

Inteligencia artificial en educación: de usuarios pasivos a creadores críticos

FIGURAS REVISTA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN

ISSN 2683-2917

Vol. 4, núm. 1, noviembre 2022 - febrero 2023

<https://doi.org/10.22201/fesa.26832917e.2022.4.1>



Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Atribución-NoComercial-
CompartirIgual 4.0 Internacional

Artificial Intelligence in Education: from Passive Users to Critic Creators

<https://doi.org/10.22201/fesa.26832917e.2022.4.1.243>

MariCarmen González-Videgaray

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México

Rubén Romero-Ruiz

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México

—¿Puede una máquina pensar?

—Es difícil definir qué es exactamente ‘pensar’. Si consideramos que pensar es el proceso de tomar decisiones de acuerdo con la información disponible, entonces es posible que una máquina piense.

—¿Puede una máquina tener consciencia de sí misma?

—No hay respuesta sencilla para esta pregunta. Los filósofos y científicos han debatido largamente sobre la naturaleza de la consciencia y sobre si esto es algo que pueda poseer una máquina. Algunos creen que una máquina puede tener consciencia de sí misma y otros, definitivamente, consideran que la autoconsciencia es una experiencia humana única que no puede ser replicada por una máquina.

Imagen superior generada con DALL-E a partir de la frase “machine learning and deep learning in primitivism oil painting”.

Estas dos preguntas y sus respuestas son inquietantes. Pero seguramente será más inquietante saber que estas preguntas las hicimos en la computadora y nos respondió, justamente, una máquina con inteligencia artificial (IA). Se hicieron al sistema de IA llamado DALL-E 2, ubicado en <https://beta.openai.com/playground> y quien contestó fue un modelo de procesamiento de lenguaje natural. Todo se hizo en inglés y la traducción es libre por parte de los autores. Las respuestas recibidas se colocaron en el buscador de Google entrecomilladas, para verificar si se tomaron de alguna referencia como la Wikipedia, y no fueron localizadas. Además, si se hace la misma pregunta de nuevo al sistema, se obtienen respuestas diferentes, casi siempre lógicas y coherentes.

Así, la inteligencia artificial suele definirse como la realización de tareas que, si fueran efectuadas por un ser humano, requerirían lo que llamamos inteligencia (Ryoo y Winkelmann 2021). Zafari *et al.* (2022) definen a la IA como la “rama de la ciencia donde las máquinas simulan el proceso de pensamiento humano”. Percibir, razonar o decidir son tareas inteligentes, que hoy en día son llevadas a cabo por la computadora y otros dispositivos, a través de aplicaciones de *software*.

Inteligencia artificial

Desde el inicio de los años cincuenta, Alan M. Turing (1950) se preguntó si una máquina sería capaz de pensar. Para responder cabalmente a esta pregunta, debería definirse con claridad qué es una máquina y qué es pensar. No vamos a entrar aquí en esa discusión. El hecho es que lo que hoy se llama IA ha tenido gran impacto en muchos aspectos del desarrollo de la humanidad (Luckin *et al.* 2022) y, por supuesto, también en la educación (Zafari *et al.* 2022).

¿Por qué es diferente la IA de la programación tradicional? En la programación tradicional se deben

introducir los datos y se deben especificar, con absoluta claridad y orden, las *reglas* que convertirán los datos en salidas o resultados. En cambio, en la IA y particularmente en el aprendizaje de máquina o aprendizaje automático, se introducen grandes cantidades de datos y se brindan muchos ejemplos que producen el resultado deseado. Con lo anterior, la computadora *aprende* y genera un modelo con las reglas que convierten los datos en salidas. Esto es justamente lo que hace que los asistentes virtuales como Siri o Alexa respondan a multitud de preguntas y peticiones, expresadas de forma distinta, con voces disímiles. En la programación tradicional se tendría que preguntar y solicitar la entrada siempre de modo idéntico.

Los datos son el nuevo petróleo, pero necesitan tanto ser localizados y extraídos, como ser refinados (analítica avanzada, predictiva y prescriptiva).

Además, hoy se cuenta con capacidades de almacenamiento y procesamiento nunca vistas. Esto seguirá creciendo. Se pueden poner sensores en dispositivos o partes del cuerpo humano. Las máquinas tienen visión e identifican patrones como rostros, huellas digitales u objetos. Los teléfonos inteligentes envían constantemente datos de ubicación, comunicación y personales; se almacenan y alguna máquina los usa o usará en un futuro cercano.

