

DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.04.2>

Cómo citar:

Sequera Torres, N.J. & Sequera Torres, N.J. (2024). Metadimensionalidad de las tecnologías de información y comunicación en la educación médica. *Revista Eduweb*, 18(4), 26-34. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.04.2>

# Metadimensionalidad de las tecnologías de información y comunicación en la educación médica

## Metadimensionality of information and communication technologies in medical education

**Nahir José Sequera Torres** <https://orcid.org/0000-0002-3754-0241>  
[nahirjose@gmail.com](mailto:nahirjose@gmail.com)

Universidad de Carabobo, Sede Aragua. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Bioanálisis "Profa. Omaira Figueroa H.". Departamento Socioepidemiológico, Maracay, Venezuela.

**Naira José Sequera Torres** <https://orcid.org/0009-0000-5869-6969>  
[nairajose@hotmail.com](mailto:nairajose@hotmail.com)

Universidad de Carabobo, Sede Aragua. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Bioanálisis "Profa. Omaira Figueroa H.". Departamento Socioepidemiológico, Maracay, Venezuela.

Recibido: 13/08/24

Aceptado: 29/10/24

### Resumen

En la tecnología educativa para la formación de los estudiantes de medicina, dentro del subsistema universitario, se va cerrando una brecha en el empleo de las tecnologías de cuarta dimensión como una nueva experiencia humana o, una nueva manera de formación, a través de la representación del ciberespacio. La metadimensionalidad de las TIC sumergen al usuario y lo hacen parte del proceso, dicho de otra manera, la cuarta dimensión tiene un grado de realidad en la educación médica por medio de visores tridimensionales y tetradimensionales del cuerpo humano. Con la fenomenología interpretativa como enfoque, se da paso al conocimiento para percibir una realidad en la educación médica del mañana, adoptándose como método el círculo hermenéutico que va del todo a las partes y de las partes al todo. Metadimensionalidad de las TIC, significa más allá de en cuanto a dimensión, para integrar plataformas digitales en una, representadas éstas por los metaversos, la bioimpresión, la georreferenciación satelital, la realidad aumentada, la realidad virtual, la proyección holográfica, entre otras tecnologías emergentes. Así el estudiante en su proceso de formación complementa con estos circuitos de tecnología, para un aprendizaje significativo en Ciencias de la Salud.

**Palabras Clave:** cuarta dimensión, educación médica, metadimensionalidad, tecnologías emergentes, tridimensional.

### Abstract

In educational technology for the training of medical students, within the university subsystem, a gap is closing in the use of fourth-dimensional technologies as a new human experience or a new way of training, through the representation of cyberspace. The metadimensionality of ICTs immerses the user and makes



him part of the process; in other words, the fourth dimension has a degree of reality in medical education through three-dimensional and four-dimensional viewers of the human body. With interpretive phenomenology as an approach, knowledge is given way to perceive a reality in the medical education of tomorrow, adopting as a method the hermeneutic circle that goes from the whole to the parts and from the parts to the whole. Metadimensionality of ICTs means beyond dimension, to integrate digital platforms into one, represented by metaverses, bioprinting, satellite georeferencing, augmented reality, virtual reality, holographic projection, among other emerging technologies. In this way, the student complements his training process with these technology circuits, for a significant learning in Health Sciences.

**Keywords:** fourth dimension, medical education, metadimensionality, emerging technologies, three-dimensional.

## Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 1998), al expresar que "las nuevas tecnologías constituyen un desafío a los conceptos tradicionales de enseñanza y aprendizaje", reconoce que estamos haciendo frente a unos avances tecnológicos que permiten al estudiante en formación, permanecer activo dentro de su rol como permanente receptor de conocimientos.

En el campo de las Ciencias de la Salud, el desenvolvimiento de la trayectoria del discente de medicina, visto desde la fenomenología, como corriente que trata la naturaleza y las relaciones del ser, proporcionan un valor agregado al educando en cualquier área del saber. Esto se traslada con la medicina basada en evidencias (MBE) para que el estudiante de medicina, de acuerdo con Málaga & Sánchez Mejía (2009) establezca como "eje principal de actuación y como razón de ser él o la paciente" (p. 193). Hoy día los estudiantes de medicina no son los mismos, la forma en que enfrentan el conocimiento es muy diferente, cuentan con información sin requerir constantemente del profesor, debaten las nuevas tendencias en el ejercicio del razonamiento clínico, basan su aprendizaje en ambientes de navegación, para ubicarse en distintos escenarios de la realidad, virtualidad y presencialidad.

