

Inteligencia artificial y autoaprendizaje

Alberto C. Taquini hijo¹²³

“Por qué esta magnífica tecnología científica que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? La respuesta es esta: simplemente porque aún no hemos aprendido a usarla con tino.”

Albert Einstein

Introducción

Desde sus orígenes hace algo más de dos siglos el sistema educativo estuvo orientado hacia la instrucción, tal es así que durante mucho tiempo los ministerios del área se denominaron de Instrucción Pública.

Para los estados nacionales una de las funciones del sistema educativo era consolidar la nacionalidad y los valores homogeneizando culturalmente poblaciones plurinacionales y diversas. Por el contrario, la concepción actual, comienza a apuntar a la construcción de valores de ciudadanía no territorial (Taquini et al., 1972), consciente del cuidado de los recursos naturales y preparando a los jóvenes para desarrollarse en una sociedad global que reclama procesos educativos permanentes donde la comunicación y las herramientas digitales cobran relevancia.

En este artículo nos referiremos a la potencia de la inteligencia artificial (AI) en el aprendizaje tutelado o autoaprendizaje, con el horizonte de su próximo uso sistemático en la escuela. Actualmente consideramos como AI a los desarrollos derivados de las tecnologías de machine learning (ML) y redes neuronales, pero no siempre fue así, antes los sistemas “inteligentes” eran mayormente sistemas expertos basados en algoritmos que ordenan secuencialmente el conocimiento existente en la materia, es decir partían de datos conocidos.

Para comprender cabalmente los posibles alcances de la AI para el aprendizaje - lengua y matemáticas prioritariamente- será necesario primero evaluar qué significa actualmente AI. Para ello realizaremos en la primera parte, un recorrido histórico que nos sitúe en una mayor comprensión de la misma y para entender cómo esta tecnología impactará en el mundo en general y en el aprendizaje en particular, pondremos el foco en los cambios tecnológicos que se están gestando actualmente y qué, junto con ella, definirán los modos en que la AI se

¹ Alberto C. Taquini hijo es miembro emérito de la Academia Nacional de Educación, Director General del Belgrano Day School y líder de *Nueva Educación*.

² Este trabajo fue elaborado bajo la dirección del Dr. Taquini, con la participación del Lic. Fernando Andonegui (miembro de *Nueva Educación* y staff del Belgrano Day School), la Lic. María Jimena Vasta (miembro de *Nueva Educación* y staff del Belgrano Day School) y Paula Farinati (miembro de *Nueva Educación*).

³ Por razones de espacio, esta es una versión resumida de nuestros trabajos en esta temática que presentaremos en una publicación en desarrollo del Belgrano Day School.

desarrolle, analizando los crecientes logros de las tecnologías cuánticas, entre ellas la computación cuántica, así como el contexto de conectividad de los próximos años, enmarcado por las tecnologías en la nube (Cloud, fog y edge computing), articuladas con la consolidación de la Internet de las cosas (*Internet Of Things*, IOT), que se apoyará en tecnologías de conectividad como el 5G, los satélites de banda K y los de órbita terrestre baja, entre otras. De este modo, la AI se enhebra como una pieza necesaria a la vez que beneficiaria de la conectividad, pero también aparece en el contexto cambiante de nuevos dispositivos que resignifican la conectividad. Este será el recorrido que proponemos para intentar comprender la profundidad de los cambios en gestación.

En la segunda parte, abocados de lleno a la relación entre educación y tecnología, exploraremos los hitos que preceden a la implementación de AI. Finalmente, abordaremos en específico el desarrollo del Machine Learning (ML) y la lógica por la cual los sistemas expertos basados en datos y algoritmos fijos irán cediendo su lugar a sistemas que, apoyados en la AI, permitan aprender de las huellas que los recorridos de los estudiantes proponen trazando espacios de aprendizaje más personalizados, para finalmente describir el estado actual de la AI en el aprendizaje a nivel mundial y las experiencias prácticas realizadas por nuestro equipo en la escuela en los últimos 10 años.

En el estadio actual de desarrollo, la AI se desenvuelve respecto a particularidades o áreas específicas, lo que se conoce como AI blanda o particular, por lo que dentro del ámbito educativo toca muchas áreas en caminos paralelos, que, sin embargo, no se integran en una AI general. Es decir los sistemas actuales con AI se especializan en la solución de problemas específicos en cada caso, y aunque algunos permiten más elasticidad en cuanto a ser multipropósito, como veremos más adelante, su elasticidad es limitada.

Por ello, es de nuestro interés señalar prioritariamente la potencia de la AI en el aprendizaje autónomo de la matemática y la lectoescritura desde edades muy tempranas hasta adultos, sin necesariamente ocuparnos de si este proceso se seguirá dando todavía en la escuela o crecientemente en forma autónoma, incluso en el aprendizaje domiciliario.

El uso de la AI como herramienta nos invita a repensar radicalmente la institucionalidad de la escuela y el rol de sus actores -alumnos y docentes-, que desde su creación ha logrado transformarse en la actualización de los contenidos y su profundidad pero poco ha hecho en sus métodos, si observamos la vida actual de las aulas de nuestras escuelas en comparación con las aulas de hace 200 años. La utilización de recursos inteligentes no debe ser vista como una amenaza a la calidad humana de la función de enseñanza sino como un medio para potenciar el alcance de una transmisión de conocimiento más personalizada y adecuada a las necesidades que tenemos como sujetos y que las instituciones educativas por su formato tienden a estandarizar y homogeneizar.

Desarrollo histórico de la inteligencia artificial⁴

Lejos de ser un concepto novedoso, la inteligencia artificial reconoce antecedentes muy antiguos: ésta se origina en la intención de lograr que una máquina o mecanismo reproduzca o imite cualidades o actividades de los seres animados. Ya desde la antigüedad esta vocación

⁴ El recorrido histórico está basado principalmente en: Banda, 2014; OECD, 2019; UNESCO, 2019; Villena Román et al, 2015; Webb, 2020.

se tradujo en la producción de autómatas, artificios tenían en común la intención de buscar el asombro a través de reproducir movimientos y comportamientos naturales que se ejecutaban sin operador.

Luego de grandes avances en los siglos XVIII y XIX, en la década de 1930 Alain Turing realizó avances teóricos en definir el concepto de inteligencia de las máquinas, en 1943 McCulloch y Pitts definieron red neuronal, y en 1956 se llevó a cabo la Conferencia de Dartmouth bajo la consigna de que cada aspecto del aprendizaje o de la inteligencia podría ser descrito con tanta precisión que sería posible fabricar una máquina para simularlo. Fue allí donde se acuñó el término *Inteligencia Artificial*.

En los '70, el avance en AI se estancó debido a que el procesamiento, almacenamiento y disposición de datos, fijaban duros límites⁵. Hacia los '80, con la popularización de las computadoras, economizándose la potencia de cómputo y expandiendo el mercado y las aplicaciones de la informática, la AI comienza a exhibir éxitos principalmente a través de lo que se conoce como sistemas expertos, robótica industrial y control numérico, entre otros. Estos tienen en común partir de un conjunto grande de datos conocidos, y de un proceso de resolución informado por la experiencia y el conocimiento humanos, de forma de acotar las posibilidades combinatorias. Son de utilidad para hallar soluciones concretas para problemas conocidos, así como otros nuevos derivados de estos. Estos sistemas poseen escasa o nula capacidad de autoaprendizaje pero asisten a sus operadores en la toma de decisiones, o los reemplazan. Al estar basados en el conocimiento previo componen lo que se conoce como *knowledge-driven AI*.