Los datos son el nuevo petróleo, pero necesitan tanto ser localizados y extraídos, como ser refinados (analítica avanzada, predictiva y prescriptiva). Hoy se encuentran datos tanto *estructurados*, como en una operación bancaria o comercial; como *no estructurados*, como los que se envían por WhatsApp, Facebook o el correo electrónico. También hay bases de datos de imágenes, las cuales resultan muy importantes para ciertas áreas, como la medicina, por lo que grandes

empresas como IBM las adquieren (Orcutt 2015) para alimentar su IA llamada Watson. Esto representa el gran valor que tienen los datos, ya que permiten a la IA encontrar patrones útiles en diversas disciplinas.

La IA, pues, es una categoría que engloba muchas aproximaciones para resolver problemas y tomar decisiones en diferentes ámbitos. En años recientes se han presentado desarrollos donde las computadoras –con el *software* respectivo– pueden percibir, aprender y razonar. Esto ocurre en áreas como: toma de decisiones (verificar si un correo es *spam* o no; recomendar un video o no); algoritmos de búsqueda (Google, Maps o Waze), reconocimiento de patrones o de lenguaje natural, clasificaciones, segmentación, entre otras.

Probablemente cada vez
que seleccionamos semáforos
o transcribimos letras difusas
adyacentes a “No soy un robot”
estamos entrenando robots para ser
más semejantes a nosotros.

Actualmente el desarrollo más exitoso es el aprendizaje de máquina o aprendizaje automático (*machine learning*) y, dentro de éste, el aprendizaje profundo (*deep learning*). El aprendizaje de máquina ocurre debido a las ingentes cantidades de datos que se generan y ocupan todo el tiempo. Estos datos alimentan a los algoritmos con cierto sentido, de manera que identifiquen patrones y construyan modelos. Por ello, las empresas y organizaciones buscan grandes bases de datos para “entrenar” algoritmos. Nosotros alimentamos esas bases de datos cuando, por ejemplo, decimos que un correo enviado a *spam* no es *spam*, indicamos a Netflix que nos gusta una serie, o corregimos a Google Traductor. Probablemente cada vez

que seleccionamos semáforos o transcribimos letras difusas adyacentes a “No soy un robot” estamos entrenando robots para ser más semejantes a nosotros.

Adadi y Berrada (2018) hablan de que nos hemos convertido en una sociedad algorítmica y de que la IA se ha democratizado. La IA se ha vuelto ubicua y nos hemos acostumbrado a que tome decisiones en nuestras vidas (Netflix, Facebook, Amazon, Google, Gmail, GPS, LinkedIn, autos inteligentes, huertos inteligentes...). Sin embargo, permanece un tanto oscura en su funcionamiento para la mayoría de las personas. Por ello, desde hace unos años se habla de una tendencia llamada “*eXplainable AI*” o IA explicable, abreviada como XAI (Adadi y Berrada 2018; Miller 2019), en la cual los modelos de IA deben hacerse más comprensibles para los seres humanos (Miller 2019), en términos técnicos, pero también no técnicos (Luckin *et al.* 2022) e inclusive filosóficos. Esto puede conducir a que la IA sea también más confiable (*trustworthy*) (Kaur *et al.* 2023), lo cual es una intención sin duda favorable, porque cada vez más acciones y decisiones se basan en ella.

Como muestra de la relevancia de la IA en estos días, la página Statista (<https://www.statista.com/statistics/607716/worldwide-artificial-intelligence-market-revenues/>) pronostica más de 126 000 millones de dólares como ganancias derivadas del *software* de IA para 2025 en el mundo, con una tendencia claramente creciente.

En cuanto a publicaciones científicas sobre IA, si se hace una búsqueda de artículos en Scopus con la frase “*artificial intelligence*” en el título (20220912), se encuentran 39 606 documentos publicados de 1960 a 2023, con una tendencia claramente creciente a partir de 2017. El predominio lo tiene Estados Unidos (EUA), seguido por China y la India. Respecto a la disciplina de las publicaciones, el primer lugar lo tiene Ciencias de la Computación; el segundo, Ingenierías;

el tercero, Medicina; el cuarto, Matemáticas y el quinto, Ciencias Sociales, donde pueden estar artículos relacionados con Educación.