De allí que el propósito de este ensayo es visibilizar algunas de estas tecnologías emergentes que transforman la educación médica, estructurándose en una sección que esboza primeramente la metadimensionalidad de las tecnologías de información y comunicación, concepción que no está claramente definida o explorada en profundidad, pero que significa *más allá* o *encima de*, ofreciendo una visión distinta de los marcos tradicionales de espacio y tiempo, por ser un contexto donde se está inmerso en él.

Luego se abordan algunas de las tecnologías consideradas metadimensionales, resumiendo cada una de ellas y su implicación en la educación médica, haciendo posibles espacios inmersivos, donde el estudiante es el principal partícipe de los mismos, por último, se expone un cuerpo de reflexiones y conclusiones aproximadas, para dejar entrever perspectivas futuras en un área tan sensible como lo es la educación médica y finalmente las referencias bibliográficas consultadas.

Ejemplo de estas tecnologías incluyen los metaversos, que proporcionan interfaces tridimensionales para el aprendizaje de la fisiología humana, también se encuentra la impresión de estructuras humanas y órganos en tercera dimensión o bioimpresión, preparando al estudiante en su fase experimental de forma previa, sigue la georreferenciación satelital como técnica de ubicación geográfica por tecnología GPS (sistema de posicionamiento global), para integrar datos de salud de una comunidad, monitoreo de pacientes en prácticas médicas o vigilancia endémica, epidémica o pandémica según sea el caso.

Le sigue la realidad aumentada que permite superponer imágenes ficticias sobre imágenes reales para una mejor comprensión y explicación de la anatomía humana, así como también la realidad virtual para crear espacios inmersivos como el quirófano, que hará que el discente adquiera experiencia práctica y confianza antes de enfrentarse a casos clínicos reales y por último la holografía, que si bien es poca



conocida aun en América Latina e inclusive a nivel mundial, recrea objetos que se pueden apreciar mejor para un estudio analítico y minucioso de un cuerpo humano que físicamente no existe.

### **Metadimensionalidad de las Tecnologías de Información y Comunicación**

Tratando de profundizar en el título que concierne, en la metadimensionalidad de las tecnologías de información y comunicación, se debe iniciar por el significado del prefijo meta, en una de sus acepciones que significa *después de* y en la formación de palabras uno de sus significados es *más allá*. La metadimensionalidad, es definida por Arancibia Herrera, M., & Pérez San Martín (2002) como "la capacidad de integrar varios medios en uno solo. Las plataformas digitales y tecnológicas se constituyen en el soporte que reúne y ofrece esta característica" (p. 160).

En cuanto a dimensión, se refiere a la longitud, extensión o volumen, pero cuando se expresan en dimensiones más altas, parafraseando a Kaku (2011), se define como metadimensionalidad la aprehensión de cuatro o más dimensiones, con un nuevo método de representación gráfica del espacio euclídeo, que se le denomina también sistema tetratriédrico. El tetraedro, es definido por Geolab (2018), como "poliedro de cuatro caras iguales que son triángulos equiláteros" (p. 8). Ahora bien, esta geometría visualizada en el plano sagital del cuerpo humano vista desde los cuatro costados, hace pensar que enseñar anatomía resultaría atractivo si se cuenta con la magnífica tecnología que hoy existe para ese propósito.

Desde el mundo virtual de la tecnología, vista como una realidad intangible, que no es otra cosa que hacer posible un mundo que no es real, se puede navegar y explorar. El talante de este mundo es el ciberespacio definido por Gibson (2019) como "una representación gráfica de los datos abstraídos de los bancos de cada computador en el sistema humano" (p. 87) basado en la linealidad del texto y bidimensionalidad de las imágenes planas. En la actualidad, la incorporación de las tecnologías de información y comunicación en la formación del discente de Ciencias de la Salud, se basa en un ciberespacio con elementos secuenciales (hipertexto: páginas web) y audiovisuales (hipermedia: gráficos, sonido, vídeo, animaciones) que tienen por objeto una finalidad educativa.