Paulatinamente los sistemas expertos comienzan a mostrar otros logros destacándose en particular como contrincantes en varios juegos, tarea en la que alcanzan importantes hitos, uno de ellos: la Deep Blue de IBM que en 1997 logra vencer en ajedrez al campeón del mundo Garry Kasparov. Sin embargo dicha realidad comenzaría a cambiar en este siglo con la expansión y desarrollo de un tipo de tecnología de AI, que si bien no es y tal vez nunca sea general, sí en cambio es multipropósito.

La curva de penetración de Internet y la aceleración de las telecomunicaciones multiplicó la cantidad de datos disponibles (Big Data), así como la velocidad de acceso a los mismos, al tiempo que se derrumbó el costo de almacenaje, el cual migra a la nube⁶. Al mismo tiempo prosiguió el incremento de la capacidad de cómputo y su miniaturización (nanotecnología). También se optimizaron las tecnologías para el procesamiento paralelo, la virtualización y la computación en la nube. Estos hechos, permitieron el surgimiento de tecnologías AI que partiendo de un conjunto de datos, o por prueba y error, pueden determinar patrones con una precisión creciente: se conocen en general como tecnologías de Machine Learning (ML) o aprendizaje automático⁷.

Ellas permitieron, por ejemplo, que la empresa DeepMind utilizando un modelo de ML basado en redes neuronales de aprendizaje profundo (Deep Learning y Neural Networks) lograra un

⁵ Entre ellos un fenómeno conocido como explosión combinatoria que se produce al aumentar la cantidad de variables analizadas lo que da origen a un crecimiento exponencial de los escenarios posibles.

⁶ La nube no es más que un concepto, ésta se encuentra en realidad formada por centenares de miles de servidores interconectados, algunos situados en enormes granjas de servidores que pueden contar a su vez con centenares o miles de ellos preparados para optimizar servicios específicos, u otros por equipos más simples brindando servicios a través de la red

⁷ Para más información veasé: <https://www.ibm.com/downloads/cas/GB8ZMQZ3>

nuevo hito con su equipo AlphaGo venciendo en 2016 en go⁸ al campeón Lee Sedol. Esta se basó en un set pequeño de datos y luego se entrenó con jugadores humanos hasta alcanzar mayor fortaleza. Su segunda versión, AlphaZero, de propósito más general, posee entrenamiento autónomo por refuerzo, y se volvió virtualmente invencible en go entrenando contra sí misma y contra su predecesora (AlphaGo). Del mismo modo se entrenó sola para otros juegos sin cambiar la programación.

El modelo de AI de ML que incluye varias tecnologías, entre ellas el aprendizaje profundo, es el modelo que lidera los avances actuales en AI multipropósito y logrando hitos impresionantes en reconocimiento de imágenes, comprensión y generación de lenguaje natural, traducciones, etc. Si bien cada aplicación de ML se especializa en la solución de un problema en particular llegando en muchos de ellos a resultados muy superiores a los humanos, los mismos no se encuentran aún cerca de formar algún tipo de AI general. Son sistemas especializados conocidos como AI blanda o débil. Reconoce imágenes pero no responde interrogantes espontáneos. Esta tecnología se conoce como *data-driven AI*.

Estas nuevas capacidades de la AI restablecen los debates sobre cómo sería una AI general y más aún cómo sería una AI superior, que refiere a aquella que en su desarrollo superaría a la inteligencia humana en todos los campos. Asimismo se reavivan discusiones sobre la relación hombre-máquina y la pérdida de control o autonomía, dado que la AI puede llegar a resultados imposibles de comprender para nosotros. El transhumanismo, pone sobre la mesa la discusión de los alcances y el condicionamiento de la persona por tecnologías que producen capacidades o cualidades distintas a las naturales (Bostrom, 2011)⁹.

Hoy la AI se encuentra integrada de forma invisible en múltiples aplicaciones que usamos a diario, y supondrá una verdadera revolución en muchas áreas para tareas que no requieren creatividad, empatía o una visión totalizadora, terminando con tareas rutinarias y aburridas.

Computación y tecnologías cuánticas, y por qué podrían cambiarlo todo

El avance de la AI se da en el marco del desarrollo de la tecnología basada en la física cuántica. Por un lado, la computación cuántica (QC¹⁰) puede elevar exponencialmente la velocidad de cómputo por sus características, definidas por el uso del qubit en lugar del bit que permite administrar mayor cantidad de estados que sus homólogas digitales y acceder más rápido a la información. La tecnología cuántica promete revolucionar la transmisión y la seguridad de los datos, al aplicar una propiedad cuántica llamada entrelazamiento. Basado en ello se han diseñado sistemas de comunicaciones seguras a prueba de interceptaciones (National Science Foundation, 2020), modelándose ahora una Internet cuántica segura por diseño (Quantum Flagship, 2019). La QC podría convertir en obsoletos los métodos de

⁸ El go es un juego cuya complejidad en términos matemáticos es enormemente superior al ajedrez ya que las combinaciones de tableros posibles superan a las de este juego en 10^{100} , es decir un gúgol, o lo que es lo mismo ¡un uno seguido de cien ceros!

⁹ Actualmente ya existen prótesis robóticas en desarrollo que a través del uso de AI interpretan el escaneo de ondas cerebrales para detectar la intención del sujeto y moverla en consecuencia, en este video se muestra el desarrollo de una de estas prótesis: https://www.youtube.com/watch?v=M5fjXTMq_4

¹⁰ Por sus siglas del inglés Quantum Computing.

encriptación de datos actuales, volviendo cualquier comunicación encriptada con ellos en transparentes¹¹ (Cirac, 2018).

El desarrollo de QC requiere diversos aspectos prácticos de ingeniería para convertirla en una tecnología totalmente funcional, entre ellas las dificultades de programación, escalabilidad, estabilidad, corrección de errores y tamaño. No obstante ello, se estima que en dos años podría alcanzar ciertas aplicaciones de gran impacto (Lara, 2021; Waters, 2021). Y es posible que su capacidad interconectada pueda ponerse al servicio de la AI creando modelos a velocidades hoy impensadas o bien brindado poder centralizado de procesamiento para aplicaciones de este tipo¹².

Un interés importante en esta tecnología está dado por que puede romper las barreras de la miniaturización de la tecnología digital (cantidad de transistores por milímetro cuadrado), con límite teórico en un átomo por transistor, aunque el efecto túnel hace que en tamaños aún mayores se dificulte la confección (Buck, 2021). También sus características son radicalmente distintas y pueden lograr determinadas tareas de manera no simulada, como la generación aleatoria (Thornhill, 2020).

La QC operará como una pieza más que potencia el contexto de interconexión, conectividad, redes y cálculo que analizaremos en el apartado siguiente.

La evolución de la conectividad: de la computadora al “mobile”

Actualmente el 67% de los habitantes del globo tiene un celular según WeSwearesocial.com. Por otra parte, Internet en 2021 presenta una penetración global de casi un 59%, y según Cisco para 2023 será 70% de la población mundial (Anónimo, 2020).

Anualmente se venden 1.500 millones de smartphones, es decir se cubre la población mundial cada 5 años, son más potentes, versátiles y se están convirtiendo en computadoras conectadas permanentemente. Esta tendencia se mantiene en argentina (Andonegui y Taquini (h), 2020), y a nivel global:

Global

	2019 Based on 37.5 Trillion Visits			2020 Based on 30.2 Trillion Visits		
	Desktop	Mobile	Tablet	Desktop	Mobile	Tablet
Visits	32%	63%	5%	29%	68%	3%
Bounce Rate	43.11%	53.49%	46.64%	41.69%	52.11%	46.82%
Page Views Per Visitor	3.75	2.68	3.40	3.95	2.67	3.21
Average Time on Site: (Seconds)	313.99	154.37	227.03	351.54	160.13	237.13

Fuente: <https://www.perficient.com/insights/research-hub/mobile-vs-desktop-usage>

¹¹ Y esto vale también para toda comunicación encriptada que se haya almacenado.