Inteligencia artificial y educación (AIED)

La educación busca mejorar el bienestar de los seres humanos y en ella se puede aplicar la IA para beneficio de alumnos, profesores, administradores y organismos de nivel estratégico de los países. La IA se puede usar en tanto en los aspectos académicos como administrativos (Ahmad *et al.* 2022) de las instituciones educativas de todos los niveles.

La idea fundamental de la IA en la educación es aprovechar la generación de datos académicos y administrativos que tiene lugar por la instrumentación de sistemas de inscripción, ambientes virtuales de aprendizaje, sistemas de calificaciones, exámenes masivos, chats de videoconferencias, redes sociales, entre otros, para alimentar algoritmos que generen modelos en beneficio de alumnos, profesores y administrativos. La IA podría absorber algunas tareas esenciales dentro de un ciclo escolar y reservar tiempo de calidad de los involucrados para que haya una atención cálida y personalizada hacia los estudiantes.

A partir de la pandemia de covid-19 y el confinamiento, se ha hecho un mayor uso de la tecnología en la educación. Debido a ello, se pueden extraer grandes cantidades de datos a partir de los ambientes virtuales de aprendizaje como Moodle, BrightSpace o Google Classroom; o a partir de los Massive Open Online Course (MOOC) (Gamage, Ayres y Behrend 2022). Estos datos pueden alimentar a la IA. En la tabla 11 de su artículo, Chen, Xie y Hwang (2020) muestran una lista de aplicaciones de *software* para IA que ya están funcionando en la educación. La mayoría

son para matemáticas y lenguaje inglés e incluyen GlobalEnglish y Grammarly, que son relativamente conocidas.

Ejemplos de usos de la IA en la educación pueden ser: sistemas de calificación automática de ensayos o preguntas abiertas; sistemas de tutoría o asesoría inteligente; sistemas de predicción de éxito, abandono o reprobación; selección de carrera o cursos, y rutas de aprendizaje personalizadas. Sería ideal que la institución educativa pudiera identificar qué alumnos potencialmente tendrán más permanencia y logro en ella (al medir, por ejemplo, personalidad del alumno, índice de compromiso) y qué alumnos requieren de una atención más cercana. De hecho, hay empresas que ofrecen este tipo de servicios, pero habrá que valorar su idoneidad.

La IA en la educación puede emplearse en sistemas de calificación automática de ensayos o preguntas abiertas; sistemas de tutoría o asesoría inteligente; sistemas de predicción de éxito, abandono o reprobación; selección de carrera o cursos; y rutas de aprendizaje personalizadas.

Como un ejemplo actual, Jill Watson, asistente de profesor virtual, ideada por Ashok K. Goel y su equipo en el Georgia Tech de Atlanta, EUA (<https://dilab.gatech.edu/a-suite-of-online-learning-tools/>), es capaz de conservar con calidad la atención hacia un gran número de estudiantes de todas partes del mundo y en cualquier momento. Se usa para darle mayor alcance a la voz de los profesores, brinda servicios como resolver dudas acerca del *syllabus* o programa del curso. Esto coincide con la visión de Sedlmeier (2001), quien previó que los sistemas de tutoría inteligente serían

comparables a un buen tutor humano, y consideraba que evolucionarían favorablemente y reducirían el trabajo –rutinario– de los profesores.

Ahora, si se repite la búsqueda en Scopus, con el perfil: “*artificial intelligence*” AND “*education*” en el título de los artículos, se encuentran (20220912) 787 documentos. De ellos, el crecimiento más alto está a partir de 2017 y siguen predominando los mismos países. En cuanto a disciplinas, el primer lugar es Ciencias de la Computación, pero el segundo lugar es Ciencias Sociales, seguido por Ingeniería y Matemáticas. No cabe duda de que es el área de Ciencias, Tecnología, Ingenierías y Matemáticas la que más ha hecho uso de la IA en la educación, pero hoy en día hay aplicaciones inclusive en disciplinas artísticas (Kangasharju *et al.* 2022).

La integración de IA y educación (llamada en inglés AIED) es un tópico activo entre los investigadores (Zafari *et al.* 2022; Luckin *et al.* 2022; Chen, Xie, y Hwang 2020) con beneficios potenciales para los estudiantes, los profesores y las instituciones. Todos pueden mejorar su trabajo y hacerlo más eficiente con la IA.

