



# Educación Médica

www.elsevier.es/edumed



## Avances tecnológicos en la formación médica: presente y futuro

Juan A. Juanes Méndez

*Profesor, Departamento de Anatomía e Histología Humanas, Facultad de Medicina, Universidad de Salamanca, Salamanca, España*

*Director, Grupo de Investigación Reconocido VisualMed Systems (Sistemas de Visualización Médica Avanzada)*

*Subdirector, Instituto de Investigación en Ciencias de la Educación, Universidad de Salamanca, Salamanca, España*

### PALABRAS CLAVE

Formación médica  
Nuevas tecnologías  
Simulaciones tecnológicas  
Exploraciones clínicas virtuales  
Entornos virtuales

**Resumen** Presentamos una revisión del estado actual de las tecnologías aplicadas a la formación médica y las perspectivas que estos sistemas tecnológicos traerán en los nuevos métodos y formas de enseñanza en medicina y ciencias afines. Mostramos ejemplos prácticos de procedimientos tecnológicos concretos desarrollados por nuestro grupo de investigación reconocido sobre sistemas de visualización médica avanzada (VisualMed Systems) de la Universidad de Salamanca. Destacamos aplicaciones tecnológicas desarrolladas por nuestro grupo para dispositivos portables (*smartphones* y *tablets*), sistemas de visión estereoscópica con gafas de realidad virtual, entornos tecnológicos de simulación clínica, como la exploración ecográfica virtual o los sistemas de auscultación cardíaca mediante sensores de movimiento empotrados en fonendo, y abordajes laparoscópicos virtuales, mediante el empleo de dispositivos tecnológicos de captación de movimientos manuales. La incorporación de tecnologías en la formación médica permitirá transformar radicalmente las condiciones tradicionales de la docencia, gracias al empleo de nuevas formas de enseñar y de aprender, mediante la utilización de entornos tecnológicos virtuales clínicos, a través del uso de sistemas de visión artificial, y la utilización de dispositivos portables y gafas de visión estereoscópicas. Este tipo de recursos tecnológicos formativos permiten ventajas educativas, ya que brindan una seguridad ante los errores en entrenamientos de técnicas y exploraciones clínicas específicas, ofrecen un coste más reducido y menos peligroso que trabajar con la realidad y, además, pueden ayudar a la comprensión de procedimientos concretos.

© 2017 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### KEYWORDS

Medical training  
New technologies  
Technological simulations  
Virtual clinical examinations  
Virtual environments

### Technological advances in medical training: present and future

**Abstract** We present a review of the current state of the technology applied to medical training and prospects that these technological systems bring into new methods and forms of education in medicine and health sciences. We show practical examples of specific technological procedures developed by our recognized research group named “advanced medical visualization systems” (VisualMed Systems) at the University of Salamanca. We highlight technological applications developed by our group for portable devices (*smartphones* and *tablets*); stereoscopic vision systems with virtual reality goggles; Clinical simulation technology environments as vir-

Correo electrónico: jajm@usal.es

tual ultrasound examination, or cardiac auscultation systems using sensors embedded in pho-nendoscope movement; and virtual laparoscopic approaches, by employing technological devices to capture hand movements. The incorporation of digital technology in medical training, allow radically transform traditional teaching conditions thanks to the use of new forms of teaching and learning; such as using clinical virtual IT environments, through the use of machine vision systems, and the use of portable devices and stereoscopic vision goggles. These types of training technological resources enable educational benefits because they offer security to errors in training techniques and specific clinical examinations, offer a smaller and less dangerous to work with reality cost and also may help to comprehension of procedures concrete.

© 2017 Elsevier España, S.L.U. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Los diferentes entornos tecnológicos de que disponemos en la actualidad nos están proporcionando herramientas muy útiles en la formación médica universitaria y especializada, incorporando al aprendizaje recursos adicionales y complementarios que permiten generar situaciones de formación libres de las restricciones del tiempo y del espacio que impone una enseñanza puramente presencial.

