

Vol. 29(1), 2025

<https://doi.org/10.19053/uptc.0120-7105.eyc.2025.29.e18885>

Artículo de reflexión resultado de investigación

Posibilidades y desafíos de la Educación 4.0 en contextos de educación superior

Frida Díaz Barriga Arceo¹

Resumen

Se postula que las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (IA) son artefactos culturales propios de un determinado momento sociohistórico. Así entendidas, las tecnologías cobran sentido en la educación cuando logran transformar mentalidades y prácticas socioculturales de los actores. En el contexto de la llamada Cuarta Revolución Industrial emerge la Educación 4.0 que promueve el uso pedagógico de los sistemas de inteligencia artificial, las tecnologías robóticas, la realidad aumentada, los escenarios de inmersión o la analítica de datos, entre otros desarrollos, para cambiar el paradigma educativo imperante y sumarse a los esfuerzos por una sociedad sostenible e igualitaria. Esto incide en la emergencia de nuevas profesiones y en el replanteamiento de los modelos de formación de profesionales en el contexto universitario, así como en la actuación en el mundo del trabajo o en la tarea docente. Se postula la importancia de sustentar dichas transformaciones desde miradas disruptivas del statu quo, mediante una orientación hacia metas de desarrollo sostenible, justicia social y derechos. Ante un panorama complejo, se discuten diversos desafíos y posibilidades de cara a algunos desarrollos recientes de la IA en la educación superior, incluyendo cuestiones de índole ética.

Keywords: educación 4.0; inteligencia artificial; educación mediada por tecnologías; educación superior; alfabetización digital.

¹Avenida Universidad 3004, Facultad de Psicología, Edif B, tercer piso. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, (Ciudad de México) México.

Correo electrónico:
fdba@unam.mx

Como citar: Díaz Barriga Arceo, F. (2025). Posibilidades y desafíos de la Educación 4.0 en contextos de educación superior. *Educación y Ciencia*, 29(1). <https://doi.org/10.19053/uptc.0120-7105.eyc.2025.29.e18885>

Historia del Artículo

Recibido: 25/Octubre/2024

Revisado: 08/Marzo/2025

Aprobado: 21/Agosto/2025

Publicado: 01/Septiembre/2025



Possibilities and Challenges of Education 4.0 in Higher Education Contexts

Abstract

This article defines digital technologies and artificial intelligence (AI) as cultural artifacts rooted in a specific sociohistorical moment. Understood in this way, technologies gain meaning in education when they succeed in transforming the mindsets and sociocultural practices of those involved. Within the framework of the so-called Fourth Industrial Revolution, Education 4.0 emerges as a model that promotes the pedagogical use of AI systems, robotics technologies, augmented reality, immersive environments, and data analytics, among other innovations, to shift the prevailing educational paradigm and contribute to efforts toward a sustainable and equitable society. This shift influences the emergence of new professions and prompts a rethinking of professional training models in the university context, as well as in the labor market and teaching practice. This article emphasizes the need to ground educational change in transformative perspectives that confront the status quo, focusing on sustainable development goals, social justice, and human rights. In light of a complex landscape, this article discusses various challenges and opportunities related to recent developments in AI within higher education, including ethical considerations.

Keywords: Education 4.0; Artificial Intelligence; Technology-Mediated Education; Higher Education; Digital Literacy.

Introducción

Toda innovación educativa, de acuerdo con la Unesco (2005) conlleva un proceso de destrucción creadora, de disrupción de lo existente, y conduce a cambios en mentalidades y prácticas sociales, cuyo impacto debe discutirse respecto a los eventuales beneficios, retos y tensiones para distintos colectivos sociales implicados. El caso de la incursión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en escenarios de educación formal a lo largo de la centuria antecedente, es un ejemplo de cómo se anunció un cambio radical en la educación a través de introducir dichas tecnologías, pero los resultados no lograron satisfacer las altas expectativas que se tenían. Los hechos y saldos del reciente evento pandémico a nivel mundial, así lo corroboran. En la región latinoamericana, en lo particular, Soletic y Kelly (2024) postulan que toda revolución digital conlleva una revolución mental, lo que ha sido un resultado más palpable en la vida cotidiana que en el mundo de las instituciones educativas. Las autoras afirman que se necesita la integración de las tecnologías en cuestión dentro del currículo como parte de un rediseño global y sistémico que integre a las escuelas y universidades en la cultura digital y permita fomentar la alfabetización digital en el estudiantado.

Las nuevas generaciones requieren desarrollar aprendizaje complejo y competencias para ejercer la ciudadanía en el mundo contemporáneo, incluidos los escenarios desafiantes de la virtualidad, atendiendo a las particularidades y necesidades de cada uno de los países. Desde nuestra perspectiva, lo que ha venido proliferando es el cultivo de una mente informada, que, en palabras de Monereo (2004), implica que la búsqueda de la innovación ha descansado más en proveer tecnologías digitales que permiten acceder a información referida a los contenidos curriculares disciplinares, más que a promover una mente estratégica o distribuida, donde las tecnologías sean instrumentos de mediación en la solución de problemas, la creación colaborativa o la representación del conocimiento mediante distintos lenguajes y códigos.

Es decir, en las últimas décadas se ha intentado introducir una sucesión de tecnologías digitales en las aulas, sin apenas promover cambios en la cultura de las instituciones ni en el paradigma educativo, que sigue centrado en la exposición y reproducción de información sobre contenidos fácticos. Hemos sostenido que el tema de la introducción de las tecnologías digitales no puede asumirse con un carácter tecnocrático, tiene que darse en el marco de una discusión que visibilice la brecha digital, las consecuentes desigualdades y exclusiones sociales, económicas o culturales, los cambios esperados respecto al empleo estratégico, ético y seguro de tales tecnologías, previendo su impacto en la educación y el currículo (Díaz-Barriga y Barrón, 2023). Las tecnologías digitales se encuentran en continua evolución, pero en muchos escenarios educativos pareciera que no han avanzado desde la etapa de los inicios del internet, donde su alcance se restringía a obtener al alcance de un clic una cantidad ingente de información para después reproducirla.

En este escrito sostenemos que las tecnologías digitales son artefactos culturales de un momento sociohistórico e instrumentos de mediación semiótica (Martos y Martos, 2014), acordes al momento histórico que nos toca vivir como sociedad. En esa dirección requieren introducirse en el desarrollo curricular y en el diseño de ambientes de aprendizaje innovadores, así como en la dinámica del enseñar y el aprender. Es bien cierto que todo proceso innovador llevará aparejadas dislocaciones y tensiones, así como efectos deseados y otros no esperados.

Martos y Martos (2014) argumentan que la palabra artefacto suele asociarse a un objeto con soporte físico o material fruto del ingenio humano, pero que también incluye componentes simbólicos o “ingenios mentales” (p. 121); en este sentido, convergen en “mentefactos” y “sociofactos”. Por ejemplo, una piedra es un objeto físico, pero un ídolo tallado en piedra, producto del ingenio humano y con el soporte simbólico de una creencia religiosa, pasa a ser un artefacto cultural y para su elaboración se ha operado algún tipo de tecnología e instrumentos expofeso. Por ende, el tema de las tecnologías y la educación digital no puede disociarse de la subjetividad e intersubjetividad humanas, ni se soluciona con diseñar currículos que incluyan asignaturas tecnológicas aisladas o propongan habilitar al estudiantado en

el uso de aplicaciones o dispositivos de última generación, sin comprender sus usos y sentido cultural.

La invención y empleo de una herramienta por los miembros de una comunidad no solo facilita la acción y aumenta su eficacia, sino que cambia de manera sustancial la forma, estructura y carácter de la actividad, siendo a la par un instrumento psicológico que implica una forma de razonamiento o argumentación. Por ende, para las teorías socioconstructivistas, los artefactos o herramientas se consideran “depósitos culturales” (Wilson y Myers, 2000), puesto que encarnan la historia de una cultura, ya que proporcionan medios poderosos de transmisión de esta, pero también permiten o limitan el pensamiento y los procesos intelectuales. En una relación dialéctica, a la vez que son producciones de la sociedad, las tecnologías transforman a las sociedades.

