

Nueva fase educativa digital con inteligencia artificial

CLAUDIO RAMA*

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) se analiza como parte de un ecosistema amplio que permitirá un nuevo impulso en la disrupción digital. Analizada como máquina de investigar, aprender, prever y enseñar, la IA constituirá un impulso enorme hacia la transformación en todos los sectores, incluidos los sistemas educativos, especialmente respecto de procesos de enseñanza más automatizados, apoyados en *chatbots* y simuladores interactivos. En este artículo se formulan los ejes de desarrollo de los cambios tecnológicos, de las relaciones en el mundo del trabajo y de las tareas que promueven estos cambios, así como sus consecuencias en los procesos de aprendizaje, la distribución de los componentes que inciden en los procesos de enseñanza y las formas que pudieran estructurar una nueva dinámica más centrada en la automatización de las interacciones en la enseñanza y los posibles avances hacia la educación personalizada.

Palabras clave

Inteligencia artificial
Disrupción digital
Automatización educativa
Universidad
Educación virtual
Ciclos tecnológicos

DOI: <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.Especial.61688>

* Director académico e investigador de la Universidad de la Empresa (UDE) (Uruguay). Doctor en Educación. Líneas de investigación: educación superior en América Latina; industrias culturales; política; economía del conocimiento. Publicaciones recientes: (2023), *La disrupción digital, la universidad 4.0 y la inteligencia artificial*, México, UDUAL; (2022), "Diversidad y nuevas tipologías universitarias en América Latina", en José Joaquín Brunner, Jamil Salmi y Julio Labraña (eds.), *Enfoques de sociología y economía política de la educación superior: aproximaciones al capitalismo académico en América Latina*, Santiago de Chile, Ediciones Diego Portales, pp. 217-251. CE: claudiorama@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-6572>

DE LAS INNOVACIONES ESTRUCTURALES E INCREMENTALES DE LA PRIMERA FASE A UNA NUEVA DISRUPCIÓN DIGITAL CON LA IA

Hay una amplia discusión en los ámbitos académicos acerca de que los cambios en el funcionamiento de las tecnologías, los mercados y la economía bajo lógicas digitales está implicando un nuevo modo de producción (Durand, 2021). Lo digital está creando un nuevo paradigma tecno-económico. El paradigma centrado en la innovación y la economía del conocimiento, favorecido por los derechos de propiedad intelectual y la digitalización de los procesos de producción, distribución, intercambio y consumo, constituirían el centro de este nuevo modelo que impulsa una economía global, la centralidad de las empresas de comunicación e información y la digitalización de todos los procesos de trabajo. La instalación de este nuevo paradigma ya fue planteada por Toffler (1998), al analizar el pasaje sucesivo de la era de la agricultura a la industrial, y ahora a la era de la información.

En esta nueva dinámica, lo digital permite un mayor avance hacia la sustitución del trabajo manual y mecánico tradicional por negocios centrados en el aporte de valor agregado de conocimiento en red, que impulsa procesos de “creación destructiva”. En el marco de la innovación permanente, lo digital mejora la eficiencia productiva y crea trayectorias empresariales de monopolio a escala global; con ello permite que las redes y sistemas automatizados gestionados por algoritmos sean altamente favorecidos. En este escenario, que se viene desarrollando desde los años ochenta, hemos ingresado en una nueva fase de la revolución tecnológica digital marcada por el avance de la inteligencia artificial como máquina-herramienta impulsora de una creciente automatización global adaptativa. Esta nueva fase representa la continuación y profundización de la primera fase de la disrupción digital, en tanto nuevo ciclo de la revolución tecnológica (Kronratieff, 1972).

La primera fase de la disrupción digital que se gestó con la microelectrónica y la programación informática apoyada en las computadoras personales (PC), así como la convergencia digital, evolucionaron hacia el desarrollo de Internet y las telecomunicaciones, donde la Internet, sumada a lo digital, permitió conformar grandes bases de datos (*big data*). Esto impulsó la fibra óptica, mejores procesadores y redes submarinas, que mejoraron la eficiencia con producciones más segmentadas y globales, y conformaron las bases de un capitalismo de plataformas. A ello se sumaron múltiples sensores que facilitaron la instauración de procesos de automatización. Todo ello sentó las bases de una nueva fase con un nuevo ciclo digital caracterizado por la inteligencia artificial (Kissinger *et al.*, 2021).

En tal sentido, la irrupción de la IA, como parte de un nuevo ecosistema de impacto digital, ha tenido como prerequisite la tecnología 5G, las redes de cables submarinos de fibra óptica y el desarrollo del *big data*, todo lo cual está impulsando un nuevo tipo de universidad (Rama, 2023). Las tecnologías de comunicación —y especialmente de la telefonía móvil— siempre han sido un componente fundamental en la transformación y desarrollo de