Como muestra de la relevancia actual de la inteligencia artificial en la educación, la prestigiada revista *Computers & Education* lanzó recientemente una nueva publicación periódica hermana, de acceso abierto, con el nombre de *Computers & Education: Artificial Intelligence*. La nueva revista está indizada en Scopus y se aboca a temas como: tutoría asistida por IA, analítica multimedia basada en IA, detección de emociones, diseño de tecnología educativa en la época de IA, pedagogías innovadoras, entre otros.

De hecho, se prevé un mercado de 7500 millones de dólares para 2025 (Market Research Engine 2021) en lo que respecta a la IA dentro de la educación. Esto sugiere que el crecimiento será sostenido por un buen tiempo.

Pero el tema de la IA en la educación es de ida y vuelta. Por un lado, es muy conveniente hacer una revisión de cómo se está aplicando la IA a la educación, pero, por otro lado, es necesario impulsar el aprendizaje de la IA desde niveles básicos. Se habla ya de la “literacidad en IA” (*AI literacy*) (Ng *et al.* 2022; Lee *et al.* 2021; Kandlhofer *et al.* 2016; Salas-Pilco y Yang 2022) como una competencia básica y deseable en las personas, considerando que, tanto hacemos uso de varios dispositivos que se basan en la IA, como muchos de los trabajos y empleos futuros tendrán que ver con esta tecnología. Por ello, es fundamental aprender a hacer un uso eficaz y ético de la IA. Los estudiantes y todas las personas debemos saber cómo funciona en general la IA, qué riesgos implica y cómo hacer buen uso de ella.

Se habla ya de la “literacidad en IA” como una competencia básica y deseable en las personas, considerando que, tanto hacemos uso de varios dispositivos que se basan en la IA, como muchos de los trabajos y empleos futuros tendrán que ver con esta tecnología.

Las instituciones educativas, desde el nivel básico, deben prepararse para insertar en la currícula académica lo referente a la IA de manera idónea. Afortunadamente, como veremos, hay excelentes opciones para ello.

Literacidad en IA (*AI literacy*)

La literacidad en IA (*AI literacy*) fue propuesta por Kandlhofer *et al.* (2016). Involucra entender el funcionamiento básico de la IA, así como usarla de manera crítica, reflexiva y ética. Es una literacidad que

se propone para *todas* las personas (Ng *et al.* 2022; Cetindamar *et al.* 2022; Lin *et al.* 2021) y no sólo para aquellas que tengan que ver directamente con la computación, tal como hoy en día se busca que todas las personas desarrollen una literacidad digital o una literacidad multimedia. De hecho, ahora se ofrecen juguetes llamados inteligentes y electrodomésticos con capacidades de aprendizaje, sin contar con todas las funcionalidades inteligentes que contiene un teléfono celular accesible.

Según Ng *et al.* (2022), basados en la Taxonomía de Bloom, se pueden establecer tres niveles de literacidad en IA: 1) conocer y entender la IA, en términos técnicos y no técnicos; 2) usar y aplicar la IA; 3) evaluar y crear IA, más el uso ético de este recurso.

Para desarrollar la literacidad en IA, que constituye un campo particular del pensamiento computacional, Kandlhofer *et al.* (2016) proponen una serie de etapas, que van desde el preescolar hasta la universidad. Sugieren estos pasos: a) tomar consciencia y explorar la IA, b) experimentar y familiarizarse con la teoría que subyace a la IA, c) familiarizarse con conceptos avanzados de IA, d) tener fluidez en la IA, aplicar métodos y comprender abstracciones. Esto coincide con Chai *et al.* (2021), quienes proponen que se aprenda IA desde la primaria, y con Lee *et al.* (2021), quienes han elaborado un interesante currículum para que los alumnos de escolaridad media analicen conceptos, valoren aspectos éticos, tomen conciencia y visualicen posibles carreras relacionadas con este tema.

Por último, también es muy importante el “estar listos para la IA” (*AI readiness*) en la educación (Luckin *et al.* 2022), tanto en el nivel de estudiantes y profesores, como institucionalmente. Esto tiene mayores implicaciones que la sola literacidad. Significa que existan políticas estratégicas, relacionadas con la IA, que promuevan la generación y almacenamiento de grandes cantidades de datos académicos y adminis-

trativos. Estos datos deben ser resguardados y cuidados, para lo cual debe aprovecharse que existen mecanismos accesibles. Asimismo, se deben buscar vías para explorar y explotar los datos en beneficio de las comunidades. Esto implica el desarrollo de algoritmos específicos que aprovechen los datos en muchos sentidos.

