

CONSIDERACIONES CURRICULARES, TECNOLÓGICAS Y PEDAGÓGICAS PARA LA TRANSICIÓN AL NUEVO MODELO EDUCATIVO EN EL CAMPO DE LA SALUD SOPORTADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

Samuel X. Pimienta¹, Martha Liliana Mosquera-Martínez²

Resumen

Introducción: La tecnología digital está dando una concepción de inmediatez y precisión, lo que está generando un cambio en el paradigma del ejercicio profesional en las ciencias de la salud, impactando los ámbitos operativo, administrativo y educativo. Tras la creación de las políticas de manejo de los datos en salud hubo un cambio en el paradigma y surgieron interrogantes frente a cuáles son los aspectos curriculares, tecnológicos y pedagógicos a tomarse en cuenta para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por IA. **Resultados:** La inteligencia artificial ha planteado soluciones en la accesibilidad, equidad en salud, precisión y eficiencia diagnóstica; de manera paralela ha creado la necesidad de formación académica de estudiantes y profesionales de la salud, principalmente impartida por universidades que proponen cambios curriculares, tecnológicos y pedagógicos para abordar este paradigma emergente. Estos cambios incluyen la integración de asignaturas técnicas y ciencias exactas diferentes a la atención médica (Estadística, matemática, biomedicina, fundamentos de IA, machine learning, deep learning, etc.), por otro lado está el uso de recursos y tecnologías digitales que puede ser abordado desde los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS - Learning Management Systems) que han permitido una mejora exponencial en la gestión y ejercicio académico. Sin embargo, ya se puede hablar de la evolución de LMS llegando a los Sistemas Inteligentes de Enseñanza (ITS - Intelligent Tutoring Systems), los cuales llevan a la personalización de la gestión y el ejercicio académico, a través de la automatización. Consecuentemente está cambiando el rol del docente y el estudiante. La implementación de la IA trae consigo problemas y retos así como limitaciones relacionadas con la cultura y los beneficios de la interacción humana y la hiperpersonalización de la educación. **Discusión:** Los cambios curriculares, tecnológicos y pedagógicos para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por inteligencia artificial residen sobre la triangulación del currículo, la tecnología digital y la pedagogía. El resultado de dicha triangulación deja en el punto central los sistemas digitales inteligentes de enseñanza, lo que significa el cambio de paradigma necesario para la educación formal (y no formal) de las ciencias de la salud. **Conclusiones:** La educación en ciencias de la salud y el sistema de salud necesitan urgentemente cambios innovado-

1 MD Msc. Departamento morfofisiología, Universidad de La Sabana, coordinador línea e-ducación en Alpocrates.

2 Enfermera Esp. Estudiante de Msc Tecnologías de la Información y comunicación en salud. Integrante línea e-ducación en Alpocrates.

res que aprovechen el auge del potencial tecnológico digital, ciencia de datos e inteligencia artificial. Los cambios incluyen tres esferas con igual peso e importancia: el currículo, la tecnología digital y las estrategias pedagógicas. La sinergia de las tres esferas son los Sistemas Inteligentes de Enseñanza (ITS, Intelligent Teaching Systems), que logran la necesaria automatización y anclaje con las plataformas operativas que manejan el sistema de salud. Se requiere más investigación para determinar los efectos a mediano y largo plazo de estas intervenciones pedagógicas automatizadas.

Palabras clave: *Inteligencia Artificial; educación; currículo; Sistemas de Gestión del Aprendizaje; Sistemas Inteligentes de Enseñanza.*

CURRICULAR, TECHNOLOGICAL AND PEDAGOGICAL CONSIDERATIONS FOR THE TRANSITION TO THE NEW EDUCATIONAL MODEL IN HEALTH SUPPORTED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

Abstract

Introduction: Digital technology is giving a conception of immediacy and precision, which is changing the paradigm of professional practice in health sciences, impacting the operational, administrative, and educational areas. After the creation of the health data management policies, questions arise regarding which are the curricular, technological, and pedagogical aspects to be considered for the transition to the new educational model in the health field, supported by artificial intelligence (AI). **Results:** Artificial Intelligence has offered solutions for accessibility, equity, precision, and diagnostic efficiency in the health area. Parallel to these, it has created the need for academic training of students and health professionals in these topics. The training is mainly offered by universities, which are already proposing curricular, technological, and pedagogical changes to address this emerging paradigm in the field. The proposed curricular changes include the integration of technical subjects and exact sciences, other than the usual in medical care (statistics, mathematics, biomedicine, AI fundamentals, machine learning, deep learning, etc.). On the other hand, there is the use of digital resources and technologies like Learning Management Systems (LMS), which allowed for an exponential improvement in the management and academic exercise. Nowadays, we can already talk about the evolution of LMS to the Intelligent Tutoring Systems (ITS), which lead to the personalization of management and academic exercise through automatization. Consequently, the roles of teachers and students are changing. The implementation of AI also brings with it problems and challenges, as well as limitations related to cultural aspects and benefits of human interaction and the hyper-personalization of education. **Discussion:** The curricular,

technological, and pedagogical changes needed for the transition to a new educational model in the health field, supported by artificial intelligence, reside on the triangulation of curriculum, digital technology, and pedagogy. In the center of this triangle are the intelligent digital teaching systems, which are the paradigm shift necessary for formal (and non-formal) education in the health sciences. **Conclusions:** Health science education and the health system urgently need innovative changes that harness the rise of digital technology potential, data science and artificial intelligence. The changes include three areas with equal weight and importance: the curriculum, digital technology, and pedagogical strategies. The union of these three spheres are the Intelligent Teaching Systems (ITS), which achieve the necessary automation and anchoring with the operational platforms that manage the health system. More research is required to determine the medium and long-term effects of these automated pedagogical interventions.

Keywords: *Artificial Intelligence; education; curriculum; LMS - Learning Management Systems; ITS - Intelligent Tutoring Systems.*

Introducción

El arte, a diferencia de la técnica, es un acto de creación pura, en el que participa la intuición, lo empírico, además de otros saberes distintos del saber científico, y por sobre todas las cosas, una proyección individual. La medicina es por ello un arte y es imposible que dos médicos actúen de la misma forma frente al mismo enfermo; es imposible abarcar la complejidad de un enfermo en su totalidad; es imposible adivinar el futuro con claridad meridiana; es imposible que el médico no se equivoque de vez en cuando (errar es humano) (1).