En el mundo actual se tiende a pasos agigantados a la desmaterialización y miniaturización, al peso creciente de los avances de las ciencias neurocognitivas, la robótica, los materiales inteligentes, las tecnologías asistivas, entre otros ¿En qué medida dichos avances están a la par de la transformación social y, sobre todo, de los sistemas educativos? En el terreno educativo, la incorporación de las TIC, desde la aparición del internet, ha estado a tono con la forma en que se concibe el currículo, la enseñanza y el aprendizaje o la evaluación educativa. Por ende, podemos dar cuenta de políticas y programas educativos con tecnología que solo han logrado reforzar el paradigma educativo imperante, mientras que, en otros casos, tal vez los menos, se ha accedido a la disrupción del sistema.

Consideramos que en toda innovación con tecnología se tienen que discutir los pros y contras, anticipar situaciones problema de diversa índole y perspectivas promisorias de su empleo para atender los intereses y necesidades de distintos colectivos. La presencia de cuestionamientos éticos es inevitable, por lo que se debe anticipar la dirección deseada del cambio. Es sabido que las propuestas tecnológicas se gestan primero para ser utilizadas en la vida cotidiana, el entretenimiento y el mundo laboral y, ulteriormente, se piensa cómo pueden entrar al terreno de la educación. Así está sucediendo con la emergencia de inteligencia artificial generativa, la realidad virtual extendida y de inmersión, el empleo de chatbots, entre otros.

En este artículo, nuestro propósito es revisar el concepto de Educación 4.0 que permite dar sentido y dirección a la introducción de tales tecnologías en la educación, pasar revista a algunas de las aplicaciones recientes en contextos educativos, principalmente en la educación superior y, finalmente, poner en perspectiva algunos de sus retos.

Educación 4.0 y evolución de tecnologías digitales en educación

La Educación 4.0 no es una teoría o modelo educativo como tal, sino que implica una serie de procesos ligados a la evolución de las tecnologías en el contexto sociohistórico actual, que plantean la creciente virtualización del conocimiento (generación, gestión, distribución). Está vinculada de forma estrecha con la Cuarta Revolución Industrial (RI4.0), de esta centuria, y está caracterizada por el desarrollo de la inteligencia artificial, el internet de las cosas, los escenarios de realidad aumentada y de inmersión, el metaverso, entre otras. Antes mencionamos que solo cobra sentido cuando se dice comprometida con la creación de entornos que introducen tecnología sustentable y energías limpias, así como con el desarrollo de competencias digitales para la ciudadanía. Para diversos autores, es innegable que el papel de las tecnologías debe empatar con los objetivos y metas de desarrollo sostenible de la agenda 2030 (ODS) de las Naciones Unidas (2015) y habrá de conducir a repensar el currículo y la enseñanza, tanto básica como profesional.

En el marco de las discusiones posmodernas, respecto al sentido del uso de tecnologías digitales de última generación en contextos de escolarización, se rechaza la idea de neutralidad tecnológica y se parte de que su fin último es contribuir a la justicia y responsabilidad social, al aprecio a la diversidad y al logro de sociedad para la sostenibilidad y los derechos humanos. Estas premisas son las que dan sustento a lo que aquí se denomina Educación 4.0 (Díaz-Barriga, 2023).

En el nivel superior, se asume que se deben estipular metas de desarrollo sostenible comprometidas con la formación para el ejercicio de las profesiones, no solo las presentes, sino las que están apareciendo o se requerirán a futuro. La idea es aprovechar todo el potencial de las tecnologías de última generación, sobre todo de la inteligencia artificial, pero sin sesgos ni exclusiones, en un marco de derechos y al servicio de la justicia social, la inclusión, el empleo digno, la multiculturalidad y el aprecio por la diversidad. Por consiguiente, la pregunta central respecto al qué, cómo y para qué en los procesos de desarrollo curricular y formación universitaria, requiere tomar postura acerca del tipo de sociedad a la que aspiramos y los profesionales que requerimos formar (Pacheco, 2021).

En la revisión sistemática de literatura llevada a cabo por Flores et al. (2019) respecto al origen de la Educación 4.0, destacan algunas de sus características, modeladas por la economía y la sociedad que se perfila en este siglo. Por una parte, se enfatiza el papel del aprendizaje humano-máquina en cuanto conduce a impulsar el autoaprendizaje y la flexibilidad, aunque los cambios que implica no solo son tecnológicos, sino culturales, sociales, estéticos, educativos, de comunicación y de valores. Los autores encuentran que “se están disipando las fronteras entre tecnología y ser humano y, por ende, se reconfigura nuestra concepción de la realidad, la relación espacio-tiempo, y la dimensión física y virtual” (p. 657), de manera tal que habrá que generar otras teorías del aprendizaje, modelos educativos y políticas curriculares acordes a estas nuevas realidades.

Por el momento, Educación 4.0 es un concepto ecléctico, asociado a diversas teorías y métodos de aprendizaje, focalizado en utilizar las tecnologías en la solución de problemas reales y complejos, de ahí que se considere un concepto pragmático. Aboga por la formación dual, tanto en recintos universitarios como en escenarios sociales y empresariales y, por supuesto, en entornos virtuales e híbridos. Considera relevantes en la formación asuntos como el énfasis en la interdisciplinariedad y transdisciplinariedad, la práctica profesional *in situ*, los programas de mentorías, el desarrollo del talento y el emprendimiento del estudiantado, el impulso a sus habilidades artísticas y socioemocionales, entre otros. Asume el enfoque de competencias como el idóneo, pero desde la noción de competencia como aprendizaje complejo, crítico y creativo, con toma de conciencia sobre el ambiente y la sociedad (Flores et al., 2019).

Postulamos que sin entender el papel político y social que juegan las tecnologías digitales, el contexto de la desigualdad e inequidad de oportunidades educativas que vivimos en nuestra región geopolítica, el tema de los cambios que se están gestando de cara a la llamada Educación 4.0, quedarían enmarcados solo en el rubro del avance tecnológico, mientras que de lo que se trata es de su sentido de uso con responsabilidad social en una sociedad incluyente y comprometida con los seres humanos y el ambiente.

En el nivel universitario, hemos encontrado que diversos autores coinciden en que las competencias digitales tienen que concebirse como un eje transversal que atraviese todo el currículo, tomando en cuenta no solo su componente instrumental, sino la convergencia de conocimientos, habilidades y actitudes para la vida y la profesión, en una sociedad donde la mediación tecnológica tiene un papel crucial en los planos político, laboral y social (Díaz-Barriga y Barrón, 2023). Hoy en día disponemos de tecnologías cuyo empleo hace posible una serie de dislocaciones en el currículo y la enseñanza: el aprendizaje en red, la ubicuidad de la información, la tendencia hacia la personalización y autoselección de trayectorias de aprendizaje a lo largo y ancho de la vida, la configuración de modelos y ambientes educativos inéditos, adaptativos y situados, así como el vínculo entre aprendizajes formales e informales. Todo ello coincide con el postulado de que estamos ante una nueva ecología del aprendizaje, propia de las realidades que se experimentan en el siglo XXI (Coll, 2013; 2016).

