resultados finales. Por el contrario, si elegíamos la opción «enseñanza», entonces el artilugio no dejaba avanzar en las preguntas hasta que no diera una respuesta correcta. A su vez, en un determinado momento, Pressey incluyó en su diseño un dispensador de caramelos con la funcionalidad de liberar una golosina como recompensa una vez el alumno hubiera registrado un determinado número de respuestas correctas¹⁴.

En 1926, en un artículo titulado *A Simple Apparatus Which Gives Tests and Scores- and Teaches* Pressey realizó una descripción del aparato para la revista *School and Society*. Ahí también se indicaba la finalidad del artilugio, a saber, se perseguía que los alumnos se concentraran en lo importante, esto es, en la obtención de unos resultados concretos. Del mismo modo, se prometía reducir la plantilla de profesores debido a la optimización de la enseñanza augurada.

No obstante, el modelo de Pressey no logró imponerse en las aulas y cayó en el olvido. Puede pensarse que estas máquinas no triunfaron debido a la época en la cual fueron producidas y promocionadas. Las máquinas de enseñanza de Pressey se trataron de popularizar en Estados Unidos en la década de los años 30, un periodo convulso afectado por la Gran Depresión y en el cual el gobierno no estaba dispuesto a aumentar gastos en educación al tiempo que había exceso de profesores¹⁵.

No obstante, años más tarde, con principal incidencia en la década de los 50 y de los 60, el célebre psicólogo conductista Burrhus Frederic Skinner, reformularía este modelo incidiendo en este proyecto de automatización de la enseñanza con fundamento en sus teorías sobre el aprendizaje.

De manera evidente, Skinner valoraba el uso del refuerzo que realizaban las máquinas de Pressey pero, sin embargo, a juicio del primero, era necesario que estas máquinas otorgaran nueva información a los estudiantes. Del mismo modo, Skinner rechazaba el *test* de opción múltiple¹⁶. A su modo de ver, este tipo de examen caería en el riesgo de confundir a los estudiantes. Su contrapropuesta residía en abogar por el hecho de que los estudiantes construyeran sus propias respuestas para dar con la correcta. A su vez, si el alumno daba con la respuesta correcta, la conducta entonces era reforzada.

Esta serie de intuiciones de Skinner, quedaron plasmadas en libros como *Tecnología de la Enseñanza* del año 1968. En sus propuestas se vislumbraba la idea de una enseñanza programada basada en principios conductistas, como el uso del refuerzo, y en la propuesta de un aprendizaje progresivo hacia mayores grados de complejidad. Se proponía, a su vez, que estas máquinas constituyeran un apoyo y no tanto sustitución de los profesores a cargo. De esta intuición nos quedan textos programados como el famoso *Análisis de conducta. Un manual programado* de Holland y Skinner.

¹⁴ BENJAMIN, L. T., «A history of teaching machines», en: *American Psychologist*, vol. 43, núm. 9, 1988, p. 703-712.

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ AGUAYO, L. V., *Máquinas de enseñanza de Skinner*, Facultad de Psicología, Universidad de Málaga, 2016.

En los años 60, las máquinas de enseñanza de Skinner se popularizaron y ocuparon la discusión pública. Al respecto, no podemos dejar de reseñar las notables semejanzas entre la discusión pública en torno a las máquinas de enseñanza de entonces y la que está aconteciendo ahora en el contexto de la enseñanza con *inteligencia artificial*.

Para empezar, tanto Pressey como Skinner abogaban por una maximización de la eficacia del proceso educativo a través del uso de la tecnología. Asimismo, ambos hacen incidencia en el aumento de los resultados de la enseñanza. Esta concepción no está lejos de aquella promesa de la UNESCO de mejorar los resultados del aprendizaje a través del uso de las tecnologías de la *inteligencia artificial*¹⁷. De igual modo, encuentra continuidad con las palabras del representante encargado en el reciente acto del INTEF de inauguración del Aula del Futuro: «Lo que tenemos por delante es el desarrollo de un ecosistema de educación digital de alto rendimiento y mejora de competencias de todos los componentes del sistema educativo»¹⁸.