Aún no ha pasado una década desde que se escribió el artículo ¿Por qué la medicina sigue siendo un arte? (2012) (1), y se puede discutir y hasta asegurar que varias ideas y concepciones de la medicina como un arte están quedando obsoletas, incluso a la ciudadanía en general le parece inadmisibles la idea de “errar es humano” por parte del personal de salud, ya que ello conlleva o puede conllevar la pérdida de un ser querido o dejar secuelas graves en la salud de los individuos. La tecnología digital nos está dando una concepción

de inmediatez y precisión de los productos y servicios debido a los componentes, circuitos electrónicos y al software que los hacen funcionar, y son exactamente esas dos palabras inmediatez y precisión las que están haciendo cambiar el paradigma del ejercicio profesional en las ciencias de la salud, ya que está impactando los tres principales ámbitos de este campo: el operativo, el administrativo y el educativo.

En 2019 el Foro Económico Mundial creó el Consejo Global de Medicina de Precisión (2) con el fin de cerrar las brechas de gobernanza y determinar las políticas de manejo de los datos en salud. De esa manera se empieza a sepultar la concepción del ejercicio médico como un arte que deja las expectativas, resultados y pronósticos sujetos al azar, y se incluyen cientos de variables para cada caso particular que permiten personalizar y predecir la práctica médica y sus efectos en los pacientes. Adicionalmente mejora la gestión y eficiencia de los recursos en el sistema de salud.

Consecuentemente a todo este cambio de paradigma en la gestión y ejercicio laboral en el campo de la sa-

lud, surge una pregunta ¿cómo se van a entrenar las habilidades necesarias para este cambio de paradigma en los estudiantes y profesionales del campo de la salud, o específicamente cuáles son los aspectos curriculares, tecnológicos y pedagógicos a tomarse en cuenta para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por inteligencia artificial. Se ha realizado esta revisión bibliográfica para determinar los aspectos mencionados y así concertar los lineamientos necesarios para proyectar los cambios en educación superior en ciencias de la salud y en las instituciones que se dedican al campo de la salud, frente al advenimiento e incorporación de la inteligencia artificial en todos sus ámbitos (3).

Resultados

Inteligencia artificial (IA) en el campo de la salud

Inteligencia artificial es una ciencia que surgió a mediados del siglo XX. Esta ciencia pertenece principalmente a la informática, pero cubre ciencias de la información, lingüística, psicología, filosofía, matemáticas y muchas otras disciplinas; utiliza principalmente sistemas informáticos y ciencias computacionales para simular las actividades del pensamiento humano. El objetivo principal de la inteligencia artificial es buscar que los ordenadores y dispositivos electrónicos posean: “habilidades para adquirir y aprender conocimientos y datos, para procesar datos de toda naturaleza, para comprender el lenguaje, además de la capacidad para inferir y buscar automáticamente” (4). En los últimos años han aparecido desarrollos digitales para el sistema de salud basados en inteligencia artificial que han sorprendido al personal administrativo y operativo con una mejor gestión o incluso soluciones a problemas que previamente pertenecían únicamente al plano imaginario, tales como (5-9):

- Accesibilidad a la salud en áreas remotas, automatizando la gestión de citas y a través de tele-

medicina mejorando el acceso y la atención, administrando citas subsiguientes, exámenes complementarios y procesamiento de imágenes diagnósticas.

- Equidad en salud. Los prejuicios sistémicos a menudo están arraigados en los datos, los modelos de inteligencia artificial podrían reconocer las representaciones de enfermedades que se ven afectadas por prejuicios raciales, étnicos o socioeconómicos. Con un diseño detallado y la implementación de algoritmos de machine learning se pueden crear modelos justos que aborden las desigualdades, protejan a las poblaciones vulnerables, prevengan que se perpetúen sesgos sociales implícitos en la documentación y registro de la historia clínica electrónica, y de esta manera crear conjuntos de datos más inclusivos para comprender y abordar mejor las disparidades en el cuidado de la salud (10).
- Precisión y eficiencia diagnóstica. Esta es la categoría que más rápidamente está creciendo y los ejemplos son muy numerosos. Uno de ellos es el diagnóstico automático basado en imágenes, y los sistemas de inteligencia artificial pueden funcionar tan bien como los médicos, tal es el caso de estudios en retinopatía diabética que confirman que los sistemas de inteligencia artificial tienen una mayor sensibilidad que los expertos humanos para detectar retinopatía diabética en imágenes (2,11).

Estos son solo algunos de los ejemplos que evidentemente están marcando el camino a seguir en el futuro de la gestión y administración del campo de la salud, así como la efectividad y eficiencia operativa del personal sanitario. En contraste, este cambio de paradigma exige la formación académica de estudiantes y profesionales de la salud que entiendan el lenguaje, instrucciones, adaptación, límites, optimización y personalización de los distintos algoritmos y software soportados por inteligencia artificial, y mejor aún, que lideren la creación de estas tecnologías digitales junto con equipos multidisciplinarios, departamentos de

ingeniería, diseño, planificación, ciencias básicas, etc, para garantizar el acceso de todos los sectores sociales a este paradigma emergente (12).

Esta formación académica ya se está desarrollando en algunas instituciones educativas como el Instituto Duke de innovación en salud “Estudiantes de medicina trabajan junto con expertos en datos para desarrollar tecnología mejorada para la atención médica, diseñada para médicos”, Universidad de Florida “Residentes de radiología e imagen trabajan con una empresa basada en tecnología para desarrollar la detección asistida por computadora para las mamografías”, Facultad de Medicina Carle Illinois “Ofrece un curso diseñado por científicos, clínicos, e ingenieros para aprender acerca de las nuevas tecnologías”, Instituto Sharon Lund de inteligencia e innovación “Ofrece un curso de verano sobre todas las nuevas tecnologías en el campo de la salud, dirigido a estudiantes de medicina”, Centro de inteligencia artificial en medicina e imagen de la Universidad de Stanford “Inclusión de estudiantes de pregrado y posgrado para resolver problemas de salud con el uso de aprendizaje automatizado” y el Centro de ingeniería en medicina de la Universidad de Virginia “Inclusión de estudiantes de medicina en laboratorios de ingeniería para crear ideas innovadoras en la atención médica” (3).

La formación académica del personal de la salud actualmente (a diferencia de otros campos como programación, marketing, diseño que tienen un fuerte componente de educación no formal) está liderada por las instituciones de educación superior o educación formal, sobre todo universidades. Varias de estas universidades mencionan los cambios curriculares, tecnológicos y pedagógicos para abordar este paradigma emergente (7).