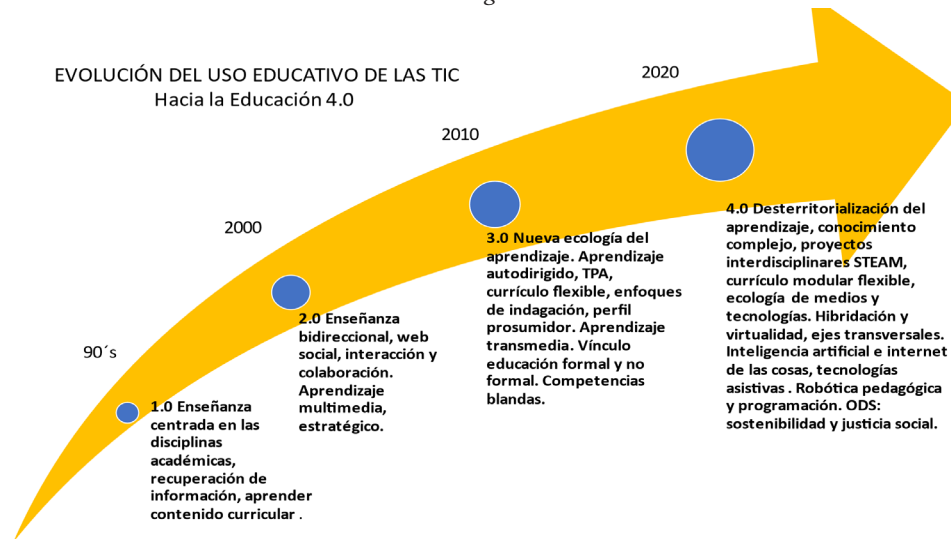
En el contexto de esa nueva ecología del aprendizaje (Coll, 2013), se enfrentan cambios relevantes: la desterritorialización educativa; la inmersión en escenarios educativos inéditos de tipo transmedia, de realidad aumentada o metaverso; el acceso al autocurrículo o a conformar trayectorias de aprendizaje altamente personalizadas, y el trabajo focalizado en adquirir competencias y conocimiento complejo en modelos de aprendizaje situado cuando se participa en proyectos interdisciplinarios para solucionar problemas o crear conocimiento. La realización de proyectos multi e interdisciplinarios y generativos (el enfoque de proyectos STEAM+ es un claro

ejemplo), cobran relevancia en cuanto se organizan en módulos de aprendizaje adaptativo, como ejemplo de posibilidades disruptivas, pero en el marco de una pedagogía reflexiva y dirigidos a metas de desarrollo sostenible, educación inclusiva, transversalidad de género y diversidad (Acero, 2020; Anderson y Dron, 2011; Ruiz-Velasco y Bárcenas, 2019; Useche et al., 2022).

La Figura 1 esquematiza la evolución de las tecnologías digitales y las posibilidades de su puesta en práctica en la educación a través de diversos modelos y estrategias psicopedagógicas (Díaz-Barriga, 2023). Como puede verse, la Educación 1.0 da cuenta de la entrada del internet a las escuelas, en la década de los años noventa, con la intención de acceder a todo tipo de información, apoyar el aprendizaje de contenidos curriculares o de conducir cursos en línea mediante el enfoque de enseñanza asistida por computadora, aunque sin lograr superar la lógica transmisiva de contenidos temáticos, con frecuencia unidireccional y expositiva.

Una década después, la boyante emergencia de las redes sociales conduce a la Educación 2.0, que posibilita la bidireccionalidad, privilegia la interacción social con los pares y la colaboración, otorga importancia al aprendizaje visual a través de la multimedia, en el contexto de una sociedad que da prioridad a la imagen. La Educación 3.0 se alimenta de tecnologías y prácticas que potencian el perfil prosumidor de los usuarios, es decir, ya no solo consumen información, sino que las aplicaciones informáticas propician que casi cualquiera pueda crear contenidos de todo tipo, distribuirlos y posicionarse en la red, participando en comunidades virtuales de interés, donde se gestan identidades diversas y se pueden generar rutas de aprendizaje y profesionalización autodirigidas.

Entradas las primeras dos décadas del presente milenio, emerge la Educación 4.0, la cual, como se ha expresado antes, abre otras posibilidades vinculadas a los desarrollos acelerados de la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la robótica inteligente, la impresión 3D y otras tecnologías asociadas.

Figura 1.*Educación 4.0 en el marco de la evolución tecnológica.*

En materia de diseño del currículo se habla de la organización global o modular, la introducción de ejes de transversalidad, la interdisciplina y la participación en comunidades de práctica. El foco de estas residirá en situaciones problema, análisis de casos reales y simulados, proyectos generativos y creativos, es decir, la idea es recuperar y actualizar los enfoques de indagación y experienciales a los retos de la sociedad del siglo XXI. Estas opciones en el diseño del currículo y la enseñanza, no son nuevas, inician a principios de esta centuria y han sido postuladas por destacados psicólogos instruccionales como Charles Reigeluth (2012).

De acuerdo con Acero (2020), la Educación 4.0 se alimenta de una serie de tendencias que surgen de la investigación en las ciencias cognitivas interdisciplinarias y en la investigación tecnopedagógica. Entre las principales tendencias, no exentas de las tensiones que se han venido discutiendo, se encuentran las siguientes:

- *Personalización y aprendizaje adaptativo:* se ajusta a los intereses y necesidades del estudiantado desde el reconocimiento de la diversidad, y se apoya en herramientas informáticas que ayudan a modificar contenidos y experiencias educativas en función del desempeño del alumno o alumna. Se modifica el ambiente, tiempos, formatos, métodos y materiales de aprendizaje, por lo cual se propicia que las experiencias educativas se personalicen.
- *Inteligencia artificial y aprendizaje inteligente:* en el presente, se ha aprovechado el empleo de chatbots, plataformas, entornos virtuales y ecosistemas educativos, sistemas de seguimiento y evaluación, entre otros, apoyados por distintas herramientas inteligentes y por tecnologías asistivas. Pueden ser de gran relevancia para promover la inclusión de estudiantes con necesidades diversas y con estilos de aprendizaje, capacidades o antecedentes educativos

muy distintos. Destaca el creciente interés en el ChatGPT 4.0 que en su versión gratuita ofrece al usuario conversaciones de voz realistas, interacción mediante audios y videos, realiza traducciones, ensayos, búsquedas de información, organizadores gráficos, protocolos de proyectos, entre otros. No obstante, se plantean dilemas como la seguridad de la información, su manejo ético, la autoría de las producciones y una serie de asuntos respecto a las políticas de uso y propiedad de la información generada.

- *Modelos de diseño tecnopedagógico*: se encuentran en plena expansión y ofrecen la posibilidad de crear ecosistemas educativos híbridos y virtuales por demás inéditos, por lo general, orientados a la conducción de proyectos interdisciplinarios como es el caso del enfoque STEAM+, tareas complejas de aprendizaje colaborativo, solución de problemas e inventiva. Buscan propiciar deliberadamente el desarrollo del pensamiento informático o computacional, el pensamiento de diseño (*design thinking*) o el pensamiento ingenieril, por solo mencionar diversos ámbitos del saber.
- *Recursos educativos abiertos y aplicaciones* que integran las tecnologías de última generación y que permiten la inclusión educativa y social a la par que contribuyen a la superación de la brecha digital, la reducción de costos y la disponibilidad para un amplio sector de usuarios potenciales.
- *Analíticas de aprendizaje* que generan información que retroalimenta al estudiante, al docente y al sistema instruccional. Pensadas ante todo para mejorar y acompañar el aprendizaje del estudiantado con el apoyo de aplicaciones que permiten medir, categorizar o analizar datos de los usuarios y su desempeño. El tema es cómo emplearlas para que sean recursos efectivos de retroalimentación o evaluación formativa.

Por su parte, Flores et al. (2019, p. 659) enlistan las estrategias de aprendizaje específicas del ámbito de la Educación 4.0, entre las cuales incluyen:

1. *Gamificación o edutainment*: aprendizaje basado en juegos electrónicos que propician que el proceso educativo sea motivante o entretenido para la población usuaria, pero a la par desarrollan determinadas capacidades cognitivas y sociales.
2. *Modelo de aula invertida*: donde se integra el aprendizaje presencial y en la virtualidad, a condición de que se desarrolle contenido visual, auditivo y audiovisual pertinente y se exploren actividades personales y colaborativas que propicien el aprendizaje significativo y la inventiva.
3. *Makerspaces*: consiste en el diseño de ambientes de aprendizaje donde los usuarios trabajan para la ideación y materialización de proyectos y producciones específicas.