En segundo lugar, la prensa no dejó de elaborar todo un arsenal de argumentos a favor y en contra con respecto a la posible implantación de las máquinas de enseñar de Skinner en las aulas. Por un lado, unos periódicos y articulistas temían que las máquinas sustituyeran a los profesores mientras que otros argumentaban en contra del hecho puesto que sostén que precisamente, las máquinas de Skinner podrían librarse a éstos de las tareas más tediosas¹⁹. Al respecto, se argumentaba que si la *inteligencia artificial* es capaz de sustituir la labor de un determinado profesor entonces bien sustituido estaba.

Por otro lado, otros argumentarían que las máquinas serían aprovechadas por el gobierno para aumentar la ratio de las aulas²⁰ mientras que otros, como el actual INTEF, trataban de reportar la satisfacción de los profesores que habrían usado estas herramientas en las aulas. En todo caso, Skinner y la actual UNESCO incidían en el hecho de que la incorporación de estas máquinas en las aulas otorgaría una atención más individualizada a los estudiantes. Del mismo modo, abundaban los enfoques críticos que ponían en cuestión que las personas pudieran ser enseñadas del mismo modo que las palomas de Skinner.

Lo cierto, es que, finalmente, estas máquinas cayeron en el desuso y terminaron por no incorporarse en el sistema educativo estadounidense. ¿Verdaderamente se logró aplicar esta eficiencia revolución industrial al ámbito educativo? ¿Quedaron sustituidos los profesores por máquinas? ¿A qué se

¹⁷ UNESCO, *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*, 2019, disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994/PDF/366994eng.pdf.multi>.

¹⁸ INTEF, «Acto de inauguración del Aula del Futuro del INTEF», 10 noviembre 2021, Resumen [Vídeo], YouTube, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=37smnLnGko0>.

¹⁹ BENJAMIN, L. T., «A history of teaching machines», en: American Psychologist, vol. 43, núm. 9, 1988, p. 703-712.

²⁰ *Ibid.*

debió este abandono? El proyecto de nuestra investigación es bastante modesto en comparación con las exigencias de las preguntas planteadas.

No obstante, debemos resaltar que esta experiencia quizás nos sirva para apreciar que el problema de la enseñanza no puede ser resuelto. La desaparición de las máquinas de aprendizaje puede ser considerada como una lección de la historia sobre una nueva pregunta que nos surge de nuevo ante el panorama de la cristalización de la *inteligencia artificial* en el plano educativo. ¿Puede la enseñanza automatizarse?

De esta manera, podríamos esbozar una crítica a los modelos de enseñanza propuestos por los artilugios descritos. El problema advertido es que, ambas propuestas configuran modos de enseñanza demasiado enfocados en la mera obtención de la respuesta correcta. Estas concepciones de la optimización de la enseñanza caen en el error de identificar el dinamismo del proceso educativo con una serie de resultados ponderables. A su vez, buscan de una manera, en cierto modo, trampa que los resultados de aprendizaje coincidan con los parámetros de la experimentación científica. Con ello, parece reducirse la enseñanza a la mera aplicación de un modelo. Esta crítica encontraría apoyo en la observable cuantificación del proceso de enseñanza y la primacía otorgada al proceso de examen.

Con ello, podríamos decir que, en la cuestión por la optimización de la enseñanza, lo que hacen tanto la máquina de Skinner como la de Pressey es desplazar la pregunta, al identificar el proceso de enseñanza-aprendizaje con el examen y del mero enfoque en los resultados del proceso examinador concluir que se ha dado por mejorado el proceso de enseñanza a nivel global. Esta inferencia, por otro lado, no resulta demasiado lejanas a concepciones ciertamente actuales. Pero ¿es el proyecto técnico-educativo de Pressey y Skinner identificable por completo con el actual *boom* de la *inteligencia artificial*?

2.2. Sobre máquinas de aprendizaje

En unas fechas coetáneas empezó a tomar cuerpo un extraño proyecto que en el futuro amenazaría con cambiar el modelo productivo y educativo de la sociedad.

En el año 1951 un ingeniero y matemático llamado Marvin Minsky construyó aquello que podríamos denominar como «máquina de aprendizaje». Este artífice dio a luz al primer simulador de redes neuronales el cual fue bautizado bajo el nombre de SNARC (*Stochastic Neural Analog Reinforcement Computer*). Como su nombre indica, esta máquina de aprendizaje se basaba en una modelización de comportamiento eléctrico de las neuronas en el cerebro²¹.