El camino recorrido de una para otra página de la World Wide Web en las ventanas de los navegadores, hace posible experimentar la espacialidad en la red Internet, desde el punto de vista del sujeto que navega, la transición de una para otra página es percibida como un movimiento del o en el ciberespacio, donde de acuerdo a Frago (2001) "cada vez que selecciona un link, al mismo tiempo, el usuario mueve el ciberespacio y se mueve de modo que queda delante de la representación bidimensional de un elemento diferente" (p. 4).

A través del tiempo, este ciberespacio ha trascendido a lo que se apunta como una estructura espacial más compleja, el hiperespacio, definido por Frago (2001) como "espacios con más de tres dimensiones" (p. 5), es aquí donde una cuarta dimensión constituye una realidad metadimensional. Desde esta nueva dimensión, se ambiciona tecnológicamente desde la matemática y geometría como ciencias cuantitativas, la posibilidad de representar un hiperespacio, que de acuerdo con lo expuesto por Llorens (2016) "es una proyección ortogonal de las figuras sobre cuatro hiperplanos de proyección, perpendiculares entre sí, obteniendo un modelo gráfico, fiel e interpretable, del espacio tetradimensional euclídeo" (p. 13).

Matemáticamente en la geometría euclidiana esto se explica de acuerdo con Mandelbrot y et al. (1984) como "un punto tiene dimensión cero, una línea tiene una dimensión (longitud), una superficie tiene dos dimensiones (longitud y anchura) y un volumen tiene tres dimensiones (longitud, anchura y altura)" (p. 176). Desde la realidad tetradimensional, se incluye o se agrega el tiempo en la cuarta dimensión, la cual sí bien no es posible visualizar sí se puede representar con figuras geométricas como el hipercubo, análogo a un cubo en tres dimensiones el cual según Mandelbrot y et al. (1984) "es una figura formada por dos cubos tridimensionales, desplazados en un cuarto eje dimensional de cuatro dimensiones



espaciales" (p. 179), comparable desde la fisiología, con el Hombre Vitruviano propuesto por Leonardo da Vinci.

Este punto de inflexión y la apertura de nuevas tecnologías supondrían una cosmovisión holística para la comprensión del cuerpo humano en todo su esplendor, donde fácilmente es posible reconocer el paradigma de la complejidad, por la capacidad de este pensamiento de comprender distintas realidades. Según Domínguez y et al. (2017) en la película *The Matrix* de los hermanos Wachowski, se evidencia "la situación antropológica, mental y ética al que se enfrenta el sujeto en la sociedad de la información y el conocimiento" (p. 188). Se presenta así, un proceso inmersivo, que, de acuerdo con la Real Academia Española, "hace vivir al espectador una realidad virtual como si fuera auténtica", lo cual resulta beneficioso para los estudiantes de medicina que permanentemente se sienten atraídos por la sensación de estar presentes o inmersos en mundos digitales.

### **Tecnologías metadimensionales en la formación de los discentes de medicina**

Una de estas tecnologías metadimensionales para una nueva concepción del aprendizaje de la medicina, son los metauniversos, llamados así originalmente para referirse a lo que va más allá del universo que actualmente es conocido por todos. Al contraer el sustantivo universo con el prefijo meta se forma la palabra metaverso que se ha hecho tan popular hoy en día y que es un acrónimo muy conocido por todos, incluyendo sus sinónimos megaverso, multiverso y hasta Tierra digital.

Esta palabra apareció por primera vez en la novela *Snowcrash* de ciencia ficción cuyo autor es Neal Stephenson y desde entonces ha sido acuñado en películas de este género y con mayor énfasis en los videojuegos, es un neologismo muy utilizado no definido por la Real Academia Española, que sin embargo lo asoma como relativo a un universo digital. De acuerdo con Sandua (2024) "metaverso es un espacio virtual colectivo que surge de la fusión de la realidad física virtualmente mejorada, la realidad aumentada e Internet" (p. 14).

Desde esta perspectiva, el metaverso es una tecnología metadimensional en cuyos espacios inmersivos simulados se recrea un ecosistema de realidades para ejercer múltiples actividades sin límite y fronteras, pero con características inamovibles como lo son la corporeidad, la interactividad y persistencia; por ello es una tecnología novedosa en los espacios de aprendizaje de la medicina, convirtiéndose en un lugar formativo o pedagógico basado en solución de problemas.