4. *Narrativa transmedia*: proyectos donde se hacen relatos contados a través de multimedia y donde los participantes construyen tramas y personajes.
5. *Mobile learning*: involucra el diseño de contenidos diversos a través de aplicaciones que permiten su empleo en dispositivos móviles.
6. *Educación inmersiva*: consiste en el diseño de ambientes o ecosistemas de aprendizaje a través del empleo de tecnologías inmersivas (háptica, realidad aumentada, realidad disminuida, realidad virtual, hologramas). Permiten al usuario manipular objetos y actuar en diversas situaciones, sin que se ponga en riesgo su integridad.

Algunos desarrollos en curso de la Educación 4.0 y aplicaciones de la IA

Con el interés de explorar el estatuto actual de la investigación educativa relativa a las aplicaciones de la IA en la educación, Coll y Díaz-Barriga (2024) llevaron a cabo el análisis de literatura reciente sobre el tema. Predominan las publicaciones y aportaciones que no tienen su origen en revistas científicas especializadas en educación, en tecnología o en educación y tecnología, aunque estas sean también numerosas; es decir, destacan los informes realizados bajo el impulso o la demanda de instancias supranacionales (por ejemplo, OECD, Unesco), nacionales, ministerios o departamentos de educación (por ejemplo, Australian Department of Education), agencias y empresas productoras de tecnología, entre otras. Dichas publicaciones dan cuenta de avances en materia de tecnología, de posibles usos en educación, ventajas y riesgos de su empleo o de la necesidad de delimitar normativas y marcos éticos en su empleo. Las empresas productoras enfatizan el potencial y beneficios de las aplicaciones, las plataformas, los dispositivos de última generación, en su afán de posicionar sus productos.

Si tomamos en cuenta que el ChatGPT fue lanzado apenas en noviembre de 2022 y que las tecnologías inmersivas y asistivas se encuentran en constante evolución, no es de extrañar que la investigación educativa sustentada en evidencias empíricas sólidas y suficientes, comienza apenas a aparecer. No obstante, se encuentran publicaciones de interés de grupos de investigadores que dan cuenta de los diseños y propuestas que tienen en proceso y del tipo de principios educativos que comparten con los docentes, animándolos a incursionar en estas tecnologías. Tomando en consideración lo antes de dicho, en este apartado se mencionan algunos de los desarrollos recientes de la IA que corresponden a la filosofía y propósitos de la Educación 4.0. El objetivo de esto es que los lectores vislumbren que no es en las tecnologías *per se*, sino en la intencionalidad educativa y en sus usos pedagógicos, que se encuentra la clave de su sentido educativo y su potencialidad.

Vale decir que las universidades latinoamericanas ya están explorando e incorporando las tecnologías de punta y los desarrollos más recientes de la

inteligencia artificial. Los actores educativos están experimentando con realidad virtual y aumentada, escenarios inmersivos, entornos virtuales personalizados para aprender, robótica y programación inteligente, asesoría mediante chatbots, por solo mencionar algunos, aunque, por supuesto, no son prácticas generalizadas en la educación superior. La evaluación en la virtualidad también está transformándose, hay experiencias de evaluación mediante estaciones de competencia profesional, se explora el alcance del empleo de tutores inteligentes que aprovechan las analíticas de aprendizaje y proporcionan retroalimentación al alumnado, así como el uso de tecnologías asistivas para atender la diversidad funcional. En profesiones como medicina y salud, derecho, arquitectura, ingeniería, entre otros, se promueve la educación por competencias profesionales y la adquisición de habilidades blandas (*soft skills*) a través de entornos híbridos y virtuales de simulación (Ruiz-Velasco y Bárcenas, 2019; Useche et al., 2022). El profesorado de nivel básico y superior puede acceder a sitios web para solicitar apoyo en la elaboración de programas de clase, pruebas de evaluación del contenido curricular y rúbricas, material didáctico como mapas mentales, infografías o resúmenes e, incluso, solicitar la elaboración con inteligencia artificial de programas de estudios o protocolos de investigación (véase el sitio web Comenio, de Medina-Gual et al., 2023).

El diseño de ambientes educativos de inmersión y metaverso ha despertado gran interés en diversas universidades hispanoamericanas. Iparraguirre-Bernaola y Huamán-Huillca (2023) analizaron diversos proyectos educativos sobre la introducción de tecnologías inmersivas y extendidas en universidades de Perú, Chile, Colombia, México, Ecuador y España. Los autores afirman que el interés por escenarios metaverso se debe a que consiste en un espacio interactivo virtual, ofrece experiencias de aprendizaje inmersivas, tiene capacidad de integración, interacción y colaboración, además de potencial multidimensional. Permiten construir entornos virtuales en 3D y, aunque están en una fase temprana de implementación e investigación, se han aplicado en enseñanza de idiomas, medicina, educación STEAM, periodismo inmersivo, entre otros campos. Cabe mencionar que “la simulación no pretende reemplazar la capacidad de razonamiento humano, sino más bien extender y transformar nuestras habilidades de imaginación y pensamiento” Iparraguirre-Bernaola y Huamán-Huillca (2023, p. 74). Aunque dichos autores documentan un amplio abanico de oportunidades, también expresan preocupaciones referidas al alto costo de los dispositivos, la privacidad, la ciberseguridad, la disposición de infraestructura tecnológica adecuada y la brecha digital entre los mismos estudiantes. Concluyen que son tecnologías en fase de “incubación” en América Latina y que se necesita promover “la experimentación, la adaptación cultural y la narrativa centrada en los alumnos” (p. 81).

Las tecnologías asistivas o tecnologías de asistencia y apoyo han tenido un interesante desarrollo gracias a la tecnología digital y la inteligencia artificial. Permiten la inclusión, la participación y el aprendizaje de personas con discapacidades,

adultos mayores o que requieren derribar barreras que impiden su funcionamiento, autonomía y bienestar. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), 1000 millones de personas necesitan este tipo de dispositivos y, para 2030, se duplicará tal demanda y, en todo caso, cualquier persona podría necesitarlos en algún momento de la vida. La misma OMS ha desarrollado cursos MOOC para capacitar en productos de asistencia físicos y digitales e insiste en su importancia para cubrir los ODS y para dar cumplimiento a los acuerdos de la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad.

Ejemplos destacados del uso de la IA en eliminar barreras para personas con ceguera, sordera o discapacidad motriz, se encuentran en una serie de aplicaciones que permiten la accesibilidad digital a los sitios web, la personalización en función de necesidades de comunicación, la navegación autónoma en la red, gracias a que adaptan diversos medios de interacción (voz, sonidos, imágenes, manejo de teclado, etc.). El creciente interés por aplicar los principios de diseño universal del aprendizaje en su versión ajustada a tecnología digital (DUA3.0), así como la normativa europea de la lectura fácil (LF) y la planificación centrada en la persona (PCP), están transformando las posibilidades de inclusión educativa del estudiantado y en algunos países latinoamericanos, inclusive, están contemplados en la legislación educativa. Ya se cuenta con asistentes de navegación con inteligencia artificial incluidos en plataformas de accesibilidad (por ejemplo, ANI de InSuit Tools). Sin embargo, un estudio tipo encuesta con docentes ecuatorianos, encuentra que estos consideran a estas herramientas fundamentales para la inclusión de los estudiantes con discapacidad y afirman que mejoran su rendimiento académico, pero, al mismo tiempo, dicen que han tenido dificultades para acceder a tales tecnologías y que las instituciones educativas deberían invertir en su adquisición (García-Rivas, 2024).