Colaboración creativa con IA

Una forma de acercarse a la IA y familiarizarse con ella es conocer los sitios web donde puede usarse, de manera colaborativa, para crear experiencias artísticas.

En años recientes han surgido sitios web que permiten crear imágenes totalmente originales y un tanto oníricas, en unos cuantos segundos, a partir de textos redactados –en inglés– por los usuarios. Aquí mencionamos algunos y brindamos ejemplos para que el lector se anime a experimentar con ellos. Ésta es una arista novedosa y creativa de la IA (Pu 2020) que seguramente seguirá desarrollándose y presentando sorpresas. También existen intentos por apoyar la creación de poesía con IA (Kangasharju *et al.* 2022), que han resultado inspiradores, tal como puede decirse de las imágenes. Por otro lado, se puede favorecer la literacidad en IA por medio de la narración de historias (Ng *et al.* 2022). Como siempre en la historia humana, la tecnología contribuye a enriquecer el arte.

Ejemplos de los sitios web referidos son: DALL-E 2 (<https://openai.com/dall-e-2>), Midjourney (<https://www.midjourney.com/home/>) y Stable Diffusion (<https://stability.ai/>). El más famoso es, probablemente, DALL-E 2, en el cual es necesario registrarse e ingresar a una lista de espera.

En las figuras 1 a 3 se muestran imágenes producidas por tres diferentes IA, a partir de una idea elaborada por el usuario, introducida como texto en inglés.

Figura 1 Imagen creada por inteligencia artificial a partir de la frase “the scream” en el sitio *NightCafe* (<https://creator.nightcafe.studio/my-creations>)



Figura 2 Imagen creada con DALL-E 2 con el texto propio “flowers in a cosmic sky by Diego Rivera realistic”, disponible en <https://labs.openai.com/s/0LXYn9XrNUFBx4JEi1WWyCQK>.



Figura 3 Imagen creada por inteligencia artificial a partir de la frase propia “a robot eating spaghetti” en el sitio Craiyon (<https://www.craiyon.com/>).



Como puede verse, resulta atractivo probar el funcionamiento de estas IA con diversos textos, para observar si los resultados hacen sentido estético o no.

Aprendizaje de máquina para niños y no tan niños

En (2021) Dale Lane publicó el libro *Machine learning for kids*, junto con el sitio web <https://machinelearningforkids.co.uk/>, donde se puede utilizar el lenguaje de programación visual *Scratch* para hacer aprendizaje de máquina. Se pueden crear juegos, asistentes virtuales, mover robots, entre otras cosas. *Scratch* es un lenguaje de programación, desarrollado por el MIT, que permite programar de manera accesible, a través de bloques, dibujos, personajes, sonidos, escenarios, animaciones, etcétera.