Para Sandua (2024) "este entorno inmersivo permite que las interacciones sociales sean más dinámicas, atractivas y multidimensionales, permitiendo a los usuarios interactuar no solo mediante texto o videos, sino también mediante avatares, entornos virtuales e incluso diapositivas de realidad virtual" (p. 17).

Gutiérrez-Cirlos y et al. (2023) ponen de manifiesto el estudio de algunas asignaturas de la medicina a través de cardioversos, orthoversos, rehabversos y neuroversos, por decir algunos metaversos dirigidos a los estudiantes de medicina en donde se pueden recrear escenas complejas e interactuar con especialistas en el área, como también suceden en *Second Life*, uno de los metaversos más conocidos por desarrollar actividades de formación y educación en Ciencias de la Salud.

No solo la realidad física fusionada con la virtualidad digital se visualiza en los metaversos, sino también en una tecnología capaz de trascender las limitaciones hasta ahora conocidas, como lo es la fabricación de órganos a partir de tejidos naturales. Se trata de la bioimpresión, que, si bien es una tecnología futurista, desde hace tiempo ha estado presente para prestar un servicio a la medicina regenerativa a través de la fabricación de estructuras biológicas mediante células.

Investigaciones como las de Dhawan et al. (2019) definen "la bioimpresión como un proceso de construcción capa por capa de materiales vivos y no vivos, basados en un diseño por computador para producir estructuras de bioingeniería y algunos estudios biológicos" (p. 3) con un alto impacto positivo en



los estudiantes de medicina, en asignaturas donde la bioimpresión es de gran utilidad, como lo es anatomía e histología.

El fin educativo de la bioimpresión para los discentes de medicina en asignaturas como éstas, permite a ese estudiante afianzar los conocimientos adquiridos en los tejidos y órganos de mayor complejidad impactando en su pericia, entrenamiento y desempeño cuando sea un futuro profesional de Ciencias de la Salud. Para García Villegas & Vidarte Pastrana (2019) "las aplicaciones de bioimpresión en los últimos años se han ampliado debido a la creciente tecnología e investigación de los biomateriales, biotintas y técnicas de bioimpresión a utilizar" (p. 12). Por medio de la bioimpresión 3D se puede crear en un futuro próximo órganos que se implanten para salvar vidas.

Otra de las tecnologías de información y comunicación que va más allá de las dimensiones conocidas, es la georreferencia satelital que ha hallado en el campo de la salud extraordinarias aplicaciones, no obstante, debe distinguirse de la geolocalización que solo sigue trayectorias, porque la georreferenciación, es capaz de triangular y ubicar en un sistema de coordenadas. De acuerdo con Vivas (2012) "la georreferenciación ha dado luz a los Sistemas de Información Geográficos (SIG), que suponen un paso adelante no sólo en ubicación de estos pacientes o posibles pacientes, sino que permiten superponer capas de variables en un mismo segmento de territorio" (p. 56).

Esta tecnología metadimensional cuenta con imágenes en tiempo real, que se sirve de los sistemas de posicionamiento global y de aplicaciones como Google Earth que soporta datos geoespaciales tridimensionales. El aporte de la georreferenciación a la salud pública ha sido destacado por la Organización Mundial de la Salud permitiendo según Carvalho y OPAS (2006) citado por Betancurth Loaiza et al. (2023) "la ubicación espaciotemporal de los eventos", en otras palabras, no solo se georreferencia la enfermedad, sino también el sitio de cada evento.

He aquí la importancia de georreferenciar la ubicación de aquellas comunidades donde se presenten focos endémicos y/o epidémicos y hasta pandémicos, que puedan ser controlados a tiempo bajo esquemas de repuestas oportunas de acuerdo a las características etiológicas, clínicas y sociodemográficas, generando posibilidades de visualización de aprendizaje en lo que respecta a la atención primaria con la cooperación de los estudiantes de medicina, en asignaturas como el servicio comunitario u afines, diseñando metodologías para la recopilación de datos sociosanitarios.