la educación. La instalación de la 5G constituye otro estadio de expansión, especialmente respecto del avance de la educación virtual con simuladores e IA. Cada una de las diversas y sucesivas generaciones de las tecnologías de telefonía móvil constituyeron un impulso y un avance en las prestaciones y servicios educativos hacia el funcionamiento bajo lógicas digitales y, especialmente, en la educación móvil o ubicua, en el apoyo de plataformas digitales de educación virtual, en la enseñanza sincrónica y en los simuladores digitales. Por ello, las enormes inversiones en las redes de fibra óptica deben ser vistas como bases, no sólo para el desarrollo de la sociedad digital —y con ello también de la educación digital—, sino también para el ingreso en la fase de la IA. La actual introducción de las tecnologías de comunicación inalámbricas 5G constituye un avance que permitirá un mayor ancho de banda y, por ende, mayores velocidades de descarga y menores latencias, en tanto ésta se apoya en el uso de ondas de radio de altas frecuencias; pero, fundamentalmente, permitirá la masificación de la comunicación de IA y del internet de las cosas al haber una distribución mucho más amplia de transmisores. Todo lo anterior obligará a realizar fuertes inversiones en todos los países e implicará un cambio fundamental en educación al permitir, tanto más conexiones de banda ancha, como el uso de simuladores avanzados, de servicios de inteligencia artificial o de accesos a programas multimedia de alta calidad y del internet de las cosas.

El otro prerrequisito de la IA lo constituyen las bases de datos, a partir de las cuales se gestaron los programas de IA. El uso eficiente de los datos es la base del “dataísmo”, que está llevando a la irrupción de herramientas informáticas de IA para su gestión (Byug-Chun Han, 2022). La minería de datos es una actividad creciente de valorización que actualmente impulsa un nuevo paradigma de trabajo apoyado en la IA. El centro de la nueva realidad son los beneficios del uso de los datos. El rol de la información siempre ha sido reducir la incertidumbre. Saber más, con más detalle y precisión, se ha constituido en el centro de la acumulación de capital a través del incremento de la productividad. Stiglitz y Greenwald (2016) introdujeron un cambio radical en la economía clásica que presuponía el libre acceso a la información y su gratuidad en la asignación de los factores y la competencia económica; en este sentido, planteaban tanto una relación directa entre información y productividad, como entre niveles de información y niveles de ganancias extraordinarias.

Ello otorgó a la información un valor especial asociado a los beneficios a su acceso y control. Introdujo el enfoque por el cual la información adquirió precio y valor, no tanto por su costo de producción, sino por el beneficio que genera. Y también la idea de que su valor está asociado a su alta depreciación y obsolescencia en el tiempo, dado que la duración de la información tiende a ser efímera. El conocimiento y el acceso a los datos impulsa mayor eficiencia y, sin duda, un menor nivel de inversión física o en recursos humanos. Su eje es contribuir a aumentar la productividad y la eficiencia. Gracias a los datos se minimizan los riesgos en la toma de decisiones y se pueden formular escenarios prospectivos y de tendencias que reducen las incertidumbres. Los datos

también permiten conocer a los competidores e identificar oportunidades y nichos de mercado, así como administrar mejor los portafolios de productos y servicios en cada momento. Actualmente, los datos son la base de las mejores estrategias empresariales y de cualquier organización o actor social.

En nuestras actuales realidades más complejas, globales y competitivas, así como de alta incertidumbre, el acceso, uso y monopolio de los datos y la información se constituyen en la palanca central de los negocios y de todas las actividades, así como de la política, para identificar las cambiantes opiniones, miedos y deseos de los consumidores, clientes o afiliados. La sociedad de masas es también la sociedad de la necesidad de conocer y administrar la diversidad de intereses y realidades.

Los datos, en suma, son la palanca del éxito; gracias a la proliferación de datos, los profesionales pueden realizar diagnósticos mejores y más precisos e identificar las tendencias más viables, así como su probabilidad. Todo ello otorga un valor cada vez mayor a la información, más aún si está estructurada en bases de datos, si está depurada, si es monopólica o si es de acceso limitado.

El negocio de los datos es la materia prima del capitalismo de las redes, de la disrupción digital o de las plataformas; es la herramienta competitiva, la palanca de la eficiencia y lo que permite sostener posiciones monopólicas de diversos actores basadas en el resguardo y la secrecía respecto de la información (Srnick, 2021). En este escenario de beneficios, los datos son el impulsor más importante de la etapa de expansión de la inteligencia artificial en la cual hemos ingresado, en tanto mecanismo informático para procesar y gestionar la multiplicidad de datos, mismos que, incluso, se recopilan en forma automática y sin que las personas sepan que se hace.

Los datos son, actualmente, la palanca estratégica de las organizaciones y la base de su propia existencia y supervivencia. Sin ellos las personas y sus empresas serían esclavos de sus competidores, estarían sujetos a la alta volatilidad de los mercados, se refugiarían en sus tradiciones y, sin duda, serían presa de dudas e incertidumbre acerca del valor de sus acciones. La inteligencia artificial será la principal herramienta de procesamiento, análisis y respuesta de todas las organizaciones a las demandas de información pertinente. En el actual capitalismo de los datos, las organizaciones que no cuenten con ellos —y con sistemas eficientes para manejarlos, tales como la IA— estarán en una fuerte desventaja en sus diversos mercados. Sin embargo, no es éste un problema focalizado de personas u organizaciones, sino que estamos frente a un riesgo sistémico y, por ende, afecta a todos los sectores, incluyendo también al ámbito educativo.