²¹ «SNARC trabaja como un cerebro vivo. Sus elementos eléctricos respondieron a las señales de manera muy similar a como lo hacen las neuronas del cerebro. La máquina recibe una tarea (en este caso, resolver un laberinto), pero, a diferencia de una computadora, no recibe un programa que le indicará cómo realizarla, en cambio, las neuronas artificiales se inician con conexiones aleatorias. Sin embargo, si una conexión particular acercaba a la

Este proyecto, en cierta manera, parecía retomar las intuiciones iniciales de Alan Turing quien había propuesto que para el logro de una verdadera *inteligencia artificial* la vía más adecuada sería la construcción de una *máquina infantil*. La *máquina infantil* sería un dispositivo con la capacidad de aprender al igual que un niño. Si lográramos esto, a través del mero entrenamiento de la máquina ella misma podría lograr el desarrollo de una inteligencia similar e incluso superior a la de un humano adulto.

No obstante, este prototipo de *máquina infantil* ideado por Marvin Minsky tuvo que hacerse a costa del abandono de la lógica computacional simbólica propia de las primeras averiguaciones de Alan Turing.

Mientras que la máquina de Turing habría de guiarse por un modelo de cálculo serial, esto es, de una serie de operaciones sintácticas secuenciales, la SNARC trataría de imitar la lógica asociativa del cerebro humano. Para realizar esta imitación, la SNARC empleaba aquello que se conoce como arquitectura conexionista de computación.

La arquitectura conexionista funciona a través de la creación de nodos, los cuales son receptores eléctricos capaces de enviar respuestas a otros nodos según se hayan alcanzado unos determinados valores cuantitativos. Los valores alcanzados y las determinadas transmisiones en consecuencia van configurando aquello que se conoce como «red neuronal».

Estas redes neuronales, a su vez, funcionan en paralelo. De este modo, la máquina va adquiriendo una estructura determinada según los *inputs* recibidos y, por ello, podemos decir que aprende²². Esto, a nuestro juicio, representaría a pequeña escala la plasticidad del cerebro la cual ha cobrado una especial relevancia en la reflexión neuroeducativa. Los circuitos neuronales siempre estarían configurándose y su propia estructura variaría según las experiencias y aprendizajes consolidados²³.

De este modo, este modelo «primitivo», consiguió una primera aproximación a la obtención de lo que sería un modelo de aprendizaje de nuestro cerebro. A pesar de todo, cabe preguntarse si esta analogía entre circuito cerebral y red neuronal artificial es de algún modo perfecta.

La arquitectura conexionista necesita tener unos valores fijados de antemano para poder iniciar la circularidad de sus procesos. ¿Puede el ser humano programar un dispositivo capaz de aprender en una multiplicidad de contextos,

máquina a su objetivo, la misma se “refuerza” (dando un valor más alto que hacía más probable que persistiera). Gradualmente, se forma una red de tales conexiones reforzadas, lo que permite a SNARC realizar su tarea. En otras palabras, SNARC “aprende” cómo hacer algo a pesar de que solo tiene unos cientos de tubos de vacío en lugar de los millones de neuronas del cerebro». En: FAJARDO DE ANDARA, C., «Marvin Lee Minsky: pionero en la investigación de la inteligencia artificial (1927-2016)», en: Publicaciones en Ciencias y Tecnología, vol. 15, núm. 1, 2021, pp. 41-50. P. 43.

²² SANGUINETI, J. J., «Filosofía de la mente», en: Philosophica, Enciclopedia filosófica online, 2008, disponible en: <https://www.philosophica.info/>.

²³ BÉJAR, M., «Una mirada sobre neuroeducación», en: Padres y Maestros/Journal of Parents and Teachers, núm. 355, 2014, pp. 49-53.

realizar todas esas asociaciones que configuran nuestra *forma de vida*? De momento, la respuesta histórica es escéptica: todavía no ha podido configurarse una *inteligencia general* que, para nuestro caso, sea similar a la inteligencia de un profesor.

Como es conocido, esta máquina de aprendizaje, prototipo de lo que posteriormente sería el *deep learning* estaría siendo aplicada actualmente en el ámbito educativo. Un dispositivo que tomaría como modelo nuestra inteligencia estaría así pujando por entrenar nuestra inteligencia-modelo. Solo la historia determinará si aquellas máquinas de enseñanza-aprendizaje adquirirán un rostro humano.