¹² IBM ya puso a disposición del público un servicio de computadora cuántica para experimentar online en <https://quantum-computing.ibm.com/>

Este viraje hacia el *mobile* nos invita a replantear el diseño de las aplicaciones educativas en la dirección de la ubicuidad y la conectividad, para alcanzar la mayoría de los usuarios. El auge del *mobile* motoriza a la tecnología de plataformas que presenta la posibilidad de distribuir aplicaciones en varios servicios integrables gracias a APIs y al uso de microservicios en la nube.

La Internet de las cosas (IOT¹³) junto con las redes de quinta generación (5G) y la AI comenzarán a cambiar el juego modificando lo que actualmente entendemos por dispositivo, y es posible que estemos cerca del fin del móvil como lo pensamos hoy.

Centrándonos en los smartphones, los límites de sus pantallas y teclados parecen ir diluyéndose: pantallas plegables o proyectadas sobre superficies, lentes inteligentes, hologramas, pantallas compartidas, transparentes y eventualmente implantes ópticos. También las interfaces de ingreso de datos están cambiando, desde el reconocimiento vocal y el de gestos potenciados por AI como el proyecto Soli de Google¹⁴ o Kinect de Microsoft, entre otros, allanan el terreno para que el dispositivo preponderante pueda ser móvil y en especial en los contextos educativos.

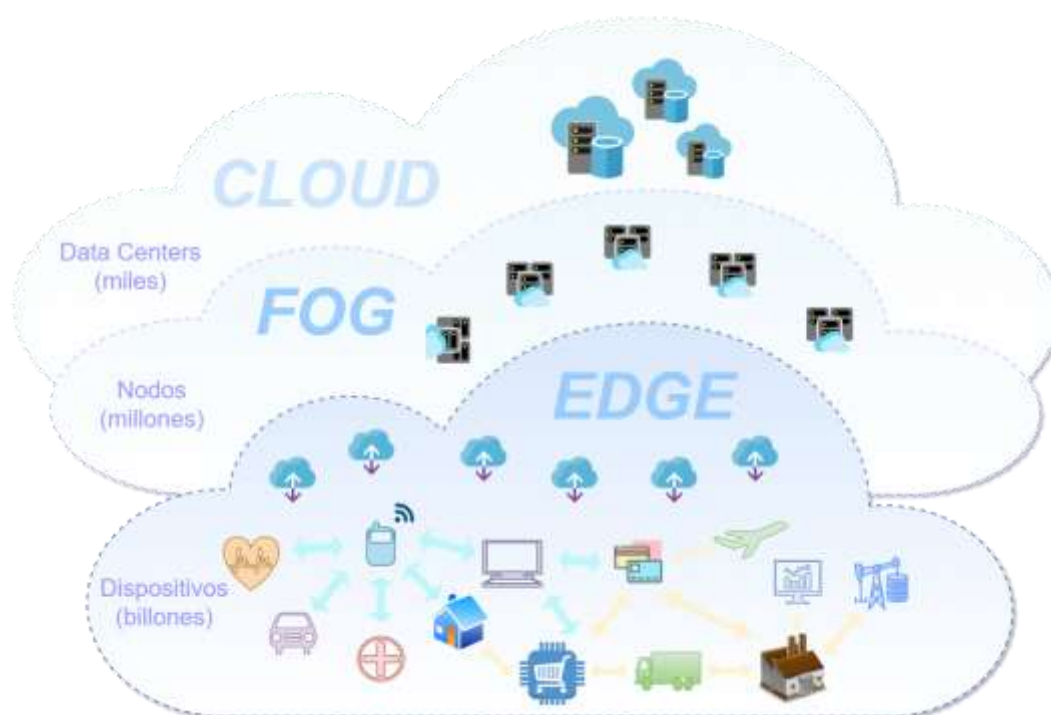
En otro campo, la conectividad actualmente se basa de manera principal en redes de banda ancha y fibra óptica, puntos de acceso de wifi, y tecnología móvil: principalmente 3G y 4G (3^{ra} y 4^{ta} generación). No obstante, se espera que la expansión de la quinta generación (5G) tenga un efecto disruptivo con prestaciones muy superiores a las actuales¹⁵. El 5G es cien veces superior en velocidad y en dispositivos por punto de acceso, a la vez que posee menor latencia¹⁶ y permite antenas más pequeñas de menor consumo. Ésta, con los satélites de órbita terrestre baja (Starlink, Amazon), y los satélites (HTS) de banda K, proponen una conectividad más ubicua a la vez que habilita la interconexión de millones de dispositivos posibilitando la explosión de la IOT (Andonegui y Taquini (h), 2020).

¹³ Acrónimo inglés de Internet of things

¹⁴ Bajo el eslogan “*Tu eres la única interfaz que precisas*” Google espera revolucionar nuestra experiencia de comunicación con los dispositivos: <https://atap.google.com/soli/> y <https://youtu.be/0QNiZfSsPc0>

¹⁵ Según un informe de VIAVI citado por Telesemana más de un tercio de las naciones del mundo cuenta con una red 5G activa: <https://www.telesemana.com/blog/2021/06/28/un-tecio-de-los-paises-del-mundo-tienen-por-lo-menos-una-red-5g/>

¹⁶ En palabras simples la latencia es la velocidad de respuesta, es decir la velocidad entre que se envía una petición y se recibe la respuesta de la red.



Fuente: Elaboración propia

La IOT y la cantidad creciente de dispositivos, así como las transacciones registradas entre ellos (blockchain, etc.), determinarán un proceso de crecimiento exponencial de la cantidad de datos generados pasando del Big Data al Huge Data (Maroto 2019). Esto permitirá avanzar hacia ciudades inteligentes potenciadas a partir de tecnologías como: IOT, 5G, las arquitecturas de computación en la nube, en la niebla (Chen et al., 2017), y en la frontera (cloud, fog y edge computing), así como por el desarrollo de la QC, que, como vimos, se prevé con aplicaciones prácticas en pocos años, potenciando la capacidad de cálculo del conjunto. Esta producción masiva de datos, y la potencia de cómputo ubicua, potenciarán las capacidades de la AI enhebrada con IOT, nutriendo los modelos de ML habilitando el procesamiento en forma independiente, aumentando su capacidad, y por lo tanto la precisión y velocidad de sus respuestas.

Será en este futuro que se acerca muy rápido que debemos pensar el modo en que los más pequeños darán los primeros pasos en el aprendizaje de algunas materias básicas, como son la lengua o las matemáticas jugando con la AI. No cabe duda que estos aprendizajes estarán imbricados en y con medios digitales, que el dispositivo, o mejor, conjunto de dispositivos, universo de ellos, o extensión física de conectividad, será parte de la realidad vital de cada persona del mismo modo que lo será la conectividad de todas las cosas con todas las cosas, así como su inteligencia y capacidad comunicativa para adaptarse a las necesidades de cada persona y cada momento. Este mundo se aproxima y es necesario pensar la enseñanza en esa clave, si nos atrevemos podremos avanzar ¿comenzamos?

Educación ¿mediada por tecnologías?

Las tecnologías emergen como cuestión educativa

La omnipresencia de la tecnología en la actividad humana¹⁷, hace difícil sostener que la educación mediada por tecnologías sea un fenómeno o problemática novedosa. Muy por el contrario, es posible identificar en los procesos educativos, es decir *procesos de aprendizaje y transmisión de cultura*, la existencia histórica de todo tipo de tecnologías, ya sea en su forma material artefactual, como en sus múltiples formas simbólicas, tanto en forma de apoyos al proceso educativo, como parte del proceso o como contenido. Desde diagramas trazados sobre el suelo, pasando las formas de impresión artesanales e industriales como los libros, las tizas y los pizarrones, los espacios cerrados o abiertos dispuestos para el fin educativo, o bien el discurso escolar y pedagógicos, la educación se ha encontrado mediada tanto física como simbólicamente por tecnologías educativas del mismo modo que por los dispositivos sociales educativos propios de cada época.