Como se ha dicho, la existencia de datos y de bases de datos es prerequisite y, a la vez, soporte fundamental para la existencia y funcionamiento de la IA. La IA no existe sin datos y estructuras de datos; podríamos decir que la IA es un resultado de la expansión del conocimiento y la información en el mundo, ya que se ha creado tal magnitud de datos que sólo la IA los puede gestionar. Los datos son también la materia prima de estas máquinas-herramientas que aprenden y que los utilizan para mejorar su eficiencia y lograr mayor precisión

es sus previsiones; son, incluso, la base de la creación de nuevos conocimientos, como claramente señala el método científico de Descartes. Y finalmente, las bases de datos también son recursos para que la IA pueda entrenar la eficiencia de sus algoritmos y mejorar sus capacidades de análisis. Así, la IA se apoya en el dataísmo, que no existiría sin esas bases de datos sobre las cuales realiza las minerías de datos que constituyen el centro de su función. En tal sentido, la IA es la herramienta que transforma los datos en información al agregarles valor (ordenamiento y procesamiento). El dataísmo, como práctica y funcionamiento de un sistema de valorización, preservación y organización de los datos, constituye un prerequisite para permitir la creación de valor a partir de la minería de datos por los sistemas de IA.

La IA impone una forma de organización del trabajo y de organización de los negocios a partir del uso de datos; formula predicciones de movimientos futuros de las demandas y organiza y mejora la articulación de las cadenas logísticas y de producción gracias a su análisis profundo de los datos y a los mecanismos de autoaprendizaje informático. Estos mecanismos cambian las lógicas de la economía y la sociedad para centrarse en el conocimiento, lo cual impacta directamente en los sistemas de educación superior. La IA es el iceberg de esos cambios, y por ello se plantea el carácter fuertemente disruptivo de la inteligencia artificial (Daugherty y Wilson, 2018). La IA es la palanca de una nueva fase de la enorme transformación digital en curso; impulsa una nueva articulación entre máquinas y humanos en relación con los conocimientos y los trabajos.

Las diversas revoluciones tecnológicas se caracterizan por sucesivas, complejas y cambiantes interacciones entre máquinas y humanos; la disrupción digital de la IA impone una nueva articulación entre esos dos términos, en el marco de curvas de reordenamiento y de sustitución de tareas. Cada revolución tecnológica articula una cooperación distinta entre el conocimiento y el trabajo, con simbiosis históricamente diferenciadas (Daugherty y Wilson, 2018). Tales dinámicas muestran el rol de las tecnologías de punta en cada ciclo tecnológico en el aumento de los requerimientos de capacidades humanas. Daugherty y Wilson (2018) plantean una distribución de tareas entre humanos y máquinas en cada ciclo tecnológico o en cada innovación. Es un proceso continuo de adaptación y recomposición que se da en todas las áreas y, sin duda, en las propiamente educativas. Asigna unas tareas a los humanos, otras a las máquinas y eventualmente genera un territorio común, compartido y en disputa, tal vez determinado por costos, escalas, normas o políticas.

Cuadro 1. Articulaciones entre hombres y máquinas

Dirigir	Empa- tizar	Crear	Juzgar	Ente- nar	Expli- car	Susten- tar	Am- pliar	Inter- actuar	Em- prender	Gestio- nar	Iterar	Prede- cir	Adaptar
Actividad humana exclusivamente				Humanos complementando a las máquinas			Las máquinas empujando a los humanos			Actividades sólo de las máquinas			
Actividades híbridas, humanas y de máquinas													

Fuente: tomado de Daugherty y Wilson (2018).

Estos autores conciben la existencia de una relación histórica simbiótica entre las tecnologías y las personas, con áreas de tareas que se apoyan exclusivamente en actividades humanas y áreas de tareas que sólo realizan las máquinas y las zonas intermedias e híbridas, en las cuales conviven y se articulan en distinta proporción actividades humanas y de las máquinas. Esta articulación ha ido cambiando, asociada a los cambios tecnológicos y del conocimiento e impulsada por la búsqueda de mayores niveles de eficiencia, productividad y calidad, en entornos competitivos y mercantiles —y, por ende, de búsqueda de beneficios— ya que actualmente muchas actividades se pueden realizar con una menor proporción de trabajo y una mayor proporción de conocimiento. Esta mirada de que el trabajo y la máquina se complementan, se apoya en la existencia de una curva de interacciones y distribución que no se refiere meramente a la sustitución de factores entre trabajo, capital y recursos, que constituyó el marco tradicional derivado de la economía clásica. Es una concepción centrada en la existencia de un proceso continuo de diferenciación y reestructuración de tareas producto de la propia evolución de los conocimientos y las tecnologías que, a su vez, impone cambios permanentes tanto en los niveles de formación de las personas, como en la pertinencia de los sistemas educativos. Así las cosas, son dinámicas continuas adaptativas, marcadas por los distintos ciclos tecnológicos y sus características técnicas, que plantean desafíos a los sistemas educativos, los cuales deberán responder a estas alteraciones de tecnologías más complejas y a la preparación de las personas para el nuevo mundo del trabajo en cada contexto.