Los avances tecnológicos en el ámbito de los sistemas de comunicación permiten dar respuesta a las nuevas necesidades educativas de una sociedad cada vez más dinámica y flexible, y en sintonía con las características de los estudiantes del siglo XXI. Debemos tener presente que una educación médica de calidad es la que responde a las necesidades sociales, en la cual los cambios sociales repercuten en el conjunto de los entornos educativos en los que la persona se desarrolla. Por ello, los entornos universitarios comienzan a introducir modificaciones en los sistemas de enseñanza que llevan a los profesionales docentes a asumir nuevas responsabilidades, basadas en el manejo y utilización de tecnologías emergentes. Una de estas tecnologías son los dispositivos móviles. De todos es conocido que estos medios han modificado nuestros sistemas de comunicación, influyendo este dato, en gran medida, en la población universitaria, convirtiéndose estas herramientas en un nuevo sistema de socialización. La tecnología móvil es la más utilizada por la población más joven. Casi el 90% de los jóvenes posee un teléfono móvil. Este porcentaje no solo sigue aumentando cada año, sino que incluso disminuye la edad a la que usan este dispositivo tecnológico. Sin ninguna duda, el teléfono móvil es la tecnología portátil por excelencia<sup>1</sup>. Así, nos encontramos en una sociedad en la que estos desarrollos tecnológicos están modificando nuestros hábitos y, por tanto, también nuestras formas de aprender bajo la influencia de estas innovaciones tecnológicas<sup>2,3</sup>.

Los dispositivos móviles pueden constituir unas herramientas eficaces para que los estudiantes gestionen su proceso de aprendizaje de forma complementaria a los recursos tradicionales. En la actualidad, existen numerosas aplicaciones informáticas para móviles, cuya implementación en la docencia universitaria supone un medio excelente para adquirir conocimientos y valorar de forma autónoma, activa y responsable, y para obtener capacidades y destrezas en el área de las ciencias de la salud. Es decir, la utilización de estas tecnologías permite que los estudiantes pasen de ser simples receptores pasivos de contenidos a ser participantes más creativos y en permanente comunicación e interacción dentro de su proceso de aprendizaje<sup>4</sup>.

Es evidente que los dispositivos móviles aplicados a los entornos educativos presentan grandes ventajas pedagógicas, posibilitando la interacción con diferentes ambientes de aprendizaje. Estos medios constituyen un nuevo paradigma que permite complementar como docencia no presencial algunos temas o materias de diferentes asignaturas, responsabilizándose los alumnos de su aprendizaje, de modo que tienen un papel más activo y determinante en su proceso de enseñanza-aprendizaje. No obstante, estas actividades de docencia complementaria deberían estar coordinadas y guiadas por el profesor, que será el que organice el proceso educativo.

Las aplicaciones diseñadas para estos dispositivos móviles deberán estar pensadas para que el usuario pueda interactuar con los contenidos docentes, estableciéndose una comunicación bidireccional que facilite la adquisición de conocimientos y el aprendizaje del alumno. En esta línea, en los avances tecnológicos, en la última década, están surgiendo desarrollos de métodos de estudio y aprendizaje mucho más dinámicos, completos e interactivos (fig. 1).

El uso del teléfono móvil y de otros dispositivos de pequeño tamaño se ha extendido hasta tal punto que la propia Unión Europea ha decidido potenciar sistemas de enseñanza-aprendizaje a través de estas tecnologías. Teniendo en cuenta este planteamiento, se han puesto en marcha numerosas iniciativas, como el programa M-learning (Mobile Learning), desarrollado por la Agencia para el Aprendizaje y el Desarrollo de Habilidades. El grado de penetración de esta tecnología móvil en España pone al Mobile Learning en una posición de ventaja frente a otros métodos educativos.

Los contenidos que se están desarrollando para estos dispositivos móviles están concebidos como un complemento para la formación que se imparte, tanto de forma presencial como *online*. Muchas compañías de telefonía móvil disponen ya de equipos profesionales que diseñan programas formativos en diferentes áreas de conocimiento. El objetivo final con la utilización de estas tecnologías es enseñar a los estudiantes las capacidades básicas que les permitan aprender autónomamente.