Currículo académico

Los cambios curriculares propuestos incluyen la integración de temas y asignaturas en la preparación académica del personal de la salud, que hasta ahora his-

tóricamente han pertenecido a otras áreas (técnicas y ciencias exactas) diferentes a la atención médica, pero que en el contexto de un paradigma emergente multidisciplinario lo exige (13-35).

- Estadística, matemática básica
- Biomedicina e informática
- Fundamentos de inteligencia artificial, machine learning y deep learning
- ¿Cómo evaluar literatura que contiene inteligencia artificial?
- Revisión de artículos de gran impacto en inteligencia artificial y salud
- Aplicaciones clínicas de IA
- Aplicaciones quirúrgicas de IA
- Ética e IA
- Implicaciones médico-legales del uso de IA
- Inequidades en salud por el uso de IA
- Humanización de la medicina e IA

Los currículos deben contar con la inclusión de cátedra de ciencia de datos, con el objetivo de brindar herramientas al estudiante para decidir en condiciones de incertidumbre. Así mismo, se debe abrir espacio para “modelado y análisis de decisiones formales, toma de decisiones basadas en evidencia y evaluación crítica de la literatura, metanálisis, minería de datos y detección de señales” (36).

Otra de las razones por las cuales es necesario el desarrollo de competencias en ciencia de datos es la historia clínica electrónica (36). Este hecho en particular expone tres situaciones muy importantes: 1. El estudiante y profesional debe conocer la importancia del uso adecuado de la HC electrónica. 2. La HC electrónica será parte fundamental del aprendizaje global, pues permitirá procesar información casi de manera inmediata. 3. Aunque exista la ciencia de datos, se debe tener profesionales entrenados en cómo usar la información y procesarla para toma de decisiones, pues la big data no puede hacer cambios por sí misma (33-41).

Es necesario que los currículos de diversas profesiones se contacten entre sí; la academia debe propiciar el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo y la comunicación asertiva. Es momento de quebrar el paradigma de que las ciencias exactas están alejadas de las ciencias humanas (37). Se debe tener en cuenta que las decisiones en el futuro no solo serán tomadas por un médico, serán por un equipo multidisciplinar que incluye al paciente y la familia (36).

Tecnología digital en educación médica

A los cambios curriculares se suman los cambios en el uso de recursos y tecnologías digitales en educación médica, que se organizan paralelamente a la integración de IA y automatización de los procesos en el sector de la salud, hablamos del manejo pormenorizado de los datos generados antes, durante y después del proceso pedagógico en educación médica y que tiene que ver con (5-7,13-15):

- Automatización de tareas administrativas docentes.
- Software para brindar una educación personalizada.
- Automatización de la evaluación formativa y sumativa de los estudiantes.
- Detección de temas que necesiten más trabajo en clases.
- Asistente personal y soporte de aula para los estudiantes.
- Estratificación de la relevancia de la información según las necesidades del estudiante o del profesional de la salud.
- Uso inteligente de los datos para retroalimentación efectiva a los estudiantes.

La “enseñanza tradicional” usaba poca tecnología, su base eran instrumentos (pizarra, marcadores, etc.) que limitaban el ejercicio pedagógico y escasamente permitía generar innovaciones. Actualmente, gracias a la tecnología digital las innovaciones han alcanzado un grado de efervescencia que incluso es abrumadora la cantidad

de recursos educativos digitales en educación médica, temas como automatización de la evaluación, refuerzo dirigido, tutorías remotas asincrónicas y sincrónicas, guías de contenido, retroalimentación efectiva, pertenecen ya al diario ejercicio tanto de administrativos como de docentes (17). Este tema extenso de tecnología digital en educación médica se puede abordar desde diferentes aspectos, pero desde el punto de vista pedagógico es útil hablar de los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS - Learning Management Systems), el más conocido y de mayor uso a nivel mundial es Moodle. Moodle ha permitido una mejora exponencial en los tres componentes principales en la gestión y ejercicio académico: el perfil del estudiante, el campo temático y las estrategias pedagógicas (18).

El perfil del estudiante (the student model) (13), responde a la pregunta ¿qué es lo que el estudiante sabe?, se actualiza a medida que el curso avanza y refleja su comportamiento académico e interacción con el software educativo (clicks, tiempo de uso, cumplimiento de tareas, avance parcial y global, evaluaciones, etc.). El campo temático (the expert model), responde a la pregunta ¿qué es lo que el estudiante necesita saber?, y es la estructura que dirige la preparación académica, está alineada a las necesidades curriculares y sobre todo a los objetivos pedagógicos y profesionales, dicho contenido se provee a través de recursos educativos digitales (archivos pdf, documentos, videos, fotos, infografías, podcast, realidad aumentada etc.). Por último el dominio pedagógico (pedagogical model) responde a la pregunta ¿qué contenido, cuándo se va a proveer y cómo se va a realizar dichas actividades didácticas?, es decir, funciona como un puente entre lo que el estudiante sabe y las acciones didácticas que se deben realizar para conseguir lo que el estudiante debe saber o debe lograr en su preparación pedagógica.

Moodle permite una mejora exponencial de los tres elementos de la gestión y el ejercicio académico, pero varias instituciones y empresas reportan nuevas pro-

puestas y creaciones que se considera que son la evolución de los LMS, los Sistemas Inteligentes de Enseñanza (ITS - Intelligent Tutoring Systems). Los ITS llevan a la personalización de la gestión y el ejercicio académico, a través de la automatización: de la evaluación, del suministro de contenidos a través de recursos educativos digitales (minado de texto, imágenes y procesamiento natural del lenguaje), creación de mapas conceptuales, sistemas de recomendación de temas y cursos, de las estrategias pedagógicas según los objetivos académicos u operativos, de la retroalimentación efectiva y supervisión personalizada de los estudiantes, permitiendo la evolución de los tres componentes: el perfil del estudiante, el campo temático y de los recursos digitales y estrategias pedagógicas (19-24).