Con la segunda disrupción digital marcada por el ingreso de la IA estamos frente a cambios en el mundo del trabajo y, por ende, en el mundo educativo (Rama, 2023), tanto por ser un área de desempeño laboral como por formar personas para ejercer en el mundo del trabajo. En este sentido, en la educación habrán de redefinirse los tipos de trabajo docente humano y cómo será la articulación con la IA. Se asume que muchas cosas serán automatizadas y que aquéllas que no puedan serlo aumentarán su valor y sus costos por requerir de un mayor componente laboral. La velocidad del cambio en el mundo del trabajo es incremental; su dinámica torna cada vez más incierto el panorama futuro y conforma escenarios altamente confusos con relación a los trabajos que se crearán, y acerca de los trabajos para los cuales estudian las personas actualmente y que dejarán de existir. El impacto de los cambios que se vienen requerirá de transformaciones permanentes en los currículos y la aparición de un nuevo paradigma educativo centrado en enseñar para una sociedad donde el trabajo será más colaborativo con las máquinas, en entornos en red, con *big data* y componentes globalizados, así como con alta variabilidad de los entornos laborales.

La velocidad del cambio impulsa la necesidad de una dinámica innovadora y flexible de las instituciones y de sus procesos de enseñanza (Stiglitz y Greenwald, 2016). La innovación continua, la conformación de ámbitos focalizados en la innovación, la atención a los cambios en el mundo del trabajo, así como en las oportunidades y necesidades de los estudiantes requerirá impulsar potentes sistemas de análisis de los procesos educativos y laborales

utilizando IA y *big data*, todo lo cual marcará las trayectorias futuras de las instituciones universitarias.

El trabajo humano estará más articulado a las actividades de las máquinas y algoritmos a través de la IA (Rouhiainen, 2018). Se enseñará para un mundo apoyado en la máquina, herramienta de la IA en red, donde habrá diversos entornos de trabajo: uno totalmente de trabajo humano, uno de máquinas y uno intermedio, con diversidad de tareas interrelacionadas entre personas y máquinas.

Ello derivará en una demanda de actualización de estudios y especialización asociada al aumento del conocimiento y la innovación, mientras que otros se volverán obsoletos y se depreciarán. Los rasgos que sólo pueden tener los humanos, como la imaginación, la creatividad, la intuición, la emoción y la ética, serán más importantes, ya que las máquinas son buenas para simular, pero no para realizar esas tareas en el mundo del trabajo. Los perfiles de egreso de la educación superior más humanos, más creativos y flexibles serán privilegiados. La ética y la capacidad de trabajo en equipo, entre otras competencias, se constituirán en ejes significativos ante la automatización del trabajo. Las empresas, además, buscarán y valorarán perfiles laborales enriquecidos por la educación permanente y dotados de carteras de competencias diferenciadas que permitan no sólo una especialización, sino varias; y, sobre todo, de la capacidad de integrar nuevas experiencias y activos académicos a lo largo de la vida y de múltiples empleos.

LA NUEVA AGENDA DE LA IA EN EDUCACIÓN

El campo de la inteligencia artificial nació en 1956, cuando un pequeño grupo de científicos y especialistas en computación se cuestionaron la posibilidad de que las máquinas pudieran imitar inteligentemente a los humanos. A partir del conocido método científico de Descartes —desde hace varios siglos— como base para la creación del conocimiento, la respuesta a aquella pregunta fue que esa posibilidad, como acto de una IA, requería basarse en los procesos de dicho método. Para concebir la creación de conocimiento bajo sistemas artificiales informáticos, dichos científicos proyectaron un modelo de programación centrado en realizar observaciones a través de analizar datos, formular preguntas, identificar hipótesis, diseñar y ejecutar experimentos para probar las predicciones, analizar y validar las respuestas buscando parámetros comunes, para después probar o negar dichas hipótesis y, a partir de allí, formular teorías mediante el suministro de respuestas acertadas a los problemas o preguntas. Este trabajo pionero fue la base de la inteligencia artificial, pensada como etapas de una programación. Así, la programación formuló tareas modeladas matemáticamente que después pudieron ser replicadas por las máquinas. La posterior disrupción digital, la informática, los sensores, Internet, las redes y, especialmente, las bases de datos dieron viabilidad y sustento práctico a estos paradigmas de IA, junto a parámetros de ajuste y corrección.

Así, los procesos de observación científica realizados por los sistemas informáticos sobre grandes bases de datos plantearon la posibilidad de crear

hipótesis con basamento estadístico y científico y, con ello, una IA. Como derivación de este enfoque, la inteligencia artificial analiza situaciones sobre grandes cantidades de datos y parámetros que las personas no estamos en capacidad de hacer, incluso por no ajustarse a nuestros paradigmas o estándares tradicionalmente aceptados. Ello permite que las máquinas actúen casi sin sesgos, pero, a la vez, como si tuvieran intuiciones humanas. Para los seres humanos esto se traduce en formular una hipótesis a partir de un hecho aislado e incluso descontextualizado, pero que, con base en algún dato pasado, casi o del todo olvidado, nos lleve a formular una pregunta.