En consecuencia, a raíz de nuestra exposición sobre las «máquinas de enseñanza-aprendizaje» podríamos concluir que la historia parece haber probado en el pasado que el proceso educativo se resiste a ser automatizado. De igual modo, apreciamos que también los procesos históricos suelen defraudar a los profetas de prensa.

No obstante, a nuestro juicio, en la experiencia actual, la historia no parece haberse repetido de una manera idéntica. Las oportunidades ofrecidas por la inteligencia artificial parecen no ser identificables ni mucho menos con las posibilidades que planteaba la máquina de enseñar de Skinner. Al respecto, encontramos entre la *inteligencia artificial* y estos lejanos prototipos dos diferencias fundamentales.

Para empezar, las herramientas de la inteligencia artificial presentan un grado de adaptación al estudiante sin precedentes. «La máquina de aprender» permite una personalización de la experiencia de aprendizaje que nunca logró «la máquina de enseñar». A continuación, a nuestro juicio, la inteligencia artificial ha alcanzado un desarrollo técnico tan grande que permite una pluralidad de fines educativos insospechada. No obstante, a pesar de todo, sí que podrían localizarse sesgos específicos que englobarían estas técnicas.

Estas diferencias serán abordadas en los apartados siguientes.

3. UNA PLURALIDAD TÉCNICA ANTE UNA PLURALIDAD DE FINES

En la década de los 60, en Estados Unidos el ingeniero Marvin Minsky emprendió un proyecto colaborativo con uno de los mejores discípulos de Piaget, el psicólogo Papert. Este proyecto sincronizaba las teorías sobre el aprendizaje de Papert con las inquietudes sobre el conocimiento del cerebro infantil de Minsky en pos de su modelización y computerización. Juntos, desarrollaron un lenguaje de programación para infantes denominado *Logo*. Se entendía así que, si se comprendiera mejor el fenómeno del aprendizaje, este podría ser aplicado con éxito a las tecnologías.

La aplicación perseguía que los alumnos aprendieran a programar dando comandas a una tortuga robot física que, por cuestiones de presupuesto

terminaría siendo virtual²⁴. El proyecto educativo se fundamentaba en la teoría del aprendizaje de Papert, el construcccionismo. Según ésta el aprendizaje tendría lugar constructivamente, a través de la interacción del educando con el medio. El conocimiento, de esta manera, quedaría entendido como el producto del trabajo que uno mismo hace²⁵.

El correlato educativo del desarrollo técnico de Minsky se tradujo en una concepción de la enseñanza constructivista que actualmente, tendría su presencia en los ELEs²⁶ y, a nuestro juicio, continuidad en un reciente proyecto del ministerio con el propósito de crear una asignatura que desarrolle el pensamiento computacional.

En este último proyecto, el cual nos vemos en la obligación de reseñar, se observa una presencia de principios educativos similares al proyecto de Minsky y de Papert. Ello queda patente, por ejemplo, en el postulado según el cual «se aprende haciendo» así como en la sugerencia de dejar al alumno «trastear» con la aplicación antes de enseñarle a usarla²⁷. De igual manera, en ambos proyectos se observa una proyección a desarrollar la competencia específica del pensamiento computacional la cual quedaría definida como «habilidad que permite resolver problemas y comunicar ideas aprovechando la potencia que ofrecen los ordenadores»²⁸.

No obstante, en este punto de la exposición, debemos pararnos a reflexionar si acaso todas las aplicaciones de inteligencia artificial son herederas de esta concepción papertiana de la enseñanza. Como ya hemos anticipado, de ningún modo esto es así.

En la aplicación efectiva de la inteligencia artificial en el ámbito educativo observamos diferentes enfoques educativos tanto en los sistemas de tutoría inteligente como *Mathia* y *Andes*, así como en los sistemas de tutoría basados en el diálogo y los agentes de software conversacionales inteligentes (chatbots). De igual modo las *evaluaciones automáticas de redacción* parecen no tener un

²⁴ SOLOMON, C. J. y PAPERT, S., «A case study of a young child doing Turtle Graphics in LOGO», en: *Proceedings of the June 7-10, 1976, national computer conference and exposition*, junio 1976, pp. 1049-1056.