Una de las tecnologías emergentes que no puede faltar es la realidad aumentada, considerada una tecnología disruptiva que rompe con los esquemas convencionales, es definida por Otegui (2017) como la combinación de "elementos del mundo real con el mundo virtual...a través de un dispositivo tecnológico que permita dicha interacción" (p. 173). Funciona con una tríada tecnológica básica resumida por Ramallal et al., (2024) en "una cámara (input), un aumentador dependiente de un hardware (renderizador 3D, audio), y una pantalla, así como de manera recurrente el uso de altavoces (output)" (p. 3).

Fácilmente se puede entender que la realidad aumentada fusiona información física en tiempo real con información virtual, siendo el tipo de realidad aumentada más utilizada en la educación la de marcadores de posición, que en palabras similares a las de Cabero Almenara y et al. (2018) se trata de relacionar una imagen, vídeo o animación 3D a un marcador impreso generado en un software específico, de manera que al visualizar el marcador con un dispositivo tecnológico se activarán los objetos virtuales en la pantalla del móvil, cambiando de posición y perspectiva.

Así es como la realidad aumentada se ha ido incorporando poco a poco en el ámbito educativo de la medicina como una opción novedosa, que proporciona clases más dinámicas y enriquecedoras y constituye así el escenario perfecto para que el estudiante de medicina, coloque a prueba el pensamiento crítico a través de la "representación visual (real-virtual) de conceptos teóricos complejos como la anatomía del cuerpo humano" (p. 10), de acuerdo con Harun y Mantri (2020).



Con esta herramienta inmersiva, los discentes de medicina pueden visualizar en la pantalla de sus dispositivos tecnológicos diferentes partes del cuerpo o de la anatomía humana en tres dimensiones, (lo cual no es fácil de acceder en la vida real) pudiendo moverlos en diferentes direcciones y así aprender técnicas específicas del proceso médico.

También la realidad virtual como tecnología emergente y/o disruptiva se ha ido perfilando como una herramienta motivadora, que capta la atención del estudiante de esta área y beneficia la adquisición de sus conocimientos de forma novedosa, por lo general, tiende a confundirse con la realidad aumentada, debido a que ambas emplean modelos virtuales gráficos tridimensionales, pero se diferencian plenamente dado que la realidad virtual reemplaza por completo la realidad física por la virtualidad, mientras que en la realidad aumentada se complementan.

Para contextualizar en sí, la definición de realidad virtual, acudimos a Otegui (2017) quien la define como un sistema informático "usado para crear un mundo artificial, generado por un ordenador o por una cámara virtual que permite al usuario visualizar, manipular e interactuar con ese mundo, en tiempo real, a través de un dispositivo que permita su presencia en él" (p. 181), en esto, también se diferencia de la realidad aumentada porque la inmersión del usuario es total, mientras que en la aumentada es parcial.

Este emplazamiento total de la realidad por la virtualidad ha traído consigo numerosas ventajas que posicionan a la realidad virtual como una de las herramientas más utilizada en la educación, con mayor sensibilidad en la enseñanza de la medicina, abriendo paso a la simulación de órganos sanos o enfermos, la vista transeccional del cuerpo entero de forma tridimensional, relación entre las estructuras anatómicas, disecciones, biopsias, anatomías complejas, suturas, entre otros ejemplos, sin constituir un reemplazo de la enseñanza tradicional, sino un complemento en la formación del discente.

De hecho, para Castro Alonso, P. L., & Rodriguez-Florido (2022), "la progresiva introducción de la realidad virtual a la docencia reglada en Ciencias de la Salud demuestra que se trata de una tecnología idónea, los beneficios que aporta son tan variados que tienen poca comparación con otras tecnologías introducidas a lo largo de la historia" (p. 2), en la mayoría de las investigaciones realizadas sobre el tema, se asegura que la implementación de la realidad virtual mejora la calidad educativa considerablemente.

Y finalmente, corresponde el turno de mencionar una tecnología metadimensional poco conocida, por los factores tecnológicos, económicos y de accesibilidad que la circundan, denominada holografía u holograma, que etimológicamente viene del griego holos, que significa completo y cuyo principio básico es la refracción de las ondas de luz, originando una visión tridimensional de los objetos. El diccionario Real Academia Española (2003) la define como "una técnica fotográfica que, mediante iluminación por láser, permite obtener imágenes tridimensionales en color", dando la sensación de que el objeto realmente está ahí.