Por su parte, en el campo de la robótica pedagógica, Ruiz-Velasco et al. (2020) postulan la importancia de las narrativas tecnopedagógicas digitales apoyadas en el lenguaje natural materno, que permiten desarrollar el pensamiento computacional, crítico y heurístico. Este enfoque tecnopedagógico, inmerso en la Educación 4.0, conduce al estudiantado a construir, programar y simular un prototipo de elevador-robot, lo que posibilita la adquisición de habilidades de pensamiento computacional y de programación informática. La tesis de estos autores, comprobada a través de una serie de experimentos educativos, es que se puede enseñar y aprender desde edades muy tempranas el pensamiento computacional, la robótica y la filosofía de lenguajes de programación informática, siendo todos ellos cruciales en la formación del aprendiz de esta centuria.

En otra línea de diseño e intervención educativa, se ha avanzado en el diseño de viajes virtuales (*virtual trips*); si bien data de décadas atrás con el empleo de tecnologías multimedia y digitales, hoy se pretende una mayor sofisticación debido a la introducción de aplicaciones de tecnología extendida. Este tipo de experiencias,

en sus inicios de educación no formal y como experiencia museística en entornos virtuales o de turismo ecológico, ha mostrado su potencial en la educación básica y superior en diversas ciencias, historia, arte y humanidades. Un ejemplo a nivel internacional es The Nature Conservancy (TNC) cuya misión es conservar tierras y aguas, combatir el cambio climático, proveer alimento y aguas sostenibles, construir ciudades saludables, para lo cual promueve proyectos ecológicos en 76 países. Incluye una diversidad de recursos educativos, entre ellos, el Laboratorio de la Naturaleza (Nature Lab) que brinda viajes virtuales en diversos ecosistemas alrededor del mundo. Las filiales de TNC latinoamericanas de Brasil y México también ofrecen información y recursos educativos en sus respectivos portales. Un ejemplo más es Nearpod que incluye videos interactivos, viajes virtuales con realidad aumentada y enfoque STEAM, para explorar ecosistemas, civilizaciones antiguas, emociones, poesía y literatura, entre otros aspectos. Los sitios web de ambos, TNC y Nearpod, ofrecen al profesorado guías didácticas, caja de herramientas (*toolkit*), videos y otros recursos educativos.

Los anteriores, son solo algunos ejemplos de los desarrollos que se están gestando en materia de diseño tecnopedagógico, tecnologías para el aprendizaje, psicología de la educación virtual y pedagogías innovadoras en la educación básica y profesional. Tales desarrollos resultan alentadores, pero insistimos en que la investigación educativa, por lo menos en lo que respecta al empleo de la IA y sobre todo la de tipo generativo referida a los aprendizajes logrados y la adquisición de competencias, se encuentra en ciernes.

En estos nuevos escenarios educativos, que abarcan no solo la universidad, sino que están siendo planteados desde la educación infantil y básica, se considera fundamental la mediación tecnológica que permite optimizar o aumentar las capacidades de aprendizaje, la hibridación de las experiencias educativas que implica el tránsito y combinación de educación síncrona y asíncrona, así como el diseño y experimentación con ambientes de aprendizaje digital que proponen otras estrategias y materiales para la enseñanza-aprendizaje o para la evaluación. Antes dijimos que no es suficiente extrapolar los enfoques pedagógicos de la centuria antecedente, sino que se debe avanzar en abordajes teóricos propios de la educación en ambientes virtuales mediados por las tecnologías 4.0. La epistemología y métodos propios de estas realidades emergentes también deberán ser objeto de análisis crítico e innovación.

De acuerdo con Soletic (2021), se está lejos de comprender las dislocaciones que se deben hacer al currículo o a la lógica de la pedagogía presencial del siglo XX, que se tiende a transpolar a la educación mediada por tecnologías digitales. Según esta autora, no solo se requieren nuevas teorías y diseños educativos, sino también arribar al concepto de *ecología de medios y materiales educativos*, en cuanto la creación de tales ambientes de aprendizaje implica una concepción diferente del tipo de materiales didácticos, plataformas adaptativas, aplicaciones tecnológicas (físicas, impresas y

virtuales) al servicio del aprendizaje situado y personalizado, entre otros. El cambio tendrá que modificar el tipo de intercambios comunicativos, las estrategias para aprender a aprender, los esquemas cognitivos, lenguajes y formas de interacción. En el caso de la enseñanza híbrida, se necesitará ensamblar (no solo sobreponer) de forma innovadora y disruptiva la presencialidad con la virtualidad, partir de enfoques interdisciplinarios que no pueden restringirse a una didáctica añeja propia de otro momento sociohistórico.

Repercusiones de la IA en los nuevos escenarios de la Educación 4.0

De acuerdo con Loveless y Williamson (2017), por lo menos, en las sociedades avanzadas y altamente tecnologizadas, las actividades formativas se distribuirán crecientemente en ecosistemas de aprendizaje en red, en escenarios virtuales e híbridos, desdibujándose la tradicional diferenciación entre trabajo, juego y entretenimiento. El currículo, caracterizado por la posibilidad de personalización, abandonará gradualmente la idea de “asignatura” que priva todavía, mientras que conducirá a una educación de “código abierto”, donde lo que se creará son espacios o ambientes de aprendizaje, no escuelas ni facultades como hoy las conocemos. Ante tal desterritorialización del aprendizaje y de la formación para el ejercicio de las profesiones, las escuelas de educación superior y las universidades pasarán a ser “nodos” dentro de una red de espacios colaborativos y, como antes se dijo, se transitará hacia el modelo dual e híbrido. La revolución tecnológica de las últimas décadas está transformando el pensamiento y las narrativas culturales de importantes sectores sociales. Es decir, lo más relevante es que en dichos escenarios se están gestando nuevas identidades de aprendizaje acordes a la era digital.

Para ilustrar lo anterior, recuperamos la lógica del denominado Proyecto 42 de Fundación Telefónica de Madrid, Barcelona, Málaga y Urduriz (existen otros programas afines en varias ciudades europeas), gratuito y abierto 24/7, con una duración media de 3 años, donde las personas interesadas se pueden convertir en expertos en programación y acceder al mundo del trabajo. No se piden conocimientos previos ni titulación de ningún tipo, solo tener más de 18 años y superar los procesos de inscripción. Dicho proyecto promueve el aprendizaje práctico entre iguales (*peer to peer*) donde se aplica la gamificación y una filosofía centrada en aprender a aprender.

La formación incluye IA, computación en la nube, *big data*, ciberseguridad, videojuegos y *blockchain*. Asimismo, se anuncia como un programa sin profesores, ajustado al propio ritmo del o la estudiante, entre pares, que fomenta “*hard y soft skills*”, ajustado al ritmo del alumnado y a los perfiles que más se demandan en el país. Nótese que es una iniciativa de una fundación, no universitaria y que promete una formación práctica directamente vinculada al mundo del trabajo, disruptiva con relación a lo que procede en un entorno universitario (ver <https://www.42madrid.com/>). Esta propuesta ha tenido buena acogida entre la población joven y vale la pena su análisis crítico como escenario de cambio en la formación de programadores informáticos.

Somos conscientes de que una pregunta nodal es quiénes tienen acceso a las tecnologías educativas de punta en cuanto su cualidad de bienes culturales y en qué condiciones o con qué fin. Muchos educadores se preguntan quiénes se verán beneficiados con las tecnologías digitales de última generación, principalmente con la inteligencia artificial, las tecnologías de inmersión o los ingenios producidos gracias al internet de las cosas. No puede dejar de preguntarse qué aportarán a fin de cuentas a la humanidad en su conjunto, habida cuenta de la brecha digital existente, de las consecuencias de su empleo y de la exclusión de determinados colectivos.