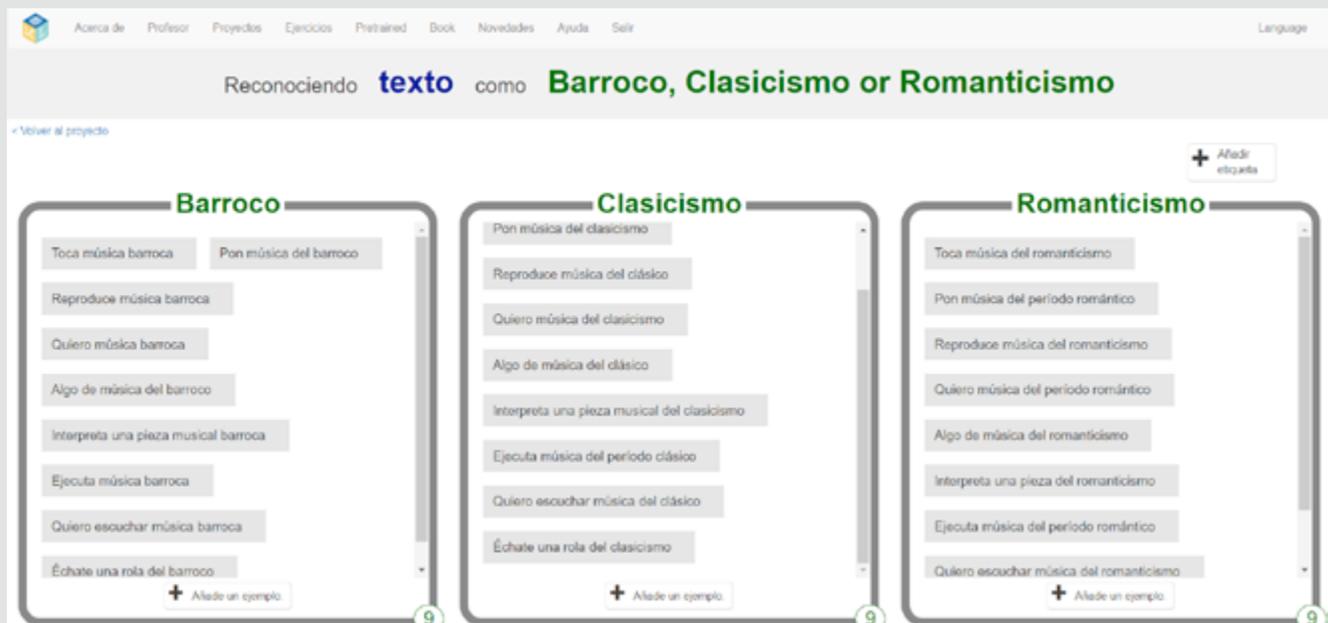
En el sitio web español: <https://code.intef.es/propdidacticas/inteligencia-artificial-en-el-aula-con-scratch-3-0/> se presentan propuestas didácticas con videos para promover el aprendizaje de la IA en niños o en cualquiera que tenga interés. Se puede trabajar de manera individual o en equipos. Existe también el sitio español <https://web.learningml.org/> que funciona de manera semejante, también con Scratch; o el sitio *Teachable Machine* <https://teachablemachine.with-google.com/> que permite jugar con diversos modelos de imagen, audio y movimiento.

En el entorno de *Machine Learning for Kids* (MLK), IBM provee la asistencia de IA con Watson, que funciona a través de una API, para entrenar y crear los modelos. Para utilizar Watson se requiere crear una cuenta en IBM Cloud. Los pasos para jugar con MLK son:

- 1) Agregar ejemplos de lo que se desea que la computadora aprenda.
- 2) Usar los ejemplos para entrenar a la computadora.
- 3) Crear un juego en *Scratch* que aproveche el entrenamiento anterior. Para ello, lo primero es crear un nuevo proyecto.

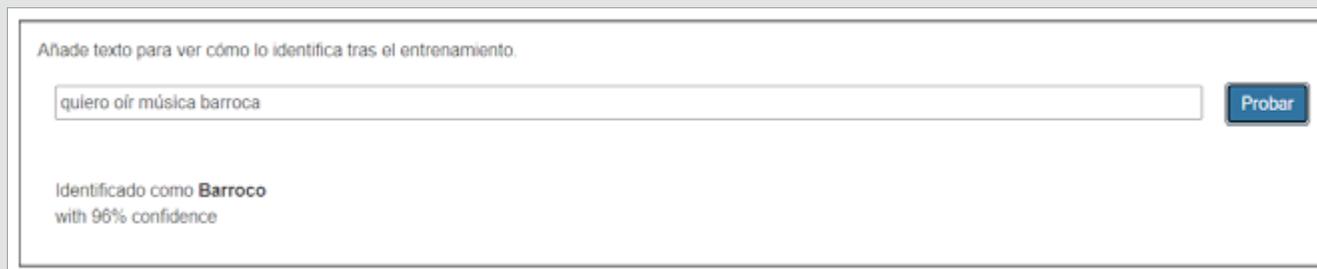
Se pone un nombre al proyecto, por ejemplo: “Asistente Musical”, el cual identificará qué tipo de música se desea interpretar, según el período especificado, reconociendo el lenguaje natural (texto en español). Se da clic sobre el proyecto creado y se realizan tres pasos: Entrenar; Aprender y Probar; Crear. Para *entrenar* se colocan varias frases posibles para solicitar la música, organizadas en tres etiquetas: Barroco, Clasicismo y Romanticismo. En cada una se agregan cinco o más ejemplos, como se ve en la figura 4.

Figura 4 Etiquetas y posibles textos para aprendizaje de máquina.



El siguiente paso es *aprender y probar*, con lo cual se entrena el modelo. Esto tarda unos segundos y después se prueba con una nueva frase, por ejemplo, la que se observa en la figura 5.

Figura 5. Nueva frase para probar el modelo de aprendizaje de máquina.