Sistemas de enseñanza con pacientes virtuales, por ejemplo el proyecto Hanover de Microsoft (25) que usa machine learning y sistemas de soporte en la toma de decisiones en cáncer, ayudan a los estudiantes de medicina a encontrar el mejor plan de tratamiento entre muchos y lograr una medicina de precisión (26). También hay que añadir la influencia de la inteligencia artificial en la gerencia de educación médica en modalidad virtual que incluyen: tecnologías de la información, centros de almacenamientos de datos, bibliotecas de recursos de enseñanza, plataformas en la nube, todo ello mejora el proceso de entrenamiento, la gestión y evaluación, gestión institucional de docentes, de gestores de proyectos, de evaluación al personal, así como el manejo de los créditos y contenido a enseñar, bases de datos para educación médica continua (casos clínicos, infografías, resúmenes), cubrir e identificar las necesidades básicas de cada estudiante y el establecimiento de un plan nacional de educación médica continua, con un sistema de gestión institucional de la información (4). Los ITS también encuentran aplicaciones en el campo quirúrgico el proyecto MLASE (Machine Learning to Assess Surgical Expertise), o el uso de machine learning para la evaluación de las competencias y

habilidades quirúrgicas (27). El auge del aprendizaje de medicina a distancia o de manera remota, que no está limitado por tiempo o espacio, puede realizarse en línea o fuera de ella, sincrónica o asincrónica y también otras actividades como microblogging, entrenamiento simulado virtual, enseñanza de la práctica clínica en el pase de revista o en las rondas a través de m-learning (aprendizaje a través de dispositivos móviles) (22,28,29), necesitan de la gestión y registro de todas estas actividades con ITS.

Pedagogía en ciencias de la salud, antes y después

El docente en su rol como educador se ha caracterizado por ser emisor de conocimientos, sin embargo, el cambio social y tecnológico ha impulsado un cambio en dicho rol, el docente del siglo XXI debe guiar el proceso de adquisición de conocimientos (30-32) y acompañar la toma de decisiones del estudiante, por medio una comunicación bidireccional (33). Así mismo es necesario el replanteamiento de las metodologías y estrategias didácticas (34).

Y aunque la tecnología está cambiando el quehacer educativo, se debe planificar cuidadosamente el uso independiente y autodidacta de los sistemas educativos digitales y también determinar con claridad los roles a desempeñar por parte del docente. Es en este contexto que el docente debe estar enfocado en ser entrenador, guía y experto temático, el rol que asuma depende de la etapa educativa del estudiante y moldeado por el contexto, junto con el currículo y las competencias pedagógicas enmarcadas, teniendo en cuenta que la automatización que posibilita la IA definitivamente favorece los procesos bidireccionales de enseñanza y aprendizaje (34-35). Además, el docente debe ser tolerante al error y abrir el espacio para que el alumno no sea recriminado por equivocarse, sino que por el contrario, aprenda a analizar el error, buscar información confiable en la red y aplicar una solución acertada (36).

La inclusión de la inteligencia artificial en el rol docente también implica un cambio en sus funciones, mediado por la manera como se instruye a los estudiantes y al desarrollo de contenido de e-educación. Pérez y Herrera (34) proponen ocho diseños sobre los cuales debe desarrollarse el nuevo enfoque docente:

- **Diseño de los contenidos de aprendizaje:** Enfoque basado en la selección de contenidos aptos para el perfil del estudiante y las necesidades curriculares. Este diseño debe estar en constante actualización.
- **Diseño instruccional:** Docente enfocado en planificación de unidades de contenido según el objetivo pedagógico propuesto y desarrollo de estrategia pedagógica pertinente (infografías, videos, foros, etc.).
- **Diseño de cursos en línea:** Docente como experto que desarrolla la estrategia pedagógica y material educativo para cursos en modalidad virtual o mixta.
- **Diseño de aprendizaje:** Docente enfocado en realizar mapa de necesidades del estudiante, selección de contenidos, medición de habilidades cognitivas, planeación de objetivos pedagógicos.
- **Diseño pedagógico:** El docente en su rol de guía y facilitador, ayudado por estrategias tecnológicas digitales. Prima la experiencia del docente para orientar y estimular el aprendizaje.
- **Diseño comunicacional:** Docente como creador de contenido digital visual para producir conocimiento. (Gamificación, imágenes interactivas, desarrollos web, infografías, etc...)
- **Diseño tecnológico:** Docente enfocado en seleccionar la mejor tecnología posible para que el proceso de aprendizaje sea constructivo y dinámico.
- **Diseño editorial:** Docente enfocado en organizar y editar el material pedagógico con el objetivo de que se aumente la interactividad con el estudiante y haya un mejor aprovechamiento del recurso digital.

Por otro lado, es necesario comprender que la mayoría de los estudiantes de hoy tienden a ser más asertivos

al comunicarse, pero también centran la atención en sí mismos de una manera que puede parecer narcisista, tienen un inadecuado manejo de la frustración, tienen expectativas altas, la dinámica social ha hecho que tengan más problemas de estrés y ansiedad, se consideran autosuficientes y frente a los métodos de estudio no les gusta leer textos largos (37), prefieren lo visual y auditivo, por ello el éxito de las redes sociales (youtube, instagram, tiktok, facebook). Sin embargo, estas dificultades no limitan su rol en el proceso educativo, pues esa misma dinámica social los ha hecho dejar de ser espectadores y pasar al centro del modelo educativo, el estudiante de hoy no quiere ser consumidor, quiere ser cocreador de contenido (33) y es allí donde la IA y los ITS juegan un papel fundamental, pues con su integración y supervisión automática en los procesos de enseñanza, el estudiante puede crear, desarrollar, replantear, analizar y redescubrir nuevas formas de aprendizaje (38).

Los estudiantes (X,Y,Z o Millennials) que están conformando el ecosistema educativo tienen diferencias generacionales importantes que se han documentado a lo largo del tiempo (39-40), estas diferencias realmente son brechas que han sobrepasado la escala temporal, llegando a la escala de lo digital. Es por ello que la tecnología basada en IA que soporta los ITS tiene la facultad de disminuir o ampliar la brecha dependiendo de la manera como se aborde (41).

Problemas y retos a resolver por la IA en educación médica

La implementación de la IA tiene consigo problemas y retos que pueden enumerarse a continuación:

Problemas:

- El docente decide cómo, cuándo y dónde, usar la tecnología en el aula, lo que hace que el estudiante malentienda la utilidad que tiene la tecnología en

la vida práctica, así como la necesidad de ser competente laboralmente al usarla. (33,42)

- Entornos educativos rígidos con metodologías educativas obsoletas, que dificultan el uso y potencial de la tecnología educativa digital.
- Instituciones educativas con falta de recursos económicos y brechas sociales que detienen el desarrollo tecnológico, acompañado de políticas públicas poco equitativas (10).