Al pasar al mundo corriente las tecnologías se vuelven invisibles dado su familiaridad, y por oposición las nuevas tecnologías pueden aparecer como amenazadoras (Burbules & Callister (h), 2001). Aquellas tecnologías no invisibilizadas aparecen como externas a lo escolar y se perciben conflictivas, como una presencia disruptiva en competencia con el sistema educativo. Sucederá esto con las tecnología en auge, de surgimiento o difusión recientes, que no están aún incorporadas dentro de las tecnologías transmitidas y enseñadas, y para las cuales no

¹⁷ Taquini (h), A., Lehmann, F., Johansen, F., Vasta, M., & Maiocchi, C. (2014). *Proyecto TEC (de Tecnología, Educación y Cultura)* (p.32)

existe aún currícula y hay muy pocos formadores¹⁸. Lo mismo sucede con las tecnologías que por sus características o dimensiones simbólicas conflictúan al sistema educativo, toda vez que retan o tensionan los discursos escolares, por ejemplo: el smartphone en el aula, la cultura digital que exige e impulsa nuevas formas de transmitir conocimiento, relacionarse, y nuevos problemas como ciberbullying, grooming, etc.

Durante la formación de los estados nación y en el proceso de desarrollo industrial, el sistema educativo se había estructurado en función de las necesidades de una sociedad basada en la producción masiva, organizándose en torno a tecnologías escolares dispuestas para producir personas aptas para una sociedad basada en la racionalización de las tareas. Y aunque este modelo produjo enormes logros en relación a la masificación de la enseñanza, comienza a disonar con los cambios post-industriales, tanto en la estructura social como en relación a los nuevos discursos emergentes. Como plantearía Mc Luhan & Carpenter (1974) defendiendo la importancia de incorporar los “nuevos medios” en la formación:

“Hoy en nuestras ciudades, la mayor parte de la enseñanza tiene lugar fuera de la escuela [...] Este desafío ha destruido el monopolio de libro como ayuda a la enseñanza y ha derribado los propios muros de las aulas de modo tan repentino que estamos confundidos, desconcertados” (p.155)

De este modo la televisión fue una de las primeras tecnologías no escolares en convertirse en “problema” en la agenda educativa formal. Por el contrario, el modelo de educación a distancia, casi siempre ligado con la educación informal, vio una oportunidad en los medios masivos crecientes como forma de volverse más efectivo y ganar legitimidad.

Pero si bien los medios masivos de comunicación y los cambios sociales alteraron la lógica de las tecnologías escolares del siglo XX, todavía la escuela podía incorporarlos tibiamente a sus repertorios tecnológicos y a los dispositivos sociales de su gestión. Pero esta resistencia pasiva no parece viable en relación a los cambios que viene proponiendo el siglo XXI con la masificación de las *tecnologías digitales*, que han permeado la economía, la producción, el comercio, la ciencia, y de allí hacia todas las actividades vitales (Taquini, 2001). En cada momento y en cada lugar *las tecnologías digitales se vuelven manifiestamente omnipresentes y lo permean capilarmente todo*. El sistema educativo simplemente no podrá ni puede obviar estas transformaciones, ni desde el punto de vista de la enseñanza de sus contenidos, ni desde el punto de vista de ser gestionadas, incorporadas, y comprendidas en los procesos educativos.

La instrucción mediada por tecnologías no escolares se ha presentado históricamente de diversas formas, las más notorias y difundidas son las que se realizaron con la modalidad de educación a distancia, la cual también es estrategia educativa. En ella no se condiciona el aprendizaje por espacio, distancia, tiempo, ocupación o nivel de los participantes, sino que coloca al alumno en el centro, fundamentada en el autoaprendizaje: autodirigido, autónomo y autorregulado (Martínez Uribe, 2008; Taquini (h) et al, 2014).

Con la difusión de la computadora personal y el posterior uso de Internet cambiará radicalmente el concepto de educación mediada por tecnologías que dinamizará debates

¹⁸ Ejemplo de ello sería en este momento AI o el Blockchain para el nivel medio o básico, que en unos años tal vez sea parte de algunas currículas obligatorias.

acerca de si debían, y en todo caso cómo, incorporarse en los procesos educativos. La pandemia Covid-19 definió la disputa consolidando la virtualidad.

Esto inspiró la aparición del software educativo que propuso recorridos y experiencias para el aprendizaje de las materias tradicionales, así como de programación. Del mismo modo incrementó la oferta de la educación a distancia mediadas por tecnologías digitales, con combinaciones entre tecnologías digitales y formatos tradicionales de enseñanza, como por ejemplo los MOOC¹⁹. Así como la virtualización de la enseñanza que propuso distintos niveles de integración on-line y off-line de estudiantes y profesores, creándose ambientes de aprendizaje no presenciales sincrónicos y asincrónicos (Taquini (h) et al, 2009, 2014).

Las tecnologías digitales definen distintas relaciones con los procesos educativos. Por un lado, parte de estos sistemas educativos incorporan desde el diseño en forma de algoritmos codificados, tanto concepciones pedagógicas como estrategias didácticas, y también, muchas veces, contenidos educativos procesados didácticamente, esto significa que la concepción de aprendizaje se encuentra integrada en los sistemas. La educación se encuentra embebida más que simplemente mediada por estos, es decir que la *educación está embebida en tecnologías digitales*. Las tecnologías digitales embeben a la educación en su diseño y funcionamiento convirtiéndose así en tecnologías escolares o al menos en escolarizables.

Por otra parte se hallarán dispositivos tecnológicos que parecen extraños al entorno escolar, y para ser incorporadas a los procesos de enseñanza deben ser embebidos dentro de los ambientes educativos por medio de adaptaciones pedagógicas (Ambrosino, 2018). Deben ser resignificados en relación al contexto escolar para conformarse en *tecnologías embebidas a los procesos de enseñanza*.

Por ello, combinando ambos tipos es posible pensar en *tecnologías y educación mutuamente embebidas*.

Tecnologías y educación mutuamente embebidas

En la Argentina la mayoría de los estudiantes, así como la población, tienen acceso a las tecnologías digitales (INDEC, 2020), no todos las experimentan del mismo modo, ni aun en el mismo contexto socioeconómico. Es necesario desandar la generalización del *nativo digital* (Prensky, 2001) para poder establecer la relación de cada estudiante con las tecnologías digitales más allá de su edad. Los entornos educativos mutuamente embebidos se diferenciarán de lo que todavía propone el aula. La presencia de los dispositivos personales en todo momento, la conexión permanente en la nube, el acceso e intercambio universal de contenidos proponen un modelo educativo completamente distinto. Como señala Lion (2006) el tiempo y el espacio de la educación se reconfiguran a través de la virtualidad, y estos no siempre coinciden con el tiempo de la escuela, un tiempo ficcional, artificial, arbitrario, que divide clases y ocio, más relacionado con la institución que con los procesos volitivos individuales.