Aun con la tecnología existente, la holografía no ha alcanzado su máximo auge por las implicaciones en sí misma para su desarrollo, no obstante, se han creado dispositivos y programas que emulan imágenes holográficas como Microsoft HoloLens 2, un casco tipificado como realidad mixta (realidad aumentada y realidad virtual), ya descritas anteriormente. Para Orcos (2017), el holograma se describiría como la reproducción "en tres dimensiones que proporcionan una sensación de realidad similar a la que percibimos con nuestros ojos cuando miramos a la realidad" (p.4), y esto es precisamente lo que se visualiza con este innovador dispositivo.

Su aplicación aporta soluciones en diversas áreas donde es aplicado, siendo la educación la que más se beneficia de ella, como lo expone la página web de Microsoft.com (2023) al señalar que se "revolucionan el plan de estudios con planes de lecciones prácticas que transmiten conceptos complejos en 3D. Con HoloLens 2, los alumnos pueden aprender de forma práctica desde cualquier lugar con evaluaciones e instrucciones holográficas" (p. 3), y así de la educación a la educación médica el salto es pírrico; en palabras similares a las de esta corporación tecnológica multinacional, se transforman las imágenes



médicas en hologramas 3D, obteniendo una perspectiva más amplia de la anatomía y patología del paciente, haciendo que la formación médica sea interactiva e inmersiva.

En la actualidad, Holoconnects (2023) ofrece a las áreas de las comunicaciones, el entretenimiento y la educación, entre otros, servicios de "soluciones holográficas 3D para interactuar con el cliente en tiempo real utilizando una capacidad de respuesta programada o impulsada por inteligencia artificial con presentaciones llamativas" (p. 2), esta empresa ofrece cajas holográficas (holobox) formadas por displays holográficos 3D en tamaño real. Su tecnología en la telesalud empleando "ondas de luz y rayos láser para crear imágenes tridimensionales u hologramas que parecen flotar en el espacio" (p. 1) pudiéndose ver dicha imagen desde diferentes ángulos y así dar diagnósticos más precisos también de forma remota, siendo el Hospital Regional Crescent en Texas, unas de las primeras instituciones del sector sanitario en utilizar esta tecnología holográfica tridimensional para mejorar la atención al paciente.

### A manera de reflexión

Por metadimensionalidad de las tecnologías de información y comunicación en la educación médica, se ha querido agrupar desde el metaverso hasta la holografía, pasando por la bioimpresión, la georeferencia satelital, realidad aumentada y realidad virtual, solo por mencionar algunas arquitecturas tecnológicas tridimensionales. De manera más informal, la génesis de la metadimensionalidad, es como si se tratase de dimensión sobre dimensión, no medibles ni observables en el modelo estándar de la física de partículas, aunque se pueden describir matemáticamente por medio de simulaciones, modelamientos o proyecciones que busca replicar el mundo real, como sucede con las TIC antes mencionadas, haciéndose cada vez más realista y algunas de ellas inmersivas en un mundo virtual.

Cada una de estas tecnologías, de acuerdo con Cabero Almenara y et al. (2018) "presentan una serie de características que las hacen especialmente adecuadas para la enseñanza, entre éstas se encuentran su inmaterialidad...ruptura de la linealidad expresiva, elevados parámetros de calidad de imagen y sonido...diversidad e innovación" (p. 2) constituyéndose en medios que facilitan la nueva concepción del aprendizaje.

Las arquitecturas tecnológicas aquí mencionadas se podrían concentrar en aquellas con dimensiones que replican el mundo real (bioimpresión, georeferenciación satelital, holografía) y las tecnologías de mundos inmersivos con una dimensionalidad desafiante a la naturaleza de la realidad (metaversos, realidad aumentada, realidad virtual).

Cada una de estas tecnologías están transformando específicamente a la formación médica, al educar de manera diferente a la habitual, en este sentido, propician recursos de apoyo a los discentes de medicina que se desenvuelven en una sociedad del conocimiento que para Domínguez y et al. (2017), demanda "la utilización de nuevas tecnologías para aprender a aprender y a desaprender" (p.196).

Es así como la bioimpresión ha tenido un impacto significativo al crear tejidos, órganos, implantes para estudiar anatomía sin necesidad de cirugías, por su parte la georeferenciación satelital enriquecen al estudiante en lo que respecta a las variables fisiológicas para darle una visión espacial de determinada patología, al georeferenciar una enfermedad con plataformas geomáticas, mientras la holografía presta mayor seguridad y confianza al realizar procedimientos precisos en imágenes de alta resolución antes de llevarlas a cabo en pacientes reales.