Las opiniones tanto de expertos como de legos, se encuentran divididas. Por ejemplo, la inteligencia artificial generativa, de reciente aparición en esta década, ha desatado importantes polémicas, entre quienes consideran que aportará importantes beneficios a la humanidad, en áreas como la automatización del trabajo y la producción de bienes y servicios, como es el caso de la cirugía robótica, el comercio y el turismo digital, la asistencia legal o la asesoría psicológica a través de chatbots inteligentes, los vehículos autónomos, las viviendas inteligentes, entre otros. Sin embargo, en torno a estos desarrollos, que ya están al alcance de determinados sectores de usuarios en varios países, también hay importantes detractores que avizoran efectos negativos en estas tecnologías.

Parafraseando al gran semiólogo italiano Umberto Eco (1964), parece que encontramos posturas opuestas, tanto de “apocalípticos” como de “integrados”, respecto al papel de la IA y otras tecnologías 4.0. Es decir, unos solo pueden ver impactos nocivos y futuros distópicos de hipervigilancia y deshumanizantes, mientras que los otros piensan de manera utópica que tales tecnologías facilitarán la vida y generarán mayor bienestar y salud a las personas.

Es de llamar la atención que en el estado del arte de las posibilidades de la IA en la educación (Coll y Díaz-Barriga, 2024), respecto a la literatura revisada, se encontró que los autores “suelen poner un énfasis especial en los riesgos y peligros, así como posibles usos no deseables, que comporta la incorporación de la IAG a la educación formal” (p. 3), más que destacar sus beneficios. La lista es considerable e incluye el asunto de la vulneración de la privacidad o utilización sin consentimiento de los datos de los usuarios; el uso de algoritmos que identifiquen patrones del alumnado y los etiqueten de manera que resulten discriminados; la posible dependencia de los *chatbots* y otras tecnologías, la merma del pensamiento y la preferencia por la interacción con los robots en comparación a los seres humanos. También se mencionan los sesgos derivados de los algoritmos y de las bases de datos en el caso de la inteligencia artificial generativa (IAG). Muy cierto que, en el estado actual de su desarrollo, dichas herramientas tecnológicas no pueden captar de manera óptima las características del contexto específico en que se utilizan. La mayor preocupación se ubica en que la IAG se utilice sobre todo para copiar, reproducir o plagiar, de manera tal que el estudiante deje de elaborar y crear conocimiento (Qadir, 2023).

En el polo apuesto, la principal ventaja atribuida a la IA y tecnologías afines se ubica en la posibilidad de personalizar el aprendizaje, sea en contextos formales, no formales o informales, incluyendo la formación *en y para* el trabajo (Bahroun et al., 2023; Coll y Díaz-Barriga, 2024). Asimismo, se anuncian beneficios para el profesorado, que podrá reforzar la enseñanza y realizar procesos más eficaces de seguimiento, acompañamiento y ajuste de ayudas pedagógicas al alumnado según sus necesidades e intereses. Gracias al empleo de las analíticas de aprendizaje se espera optimizar la retroalimentación y promover la evaluación formativa. Se postula que las tecnologías 4.0 podrán mejorar sustancialmente: el manejo estratégico de textos académicos; la tutorización virtual; la enseñanza adaptativa; la traducción automática de textos escritos en diferentes lenguas; el refuerzo de la agencia del alumnado y de su capacidad para tomar decisiones; el trabajo colaborativo y la opción de ofertar opciones para mejorar la interacción entre docentes y alumnado, así como entre pares. No obstante, todavía son desarrollos en ciernes, que distan de lograr la verdadera personalización y de superar en la práctica la tendencia a dar prioridad al recuerdo de información sobre el pensamiento crítico y la creación original de conocimiento.

Resultan promisorios los ejemplos de proyectos que hemos expuesto antes, que destacan la elaboración y adaptación de materiales educativos multimedia y transmedia, las experiencias inmersivas a través de los viajes virtuales, los apoyos a la educación inclusiva mediante tecnologías asistivas, la creación de entornos virtuales de aprendizaje vinculados con sociedad, ambiente y multiculturalidad que empatan con los ODS en una fusión de métodos de aprendizaje formal, no formal e informal. Una vez más, se requiere abonar a un *corpus* consistente y adecuado de investigación educativa que permita corroborar los alcances y limitaciones de tales desarrollos, con la intencionalidad de redireccionar y optimizar su empleo.

Es bien cierto que la dinámica de la innovación y el cambio tecnológico resultan, por decir lo menos, apabullantes. Al escribir este artículo, convencida de que los teléfonos celulares o móviles resultan fundamentales en la vida cotidiana, debido a que las Naciones Unidas reportan en 2023 que “más del 75 % de la población mundial de diez años en adelante tiene un teléfono celular y más del 65 % usa el internet” (p. 1), no obstante que persiste la desigualdad de género y por regiones, aparece una sorprendente noticia. Mark Zuckerberg predice “el fin de los celulares en la próxima década, señalando que las gafas inteligentes los reemplazarán” (Arqué, 2024). De acuerdo con Zuckerberg, la nueva tecnología tendrá la ventaja de que se “fusionarán el mundo físico con el digital, permitiendo que la tecnología esté presente sin ser intrusiva” (p. 1). Se espera que la inteligencia artificial sea eje de este cambio y las personas logren interacciones muy avanzadas de tipo visual y auditivo, aunque se propone que los tecnólogos tendrán que resolver asuntos de comodidad, seguridad y privacidad ¿Qué cambios podemos imaginar en esta nueva realidad respecto a la cotidianidad de las personas, tanto de quienes tengan acceso a esas gafas inteligentes como de los que queden excluidos de la innovación?

Según Coll y Díaz-Barriga (2024) el asunto de la privacidad y el sesgo algorítmico conducen al reto ético de educar para la transparencia de la información, la comprensión del funcionamiento y la capacidad de un análisis crítico de la IAG en educación, lo cual involucra a docentes, estudiantes y padres de familia, a la sociedad en su conjunto. Hace falta desarrollar políticas educativas diferenciadas acerca de la recopilación, utilización, difusión y resguardo de los datos de los usuarios de estas tecnologías, así como un marco para la protección de los derechos y el consentimiento informado de las personas, incluyendo la prevención de los usos inapropiados o el plagio en el empleo de la IAG en la educación escolarizada presencial, híbrida y virtual. Sabemos de la existencia de un ciclo de vida útil o eventual obsolescencia o desuso que puede tener la información generada con IAG en contextos escolares, pero no tanto de qué hacer cuando este ciclo termine, por ello ¿a dónde va la información y qué sucede con ella?

La Unesco (2023a) propone una política de “IA para todos”, donde sus usos educativos se centren en el ser humano, apoyen a solucionar desigualdades y no a ahondar brechas, con el objetivo de mejorar las capacidades humanas y proteger los derechos humanos, así como para avanzar en el OSD4 y en general el desarrollo sostenible. Asimismo, postula que se requieren estrategias y normas éticas para prevenir la manipulación de la información, el robo de identidad y autoría, los sesgos asociados a la desigualdad social, las discapacidades de los usuarios, el género, entre otros. En otro momento afirman que se tiene que educar para una colaboración eficaz entre el hombre y la máquina, tanto en la vida como en el trabajo. Es decir, hay que orientar explícitamente la revolución tecnológica en curso para asegurar que, siendo un proceso globalizador, sea justo e inclusivo. Sin embargo, este mismo organismo (Unesco, 2023b) reporta una encuesta aplicada a más de 450 escuelas y universidades que indica que menos del 10 % han desarrollado políticas o directrices formales relativas a la utilización de la IAG.