Burbules (2014) caracteriza este cambio señalando que las oportunidades de aprendizaje se han multiplicado, tanto en contextos como en acceso dando lugar al *aprendizaje ubicuo*. Invita

¹⁹ MOOC es el acrónimo en inglés de Massive Online Open Courses: Cursos online masivos y abiertos. Se trata de cursos por internet al que se puede apuntar cualquier persona sin límite de participantes.

a abandonar la distinción entre aprendizaje formal e informal, el aprendizaje ubicuo propone un modo social en red de aprender en *comunidades auto-aprendientes*. Este aprendizaje no se basa en currículum sino en problemas, preguntas y propósitos prácticos e inmediatos, rompiendo el concepto de aprender ahora para utilizar después, aprendizaje en tiempo real (just in time)²⁰. El marco de referencia se mueve desde uno orientado en el maestro ha orientado desde el estudiante. El docente colabora con los aprendices para que integren y organicen su aprendizaje de formas significativas, con la inspiración, motivación y modelado del aprendizaje como una empresa activa proveyendo apoyo o asistencia para quienes tienen dificultades.

La nube, aparece entonces como expresión simbólica de la conectividad omnipresente y la red-sociabilidad permite pensar una realidad en otro plano que corre paralelo y simultáneo al presencial (Taquini, 2001). La pandemia de Covid-19 arrojó a los procesos educativos dentro de ese ciber-plano, dinamizando una inmersión sin precedentes y rudimentaria de toda la comunidad educativa en las tecnologías embebidas y aún no embebidas. Esto hizo emerger todas las potencialidades de las formas y modalidades de la educación doblemente embebidas en tecnologías digitales, pero subrayó también sus límites. Dependiendo de la experiencia y recursos, tanto materiales como simbólicos, de cada institución educativa y su comunidad académica, dichos límites se manifestaron en algunos casos como dificultades, de distintos tamaños pero salvables, así como en otros como un verdadero naufragio educativo.

Es necesario pensar la *nueva educación* incluyendo estas experiencias en un mundo donde las fronteras entre virtualidad y presencialidad se diluyeron y los espacios de aprendizaje trascienden el aula, los tiempos educativos se personalizan, y los contenidos múltiples y universales, físicos o virtuales, y las elaboraciones tienen , y son compartidos en múltiples entornos. La AI permitirá avanzar a cada uno paso a paso según sus habilidades y logros. Avanzaremos más en el particular en los próximos apartados.

Siguiendo la huella: de los sistemas expertos al machine learning. Prospectivas de la AI en educación

El desarrollo de la AI comienza basada en modelos de decisión que estructuran y sistematizan conocimientos y datos preexistentes (knowledge-based). En estos sistemas conocidos como expertos, logran grandes hitos como el del equipo *Deep Blue* de IBM al lograr vencer al gran maestro y campeón del mundo Garry Kasparov en ajedrez en 1997, por medio de algoritmos de búsqueda heurística ejecutados por una computadora capaz de procesar 200 millones de jugadas por segundo en una extensa base de datos (Anónimo, 2021). No obstante su poder, esta tecnología poseía como límite partir de un diseño especializado, requería el suministro previo de las jugadas y su sistema primario y hasta algunos de sus coprocesadores sólo estaba diseñado para jugar ajedrez no pudiendo adaptarse con fines multipropósito y su capacidad de aprender estaba limitada a cargar nuevas jugadas a su base de datos. Estos sistemas expertos, aunque se siguen utilizando, han pasado a un segundo plano debido a la creciente expansión, desarrollo y profundización del uso de la AI impulsada por datos (data-driven AI), liderada por ML, cuyo éxito se basa en la explotación directa de los datos, en su entrenamiento con bases de datos etiquetadas y en su capacidad de refinamiento de

²⁰ Para lo que se requiere un aprendiz autónomo con el método y la lógica del aprender a aprender

resultados a medida que se enfrenta a más casos. El aprendizaje automático se lleva adelante generalmente a través de sistemas conocidos como redes neuronales inspiradas en la estructura del cerebro (BID, 2020), y las aplicaciones de esta tecnología son infinitas. El caso paradigmático es el de la empresa DeepMind, que utilizando un modelo de ML basado en redes neuronales de aprendizaje profundo (Deep Learning) lograra un nuevo hito con AlphaGo venciendo en 2016 en el milenar juego chino del go a Lee Sedol, un maestro de 9no DAN y uno de los más fuertes oponentes en el mundo. Esta primera versión se basó en un set de datos pequeños y luego se entrenó con jugadores humanos utilizando el ML hasta alcanzar mayor fortaleza. La segunda versión AlphaZero, de propósito más general, posee entrenamiento autónomo por refuerzo, y se volvió virtualmente invencible en go entrenando contra sí misma y contra su predecesora (AlphaGo).

Esta misma tendencia que se observó en los juegos es el camino para el desarrollo de los sistemas y plataformas aplicables al autoaprendizaje de la lengua y la matemática. Comenzando por los modelos más difundidos que prescriben un camino adaptativo, pero prediseñado, transitando hacia esquemas que permitan construir soluciones totalmente originales para la formación, mapeando de manera multidimensional las debilidades del estudiante y buscando los recorridos que le permitan lograr el aprendizaje, incluso en una compleja matriz de conocimientos puntuales y/o transversales como hacen Squirrel AI²¹ desarrollado en China, o como Aleks de McGraw & Hills²² sobre los que profundizaremos.

En este sentido hemos seguido con atención el premio otorgado por X-Prize²³ que lanza en 2014 un premio llamado *The Global Learning X-Prize*²⁴ con 15 Millones de dólares para quienes alcancen las metas de crear una aplicación móvil escalable de código abierto capaz de enseñar en un plazo de 15 meses y en un proceso autoguiado las bases de la lectura, la escritura, y la aritmética a niños de naciones en desarrollo. Los primeros cinco finalistas tuvieron que probar su aplicación en el campo. En 2019 se anunció un premio compartido entre dos: *Kitkit School* de Corea del sur y EEUU, y *Onebillion* de Kenya y Reino Unido, ambos llegaron a un nivel similar de aumento de competencias según jueces independientes²⁵.

Ninguno de los ganadores menciona utilizar AI en el sentido actual de la palabra (ML), y si bien tuvieron algún éxito en mejorar los indicadores educativos medidos, al ser sistemas expertos podemos intuir paralelismos a lo ocurrido con la Deep blue, que aunque efectiva fue muy superada por modelos que utilizan ML como AlphaGo. Tecnología que si usan Robotutor, Squirrel AI o Aleks, entre otros. En este sentido los sistemas educativos que se basan en la huella del aprendizaje utilizando AI para adaptar los contenidos, el recorrido, la dificultad, la evaluación y las certificaciones, a las posibilidades, intereses y evolución del estudiante pueden definir una nueva dimensión en la instrucción, en particular de la lengua y las matemáticas elementales, redefiniendo a su vez los métodos y roles en la enseñanza.

²¹ <http://squirrelai.com/>

²² <https://www.aleks.com/>

²³ XPrize es una reconocida institución benéfica que organiza concursos basados en metas, y que propone el incentivo por medio de la competencia para lograr mejoras significativas en problemas desafiantes de la humanidad.

²⁴ <https://www.xprize.org/prizes/global-learning>

²⁵ <https://www.xprize.org/prizes/global-learning/articles/global-learning-xprize-two-grand-prize-winners>

Inteligencia Artificial en la educación

Según BID (2020) la AI tendrá las siguientes aplicaciones en la educación:

Personalización de la Educación: En los sistemas de enseñanza adaptativos que persiguen personalizar el proceso pedagógico a las necesidades y capacidades individuales de cada estudiante a través de analizar las huellas de sus acciones. La AI detecta los patrones y construye mapas de los conocimientos y dificultades del estudiante y modifica el recorrido reforzando el aprendizaje allí donde lo detecta necesario.

Colaboración: en plataformas sociales y foros puede encontrar patrones, generar síntesis del contenido o alertar situaciones.

Plataformas de Juego: Los juegos pueden adaptarse al jugador, brindando un recorrido diferencial, reforzar el trabajo en equipo y la comunicación y permite evaluar el modo de resolución.