Por su parte, los metaversos propician consultas médicas a distancia y salas de terapia y apoyo que servirían de práctica médica al estudiante, con la realidad aumentada, se interactúa con la anatomía humana, por ejemplo, se ha podido proyectar los vasos sanguíneos sobre la propia piel del paciente y la realidad virtual permite ver partes del cuerpo humano en 360° grados, creándose avatares para el entrenamiento quirúrgico en un simulador de realidad virtual y así crear escenarios seguros de entrenamiento para los discentes. Desde el punto de vista psicosocial el discente adquiere confianza, en



un entorno seguro, desarrollándose con mayor seguridad y convicción, enriqueciendo su abanico de experiencia para proporcionar a futuro soluciones emergentes certeras.

Ante estas tendencias, ha de preguntarse si existen implicaciones para el futuro de la educación médica, como lo ha expresado válidamente Montes de Oca (2017), al manifestar que "la formación de los médicos del futuro y más cerca de lo pensado, se hará con métodos virtuales y donde se perderá la relación de empatía del médico o del paciente" (p. 21), no obstante, el estudiante de un área tan sutil como la medicina, define un perfil que emplea la tecnología como una aliada e importante recurso complementario y de apoyo, que jamás sustituirá habilidades y experticias en su futuro desempeño como profesional de las Ciencias de la Salud.

## Conclusiones

Son numerosas las investigaciones sobre la trascendencia de la tecnología en el ámbito académico con vital repercusión en la educación. Tanto en la actualidad como en el futuro, los estudiantes de pregrado en la carrera de medicina, se están formando con recursos nuevos, impensables tiempos atrás, ante lo cual Cataldi, Lage y Dominghini (2013) expresan que "el uso de las TIC debe integrarse a un cambio de paradigma que propicien la innovación y creatividad" (p. 12), en donde se destaca el protagonismo del discente ante las nuevas exigencias y reorientación de su aprendizaje en las distintas aristas clínicas y humanas.

La metadimensionalidad de las TIC, hacen alusión a una postrealidad, donde una cuarta dimensión constituye una realidad metadimensional de las representaciones virtuales del cuerpo humano en todo su esplendor para que los discentes adquieran habilidades y destrezas en entornos seguros, sin ningún tipo de riesgo, traducándose en un aprendizaje significativo, complementario a las enseñanzas dadas por sus profesores conductores en su proceso de formación médica.

Con estas tecnologías, la formación médica adquiere un grado de realidad (o, dicho de otra manera) otra forma de ser real, ofreciendo soluciones a problemas complejos con una perspectiva más allá de lo tradicional, desafiando las leyes naturales y haciendo al estudiante protagonista de esta realidad paralela, en donde experimenta, hurga, explora, escudriña, construye y deconstruye la fisiología del cuerpo humano empleando dispositivos tecnológicos de todo tipo, sin dificultad alguna dado que la mayoría pertenecen a la generación *centennials* que han pasado toda su vida en este contexto de cambio y de incertidumbre.

Ante el afán del progreso tecnológico en la educación médica, cabe preguntarse, qué tecnología reemplazará a estas tecnologías emergentes. Mientras esto suceda, las tecnologías actuales duplican la realidad lo más parecido posible o permiten insertarse en ella, concluyéndose que estas experiencias se convierten en pasado con enorme rapidez, ante las tecnologías nacientes como la inteligencia artificial, la robótica y la medicina cuántica, solo por mencionar algunas.

## Referencias Bibliográficas

- Arancibia Herrera, M., & Pérez San Martín, H. (2002). Antecedentes conceptuales, tecnológicos y pedagógicos para la propuesta de un modelo educativo a distancia. *Estudios pedagógicos. Valdivia*, (28), 157-164.
- Betancurth Loaiza, D. P., Vélez Álvarez, C., & Sánchez Palacio, N. (2023). La georreferenciación al servicio de la salud, una experiencia desde los activos comunitarios. *Ánfora*, 30(54). 236-253.
- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J., Puentes Puente, Á., & Cruz Pichardo, I. (2018). Realidad Aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la Medicina. *Educación Médica Superior*, 32(4), 56-69.
- Castro Alonso, P. L., & Rodríguez-Florido, M. A. (2022). *La realidad virtual como recurso para la docencia en Ciencias de la Salud*. The conversation.
- Cataldi, Z., Lage, F. & Dominghini, C. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 10(17), 8-16.