Retos:

- El diseño curricular basado en IA debe estar diseñado para la vida y no para la institución (life long learning), puesto que el aprendizaje en el siglo XXI deja de ser individual y está dado por las interacciones sociales (teoría conectividad, Siemens) (33).
- Los entornos educativos que integran IA deben ser flexibles, inclusivos, personalizados, motivadores o enganchadores y efectivos (38).
- Transformar la didáctica y las metodologías tradicionales de forma amena, con el objetivo de vencer la resistencia al cambio tecnológico (34).
- Dejar de lado el criterio de ambiente escolarizado y abrir la puerta a un ambiente de educación virtual (o híbrido), en el que componentes como la gamificación tengan el espacio de desarrollarse (43).
- Alfabetización digital como fundamento para el uso e implementación de educación médica basada en IA.
- Propiciar el desarrollo de competencias en el estudiante (desarrollar sistemas de identificación precisa de qué conoce y qué desconoce el estudiante, que cuestione el conocimiento y desarrolle habilidades de pensamiento crítico frente a la evidencia científica) (36).
- Comprender a profundidad procesos mentales humanos que intervienen en la educación (neurobiología del aprendizaje) tales como: motivación, memorización, voluntad, concentración, creatividad, toma de decisiones, aprendizaje (44).

Incapacidades y límites de la IA en educación médica.

La implementación de IA en educación tiene algunas limitaciones (45), entre ellas: la IA no puede suplir lo que la cultura por medio de la interacción social brinda al estudiante, en este caso la presencia del docente facilita nuevas formas de aprendizaje a través de la interacción cultural y social. Por otro lado, el proceso de aprendizaje puede darse en cualquier entorno y la IA no tiene el alcance de abordar aquello que esté fuera del aula, si no se ha planeado con antelación. Teniendo en cuenta que el proceso de aprendizaje va más allá de la aprobación de un examen o la acumulación de conocimiento, la IA aún no puede por sí misma plantear el propósito o la ruta completa de aprendizaje que debe tener el estudiante (hiperpersonalización), pues está acción la realizan de manera directa los docentes y la institución académica.

La IA no puede reemplazar la empatía y el acompañamiento que un docente brinda a los estudiantes cuando hay situaciones en las cuales cambia la dinámica de enseñanza-aprendizaje o en momentos de crisis (8).

Discusión

Las instituciones de educación superior o universidades han tenido que adaptarse para mantenerse vigentes (39,46), a pesar de ello, la mayoría siguen siendo estratégicamente conservadoras basándose en las tácticas del pasado (41,42). Esa misma confrontación se vivió en cada ámbito social en la década de los 70', cuando organizaciones como la UNESCO hacían un llamado para observar los cambios vertiginosos que estaban ocurriendo sobre los modelos de producción y formación; estaban alertando sobre el principio de una revolución que estaba cambiando radicalmente a la humanidad (39). Históricamente estos cambios se dieron por las revoluciones industriales, que mencionadas

someramente fueron: la creación de las máquinas a vapor y su efecto sobre la mano de obra, la llegada de la electricidad transformando las formas de producción, la revolución de la tecnología digital y la revolución 4.0 que incluye IA (Inteligencia artificial) y el aumento del poder de procesamiento de datos (43), esta última revolución está cambiando de manera radical la manera como vive y trabaja el ser humano (39), adicionalmente ha hecho que la sociedad sea cambiante compleja, e incluso caótica y disruptiva (33,43). Centrando estos cambios en la educación médica, “la revolución 4.0 no solo ha permitido la generación de procedimientos sustentados en los modernos procesos de gestión del ejercicio académico y la automatización de los mismos, sino que además ha permitido la generación de novedosos entornos y planteado nuevas modalidades en la formación” (41,42-46). Tras vislumbrar dichos cambios evolutivos es necesario aterrizar en los modelos de educación médica, que se han ido transformando hasta lo que conocemos hoy, sobre todo en los aspectos curriculares que, sorprendentemente, en la mayoría de instituciones de educación superior siguen siendo casi idénticos a los de hace más de 100 años (informe Flexner).

En 1908 Abraham Flexner fue convocado por el denominado círculo de Hopkins para dar su crítica al sistema educativo estadounidense. En ese entonces consideraban que la mayor dificultad de la pedagogía en medicina estaba en la forma tan heterogénea de impartir el conocimiento, por lo cual se necesitaba de un educador calificado para examinar el proceso (47). Tras una ardua revisión, Flexner publica un informe -que se denominó el Informe Flexner- en el cual tras una dura crítica al sistema, estructuró de manera rigurosa los requisitos para la admisión de los estudiantes a las escuelas de medicina y la constitución de un currículo que brinde los conocimientos suficientes en laboratorio, ciencias básicas, clínicas e investigación. De esa manera se estableció la estructura curricular basada en ciencias básicas y ciencias

clínicas (componente teórico inicialmente y luego práctico), así como la “departamentalización” en múltiples asignaturas (37,47). Aunque el desarrollo del modelo Flexner ha tenido aciertos y su modelo fue relativamente fácil de implementar a nivel global, su estructura ya no brinda los resultados esperados para la formación del médico del siglo XXI (37), y menos para el médico del 2030.

Posteriormente, en 1988 se realiza la Declaración de Edimburgo, que estableció la importancia de brindar una atención de calidad enfocada en promover la salud y prevenir la enfermedad. Se planteó un modelo de educación médica integral dándole espacio a la salud comunitaria y a los cambios curriculares, pues se manifestó la necesidad de implementar la educación médica continuada, la formación en educación para los docentes, sistemas evaluativos que permitieran tener seguimiento a competencias, una educación que a parte de lo científico instruyera en valores y un currículo que diera respuesta a las necesidades sociales, es decir mantener un diálogo social continuo, conservando la flexibilidad curricular, pues la sociedad no es estática (48).

Años más tarde y basados en estos principios se realizó la declaración de Bolonia (1999) sobre la cual se crearon algunos dominios fundamentales para la práctica médica, comunicación efectiva (habilidades de comunicación interpersonal), pensamiento analítico, aprendizaje basado en la práctica, profesionalismo dado por virtudes, valores, excelencia y educación continua, práctica médica costo efectiva para los pacientes (49). Para ese mismo año, se generó el documento “La educación superior en el siglo XXI: Líneas estratégicas para su desarrollo”, en la cual se plantean que el modelo educativo cambie poniendo al estudiante en el centro, creando la necesidad de un currículo diferente que tenga en cuenta la globalización, el desarrollo de tecnologías (TIC), la virtualización y la globalización (49).

En el año 2004, como parte del ejercicio académico de repensar la educación y por ende el modelo pedagógico, nace el proyecto “Alfa Tuning América-Latina”, metodología internacional que tiene como objetivo lograr que los modelos educativos de América Latina sean compatibles, comparables y competitivos, en términos de desarrollo de competencias, enfoques de enseñanza (formas de aprendizaje y evaluación de competencias), créditos académicos y calidad de los programas (50).