²⁵ OBAYA VALDIVIA, A., «El construcccionismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora», en: ContactoS, núm. 48, 2003, pp. 61-64.

²⁶ Nos estamos refiriendo a los «entornos exploratorios de aprendizaje», aplicaciones educativas de la inteligencia artificial que implican un enfoque de la enseñanza constructivista. Suelen proporcionar paisajes interactivos al alumno de tal modo que éste pueda construir su propio conocimiento. No obstante, muchos han optado por incluir ciertos sistemas de tutorización o guía para que la excesiva libertad del entorno no entorpezca el proceso de aprendizaje. Para más información: HOLMES, W., BIALIK, M., y FADEL, C., *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.

²⁷ MORENO LEÓN, J., ROMÁN-GONZÁLEZ, M. y ROBLES, G., *Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21: Enfoques y propuestas para su aplicación en el aula. Resultados de la investigación*. Madrid: INTEF, 2022, p. 73.

²⁸ *Ibid.*, p. 10.

enfoque predefinido, así como los *entornos exploratorios de aprendizaje* parecen estar predominados por una concepción constructivista de la enseñanza.

Atendemos a que, por ejemplo, en *plataformas online para el autoaprendizaje* como los MOOC, al igual que las máquinas de enseñanza de Skinner y de Pressey, se estaría respetando una estructura canónica de transmisión del saber. La concepción normativa quedaría plasmada en los propios fines educativos de la plataforma. Según el diseño de ésta, el reto consistiría en ir adquiriendo una serie de aprendizajes prefijados cuyo contenido se hallaría en una serie de lecciones magistrales pregrabadas. Las destrezas, asimismo, serían comprobadas a través de la superación de diversos exámenes de evaluación automática. Si todas las pruebas son superadas se produce la expedición de un certificado de manera instantánea.

Del mismo modo, en los *sistemas de tutorización basados en el diálogo* veríamos de manera nítida el seguimiento de un modelo de enseñanza iniciativo que a menudo suele ser entendido como socrático. El papel de la inteligencia artificial es la de llevar al alumno a adquirir ciertos conocimientos con un cierto grado de flexibilidad. El tutor «artificial» lo que hace es guiar al alumno para que llegue por sí mismo al conocimiento, fomentando así una implicación activa con la enseñanza.

Pues bien, esta característica de la realidad de las herramientas educativas con *inteligencia artificial* mencionadas como humanistas o como filósofos que somos no puede dejar de llamarnos la atención. El hecho de que la inteligencia artificial tome tantos caminos distintos nos hace pensar en el papel que juega nuestra disciplina. La tecnología, hablando claro, no «va sola» sino que tiene unas finalidades humanas atribuidas.

¿Qué concepción del ser humano manejamos para el desarrollo de estas tecnologías? ¿Qué ciudadano político queremos construir a través de la escuela? ¿qué valores queremos transmitir? ¿usaremos estas tecnologías para hacer más accesible el conocimiento en lugares remotos?

Asimismo, una cosa es el enfoque que adopta la máquina y otra el enfoque que adopta el profesor humano. Al respecto, no podemos dejar de preocuparnos por si acaso el profesor tendrá opción de elegir si aplicar o no estas tecnologías. ¿Tendría que lograrse una sincronía entre el estilo docente del humano y de la inteligencia artificial?

Las preguntas al respecto son numerosas. La incertidumbre que se deriva de la pluralidad de fines atribuibles a la *inteligencia artificial* al mismo tiempo conforta. Sin embargo, no podemos dejar de preguntarnos si acaso este tipo de dispositivos presenta algún sesgo específico trasversal a todas las diversas inspiraciones pedagógicas que puede adquirir. ¿Qué implicaciones tiene que estas aplicaciones funcionen a través de la recopilación masiva de datos? ¿No hay en este proceder *datable* y por tanto cuantificador un carácter antagónico con respecto a la enseñanza de las humanidades?