Diagnóstico: como apoyo al diagnóstico de problemas, por ejemplo la dislexia (L-Explore), o Benteveo desarrollada por Belgrano Day School para evaluar la lectura.

Gestión Educativa: habilita diagnósticos de diferente índole (predicción de la deserción escolar, rendimiento), feedback acerca del desempeño.

Nos centraremos en particular en aquellas aplicaciones del AI orientadas al aprendizaje autoasistido, es decir plataformas de autoaprendizaje con tutores virtuales. Aunque la denominación de tutor virtual se presenta estrecha cuando nos referimos al modo en que la AI puede construir experiencias de aprendizaje y evaluación en sistemas educativos doblemente embebidos, ya que la personalización impregnaría toda la experiencia educativa en sus diversas etapas.

La AI podrá construir recorridos personalizados orientando los escenarios y temas que no le son familiares reforzando los contenidos o lógicas que no logra comprender, fusionando el juego, la producción audiovisual y el aprendizaje en una única experiencia natural, realimentándose de los indicadores de atención para proponer descansos y juegos. Pero también, como en los juegos en red, el aprendiz podrá compartir sus ideas, logros y contenidos valiéndose además de la deslocalización que propondrán los dispositivos hiperconectados, aprendiendo entre todos.

El dispositivo del futuro es a la vez más y menos personal, más en el sentido que estará integrado a la persona y sus necesidades, proponiendo visiones transhumanistas (Bostrom, 2011), menos porque su deslocalización en dispositivos compartidos y compartibles y la facilidad de la comunicación y de crear, editar y compartir contenidos va a crecer aún más, dando una idea de un yo-red mayor también. Hoy todos los espacios presenciales se encuentran entremezclados con los virtuales, allí nos encontramos a jugar, crear, compartir y pensar en una amalgama virtual-presencial sin que ya sea posible separarlos. Las tecnologías hiperconectadas, la realidad virtual, la aumentada, y la multiplicidad de dispositivos harán crecer estas nuevas formas de socialización que sin dudas impactarán en espacios híbridos de aprendizaje y esparcimiento.

El diseño de las plataformas y su orientación pedagógica es vital, no sólo en el modo en el cual presenta los contenidos sino también en que deben orientarse a producir un conocimiento amplio y un enfoque adecuado, así como poseer una orientación fuerte a la construcción del conocimiento junto con otros desde el diseño, es decir debe incentivarlo y proponerlo activamente como concepción y no como opción, es decir debe estar embebido.

Así mismo deben propiciar el pensamiento crítico y la validación de fuentes en miras a la constitución de un ciudadano digital. Tal como las tecnologías embeben proyectos pedagógicos y miradas existe el riesgo implícito de que la monopolización de las plataformas educativas pueda traducirse en sesgos. El código abierto, o libre y los proyectos colaborativos podrían abonar en esta dirección. En contraposición el exiguo interés comercial por el ámbito educativo es un problema para que existan múltiples actores y miradas en ese mercado.

Del mismo modo que se verificó en las experiencias de Sugata Mitra (2010) en su famosa ventana, que el aprendizaje autoorganizado era propiciado por figuras que cumplieran un rol de incentivo (las abuelas²⁶), conviene pensar también el papel del docente en este contexto asistido por AI y conectividad. Relevados de brindar contenidos básicos, así como de las tareas más repetitivas podrán concentrarse en los aspectos pedagógicos que brinden mayor valor al estudiante como incentivar el pensamiento crítico y el lateral, el conocimiento holístico, ayudar al desarrollo de las habilidades personales e interpersonales, así como valorar informes y diagnósticos basados en datos acerca de su grupo tomando acciones.

De las experiencias actuales en aprendizajes asistido con AI podemos encontrar algunos ejemplos que nos gustaría destacar: a) Robotutor²⁷ sistema de aprendizaje adaptativo de Carnegie Mellon University. Posee reconocimiento de voz y escritura, generación de pregunta, minería de datos educacionales, y adapta las tareas a la performance del estudiante; b) Aleks²⁸ de McGraw & Hill provee una plataforma con contenido propio, posee un sistema llamado PPL que incluye tres instancias (posicionamiento, preparación y aprendizaje) para una comprensión de cada estudiante, enfocándose en los gap de conocimiento y creando un recorrido para cerrarlos; c) Realizeit ayuda a las organizaciones educativas a desarrollar plataformas customizadas, y tiene la habilidad de actualizar en tiempo real el estado de aprendizaje de los estudiantes; d) BYJU's provee contenidos para materias K-12 e inglés en varios niveles integrando enseñanza online, ejercicios y evaluación con videos muy detallados de gran calidad, creando caminos personalizados al recomendar cursos basado en las habilidades e intereses del estudiante en un entorno concebido con el concepto de gamificación y edutainment; e) Por último Squirrel AI²⁹ (Deloitte, 2019), el primer proveedor de sistemas de aprendizaje adaptativo potenciado por AI en China, su Chief AI Officer es Tom Mitchell quien fue a su vez Decano de Computer Science en Carnegie Mellon University, creadores de Robotutor finalista de una etapa del Xprize, el sistema busca proporcionar una educación personalizada centrada en el estudiante, para ello aplica más de diez tipos de algoritmos de inteligencia artificial en el proceso educativo de enseñanza, aprendizaje, evaluación, pruebas y formación, utilizando la tecnología Intelligent Adaptive Learning System (IALS) que es pionera en la descomposición de componentes de conocimiento a nanoescala.

²⁶ The Granny Cloud es una iniciativa de Sugata Mitra que se conecta con su enfoque SOLE (entorno de aprendizaje autoorganizado): <http://thegrannycloud.org/#http://thegrannycloud.org/#>

²⁷ Mas información en <https://www.cmu.edu/scs/robotutor/what-is-robotutor/index.html>

²⁸ Mas información en <https://aleks.com/>

²⁹ Mas información en <http://squirrelai.com/>

Nuestra experiencia

La aplicación de AI en gestión educativa (BID, 2020) requiere un contexto organizacional y una infraestructura digital que permitan emerger el valor intrínseco encerrado en los datos (minería de datos³⁰), tal como señaló Taquini et. al (2014). Por lo tanto, prepararse para esta realidad empuja a reconvertirse en lo que se conoce como una *organización conducida por los datos* (data-driven organization), que es aquella donde todos sus procesos y decisiones están basados en datos. Ello requiere una infraestructura acorde, así como involucrar a todos los actores clave propiciando una cultura (data culture) y una disposición mental (data mindset) orientada a los datos, de modo de prepararse para un *proceso educativo conducido por los datos* (data-driven education).

Es necesario entonces habilitar a los sistemas basados en datos a colaborar con los docentes, con las instituciones y con el propio estudiante, para comprender mejor sus talentos y necesidades de manera oportuna e integral, es decir mucho antes de llegar a la calificación, y con mucha más riqueza.

En Belgrano Day School hemos emprendido el camino de la transformación digital propiciando un ambiente centrado en los datos, adaptando al colegio en estos desafíos. Para ello se ha creado un área institucional específica, y establecido criterios para los sistemas y entornos digitales, así como de data governance. También se ha impulsado una cultura centrada en los datos, y construido múltiples herramientas para la integración y coherencia de las fuentes de datos con el objetivo de unificar sistemas heterogéneos dentro de un sólo modelo. Ya desde hace bastante tiempo, tal como se describe en Taquini (h) et al. citado, se comenzó a explotar la información que subyace en los datos a través del desarrollo de analíticas acerca de varios aspectos de la actividad: métricas de utilización del entorno educativo virtual (LMS), de exámenes internacionales, o las sesiones de educación a distancia (GMeet), entre otras.