Algunos de los elementos de los tres últimos modelos fueron acogidos por algunas universidades, pero fue difícil la implementación y su mantenimiento, ya que era económicamente poco viable y menos comercial. Actualmente, existe la concepción y apreciación por parte del personal médico, de que la vida académica universitaria durante el pregrado tiene como objetivo el entrenamiento para un examen específico que les dará el ingreso a una especialidad de alto alcance profesional y económico.

Los cambios curriculares, tecnológicos y pedagógicos para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por inteligencia artificial residen sobre la triangulación que debe iniciar con el currículo como ruta, la tecnología digital como motor y la pedagogía como conductor.

A los nuevos modelos educativos se deben incorporar transformaciones pedagógicas que contengan currículos basados en investigación e innovación. La innovación no solo se refiere a las diferentes modalidades académicas (mixta, presencial, virtual) o a la adherencia de cambios en la tecnología digital del aprendizaje (e-education, gamificación, big data) (46,46), sino también a la integración con temas y asignaturas que asistan y refuercen el entendimiento de estadística, matemática básica, fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje automatizado y aprendizaje profundo, posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en ciencias clínicas o ciencias quirúrgicas, manejo y pro-

cesamiento de grandes cantidades de datos en salud, ética de la inteligencia artificial en salud, así como la ética del dato en salud, historia clínica electrónica y registro adecuado de los datos (46). Y en este punto hay una pregunta importante, ¿por qué un estudiante o profesional en el campo de la salud debería saber sobre matemática, datos, Inteligencia Artificial? La palabra clave es la interdisciplinariedad, la construcción de tecnología digital basada en inteligencia artificial que de soluciones a los problemas operativos, educativos y administrativos del sector de la salud a través de la automatización y el análisis de grandes cantidades de datos, no se da gracias únicamente a ingenieros que desde el punto de vista técnico construyen software, pero que no tienen el componente experiencial para identificar de primera mano los detalles y dificultades de los procesos en salud, pero que el personal de salud entrenado en estas áreas técnicas si pueden generar aportes necesarios interdisciplinarios y con el sinergismo suficiente llegar a soluciones más elaboradas para resolver problemas complejos en salud.

El mercado laboral también está cambiando frente a la incursión de IA en salud, esta es otra razón para la adaptación de currículos universitarios, deben ser dinámicos y no solo alinearse a la realidad, sino estar planteados de tal manera que tengan la posibilidad de autoadaptación a largo plazo (34,43); la academia debe tener una visión de alto, largo y ancho alcance de tal manera que el currículo sea funcional a lo largo del tiempo. Esta propuesta de currículo adaptable requiere de una flexibilidad para integrar la educación no formal, la sociedad y las opciones de empleo, como un sistema dinámico y efectivo (43).

Hay que tener en cuenta que el desarrollo social y tecnológico van a ritmo que puede ser inviable seguirle el paso, es allí donde se requiere repensar la forma como la universidad plantea el currículo (43,46). En ese contexto existen propuestas con fórmulas innovadoras para la formación profesional como $F + I + D + i$

(Formación, Investigación, Desarrollo e innovación), que están a la vanguardia de las universidades más innovadoras del mundo. El Instituto Tecnológico de Massachusset incluye en esta fórmula IA + ii (Inteligencia Artificial e innovación inteligente). Estas fórmulas están acompañadas de la libertad del estudiante para seleccionar su plan curricular, puede ser rígido, semiflexible y flexible (46). El currículo rígido es el que se conoce comúnmente, en el quedan libres algunos créditos para elección del estudiante; el semiflexible, aparte de los créditos da la libertad de escoger un área de especialización, mientras que el flexible ofrece opciones de movilidad.

La universidad no solo debe trabajar en el desarrollo curricular moderno, sino que debe introducir el lenguaje digital soportado en inteligencia artificial (41), es decir trabajar en el desarrollo de la alfabetización digital.

Una vez establecido el currículo se deben sentar los lineamientos académicos, o sea el resultado de la in-

teracción entre el currículo y pedagogía, que sugiere a las instituciones educativas dirigir la formación académica hacia la empleabilidad o la posibilidad del desarrollo empresarial del estudiante, no en la única posibilidad de acumular conocimientos. En ese contexto los lineamientos académicos dictan (36,46): organizar la información más que acumular información (andamiaje a través de la psicología cognitiva del aprendizaje), aprender a cuestionar y hacerse preguntas retadoras, descubrir y hacerse consciente de lo que se sabe y de lo que se ignora de la temática, aprender dónde buscar información, cómo buscarla, procesar datos teóricos y el uso de la información para la resolución de problemas.

En última instancia tenemos la interacción entre pedagogía y tecnología digital o EdTech. En este aspecto se deben tener en cuenta las tecnologías de la información y comunicación de las que se dispone para planificar el proceso pedagógico a seguir, esto es, la planificación previa de las tecnologías digitales disponibles condiciona la estrategia pedagógica a usarse y permite

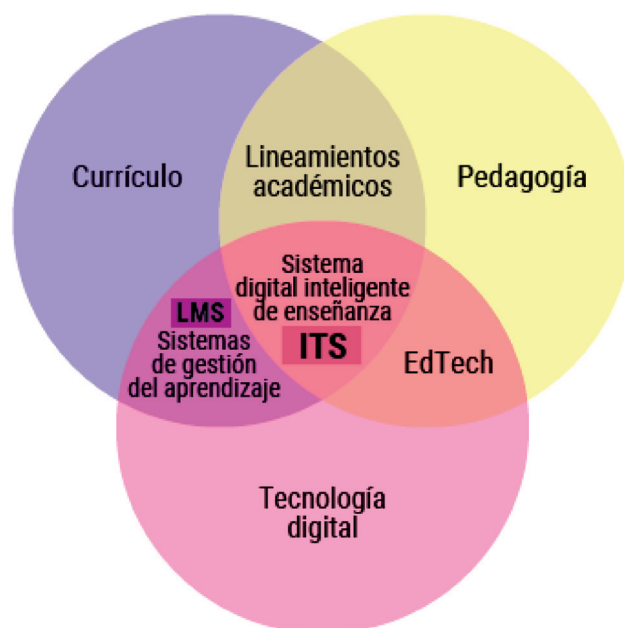


Figura 1. Componentes principales en la construcción del proceso académico en ciencias de la salud.

un rango previsible de los resultados esperados luego de la implementación académica, y no en sentido contrario (lo que usualmente se realiza), que se planifica la estrategia pedagógica a usarse y posteriormente se va utilizando los recursos tecnológicos que se encuentren disponibles (se los deja en segundo plano), dejando elementos al azar que condicionan los resultados esperados del proceso académico y el funcionamiento del proceso pedagógico.