Ante la incertidumbre o desconocimiento, en algunos contextos se ha procedido a prohibir o restringir el uso de la tecnología. Al respecto, el Parlamento Europeo (2023) aprobó una Ley de Inteligencia Artificial para regular aplicaciones como el ChatGPT; por ejemplo, quedó prohibida la categorización biométrica que permita inferir datos sensibles, el uso de tecnologías para el reconocimiento de emociones en las escuelas, los sistemas de admisión con IA deben eliminar todo tipo de sesgos. En el caso de *chatbots* o generadores de audio o imágenes, se aplican criterios de transparencia: debe saberse si se está hablando con un asistente virtual y si se trata de contenidos generados con IA. Se identificaron algunos sistemas de riesgo inaceptable, como la manipulación cognitiva del comportamiento de personas o grupos vulnerables específicos. Se clasifican como sistemas de alto riesgo todos aquellos sistemas de IA utilizados en educación y formación profesional, como es el caso de los que se emplean para evaluar los resultados del aprendizaje y dirigir el proceso de aprendizaje y monitorear el plagio. Las controversias no se han hecho

esperar, entre los que hablan de desequilibrio entre la innovación y la política de control de protección de riesgos.

Por otra parte, el panorama mencionado resulta incierto si pensamos en sociedades como las nuestras, en el contexto latinoamericano, donde priva la desigualdad y la brecha digital. Dicha brecha da cuenta de la desigualdad de acceso a las TIC y se relaciona con bajos ingresos, nivel de escolaridad, ubicación geográfica, género y generación, carencia de infraestructura tecnológica adecuado. Es decir, implica tanto desigualdades de conexión de tipo interseccional (estatus económico, género, edad, escolaridad, etnia y región geográfica) como de dominio de competencias digitales. América Latina es la región más desigual del planeta, según algunos datos del Banco del Desarrollo de América Latina y el Caribe (2021):

- En total, un 32 % de la población de América Latina y el Caribe, o 244 millones de personas, no accede a servicios de internet, según un reciente informe del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Microsoft. El estudio, que concentró su trabajo en 24 países, revela que un 71 % de la población urbana cuenta con opciones de conectividad, ante menos de un 37 % en la ruralidad.
- En países como Brasil y Chile, más del 60 % de los hogares del primer quintil tiene conexión a internet, mientras que, en Bolivia, el Paraguay y el Perú, solo el 3 % la tiene. Ese bajo porcentaje limita o impide el acceso al teletrabajo, la educación en línea y los servicios de salud electrónica.
- El 60 % de países de la región no tiene estrategias nacionales de ciberseguridad.

Nuestra región tiene que adoptar políticas radicales y efectivas que conduzcan a abatir la brecha digital y la inequidad de acceso a las tecnologías, que repercutan en el nivel de alfabetización digital desde la mirada estratégica, ética y segura del uso de la tecnología.

Finalmente, no es un asunto menor que se hable cada vez más de *transhumanismo*, en el sentido de movimiento cultural, intelectual y tecnológico que busca mejorar o avanzar las capacidades humanas naturales, tanto físicas como intelectuales, generando una suerte de prótesis tecnológicas de largo alcance que modifican la condición de lo “humano”. Un ideal que no es nuevo, porque se remonta a los albores de la civilización, pero hoy en día está sustentado en tecnologías relacionadas con la inteligencia artificial. Para Pugliese (2020), los sorprendentes avances de la biotecnología y la manipulación genética, soportadas en desarrollos de tecnologías digitales avanzadas, como la IA, plantean diversos dilemas bioéticos, que no se han abordado a fondo. Se parte de la premisa de que la especie humana en su forma actual no representa el final de las posibilidades de desarrollo, pero a la par, apertura discusiones respecto a la igualdad, el quién o por qué alguna persona debe ser o

no mejorado con tecnología, la incertidumbre de a dónde conducirá la ruptura del arquetipo de la naturaleza del ser humano o de los límites del tipo de modificaciones posible. Al mismo tiempo, preocupa si esto permitirá a ciertos grupos e ideologías en el poder imponer la direccionalidad de los cambios y esto, a fin de cuentas, derive en otro tipo de estratificación humana, así como en la modificación de las capacidades cognitivas, comunicacionales o afectivas de las personas.

Conclusiones

En este artículo hemos explorado las expectativas generadas en la educación por la eventual entrada de la sociedad a la Educación 4.0 habida cuenta de que a nivel global se expande la Cuarta Revolución Industrial o Revolución 4.0. No se trata de escenarios de ficción o meramente prospectivos, su operación ya se está concretizando en los países más desarrollados del orbe y destacan diversas experiencias de indagación o pilotaje en la educación superior, tal como se ha ilustrado para el caso de diversos proyectos importantes en la región iberoamericana.

La premisa del cambio, es que la formación de los profesionales técnicos y universitarios, tanto en ciencias como en humanidades, se tendrá que reorientar ante nuevas realidades sociales y laborales, lo cual derivará en la aparición de nuevas profesiones o en el replanteamiento de las que conocimos en la centuria antecedente. Al respecto, el dominio de tecnologías de inteligencia artificial, impresión 3D, robótica, biotecnología y nanotecnología, análisis de *big data* y seguridad de la información, realidad virtual y aumentada, escenarios metaverso, computación en la nube, máquinas que aprenden, entre otras, darán la pauta a esas nuevas profesiones y a repensar el currículo e incluso el modelo de universidad que hemos conocido hasta ahora.

Se esperan avances inéditos en la interacción entre los dominios físico, digital y biológico, que ampliarán la capacidad de la tecnología para transformar la sociedad. Por supuesto, tales transformaciones, con sus claroscuros, no serán las mismas en distintas regiones ni para todos los colectivos humanos. El impacto de la brecha digital y sus distintas aristas se pueden vislumbrar si analizamos lo sucedido durante la pandemia por COVID-19, dada la gran desigualdad en el acceso a la tecnología, el nivel de alfabetización digital mostrado por los actores del sector educativo y la falta de modelos educativos apropiados a los desafíos enfrentados. Se requiere de políticas sociales y educativas dirigidas a combatir tal desigualdad y a cerrar brechas como las que se han discutido, pero, al mismo tiempo, se tiene que pensar en la tecnología, en su cualidad de artefacto cultural, sin perder de vista una mirada ética y humanista.

Diversas voces han manifestado la importancia de generar tanto marcos normativos como modelos innovadores para propiciar una transformación de fondo en la educación. Al respecto, parece prevalecer la incertidumbre y falta de claridad respecto a cómo promover usos creativos e innovadores de las tecnologías de punta

en beneficio del aprendizaje de todo el alumnado, como también hay alarma a la par de desconocimiento sobre las malas prácticas con dicha tecnología. Las tecnologías no son panaceas, la IA dista mucho de asemejarse a la esencia de lo humano, a pesar de todo su potencial afincado en algoritmos lógico-matemáticos.

En el proceso educativo no puede perderse de vista que la metáfora hombre-máquina, es eso, una metáfora respecto a la cual hay que entender sus alcances y sus límites si pretendemos el mayor provecho para los actores educativos. En este escrito hemos coincidido con aquellas voces que dotan de sentido a las tecnologías cuando estas se vinculan con el acceso a una sociedad sostenible, con el diseño de ambientes educativos que promueven el conocimiento, el desarrollo y bienestar humano, sin exclusiones ni discriminación. Como educadores e investigadores tenemos la responsabilidad moral de participar en decidir e impulsar el tipo de educación que pretendemos en el futuro inmediato, no esperar como espectadores la incursión de tecnologías pensadas desde intereses de mercado.

Contribuciones de los autores: La edición, conceptualización, metodología, validación y análisis formal, así como la redacción del borrador original es una contribución de la autora Frida Díaz Barriga Arceo.

Financiación: esta investigación no recibió financiación externa.