Mientras que los sistemas de procesamiento anteriores se basaban en mecanismos de automatización para la selección y manejo de la información a través de *software* que sigue “reglas” preprogramadas, la inteligencia artificial constituye un nivel superior de clasificación, ordenamiento, depuración y selección de los contenidos pertinentes; además, no sólo está diseñada para organizar el pensamiento humano sobre la base de millones de parámetros, sino que su sistema no es cerrado, ya que se basa en el reaprendizaje con base en las interacciones. Es una máquina de aprender que mejora con el intercambio e interacción, al tiempo que requiere cada vez mayor capacidad de cómputo, así como redes y procesadores más potentes, mayor consumo energético, *big data* (bases de datos) y nuevas arquitecturas de programación, no exentas, incluso ellas mismas, de la utilización de inteligencia artificial para acelerar la eficiencia de los procesos de mejoramiento de la propia IA. Constituye una nueva tecnología de información y comunicación, sujeta a derechos intelectuales de sus creadores, de acceso en red, resultado de una amplia inversión en equipamientos y en trabajo intelectual, que cambia la forma en la cual accedemos a la información y el conocimiento, al constituirse en máquinas de investigar que siguen los procedimientos de la investigación.

Al ser el conocimiento y la información la base de la creación de valor en el actual contexto socioeconómico de la innovación, el impacto de la IA se verá en todos los sectores: como factor que contribuye a una recomposición competitiva de los grandes productores y gestores de información de la sociedad digital; y como expresión de una segunda fase del ciclo digital previamente marcado por la irrupción de computadoras, la programación, la Internet, las redes digitales y el *big data*, que tendrá enormes impactos en la organización de los negocios y la productividad. Además, representará un cambio sustancial del trabajo humano, porque estas nuevas “máquinas de pensar” también son máquinas de predecir (Agrawal *et al.*, 2019). La IA constituye la herramienta más eficiente de impulso a la disrupción digital en curso y funciona como un nuevo insumo tecnológico que permite mayor eficiencia y ahorro de costos en los procesos de trabajo y de gestión de las empresas. Al mismo tiempo, no sólo creará nuevas tareas para quienes manejan estas “máquinas-herramientas”, sino que cambiará las competencias de los profesionales ya que, al reorganizar la articulación en el trabajo entre humanos y máquinas, modificará radicalmente las tareas que realiza, actualmente, una enorme cantidad de profesionales.

Sin lugar a duda la robótica, la informática y la automatización de muchos procesos mecánicos, de cálculo y de almacenamiento de datos, así como de procesamiento han creado herramientas de cómputo eficientes y capaces de auxiliar en forma directa a los trabajos. Ésta ha sido la palanca de la transformación de las sociedades y de los incrementos de la productividad más importantes desde los años noventa. La inteligencia artificial profundiza la disrupción y constituye un cambio sustancial en tanto que significa una superación de los procesos de organización del trabajo y de la automatización previa. Mientras que anteriormente la automatización mecánica que impulsaba la programación digital impactaba fundamentalmente en las actividades mecánicas y de baja densidad cognitiva, con la IA, el impulso automatizador aparecerá en casi todas las actividades, y también en las que tienen mayores componentes creativos. Tendrá impacto tanto en los conocimientos simples relacionados con diversas tareas, como también en las actividades que se apoyan en el procesamiento y análisis de la información, las cuales mejoran sustancialmente al apoyarse en IA. Hablamos de sectores que tradicionalmente se pensaba que no serían sustituidos o impactados por el avance de los procesos digitales, por lo que las resistencias son muy intensas.

En este sentido, estamos frente a un impacto novedoso que no incide en la sustitución de trabajadores con tareas repetitivas y seriadas; la inteligencia artificial impactará también en los trabajos profesionales que realizan tareas de análisis y respuesta a partir de información de diagnóstico, experiencia documentada y marcos conceptuales organizadores. Al cambiar paulatinamente las relaciones de producción, lo digital y la IA cambiarán también las relaciones sociales, especialmente, entre ellas, las educativas, tanto en las formas de enseñanza como en los perfiles de egreso y las competencias esperadas para recursos humanos, además de que se dará un reciclaje de competencias.

Este nuevo momento reafirma el avance hacia lo que se ha llamado la gestión científica, la educación adaptativa y los procesos de enseñanza automatizada. Pero también plantea, a los sistemas educativos, el desafío de una mayor formación en las ramas especializadas de la inteligencia artificial, y a todo el sistema educativo de desarrollar nuevas competencias informáticas.

LA ECONOMÍA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial (AI) es la máquina-herramienta que ya está impulsando un nuevo ciclo económico y de disrupción digital, por constituir una innovación del tipo de “creación destructiva” shumpetereana. No es sólo una nueva forma de programación informática o de *software* y algoritmos, sino que es parte integral de un amplio ecosistema marcado por sus interacciones con bases de datos y sensores, con una enorme capacidad de comunicación a través de rápidas redes inalámbricas 5G y de fibra óptica submarina junto a procesadores potentes articulados por la mecatrónica al internet de las cosas (Rama, 2023). Todo este sistema integral es lo que permite que la IA se constituya en el iceberg de un mecanismo más eficiente de incorporación

de conocimientos y datos en los procesos de trabajo en red para mejorar los niveles de eficiencia en todas las actividades. Pero, además, en tanto impulsa el incremento de la densidad tecnológica de los procesos de trabajo, promoverá una nueva articulación ser humano-máquina y con ello las dinámicas de sustitución y cambio de la mano de obra, así como una exigencia diferente de formación y desarrollo de competencias laborales en el mundo del trabajo. Tendrá un impacto de la misma magnitud de otras innovaciones rupturistas, como la electricidad, la cadena de montaje o la computadora.