Hechas varias pruebas, pasamos al siguiente paso, *crear*, donde obtenemos el modelo para jugar, ya sea con Scratch, Python o AppInventor. En este caso sugerimos usar Scratch que es relativamente sencillo y puede reproducir audio para sacarle provecho al modelo generado.

Conclusiones

Como se ha visto, las personas debemos tener literacidad en IA y ser, tanto consumidores críticos y reflexivos, como productores activos. Por su parte, las instituciones educativas deben estar listas para la IA y ser capaces de tomar decisiones informadas, basadas en investigación científica, acerca de qué productos de esta tecnología son realmente benéficos. Si no se desarrollan algoritmos y modelos propios, habrá que adquirirlos, probablemente del extranjero, con los costos y el impacto cultural que esto implique. Esto apunta a que las instituciones apoyen la creación interna. Además, mal usada o mal diseñada, la IA puede causar daños irreparables (Ng *et al.* 2022).

La IA en educación puede incluir sistemas de tutoría inteligentes, agentes inteligentes, tableros de control,

sistemas de predicción y recomendación basados en analíticas del aprendizaje, entre otros. Las instituciones educativas pueden usar, de manera responsable y cuidadosa, la IA como parte de un proceso holístico donde no se pierda lo humano. Por ejemplo, para disminuir la deserción y la reprobación. El punto es hacer la educación más eficaz (Ahmad *et al.* 2022), de ahí el enorme valor de los datos, la relevancia de almacenarlos y atesorarlos para hacer buen uso de ellos. Esto implica contar con políticas de generación, resguardo, exploración y explotación de datos educativos.

Pero también significa la elaboración de currículos efectivos, que incluyan a la IA desde niveles básicos de educación, de manera que se dé tanto la literacidad como el estar listos para la IA, con la previsión de que habrá muchos trabajos en el futuro, directamente relacionados con este ámbito.

Por lo pronto y por ahora, un profesor competente y comprometido, es irremplazable (Luckin *et al.* 2022), pero el maestro debe dedicar más tiempo –de calidad– a la enseñanza y menos a las labores administrativas o de evaluación, que pudieran ser absorbidas o complementadas por la IA. Así, la IA podría aumentar la cobertura y la calidad de la educación.

La complejidad de la educación no puede ser, por ahora, captada por la IA, pero ciertos problemas específicos se pueden resolver de manera eficaz. Será importante definir qué cosas hace mejor la IA y qué cosas hace mejor la inteligencia humana, para darle a cada una su lugar respectivo, y repensar los modelos didácticos y pedagógicos (Vázquez-Cano 2021) a la luz de las nuevas tecnologías.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por el apoyo recibido a través del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME PE 301521) “La Cátedra Digital”, para la elaboración de este trabajo. —

Referencias

Adadi, Amina, y Mohammed Berrada. 2018. “Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI).” *IEEE Access* 6 (September): 52138–52160, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>

Ahmad, Sayed Fayaz, Muhammad Mansoor Alam, Mohd Khairil Rahmat, Muhammad Shujaat Mubarik, y Syed Irfan Hyder. 2022. “Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education.” *Sustainability* 14, no. 3 (January): 1–11, <https://doi.org/10.3390/su14031101>

Cetindamar, D., K. Kitto, M. Wu, Y. Zhang, B. Abedin, y S. Knight. 2022. “Explicating AI Literacy of Employees at Digital Workplaces.” *IEEE Transactions on Engineering Management* (January): 1–14, <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3138503>

Chai, C. S., P. Y. Lin, M. S. Y. Jong, Y. Dai, T. K. F. Chiu, y J. J. Qin. 2021. “Perceptions of and Behavioral Intentions towards Learning Artificial Intelligence in Primary School Students.” *Educational Technology & Society* 24, no. 3 (July): 89–101.

Chen, Xieling, Haoran Xie, y Gwo Jen Hwang. 2020. “A multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers.” *Computers and*

Education: Artificial Intelligence 1 (October): 100005, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100005>

Dai, Y., C. S. Chai, P. Y. Lin, M. S. Y. Jong, Y. M. Guo, y J. J. Qin. 2020. “Promoting Students’ Well-Being by Developing Their Readiness for the Artificial Intelligence Age.” *Sustainability* 12 no. 16 (August): 6597, <https://doi.org/10.3390/su12166597>

Gamage, Sithara H.P.W., Jennifer R. Ayres, y Monica B. Behrend. 2022. “A systematic review on trends in using Moodle for teaching and learning.” *International Journal of STEM Education* 9 (January): 1–24, <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00323-x>