De esta manera se constituye la unión entre currículo, pedagogía y tecnología digital, cuya conjunción determina la formación de los Sistemas Digitales Inteligentes de Enseñanza (ITS - Intelligent Teaching Systems) que significa el cambio de paradigma necesario para la educación formal (y no formal) de las ciencias de la salud. Este tipo de innovación educativa permite la identificación de problemas complejos por parte de los estudiantes y se incentiva un aprendizaje “justo a tiempo”, llevándolo a una situación de reflexión y evolución. Las universidades dejan de ser un objetivo, pues pasa a ubicarse en la red social propiciando un conocimiento vigente con la realidad colectiva (46) (33).

Conclusiones

La educación en ciencias de la salud y el sistema de salud necesitan urgentemente cambios innovadores que aprovechen el auge del potencial tecnológico digital, ciencia de datos e inteligencia artificial que catapulten el ahorro de recursos, la automatización de procesos y la eficiencia de los sistemas en congruencia con la cuarta revolución industrial. Los cambios incluyen tres esferas con igual peso e importancia: el currículo, la tecnología digital y las estrategias pedagógicas. El currículo es uno de los primeros cambios a realizarse, es decir el camino a recorrer; la tecnología digital es el motor que permite avanzar por dicho camino, por último la pedagogía, que es el conductor que permite de manera segura llevar el proceso, cumplir los objetivos pedagógicos, operativos e institucionales. La si-

nergia de las tres esferas son los Sistemas Inteligentes de Enseñanza (ITS - Intelligent Teaching Systems), que logran la necesaria automatización y anclaje con las plataformas operativas que manejan el sistema de salud, dichas plataformas estipulan las competencias cognitivas y pedagógicas que requiere el mercado y las comunican a las instituciones académicas para la posterior preparación del talento humano en salud adecuado para las necesidades del mercado. En la misma dirección se obtiene más tiempo para que el cuerpo docente dedique esfuerzos en desarrollar habilidades que son difíciles de forjar únicamente en el aula de clase (empatía, trabajo en equipo, pensamiento crítico).

Se requiere más investigación para determinar los efectos a mediano y largo plazo de estas intervenciones pedagógicas automatizadas, el impacto en el trabajo individual y en equipo, así como las necesidades emocionales que surgen de estos nuevos paradigmas en educación en ciencias de la salud.

Referencias

1. Meskó B. The Real Era of the Art of Medicine Begins with Artificial Intelligence. *J Med Internet Res*. 2019 Nov 18;21(11):e16295. doi: 10.2196/16295.
2. Precision Medicine Vision Statement: A Product of the World Economic Forum Global Precision Medicine Council [Internet]. World Economic Forum. [citado 9 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/precision-medicine-vision-statement-a-product-of-the-world-economic-forum-global-precision-medicine-council/>
3. Paranjape K, Schinkel M, Nannan Panday R, Car J, Nanayakkara P. Introducing Artificial Intelligence Training in Medical Education. *JMIR Med Educ*. 2019 Dec 3;5(2):e16048. doi: 10.2196/16048.
4. Zhao H, Li G, Feng W. Research on Application of Artificial Intelligence in Medical Education. En: 2018 International Conference on Engineering Simulation and Intelligent Control (ESAIC). 2018. p. 340-2.
5. Rampton V, Mittelman M, Goldhahn J. Implications of artificial intelligence for medical education. *Lancet Digit Health*. 2020 Mar;2(3):e111-e112. doi: 10.1016/S2589-7500(20)30023-6.
6. van der Niet AG, Bleakley A. Where medical education meets artificial intelligence: 'Does technology

- care?'. Med Educ. 2021 Jan;55(1):30-36. doi: 10.1111/medu.14131. Epub 2020 Mar 30.
7. Han ER, Yeo S, Kim MJ, Lee YH, Park KH, Roh H. Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. BMC Med Educ. 2019 Dec 11;19(1):460. doi: 10.1186/s12909-019-1891-5.
8. Webster CS. Artificial intelligence and the adoption of new technology in medical education. Med Educ. 2021;55(1):6-7.
9. Pinto Dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R, et al. Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. Eur Radiol. 2019 Apr;29(4):1640-1646. doi: 10.1007/s00330-018-5601-1. Epub 2018 Jul 6.
10. Luna-Nemecio J. Tecnologías de Información, Comunicación y Conocimiento para el Aprendizaje Digital en tiempos de pandemia: un balance crítico desde los imaginarios de la sostenibilidad. En 2021, p. 35-63.
11. Duong MT, Rauschecker AM, Rudie JD, Chen P-H, Cook TS, Bryan RN, et al. Artificial intelligence for precision education in radiology. Br J Radiol. 2019;92(1103):20190389.
12. Guimarães B, Dourado L, Tsisar S, Diniz JM, Madeira MD, Ferreira MA. Rethinking Anatomy: How to Overcome Challenges of Medical Education's Evolution. Acta Med Port. 2017;30(2):134-40.
13. Park SH, Do K-H, Kim S, Park JH, Lim Y-S. What should medical students know about artificial intelligence in medicine? J Educ Eval Health Prof. 2019;16:18.
14. Sapci AH, Sapci HA. Artificial Intelligence Education and Tools for Medical and Health Informatics Students: Systematic Review. JMIR Med Educ. 2020 Jun 30;6(1):e19285. doi: 10.2196/19285.
15. Wartman SA, Combs CD. Medical Education Must Move From the Information Age to the Age of Artificial Intelligence. Acad Med J Assoc Am Med Coll. 2018;93(8):1107-9.
16. La Informática Biomédica y la educación de los médicos: un dilema no resuelto | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [citado 6 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1575181315-000145?token=C1F8893C7DC1EAC804EDC012E42C9B-94AB00C3B9FB8186F5F382210F1E3774AE54CAB5EF5589D4F57316577FA919A0E&originRegion=us-east-1&originCreation=20211006192850>
17. Sotero, Victor Dilma, Dalmaris, Dermeval, Diego, Artur, Jorge, Passos, Francisco. A Systematic Review on the Use of Educational Technologies for Medical Education. International Conference on Computer Supported Education; 2019. Report No.: 11.
18. Daly, Chris. A learning management system... or an intelligent tutoring system? Learning Solutions Magazine [Internet]. 2009; Disponible en: <https://www.immaginc.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENPRESS/L109511D.pdf>
19. Mousavinasab E, Zarifsanaiey N, R. Niakan Kalhori S, Rakhshan M, Keikha L, Ghazi Saeedi M. Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods. Interact Learn Environ. 2021;29(1):142-63.
20. Mars M. A systematic review of the effectiveness of videoconference-based tele-education for medical and nursing education. [citado 13 de septiembre de 2021]; Disponible en: https://core.ac.uk/reader/62635240?utm_source=linkout
21. Sottolare, Robert R Perez. A review of intelligent tutoring system technologies for medical training and education [Internet]. Science and Technology Organization; 2018 p. 140. Disponible en: [https://www.gifttutoring.org/attachments/download/2520/\\$\\$TR-HFM-237-ALL.pdf#page=87](https://www.gifttutoring.org/attachments/download/2520/$$TR-HFM-237-ALL.pdf#page=87)
22. Suebnukarn S. Intelligent Clinical Training during the COVID-19 Pandemic. En: 2021 18th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). 2021. p. 1-5.
23. Assessment of Intelligent Tutoring Systems Technologies and Opportunities [Internet]. The Science and Technology Organization; 2018. Disponible en: [https://gifttutoring.org/attachments/download/2520/\\$\\$TR-HFM-237-ALL.pdf#page=25](https://gifttutoring.org/attachments/download/2520/$$TR-HFM-237-ALL.pdf#page=25)
24. Exploring the Need for Explainable Artificial Intelligence (XAI) in Intelligent Tutoring Systems (ITS). IUI Workshops'19 [Internet]. 2019;2327. Disponible en: <http://ceur-ws.org/Vol-2327/IUI19WS-ExSS2019-19.pdf>
25. Project Hanover [Internet]. Microsoft Research. [citado 9 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-hanover/>
26. Li H, Chen B, Li J, Liu W, Ren T, Zheng S, et al. Status, problems and countermeasures of artificial intelligence application in medical education. Chin J Evid-Based Med. 2020;20:1092-7.
27. Winkler-Schwartz A, Bissonnette V, Mirchi N, Ponnudurai N, Yilmaz R, Ledwos N, et al. Artificial Intelligence in Medical Education: Best Practices Using Machine Learning to Assess Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. J Surg Educ. 2019 Nov-Dec;76(6):1681-1690. doi: 10.1016/j.jsurg.2019.05.015. Epub 2019 Jun 13.
28. Masters, Ken E Rachel. Mobile technologies in medical education: AMEE Guide No. 105. Medical Teacher [Internet]. 2016; Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/0142159X.2016.1141190>
29. Chang C-Y, Hwang G-J. Trends of mobile technology-enhanced medical education: a review of journal publications from 1998 to 2016. Int J Mob Learn Organ. 2018;12:373-93.