Gracias a estas configuraciones, la IA impactará en todas las dimensiones, pero su mayor incidencia será en el sector económico, al reducir los costos y mejorar los niveles de la producción. Con ello se conformará una palanca que reconfigurará casi todos los sectores y áreas de la sociedad, y será un motor de impulso a un salto en la productividad. El eje central de la disrupción de la IA refiere a la incorporación de conocimiento actualizado y de forma permanente, para así aportar mayor certidumbre a los procesos de trabajo, al tiempo que contribuya a reducir las jornadas laborales y resolver las ineficiencias de mano de obra o las pérdidas en la utilización de los insumos. Al agregar información y reducir las incertidumbres y los riesgos, también disminuyen los costos relativos y aumenta la productividad.

Este tipo de impacto estructural no es una novedad. Todas las grandes disrupciones en la historia han incidido sobre las estructuras de costos e insumos y han propiciado nuevas etapas de crecimiento. El pasaje de la manufactura a la gran industria con la cadena de montaje permitió la mecanización y la sustitución de obreros-artesanos, y con ello se redujeron los costos laborales; el computador personal y el *software* de la revolución digital, al aportar mayor capacidad de procesamiento, redujeron el costo de hacer cálculos; y los buscadores de Google bajaron los costos de búsqueda de información.

Como máquina predictiva y de investigación, la IA, al agregar nueva información y nuevas perspectivas, reduce la incertidumbre de las actividades económicas y, con ello, la producción y la demanda tendrán menor incertidumbre, mayor eficiencia y costos más bajos. Al haber mayor precisión en la identificación de las cantidades demandadas la producción podrá hacerse casi a pedido.

El riesgo, como la incertidumbre, imponen un costo elevado que sólo la información permite minimizar; en ese sentido, la IA es capaz de reducir los riesgos a través de diagnósticos, respuestas o previsiones, y aumentar las oportunidades de inversiones y maximizar las utilidades. Ello no será puntual, sino permanente y automático, en tanto que la información se produce en dinámicas de interacción continuas con personas, sensores o bases de datos. Al producir información más fiable habrá menos riesgos en todos los negocios y podrán tomarse decisiones más precisas. En un mundo global incierto por la proliferación de actores y cambios, la IA contribuirá a minimizar dichos riesgos, gracias a su capacidad de anticipar los problemas. Esta herramienta supera ampliamente a las técnicas de regresión, los análisis basados en escenarios prospectivos o los modelos econométricos que dan respuestas limitadas. Prever con mayor probabilidad de acierto y menos margen

de error, y con bajos costos relativos al ser sistemas automatizados, facilitará prever los niveles de consumo, posibles problemas de logística, las acciones de las/los consumidores y las infinitas decisiones que toman las personas en la vida social y laboral, de manera que el funcionamiento de los mercados podrá ser más eficiente. La IA constituye una tecnología que logra el abaratamiento relativo del costo de la información y un aumento de su calidad, precisión, pertinencia y fiabilidad, con lo cual disminuye el riesgo de error en todas las actividades. Algo simple, pero que moverá la economía global.

En este escenario, como vimos, la IA es una máquina de investigar, una máquina de predecir y una máquina de aprender, pero también será una máquina de enseñar.

LA EDUCACIÓN PROGRAMADA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La IA contribuirá a instrumentalizar la enseñanza programada, planteada por el psicólogo Skinner (1970) a fines de los años cincuenta. Se trata de un método de aprendizaje estructurado y reglado por condiciones controladas, basado en el suministro de unidades muy diferenciadas de conocimientos a través de recursos de aprendizaje, evaluaciones precisas y una retroalimentación continua. Skinner planteó un modelo de enseñanza centrado en la evaluación de los aprendizajes que generara evidencias científicas capaces de facilitar una retroalimentación educativa como parte del ciclo de la enseñanza. Además, propuso la creación de “máquinas de aprendizaje” que pudieran guiar a los estudiantes con reducida intervención humana directa y con ello inició un camino de creación de múltiples equipos mecánicos, los cuales, sin embargo, fracasaron, ya que no lograron ajustarse y responder a los infinitos componentes cognitivos y a los procesos muy individualizados y diferenciados que supone el aprendizaje.

Con la aparición de lo digital y el desarrollo de la informática —que es más flexible que la mecánica al separar el *hardware* del *software*— se reconsideró el enfoque del autoaprendizaje guiado, ahora mediante aplicaciones informáticas. El eje se colocó en la evaluación de los aprendizajes separadamente, individualizados, asociados a determinados recursos y competencias y, posteriormente, se suministraron unidades de refuerzo para volver a realizar las evaluaciones sobre la base del cumplimiento de mínimos obligatorios para dar continuidad a las trayectorias educativas para las distintas unidades curriculares.