- Dhawan, A., Kennedy, P., Rizk, E., & Ozbolat, I. (2019). Three-dimensional bioprinting for bone and cartilage restoration in orthopaedic surgery. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 27(5), 215-226.
- Diccionario Real Academia Española. (2003). *Diccionario de la real academia española*. Espasa-Calpe. Recuperado el 10 de septiembre de 2024, de <https://dle.rae.es/cultura?m=form>
- Domínguez, G., Martínez, A., & Ceballos, M. (2017). Educar la virtualidad. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*, (50), 187-199.
- Fragoso, S. (2001). Espacio, ciberespacio, hiperespacio. *Razón y Palabra*, (22). Recuperado de [www.razonypalabra.org.mx](http://www.razonypalabra.org.mx)
- García Villegas, C., & Vidarte Pastrana, M. (2019). *Estado del arte de la bioimpresión 3D*. Colombia: Fundación M3D.
- GeoLab. Web de Geometría ETSEM. (2018). *Escuela Técnica Superior de Edificación*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [www.edificacion.upm.es/geometria/JPA/Tetraedro%2001.html](http://www.edificacion.upm.es/geometria/JPA/Tetraedro%2001.html)
- Gibson, W. (2019). *Neuromancer (1984)*. In *Crime and Media*. Routledge, 86-94.
- Gutiérrez-Cirlos, C., Bermúdez-González, J. L., Carrillo-Pérez, D. L., Hidrogo-Montemayor, I., Martínez-González, A., Carrillo-Esper, R., & Sánchez-Mendiola, M. (2023). La medicina y el metaverso: aplicaciones actuales y futuro. *Gaceta médica de México*, 159(4), 286-292.
- Harun, T. N., & Mantri, A. (2020). Experience Flemings rule in electromagnetism using augmented reality: analyzing impact on students' learning. *Procedia Computer Science*, 172(2020), 660-668.
- Holoconnects (2023). *Next Gen Hologram Company*. Recuperado de <https://www.holoconnects.com/>
- Kaku, M. (2011). *La física del futuro: cómo la ciencia determinará el destino de la humanidad y nuestra vida cotidiana en el siglo XXII*. Debate.
- Llorens, A. (2016). *La representación gráfica del espacio tetradimensional euclídeo. La ampliación del método diédrico a cuatro dimensiones*. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla, España.
- Málaga G., & Sánchez, A. (2009). Medicina basada en la evidencia: Aportes a la práctica médica actual y dificultades para su implementación. *Revista Médica Herediana*, 20(2), 191-197.
- Mandelbrot, B. B., Passoja, D. E., & Pullay, A. J. (1984). *Nature*. *Land*, 308, 721.
- Microsoft.com (2023). *HoloLens 2 (2st Gen) y asistencia sanitaria*. Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-es/hololens/buy>
- Montes de Oca, I. (2017). Las antiguas y nuevas dimensiones de la medicina. *Revista Centro Médico*, 56(145). <https://www.revistacentromedico.org/ediciones/2017/1/art-4/>
- Orcos, L. (2017). *Herramientas holográficas para la enseñanza de la división celular*. (Tesis de Pregrado). Universidad de la Rioja, Logroño, España. Recuperado de <https://vixra.org/pdf/1704.0065v1.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1998). *El Informe Mundial sobre la Educación (1998)*. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/>
- Otegui, J. (2017). La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso del marketing. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, 1(24), 155-229. <https://ojs.ehu.es/index.php/rdae/article/view/19141>
- Ramallal, P. M., Garbellini, A. B., & Serrano, D. P. (2024). Realidad aumentada, impulso de la creatividad y las multi-inteligencias en la universidad. *Edmetic*, 13(2), 3.
- Sandua, D. (2024). *El Metaverso y su impacto en las Interacciones Sociales*. Madrid: E-Book Edition David Sandua.
- Vivas, D. (2012). Las tecnologías de información y comunicación como herramientas para la transformación de la salud pública. *Comunidad y Salud*, 10(2), 056-056.