4. LA PREGUNTA POR EL PAPEL DE LA REFLEXIÓN «HUMANÍSTICA» EN LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En el desarrollo previo, hemos visto que la imponente expresión «inteligencia artificial» tan solo nos devolvía a una pluralidad heterogénea de prácticas y de disciplinas inadvertidamente presentes. Asimismo, observamos que su delimitación conceptual no estaba del todo clara por cuanto que ni siquiera existe consenso acerca de qué es aquello de la inteligencia. Del mismo modo, su estatuto de constituir una aplicación tecnológica sin precedentes encontraba ecos históricos en diversos proyectos de la década de los años cincuenta. Igualmente, tampoco existía un único proyecto educativo de inteligencia artificial. Por el contrario, coexisten una pluralidad de desarrollos con concepciones de la enseñanza y del aprendizaje dispares.

No obstante, advertíamos que una nota común a estos dispositivos residía en una tendencia al enfoque sobre el proceso de examen. También vimos que ello entrañaba el riesgo de obviar la pregunta por los fines con el propósito de lograr la inalcanzada tarea de automatización del proceso de enseñanza.

Del mismo modo, veíamos que estas aplicaciones no tenían de por sí incorporadas una intencionalidad de sustitución del humano o de guía al mismo hacia el final de los tiempos. Al contrario, la tecnología educativa parecería constituir un campo abierto de posibilidades con el potencial de dirigirse a múltiples metas.

La *inteligencia artificial*, por tanto, parece no tener un destino predefinido. En este aspecto, la condición de la tecnología parece alinearse con la situación de la educación. Ambas son herramientas con un potencial transformador immense pero su aplicación concreta depende del establecimiento de unos fines determinados. Como señala Juan Delval:

Una reflexión sobre los fines de la educación es una reflexión sobre el destino del hombre, sobre el puesto que ocupa en la naturaleza, sobre las relaciones entre los seres humanos²⁹.

Vemos así que estos usos tecnológicos no se sitúan en un afuera del mundo, sino que, en su inmanencia, llegan a reproducir los sueños más típicamente humanos. Por ejemplo, podemos advertir que los dispositivos de identificación biométrica permiten el acercamiento a una situación de un gobierno capaz de establecer un control casi total de los movimientos de sus gobernados. Del mismo modo, como se puso de manifiesto en el primer apartado, el auge de la disciplina de ciencia de datos nos lleva al ideal de acceso a la realidad nuda, a una objetividad suprahumana a través de la acumulación de datos, a una concepción *dataísta*.

²⁹ SAVATER, F., *El valor de educar*, Barcelona: Ariel, 2010, p. 42.

Más aún, cada cultura tiene unos contenidos y fines distintos, hecho que se traduce de manera crucial en los variados cauces de la historia educativa³⁰. Educar es encauzar a alguien en una dirección determinada. La tecnología es una herramienta que debería prestarse a la realización de unos determinados fines humanos. ¿Qué ocurriría con una educación que se desprendiera por completo de la búsqueda de las finalidades en una mera inclinación hacia la perpetuación de la tecnología? ¿Adónde nos llevaría esa tecnología? ¿Cómo se articulan tecnología y pedagogía para el tema que nos corresponde? ¿No se atisba acaso que ambos campos nos remiten de manera necesaria al problema de las humanidades?

En comunicados como los de la UNESCO³¹ vemos plasmados sueños de acabar con brechas educativas a través de la *inteligencia artificial*. También observamos el proyecto de aumentar los resultados de la enseñanza y del aprendizaje sin conocer del todo en qué consisten estos resultados. Percibimos la amenaza, incluso, de incluir de manera ineludible todas estas tecnologías por el hecho de haber llegado a un punto de no retorno.

Atendemos a que continuamente se habla de dar soluciones a problemas educativos a través de la *inteligencia artificial* pero no se definen de una manera exhaustiva los problemas. Se mencionan algunos como que ésta contribuya a solucionar dilemas éticos como mejorar la equidad a través de la personalización de la educación y facilitando el acceso a lugares remotos, así como facilitando la calidad de la enseñanza.

No obstante, no se ofrecen los contrapesos que pueden suponer la incorporación de todas estas tecnologías. Por ello, ¿no es necesario parar todas estas elucubraciones mediante una reflexión acerca de nuestras esperanzas al respecto? ¿No sería pertinente realizar un análisis pausado de este frenético avance tecnológico? Podría pensarse que estuviéramos encomendando a la *inteligencia artificial*, en su alteridad inhumana, una resolución de casi todos nuestros problemas. ¿Podemos permitirnos delegar de esta manera?