Todos estos enfoques se basan en diagnosticar los conocimientos previos, fragmentar las unidades de aprendizaje, evaluar su aprendizaje en forma delimitada y complementarlo mediante recursos específicos. Será con la “máquina herramienta” de la IA que se podrá alcanzar la posibilidad de la “máquina de aprendizaje”. Actualmente la programación tradicional está limitada en su desarrollo educativo, al estar estructurada con base en la existencia de respuestas preestablecidas; en contraste, la inteligencia artificial aprende de ella misma en la interacción, gracias a que está diseñada para aprender al buscar nueva información y escudriñar patrones (como los humanos), aprender de la

experiencia (como los humanos) y auto seleccionar las respuestas apropiadas basadas en nuevos resultados (como los humanos). En tanto es una máquina de aprender, es factible que sea una máquina de enseñar. Es su flexibilidad y su capacidad de interactuar y, con ello, de aprender sin estar programada explícitamente para ello, así como de cambiar sus propios parámetros, lo que le aporta su capacidad para facilitar un autoaprendizaje mediado.

La inteligencia artificial como máquina impone una nueva articulación con las personas, y en lo educativo, entre los conocimientos, las técnicas y los docentes en la tarea de enseñar. Facilita y cambia los autoaprendizajes y, por ende, mejora la eficiencia de la enseñanza. Los docentes, de ser los únicos protagonistas con la enseñanza 1.0, o dominantes en la enseñanza 2.0 apoyada por el libro, o en la enseñanza 3.0, apoyada en componentes analógicos y por industrias que, a su vez, se basan en las ondas hertzianas o videos, pasan, en la enseñanza 4.0, a actuar articulados a la “máquina de enseñar” de la IA. Ahora serán tutores, mentores o *coaches* de los estudiantes en entornos digitales y contarán con recursos de aprendizaje apoyados en inteligencia artificial. Al contar con multimedia, plataformas digitales y programación informática educativa a través de componentes interactivos y *bots* (aféresis de robot), los docentes deberán cambiar sus funciones y tareas hacia unas más creativas, de planificación de los aprendizajes, de asistencia individualizada tutorial; como especialistas en evaluación o curadores e integradores de los recursos de aprendizaje. Este cambio también implicará, seguramente, que se altere la proporción de docentes, en tanto “insumos” de los procesos de enseñanza, dado el mayor peso de los componentes tecnológicos en los resultados de los aprendizajes.

De los primeros *bots* como programas informáticos que realizan automáticamente tareas mecánicas de respuesta a través de Internet, o de redes cerradas a través de buscadores, o rastreadores web y motores de búsqueda —mismos que recorren los diversos sitios recopilando información de manera mucho más rápida y efectiva de lo que lo harían las personas— con la IA hay un cambio sustancial al pasar a sistemas que, además de hacer lo anterior, interpretan, organizan y producen información y aprenden constantemente. Si consideramos los *bots* iniciales como Siri de Apple o Alexa de Amazon, la IA es capaz de mejorar los algoritmos de respuesta y análisis, lo que los hace mejores interlocutores que estarán disponibles siempre que se les requiera (*on-demand*) para seleccionar y entregar contenidos de información y aprendizaje adaptados a las personas. Cada estudiante tenderá a tener su propio “robot” que lo acompañará en su carrera, incluso corrigiéndole, las 24 horas del día, todos los días; que no se cansará de marcar los errores o precisar la información sin que el estudiante tenga que acudir a los libros en red para consultarla. Además, ese “robot de enseñanza” propio mejorará cada vez más a través del intercambio con su usuario.

Estos mecanismos informáticos de *machine learning* o inteligencia artificial serán las herramientas de la enseñanza del futuro que aportarán mayores capacidades de selección, depuración, jerarquización y organización de la información, especialmente tanto en la redacción o corrección de textos,

como en la evaluación de los aprendizajes. Estas iniciativas y desarrollos, aún en fases preliminares, serán a futuro más operativos, eficientes y precisos en el suministro de respuestas a estudiantes, docentes y profesionales; y contarán con diversos niveles de complejidad sobre la base de las necesidades de los usuarios, a medida que interactúan con ellos y con bases de datos, como resultado de sus sistemas propios de *machine learning* o autoaprendizaje.

Con la IA, los docentes podrán recibir informaciones y datos de mayor profundidad, especialización y detalle de los aprendizajes estudiantiles, que les permitirán consolidarse como efectivos tutores, capaces de orientar, motivar e inspirar, en función de los intereses y las aspiraciones individuales o colectivas de sus estudiantes. Del mismo modo, el análisis de los datos permitirá construir escenarios prospectivos de resultados de aprendizaje para las personas y, por ende, políticas para prevenir la deserción.

En tal sentido, la IA no sustituirá a los docentes, sino que conformarán una dupla integrada de trabajo que será más eficaz para contribuir al aprendizaje de los estudiantes. Si en otros tiempos la articulación de tareas fue resultado de una división social y técnica entre docentes y estudiantes, con el aula y sus componentes, con los libros de texto o guías didácticas, bibliotecas y laboratorios, con recursos planos de aprendizaje o con las plataformas o los simuladores; hoy la división del trabajo debe integrar a la inteligencia artificial mediante *bots*, plataformas interactivas adaptativas y otros recursos para el aprendizaje.