Agradecimientos: al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIIT IN301023

Conflictos de intereses: La autora declara no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Acero, O. (2020). Educación 4.0. tendencias en la ruta del aprendizaje en la educación superior del siglo XXI. Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Centro Editorial, Ediciones FEDICOR. <https://repositorio.juannncorpas.edu.co/handle/001/58>
- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12(3), 80-97. Athabasca University Press. <https://www.learntechlib.org/p/49666/>
- Arqué, M. (2024, octubre 18). ¿Adiós a los celulares? Mark Zuckerberg habla de un “nuevo dispositivo”. El Diario NY [periódico digital]. <https://eldiariorny.com/2024/10/18/adios-a-los-celulares-mark-zuckerberg-habla-de-un-nuevo-dispositivo/#:~:text=El%20creador%20de%20Meta%20predice,las%20gafas%20inteligentes%20los%20reemplazar%C3%A1n&text=Mark%20Zuckerberg%2C%20CEO%20y%20fundador,desapare>
- Banco del Desarrollo de América Latina y el Caribe [CAF]. (2021). Desigualdad 4.0: a cerrar la brecha digital. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2021/05/desigualdad-40-a-cerrar-la-brecha-digital/>

- Bahroun, Z., Anane, Ch., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. *Sustainability*, 15, 12983. <https://doi.org/10.3390/su151712983>
- Coll, C. (2013). El currículo escolar en el marco de la nueva ecología del aprendizaje. *Aula*, 219, 31-36. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53975/1/627963.pdf>
- Coll, C. (2016). Personalización del aprendizaje escolar. México: Fundación SM.
- Coll, C. y Díaz-Barriga, F. (2024). Estado del arte de las posibilidades educativas de la inteligencia artificial para la creación de conocimiento en contextos educativos escolares. Ponencia en extenso. Congreso Fiet 2024: La Transformació Digital de L'educació a L'era de la Intel·ligència Artificial, 12-14 de marzo, Tarragona, España.
- Díaz-Barriga, F. (2023). Educación 4.0: Impacto previsible en el currículo y la educación superior. Ponencia en extenso. Memoria del “Congreso Internacional Currículum 2023”, 7 (7), 10pp. Universidad Autónoma de Tlaxcala
- Díaz Barriga, F. y Barrón, C. (2023). El currículo en la educación superior mexicana en el contexto de la postpandemia. *El Cardo*, 19, 1-21. <https://doi.org/10.33255/18511562/1587>
- Eco, U. (1964). Apocalípticos e integrados. Barcelona: Editorial Tusquets.
- Fundación Telefónica. (s. f.) Proyecto 42 Madrid [sitio web]. <https://www.42madrid.com>
- Flores, D. M., Guzmán, F. J., Martínez, Y. M., Ibarra, E. y Alvear, E. (2019). Educación 4.0, origen para su fundamentación. Ponencia en extenso. EDUNOVATIC 2019 Conference Proceedings, 655-659.
- García-Rivas, N. E. (2024). Tecnología Asistiva para la Inclusión Educativa en Ecuador. *Ciencia Latina, Revista Científica Multidisciplinar*, 8 (3), 417-432. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11228
- Iparraguirre-Bernaola, A. y Huamán-Huillca, M. (2023). Aulas extendidas e inmersivas: Proyectos y proyecciones sobre la educación del futuro en universidades de América Latina. *Pangea. Revista De Red Académica Iberoamericana De Comunicación*, 14(1), 71–88. <https://doi.org/10.52203/pangea.v14i1.234>
- Loveless, A. y Williamson, B. (2017). Nuevas identidades de aprendizaje en la era digital. Madrid: Narcea.
- Martos, E. y Martos, A. E. (2014). Artefactos culturales y alfabetización en la era digital: discusiones conceptuales y praxis educativa. *Teoría de la Educación*, 26 (1), 119-135. <https://doi.org/10.14201/teoredu2014261119135>
- Medina-Gual, L., Degetau-Arzuaga, D. y Bazaldúa-Huerta, D. F. (2023). Comenio.IA aplicación para docentes y la Nueva Escuela Mexicana [sitio web]. <https://www.comenio.ai/>

- Monereo, C. (2004). La construcción virtual de la mente: implicaciones psicoeducativas. *Interactive Educational Multimedia*, 9, 32-47. [http://www.ub.edu/multimedia/iem/down/c9/Construction_of_the_mind_\(SPA\).pdf](http://www.ub.edu/multimedia/iem/down/c9/Construction_of_the_mind_(SPA).pdf)
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible [sitio web] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023, diciembre 26). Más del 75% de la población mundial tiene un teléfono celular y más del 65% usa el internet. Noticias ONU [sitio web]. <https://news.un.org/es/story/2023/12/1526712>
- Nearpod Blog. Top 10 virtual reality (VR) field trips for students [sitio web]. <https://nearpod.com/blog/top-10-virtual-reality-field-trips-for-the-end-of-the-year/>
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2022). Tecnología de asistencia [sitio web] https://www.who.int/es/health-topics/assistive-technology#tab=tab_1
- Pacheco, D. (Coord.). (2021). Una mirada a la pobreza en la formación universitaria. México: Plaza y Valdés, Universidad Marista de Mérida.
- Pugliese, Z. (2020). Transhumanismo. Una promesa de mejoramiento humano carente de fundamento ético. *Nuevo Pensamiento*, 10 (16), 428-446. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7714204>
- Parlamento Europeo (2023). La Eurocámara, lista para negociar la primera ley sobre inteligencia artificial. https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2023/6/press_release/20230609IPR96212/20230609IPR96212_es.pdf
- Qadir, J. (2023). Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education. <https://openai.com/blog/chatgpt/>
- Reigeluth, C. (2012). Instructional Theory and Technology for the New Paradigm of Education. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 32, 1-22. <http://www.um.es/ead/red/32>
- Ruiz-Velasco, E. y Bárcenas, J. (2019). *EduTecnología y Aprendizaje 4.0*. SOMECE-UNAM.
- Ruiz-Velasco, E., Bárcenas, J. y Domínguez, J. A. (2020). *Narrativas tecnopedagógicas digitales*. México: ISSUE-UNAM, Newton.
- Soletic, A. (2021). Modelos híbridos en la enseñanza. Claves para ensamblar la presencialidad y la virtualidad. Buenos Aires: CIPPEC. <https://www.cippec.org/publicacion/modelos-hibridos-en-la-ensenanza-claves-para-ensamblar-la-presencialidad-y-la-virtualidad/>
- Soletic, A. y Kelly, V. (2024). Tecnologías, cultura digital y currículum en el espacio iberoamericano. En Coll, C. y Díaz Barriga, F. (Coords.). *Currículum y calidad de la educación en Iberoamérica. Enfoques teóricos, políticas curriculares y procesos de cambio curricular* (Capítulo 6). Montevideo: Grupo Magro Editores.

- The Nature Conservancy (TNC). Nature Lab. Virtual Trips [sitio web] <https://www.nature.org/en-us/about-us/who-we-are/how-we-work/youth-engagement/nature-lab/virtual-field-trips/>
- The Nature Conservancy Brasil [sitio web] <https://www.tnc.org.br/>
- The Nature Conservancy México [sitio web]. <https://www.tncmx.org/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco]. (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial. http://www.lacult.unesco.org/docc/2005_hacia_las_soc_conocimiento.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco]. (2023a). Foundation Models such as ChatGPT through the prism of the UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385629>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco]. (2023b). Una encuesta de la UNESCO revela que menos del 10% de las escuelas y universidades disponen de orientaciones formales sobre IA. Sección Noticias [sitio web]. <https://www.unesco.org/es/articles/una-encuesta-de-la-unesco-revela-que-menos-del-10-de-las-escuelas-y-universidades-disponen-de?hub=32618>
- Useche, A. C., Galvis-Panqueva, A., Díaz-Barriga, F., Patiño-Rivera, A., & Muñoz-Reyes, C. (2022). Reflexive pedagogy at the heart of educational digital transformation in Latin American higher education institutions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, ETHE*, 19 (62), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00365-3>
- Wilson, D., & Myers, K. (2000). Situated cognition in theoretical and practical context. En Jonassen, D. y Land, S. (Comps.). *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 57-88). Lawrence Erlbaum.