Podría pensarse incluso si acaso los problemas educativos que la *inteligencia artificial* pretende resolver merecen la pena que sean resueltos. Es probable que al eliminar ciertos problemas también puedan eliminarse ciertas virtudes de la enseñanza. Por ejemplo, ¿qué ocurriría si solucionáramos el problema de la autoridad? Quizás ello implicaría aniquilar toda individualidad a los alumnos y por ello su inherente desafío a la figura al mando como es necesario a todo adolescente.

La reflexión extensa sobre el problema de las humanidades en este devenir tecnológico excede a las posibilidades de este escrito. No obstante, sí que podemos advertir que la herramienta de inteligencia artificial no contiene en sí

³⁰ NEGRÍN FAJARDO, O. y VERGARA CIORDIA, J., *Historia de la educación*, Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces, 2009.

³¹ UNESCO, *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*, 2019, disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994/PDF/366994eng.pdf.multi>.

misma una reflexión sobre su propia aplicación. Este ámbito solo puede ser quizás logrado desde una suerte de distanciamiento con la misma a través de una reflexión propia de las disciplinas habitualmente tildadas como «humanísticas». No puede obviarse la aparente paradoja que existiría entre el nivel del desarrollo técnico alcanzado y la precariedad de nuestra reflexión.

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto, llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1) El vocablo «inteligencia artificial» no posee univocidad, sino que remite a una pluralidad heterogénea de prácticas y de disciplinas ya presentes. Su demarcación conceptual no está clara y su aplicación como proyecto educativo es plural.
- 2) La pregunta por el vínculo entre tecnología y pedagogía no nos devuelve una respuesta uniforme. Ello es debido a que la construcción de las herramientas se produce en orden a fines y la inteligencia artificial no es ajena a ello. Diferentes concepciones de la enseñanza coexisten en la diversidad de herramientas educativas inteligentes.
- 3) Existe una amenaza de que la concepción dataísta inunde el ejercicio de enseñanza-aprendizaje. Si así fuera, su alianza con los dispositivos de IA sería muy fuerte. Esto afectaría a los modos de evaluación y, en consecuencia, a la íntegra formación de los estudiantes.
- 4) Ni Pressey y Skinner lograron ponerse de acuerdo en las finalidades de un aparato tan rudimentario como la «máquina de enseñar». Ante esta multiplicación de posibilidades, se hace necesaria una reflexión distanciada humanista.
- 5) La experiencia de las máquinas de enseñar nos lega la conclusión de que el problema de la enseñanza no puede ser resuelto, la enseñanza no es automatizable. Asimismo, nos proporciona una lección de sano escepticismo con respecto al furor causado por estos artilugios.
- 6) Existe un riesgo considerable de que el profesor pueda delegar en su función si quiere hacerlo. La I.A. sitúa a los profesores en una situación de enorme responsabilidad.
- 7) Si la concepción dataísta dominara podría imponerse una concepción de la enseñanza excesivamente centrada en el examen. El proceso educativo quedaría reducido a la mera demostración obviando el factor de socialización que entraña la escuela.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, L. V. (2016). *Máquinas de enseñanza de Skinner*, Facultad de Psicología, Universidad de Málaga.
- Almenara, J. C. (2006). «Bases pedagógicas del e-learning», en: RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, núm. 3, pp. 1-10.