Del mismo modo, hemos explorado como organización la utilización de aplicaciones concretas de la AI. Por ejemplo, con el diseño de la aplicación *Benteveo*³¹ desarrollada por Belgrano Day School para la evaluación de la fluidez lectora de los alumnos de 1º, 2º y 3º grados de la escuela primaria, que presenta una interfaz simple que invita al niño a leer y luego a escucharse leyendo. Utiliza una combinación de servicios de AI de Google Cloud para procesar información en tiempo real en la nube. El niño trabaja interactuando de un modo lúdico, leyendo a voluntad y sin sentir “que le están tomando prueba”. A su vez, el docente tiene un acceso diferente, en el que puede ver las estadísticas de uso y la *performance* de cada alumno. De esta manera, estamos cuantificando experimentalmente la fluidez lectora.

Tal como fue señalado en una publicación institucional³², la BDS Library tiene rol primordial en la exploración y curaduría de contenidos digitales. A lo largo de los años se han analizado y testeado sucesivamente diferentes herramientas disponibles, poniendo a prueba su eficacia e impacto en la autorregulación del aprendizaje. Entre todas ellas, Mathletics³³ y Newsela³⁴ se han convertido en recursos estables basados en AI para el aprendizaje de matemática y

³⁰ *Data mining*, en inglés.

³¹ Para más información <https://www.lanacion.com.ar/opinion/el-coronavirus-acelera-cambio-educativo-nid2433249/>

³² Taquini (h), A., Pelliccia, A., Maiocchi, C., Sala, S. (2009). *El modelo Belgrano Day School: Biblioteca, contenidos digitales y calidad educativa*. Belgrano Day School (p.27)

³³ <https://www.mathletics.com/latam/>

³⁴ <https://newsela.com/>

comprensión lectora en el nivel primario. Ambas plataformas priorizan la experiencia del alumno, posibilitan un recorrido singular en su aprendizaje y son recursos de calidad válidos para modelos híbridos donde se considera el espacio digital como aliado del aula física. El feedback que obtiene el docente le permite realmente tener un seguimiento desde las habilidades alcanzadas. Mathletics propone abordar los contenidos matemáticos dentro de un contexto inicial de gamificación fomentando la motivación del alumno y logrando un autonomía y progresión en su desempeño. Newsela por su parte, provee contenido educativo de lectura de no ficción en idioma inglés o español, especialmente artículos periodísticos de fuentes confiables y de gran actualidad, que están organizados en colecciones temáticas, y pueden adaptarse por nivel léxico y buscarse por habilidad a desarrollar. Asimismo se ha podido comprobar la relevancia y el poder de esta tecnología en experiencias pedagógicas bilingües en 3° grado del mismo nivel utilizando Alexa, el asistente virtual de Amazon. La experiencia de aprendizaje con dichas herramientas es muy enriquecedora, permiten abordar un abanico de habilidades y contenidos educativos en un contexto digital potente. Sin embargo, todas se encuentran en un estado de desarrollo inicial desde la impronta AI, y por consiguiente, muestran algunas limitaciones y tienen por delante la posibilidad de mejorar en base a la experiencia lograda en el ámbito académico escolar, y con seguridad se verán superadas en los próximos años.

Reflexión final: Hacia una nueva educación

La escuela, desde sus orígenes hace dos siglos estuvo orientada hacia la “instrucción”, con objetivo en la formación de la lengua, la matemática y el pensamiento lógico. Muestra de ello es que las pruebas PISA concentran su evaluación en tres áreas: competencia lectora, competencia matemática y competencia científica. En estas páginas hemos propuesto un recorrido centrado en algunos conceptos referidos a la AI, para mostrar la vinculación y potencialidad de su uso y su impacto en los procedimientos del aprendizaje en la edad escolar.

Desde la aparición del término “inteligencia artificial” a hoy, señalamos como hito la sofisticación de los sistemas expertos con el icónico caso de Deepblue, la supercomputadora que venció a Kasparov en 1997, y era un sistema experto³⁵. Ello llamó la atención por la capacidad de aprendizaje de la tecnología en relación al hombre. Fue un desarrollo del ámbito privado (IBM) con alcance a determinados usuarios.

Mientras que el ajedrez se puede formalizar mediante reglas, el juego de mesa chino go no. Por lo tanto, nunca fue posible construir un sistema experto capaz de vencer a un jugador go humano. Sin embargo, una red neuronal profunda (deep neural network) puede ser entrenada para jugar go simplemente jugando contra humanos. Esto se entiende como inteligencia artificial propiamente dicha, porque utiliza un enfoque de abajo hacia arriba (bottom-up) imitando la estructura del cerebro (por ejemplo a través de redes neuronales) y utilizando vastas cantidades de datos para obtener conocimiento de forma autónoma. Esto es similar a como un niño aprende a reconocer un rostro, no mediante la aplicación de reglas formalizadas

³⁵ Sistema experto: colección de reglas programadas por personas con una estructura condicional (si > entonces). Hoy se los considera fuera de la inteligencia artificial porque carecen de la posibilidad de aprender autónomamente de datos externos.

por sus padres, sino al ver multitud de rostros y, en algún momento, poder diferenciar entre lo que es un rostro de otros objetos.

La escala económica del desarrollo de soluciones de AI aplicables a la educación dista mucho de la de otros servicios y la industria. Por eso, la convocatoria pública de Xprize sirvió para mostrar una potencialidad: se pone de relieve la posibilidad de generar aprendizaje humano a través de Intelligent Tutoring Systems (ITS). Es decir, que softwares adaptativos, a través de su conexión a la nube y el acceso a grandes cantidades de información de usuarios, aprendan autónomamente a promover el aprendizaje en forma personalizada.

En el ámbito de los ITS, la convocatoria del premio Xprize analizada en este *review* premió las propuestas de Onebillion y Kitkit, que se pueden aplicar sin conexión a internet. Éstas, por sus características, se asemejan a las de un sistema experto: son enteramente programadas con una estructura condicional, en la que si el niño responde correctamente a A, el estímulo siguiente será B. Sin embargo, como fue también referido en estas páginas, otro de los finalistas (Robotutor) sí se vale de AI, mostrando un camino que abre posibilidades superiores.

Estimamos que, como resultado de experiencias como estas, muy pronto se dispondrá de softwares con AI para el aprendizaje autónomo de los niños en aspectos de la lengua y la matemática inicial que hoy requieren mediación humana directa. Es decir, los parámetros señalados como primordiales en pruebas como las PISA, podrían ser delegados en estos instrumentos, dando aún mayor entidad a esta nueva realidad en la que la educación y la tecnología se encuentran mutuamente embebidas y en el que la persona que aprende se sitúa en un nuevo rol, en el que puede autorregular en forma creciente su aprendizaje. Su uso penetrará a la escuela.

Como ejemplo de uso de lo antedicho, repasamos experiencias de este tipo a nivel internacional como así también algunas concretas de AI en uso en el colegio Belgrano Day School. En esta línea, desarrollamos la aplicación Benteveo arriba descrita, con el objetivo de contar con una herramienta de autoevaluación en función del aprendizaje.

La AI penetra la escuela y también la transformará, más allá de la instrucción, porque este contexto abre nuevas formas de socialización, poniendo a pares y a educadores también en roles radicalmente diferentes a los de la escuela tal como la conocemos en la actualidad. Los invitamos a compartir, entonces, el interrogante acerca del impacto de esta nueva realidad en el sistema educativo. ¿Cómo será la nueva escuela? ¿Será escuela o se reconfigurará o diversificará en distintos espacios de aprendizaje que combinen la formalidad con la informalidad? ¿Se crearán otros ámbitos distintos dónde el autoaprendizaje fluya? ¿Qué perfil requiere el mediador humano en el aprendizaje autónomo?

Junto a la casa inteligente, la ciudad inteligente y la escuela inteligente integradas, se redefine un nuevo espacio virtual, nuevo escenario del aprendizaje.