CONCLUSIONES

La construcción de una educación personalizada que responda y se ajuste a las características de los estudiantes, tanto en sus formas de aprendizaje como en sus ritmos y necesidades, constituye uno de los objetivos pedagógicos centrales de las políticas educativas y es una de las derivaciones de la incorporación de la IA a la educación. En parte, los problemas de calidad de la educación son derivados de la desigualdad estructural entre una enseñanza masiva y un aprendizaje individual, lo cual crea más distancia y desfase entre la enseñanza y el aprendizaje. Las políticas, tecnologías y pedagogías constituyen mecanismos para reducir esos desequilibrios entre el enseñar y el aprender, los cuales se han ampliado con la expansión y renovación del conocimiento, así como con las diferenciaciones y segmentaciones del mercado de trabajo. La respuesta educativa para reducir los desequilibrios se ha centrado en la actualización de los programas y su acreditación, una mayor formación docente, flexibilización curricular o un enfoque por competencias, pero todo ello no ha logrado resolver la tensión entre sistemas de enseñanza masivos y poco diferenciados, y aprendizajes totalmente individuales. Esta educación masiva y sin personalización es parte importante del problema que ya se está resolviendo con sistemas automatizados de atención, cuya eficiencia será superior mediante una atención más particularizada con IA.

La personalización y diferenciación de la enseñanza es el mecanismo idóneo para responder a este problema estructural y profundo de los sistemas de

enseñanza de masas. Sin embargo, esto sólo será posible con la programación informática adaptativa de la inteligencia artificial, ya que ésta se conforma como la herramienta idónea para articular la enseñanza con los ritmos, formas y dinámicas de los aprendizajes individuales mediante sistemas personalizados de enseñanza que se apoyan en el conocimiento de los estudiantes, de sus contextos, sus aprendizajes reales y que, a la vez, generan una retroalimentación con un seguimiento y análisis de sus trayectorias escolares.

La inteligencia artificial permite, a nivel colectivo e individual, identificar distintos niveles de riesgo de deserción estudiantil en función de sus resultados, origen social, geográfico, cultural y de sus dinámicas de vida; con estos insumos será posible alcanzar una atención educativa preventiva y personalizada que incluya acciones pedagógicas de compensación a través de docencia tutorial, recursos de aprendizaje personalizados o simuladores de prácticas individuales en red. En tal sentido, la IA será una herramienta fundamental de apoyo a los docentes, ya que podrá identificar debilidades durante el proceso mismo de aprendizaje, de forma preventiva, gracias al manejo de mucha información y dedicación personalizada que ni los docentes ni las instituciones están en posibilidades de realizar. La IA puede estar 24 horas al día atendiendo respuestas a preguntas y consultas o corrigiendo acciones, cosa que los docentes no pueden hacer. La dificultad de dar respuestas personalizadas en grandes grupos propicia el retraso, la deserción y el abandono escolar de los sectores con menos capital cultural. El aula dificulta la atención diferenciada por parte del docente, cada vez más cargado de horas de docencia.

Con la disrupción de la educación digital, la creación de aulas virtuales y dinámicas más personalizadas y flexibles, se abre una oportunidad enorme para una enseñanza a la vez masiva e individualizada, que es la base del desarrollo en la construcción de la enseñanza 4.0. La masificación de la diversidad y la necesidad de políticas de inclusión, junto con el reconocimiento de las diferencias, incentiva la necesidad de una educación personalizada, diferenciada y flexible. La inteligencia artificial permitirá encarar un mayor avance en este camino de flexibilidades, gracias a bases de datos e interacciones individuales con los estudiantes. La educación apoyada en sistemas informáticos con IA permitirá mantener y expandir una educación de masas y, al mismo tiempo, desarrollar una educación personalizada con una atención automática e individual, tanto en lo administrativo como en lo académico, con todas las complejidades que esto implica, al tiempo que también se atienden los aspectos éticos (UNESCO, 2021).

REFERENCIAS

- AGRAWALL, Ajay, Joshua Gans y Avi Golfard (2019), *Máquinas predictivas*, Barcelona, Reverté.
- BYUG-CHUN, Han (2022), *Infocracia. La digitalización y la crisis de la democracia*, Barcelona, Taurus.
- DAUGHERTY, Paul y James Wilson (2018), *Human + Machine. Reimagining work in the Age of IA*, Boston, Harvard Business Review Press.
- DURAND, Cedric (2021), *Tecnofeudalismo, crítica de la economía digital*, Adrogué (Argentina), La Cebra.
- KISSINGER, Henry, Eric Schidt y Daniel Huttenlocher (2021), *The Age of AI: And our human future*, USA, John Murray Press.
- KRONDRATIEFF, Nicolai (1972), *Los ciclos económicos largos*, Madrid, Akal.
- RAMA, Claudio (2023), *La disrupción digital, la universidad 4.0 y la inteligencia artificial*, México, UDUAL.
- ROUHIAINEN, Lasse (2018), *Inteligencia artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*, Barcelona, Alienta.
- SKINNER, Burrhus Frederic (1970), *Tecnología de la enseñanza*, Barcelona, Labor.
- SRNICK, Nick (2021), *Capitalismo de plataformas*, Buenos Aires, Caja Negra.
- STIGLITZ, Joseph y Bruce Greenwald (2016), *La creación de una sociedad del aprendizaje*, Madrid, La Esfera de los Libros.
- TOFFLER, Alvin (1998), *The Third Wave*, Nueva York, Bantam.
- UNESCO (2021), *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*, París, UNESCO.