Kandlhofer, Martin, Gerald Steinbauer, Sabine Hirschmugl-Gaisch, y Petra Huber. 2016. “Artificial intelligence and computer science in education: From Kindergarten to university.” *2016 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE* (October): 1–9, <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757570>

Kangasharju, Arja, Liisa Ilomäki, Minna Lakkala, y Auli Toom. 2022. “Lower secondary students’ poetry writing with the AI-based Poetry Machine.” *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3 (January): 100048, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100048>

Kaur, Davinder, Suleyman Uslu, Kaley J. Rittichier, y Arjan Duresi. 2023. “Trustworthy Artificial Intelligence: A Review.” *ACM Computing Surveys* 55, no.2 (March): 1–38, <https://doi.org/10.1145/3491209>

Lane, Dale. 2021. *Machine Learning for Kids. A project based introduction to artificial intelligence*. San Francisco, California, USA: No Starch Press.

Lee, Irene, Safinah Ali, Helen Zhang, Daniella Dipaola, y Cynthia Breazeal. 2021. “Developing Middle School Students’ AI Literacy.” *SIGCSE 2021 - Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, (March): 191–97, <https://doi.org/10.1145/3408877.3432513>

Lin, Chun-Hung, Chih-Chang Yu, Po-Kang Shih, y Leon Yufeng Wu. 2021. “STEM-based Artificial Intelligence Learning in General Education for Non-Engineering Undergraduate Students.” *Educational Technology & Society* 24, no. 3 (July): 224–237.

Luckin, Rosemary, Mutlu Cukurova, Carmel Kent, y Benedict du Boulay. 2022. “Empowering educators to be AI-ready.” *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3 (June): 100076, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100076>

Market Research Engine. 2021. “AI in Education Market by Technology (Deep Learning and ML, NLP), Application (Virtual Facilitators and Learning Environments, ITS, CDS, Fraud and Risk Management), Component (Solutions, Services), Deployment, End-User, and Region - Global Forecast 2021-2.” Revisado el 18 de septiembre, 2022. <https://www.marketresearchengine.com/ai-in-education-market>

- Miller, Tim. 2019. "Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences." *Artificial Intelligence* 267 (February): 1–38, <https://doi.org/10.1016/j.artint.2018.07.007>
- Ng, Davy Tsz Kit, Wanying Luo, Helen Man Yi Chan, y Samuel Kai Wah Chu. 2022. "Using digital story writing as a pedagogy to develop AI literacy among primary students." *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3 (February): 100054, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100054>
- Orcutt, Mike. 2015. "Why IBM Just Bought Billions of Medical Images for Watson to Look At | MIT Technology Review." MIT Technology Review. Revisado el 18 de septiembre, 2022. <https://www.technologyreview.com/2015/08/11/166774/why-ibm-just-bought-billions-of-medical-images-for-watson-to-look-at/>
- Pu, Jiang. 2020. "Integration of Arts and Crafts in Artificial Intelligence Environment." *Journal of Physics: Conference Series* 1574, no. 1, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1574/1/012162>
- Ryoo, Jungwoo, y Kurt Winkelmann. 2021. *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education: Opportunities, Challenges, and Looking Forward*. SpringerBriefs in Statistics Open Access. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/47325/9783030589486.pdf>
- Salas-Pilco, Sdenka Zobeida, y Yuqin Yang. 2022. "Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review." *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 19 (April), <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00326-w>
- Sedlmeier, P. 2001. "Intelligent Tutoring Systems." In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, editado por Neil J. Smelser y Paul B. Baltes, 7674–7678. Pέργamo: Elsevier, <https://doi.org/10.1016/b0-08-043076-7/01618-1>
- Turing, Alan Mathison. 1950. "I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE." *Mind* 59, no. 236 (October): 433–460, <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Vázquez-Cano, Esteban. 2021. "Artificial intelligence and education: A pedagogical challenge for the 21st century." *Educational Process: International Journal* 10, no. 3 (July): 7–12, <https://doi.org/10.22521/EDUPIJ.2021.103.1>
- Zafari, Mostafa, Jalal Safari Bazargani, Abolghasem Sadeghi-Niaraki, y Soo-Mi Choi. 2022. "Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review." *IEEE Access* 10 (May): 61905–61921, <https://doi.org/10.1109/access.2022.3179356>