Trascendiendo lo tratado en este artículo, advertimos la necesidad de abordaje de los desafíos derivados de la incorporación la tecnología para modificar capacidades físicas, cognitivas y volitivas de las personas. Es decir, así como la tecnología se ha ido incorporando paso a paso como prótesis de las personas (marcapasos, bomba de insulina, y pronto, por ejemplo, nanorobots y nanochips de múltiples funciones), se abre un dilema: que el ser humano deje de dominar la tecnología para pasar a verse subordinado por ella en su condición de persona. Como referimos en este texto, el debate planteado por el transhumanismo se hace cada vez

más necesario y obliga a análisis profundos acerca de las fronteras éticas del uso de la tecnología con relación a los alcances de la conciencia humana.

La inteligencia artificial, en definitiva y en síntesis, es capaz de procesar e interpretar probabilísticamente una cantidad de datos tal que una persona no podría hacerlo. Para decirlo en palabras simples, la AI tiene la capacidad de ver “imágenes” frente a una gran nube de datos con la misma naturalidad que una persona interpreta imágenes visuales. Esta característica, unida a la gran disponibilidad de datos, hace y hará que la AI sea cada vez más inteligente, relevante y necesaria en múltiples ámbitos de la vida, incluido el del aprendizaje, con su consecuente impacto en el sistema educativo.

Referencias bibliográficas

- Ambrosino, A. (2018). La educación embebe a la tecnología, no la toma ni la usa. *La Diaria*. Recuperado de: <https://ladiaria.com.uy/educacion/articulo/2018/10/alejandra-ambrosino-la-educacion-embebe-a-la-tecnologia-no-la-toma-ni-la-usa/>
- Andonegui, F., y Taquini (h), A. (2020). *Conectividad universal y educación. Hacia una nueva educación*. (1ra. ed.). Buenos Aires, Argentina: Nueva Educación. Recuperado de: <https://bit.ly/3rR8vz5>
- Anónimo (10 de Febrero 2021). La historia de Deep Blue, la máquina que hace 25 años venció a Garry Kasparov. *La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/deportes/la-historia-deep-blue-maquina-hace-25-nid2598232/>
- Banda, H. (2014). *Inteligencia Artificial: Principios y Aplicaciones*. Recuperado el 2/4/2020 de: <https://www.researchgate.net/publication/262487459>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Usos y efectos de la Inteligencia Artificial en educación. Documento para discusión N° IDB-DP-00776*, BID
- Bostrom, N. (2011). *Una historia del pensamiento transhumanista. Argumentos de razón técnica*, 14, 157-191. Recuperado de: <https://www.bioeticadesdeasturias.com/wp-content/uploads/2018/01/Una-historia-del-pensamiento-transhumanista.pdf>
- Buck, C. (29 de marzo 2021). Más que Moore. *Porsche Newsroom*. Recuperado de: <https://newsroom.porsche.com/es/2021/tecnologia/PLA-porsche-engineering-moore-ley-electronica-chips-24044.html>
- Burbules, N. (2014). El aprendizaje ubicuo: nuevos contextos, nuevos procesos. *Entramados: educación y sociedad*, 1(1), 131-134.
- Burbules, N., y Callister (h), T. (2001). *Educación: Riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*. Barcelona, España: Granica.

- Chen, S., Zhang, T., y Shi, W. (1 de marzo 2017). Fog Computing. *IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore*, 21(2). Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7867739>
- Cirac, I. [Telefónica]. (9 de febrero 2018). *Así cambiará el mundo la computación cuántica: Ignacio Cirac* [Vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=WJ3r6btgzBM>
- Delloite. (2019). *Global development of AI-based education*. Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/development-of-ai-based-education-in-china.html>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2020). *Encuesta permanente de Hogares-MAUTIC*. Recuperado 31/8/2020 de: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-4-26>
- Lara, C. F. (13 de mayo 2021). En dos años, el cómputo cuántico comenzará a dar un valor real a la humanidad. *Forbes Colombia*. Recuperado de: <https://forbes.co/2021/05/13/tecnologia/en-dos-anos-el-computo-cuantico-comenzara-a-dar-un-valor-real-a-la-humanidad/>
- Lion, C. (2006). *Imaginar con tecnologías. Relaciones entre tecnologías y conocimiento*. Buenos Aires, Argentina: La Crujía.
- Maroto, C. (2019). El salto del Big Data al Huge Data. *Harvard Deusto Business Review*, 285, 47–60. Recuperado de: <https://www.harvard-deusto.com/el-salto-del-big-data-al-huge-data>
- Martínez Uribe, C. (2008). La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual. *Educación*, XVII(33), 7-27.
- Mc Luhan, M. (1974). El aula sin muros. En E. Carpenter & M. Mc Luhan, *El aura sin muros*, (2nd ed., pp. 155-156). Barcelona, España: Editorial LAIA.
- Mitra, S. (2010) *The hole in the wall: self organising systems in education*. En: ALT-C 2010 'Into something rich and strange' - making sense of the sea-change, 7 - 9 septiembre 2009, Nottingham.
- National Science Foundation. (3 de septiembre 2020). *Secure quantum communication: Safe from hackers* [Vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=7Nf7ly95mFg>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019). *Artificial Intelligence in Society*. Recuperado 2 abril 2020 de: <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently?. *On the horizon*.
- Quantum Flagship. (17 de junio 2019). *The Quantum Communications Infrastructure (QCI)* [Vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=shelkirO778>
- Squirrel AI. (2020). *Press. Squirrel Ai Learning*. Recuperado de: <http://squirrelai.com/testimonials>

Taquini (h), A., Urgoiti, E., Rifé, S. De Cea, R. (1972). *Nuevas Universidades para un nuevo país*. Buenos Aires: Editorial Estrada.

Taquini (h), A. (2001). Educación Superior y Ciberespacio. En A. C. Taquini, *Nuevas Universidades para un nuevo país y la educación superior 1968-2010*. Academia Nacional de Educación.

Taquini (h), A. (2009). El nuevo paradigma. En *Tecnología, Cultura y Educación en la sociedad global* (p. 14). Belgrano Day School.

Taquini (h), A., Lehmann, F., Johansen, F., Vasta, M., & Maiocchi, C. (2014). *Proyecto TEC (de Tecnología, Educación y Cultura)*. Recuperado 3/4/2020 de:
http://www.bds.edu.ar/images/publicaciones/ProyectoTEC_UnaNuevaEducacion-5.pdf

Taquini (h), A., Pelliccia, A., Maiocchi, C., Sala, S. (2009). *El modelo Belgrano Day School: Biblioteca, contenidos digitales y calidad educativa*. Belgrano Day School.
Recuperado de:
<https://bds.edu.ar/images/publicaciones/BDSTecnoCulturaEduc2010.pdf>

Thornhill, J. (30 de septiembre 2020). *Informática cuántica: la aleatoriedad como servicio. Expansión*. Recuperado de: <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2020/09/30/5f6c7181e5fdea07328b4687.html>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019), *Artificial intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development*.

Villena Román, J., Crespo García, R., & García Rueda, J. (2015). *Historia de la Inteligencia Artificial* — OCW - UC3M. Recuperado 2/4/2020 de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-telematica/inteligencia-en-redes-de-comunicaciones/material-de-clase-1/01-historia-de-la-inteligencia-artificial/view>

Waters, R. (24 de abril 2021). Goldman Sachs predicts quantum computing 5 years away from use in markets. *Financial Times*. Recuperado de:
<https://www.ft.com/content/bbff5dfd-caa3-4481-a111-c79f0d38d486#myft:my-news:page>

Webb, A. (2020). *Los nueve gigantes*. Paidós Empresa Colombiana.