- Artiles Rodríguez, J., Guerra Santana, M., Aguiar Perera, M. V., y Rodríguez Pulido, J. (2021). «Agente conversacional virtual: la inteligencia artificial para el aprendizaje autónomo», en: Pixel-Bit, núm. 62, pp. 107-144.
- Béjar, M. (2014). «Una mirada sobre neuroeducación», en: *Padres y Maestros/Journal of Parents and Teachers*, núm. 355, pp. 49-53.
- Benjamin, L. T. (1988). «A history of teaching machines», en: *American Psychologist*, vol. 43, núm. 9, pp. 703-712.
- Carbonell, J. R. (1970). «AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction», en: *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, vol. 11, núm. 4, pp. 190-202.
- Card, S. K., Moran, T. P., y Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Comisión Europea (2018). «Inteligencia artificial para Europa» [Comunicado de prensa], disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX-52018DC0237&from=ES>.
- Comisión Europea (2021). «*Una Europa Adaptada a la Era Digital: la Comisión propone nuevas normas y medidas para favorecer la excelencia y la confianza en la inteligencia artificial*» [Comunicado de prensa], disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_21_1682.
- Enciclopedia Herder (2009). «*Inteligencia artificial*», disponible en: https://encyclopedia.herdereditorial.com/wiki/Inteligencia_artificial#:~:text=Marvin%20Minsky%2C%20uno%20de%20los,ser%20humano%20calificamos%20como%20inteligente%C2%BB.
- Fajardo de Andara, C. (2021). «Marvin Lee Minsky: pionero en la investigación de la inteligencia artificial (1927-2016)», en: *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, vol. 15, núm. 1, pp. 41-50.
- Gabriel, M. (2022). *El sentido del pensamiento*, Barcelona: Ediciones de Pasado y Presente.
- Graesser, A. C., Lu, S., Jackson, G. T., Mitchell, H. H., Ventura, M., Olney, A., y Louwerse, M. M. (2004). «AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language», en: *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, vol. 36, núm. 2, pp. 180-192.
- Han, B. (2016). *La salvación de lo bello*. Barcelona: Herder.
- Han, B. (2014). *Psicopolítica*. Barcelona, Herder.
- Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, Boston: Center for Curriculum Redesign.
- INTEF (2021). «Acto de inauguración del Aula del Futuro del INTEF», 10 noviembre 2021, Resumen [Vídeo], YouTube, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=37smnLnGko0>.
- Steels, L. (2017). Inteligencia artificial: sueños, riesgos y realidad. Barcelona: International Center for Scientific Debate.
- Mavrikis, M., Gutiérrez-Santos, S., y Poulovassilis, A. (2016). «Design and Evaluation of Teacher Assistance Tools for Exploratory Learning Environments», en: *LAK '16: Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, pp. 168-172, disponible en: <https://doi.org/10.1145/2883851.2883909>.
- Mora, F. (2017). *¿Cómo funciona el cerebro?*. Madrid: Alianza.
- Moreno León, J., Román-González, M., y Robles, G. (2022). *Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21: Enfoques y propuestas para su aplicación en el aula. Resultados de la investigación*. Madrid: INTEF.

- Negrín Fajardo, O., y Vergara Ciordia, J. (2009). *Historia de la educación*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Obaya Valdivia, A. (2003). «El construcciónismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora», en: ContactoS, núm. 48, pp. 61-64.
- Moreno-Padilla, R. D. (2019). «La llegada de la inteligencia artificial a la educación», en: Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, vol. 7, núm. 14, pp. 260-270.
- Perrenoud, P. (2008). *La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas*. Buenos Aires: Colihue.
- Pressey, S. L. (1944). *Psychology and the new education*. Nueva York: Harper.
- Rodríguez Chávez, M. H. (2021). «Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior», en: RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, disponible en: <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/848/2978#citations>.
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Barcelona: Alienta Editorial.
- Sanguineti, J. J. (2008). «Filosofía de la mente», en: Philosophica, Enciclopedia filosófica on line, disponible en: <https://www.philosophica.info/>.
- Savater, F. (2010). *El valor de educar*. Barcelona: Ariel.
- Searle, J. R. (1980). «Minds, brains, and programs», en: Behavioral and Brain Science, vol. 3, núm. 3, pp. 417-457.
- Solomon, C. J., y Papert, S. (1976). «A case study of a young child doing Turtle Graphics in LOGO», en: *Proceedings of the June 7-10, 1976, national computer conference and exposition*, junio 1976, pp. 1049-1056.
- Touriñán López, J. M. (2019). «La transferencia de conocimiento como proceso: de la universidad al sector educativo. Una mirada desde la pedagogía», en: Revista boletín redipe, núm. 8, pp. 19-65.
- Tuomi, I. (2019). *Informe Resumen: El impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje, la enseñanza y la educación*. Madrid: INTEF.
- UNESCO, *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*, 2019, disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994/PDF/366994eng.pdf.multi>.
- UNESCO (2021). *AI and education. Guidance for policy-makers*, disponible en: https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcd_ef_0000376709&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_c6ac8eec-8f44-4967-9057-5ea2d1e7196a%3F_%3D376709eng.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000376709/PDF/376709eng.pdf#AI%20in%20education_pages.indd%3A.14150%3A1021.