30. Zúñiga MAR. Gestión educativa del siglo XXI y su influencia de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Análisis neutrosófico. Rev Asoc Latinoam Cienc Neutrosóficas*. 2021;18:23-32.
31. Calderon, Margarita L Héctor. Un cambio imprescindible: el rol del docente en el siglo XXI. *Revista Illari*. :37-42.
32. Esquerre Ramos LA, Pérez Azahuanche MÁ, Esquerre Ramos LA, Pérez Azahuanche MÁ. Retos del desempeño docente en el siglo XXI: una visión del caso peruano. *Rev Educ*. diciembre de 2021;45 (2):628-50.
33. Blanco AV, Amigo JC. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 2016;30(2):103-114.
34. Zúñiga P, Hernández M, Conchas E. El nuevo enfoque de participación docente ante los retos y desafíos tecnológicos de la cuarta revolución industrial. 2020;41(11):24.
35. Zou T-T, Li L, Liu B, Huang H-L, Zhou Y-P, Wu L. The Influence and Countermeasures of the Era of Network and Digital Technology on the General Education of Medical Students. *DEStech Trans Soc Sci Educ Hum Sci* [Internet]. 2020 [citado 9 de octubre de 2021];0 (icssm). Disponible en: <https://www.dpi-proceedings.com/index.php/dtssehs/article/view/34300>
36. Friedman CP, Donaldson KM, Vantsevich AV. Educating medical students in the era of ubiquitous information. *Med Teach*. 2016;38 (5):504-9.
37. Buja LM. Medical education today: all that glitters is not gold. *BMC Med Educ*. 2019;19 (1):110.
38. León Rodríguez G de la C, Viña Brito SM. La inteligencia artificial en la educación superior. Oportunidades y amenazas. *INNOVA Res J*. 2017;2 (8.1):412-22.
39. Aretio LG. Necesidad de una educación digital en un mundo digital. *RIED Rev Iberoam Educ Distancia*. 2019;22 (2):9-22.
40. Differences in motives between Millennial and Generation X medical students - Borges - 2010 - Medical Education - Wiley Online Library [Internet]. [citado 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2923.2010.03633.x>
41. Ocaña-Fernández Y, Valenzuela-Fernández LA, Garro-Aburto LL. Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos Represent*. 2019;7 (2):536-68.
42. O'Doherty D, Dromey M, Loughheed J, Hannigan A, Last J, McGrath D. Barriers and solutions to online learning in medical education – an integrative review. *BMC Med Educ*. 2018;18:130.
43. Martínez Ruiz X, Martínez Ruiz X. Presentación. La industria 4.0 y las pedagogías digitales: aporías e implicaciones para la educación superior. *Innov Educ México DF*. 2019;19 (79):7-12.
44. Expósito Gallardo M del C, Ávila Ávila R. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas. *ACIMED*. 2008;17 (5):0-0.
45. The Benefits and the Limitations of Machine Learning in Education [Internet]. *Getting Smart*. 2018 [citado 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.gettingsmart.com/2018/02/05/the-benefits-and-the-limitations-of-machine-learning-in-education/>
46. Pedroza Flores R. La universidad 4.0 con currículo inteligente 1.0 en la cuarta revolución industrial / The university 4.0 with intelligent curriculum 1.0 in the fourth industrial revolution. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 2018;9 (17):168-94.
47. Duffy TP. The Flexner Report — 100 Years Later. *Yale J Biol Med*. 2011;84 (3):269-76.
48. Gual, Arcadi Nu Jesús. Declaración de Edimburgo, ¡25 años! 4:186-9.
49. González, Mónica L Pilar. Modelos educativos en medicina y su evolución histórica. 2015. 20:256-65.
50. Universidad de Deusto U de G. Tuning América Latina. Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina [Internet]. Bilbao; Disponible en: http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningLAIIL_Final-Report_SP.pdf

Recibido: 12 de noviembre de 2021
Aceptado: 22 de noviembre de 2021

Correspondencia:
 Samuel X. Pimienta
quantumgenese@gmail.com