Son cada vez más numerosos los estudiantes que acuden a diferentes fuentes de información a través de sus dispositivos móviles y *tablets*. Esta tendencia ha propiciado la aparición de dispositivos móviles cada vez más sofisticados en los que es posible utilizar las *apps* de una forma interactiva, muy útil para el ámbito docente, lo que proporciona a los estudiantes nuevas formas para comunicarse y

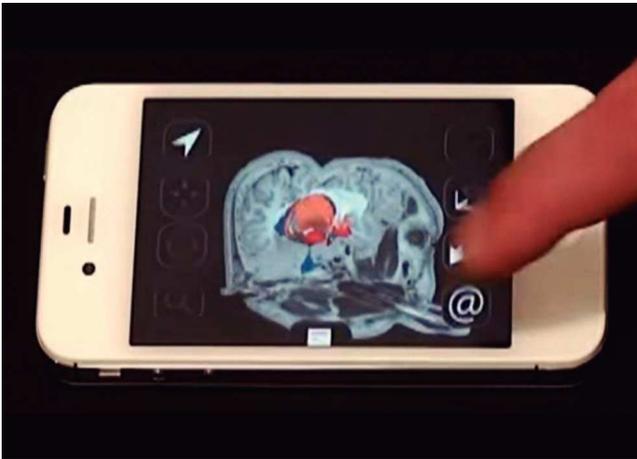


Figura 1 Dispositivos *smartphone* y *tablet* con unas aplicaciones interactivas de visión tridimensional.

para obtener información adicional que les permitan complementar sus estudios.

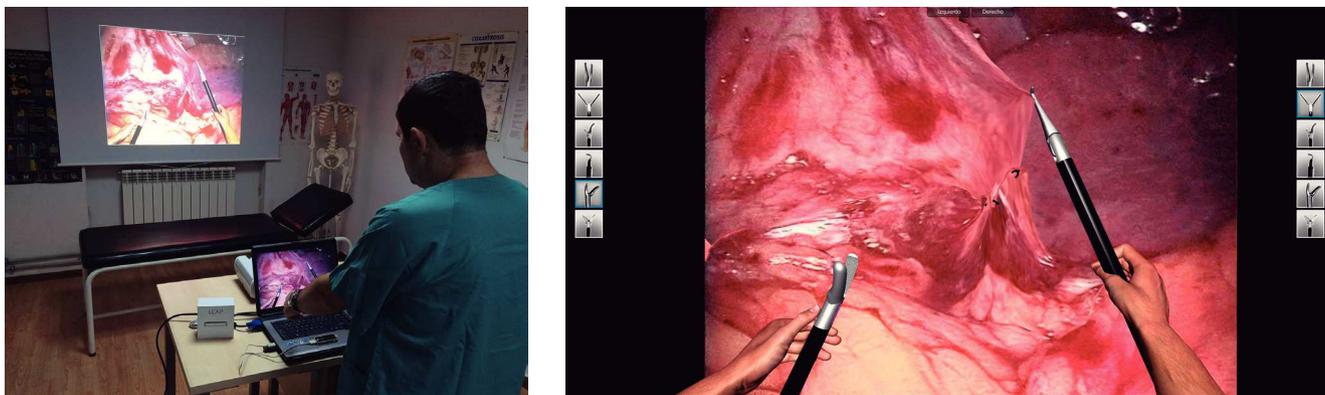
Por otra parte, los sistemas de visión estereoscópica aplicados a la educación médica se están convirtiendo en herramientas de gran utilidad en el campo de la medicina, ya que permiten eliminar algunos errores y ayudan a percibir y valorar mejor algunas prácticas clínicas. En el campo de la cirugía no invasiva es donde esta tecnología desempeña una aplicación importante en la simulación de algunas intervenciones médicas. La utilización de gafas de realidad virtual (fig. 2) permite crear un ambiente “inmersivo” al transformar, en tiempo real, las imágenes que se perciben por cada ojo en una única imagen estereoscópica, recogiendo la información visual tridimensional y creando así una ilusión de profundidad en una imagen.

Los usos de la realidad virtual y la realidad aumentada en las ciencias de la salud han sido muy dispares, y son unas de las más empleadas actualmente en el terreno de la simulación quirúrgica, mediante sistemas de visión tridimensional con gafas o cascos de visión estereoscópica. Estos sistemas constituyen un excelente recurso docente muy útil en el

aprendizaje y en la adquisición de destrezas clínicas que contribuyen de forma eficaz a la consecución de las competencias necesarias para el ejercicio profesional de la medicina. La utilización de estos sistemas tecnológicos de entrenamientos clínicos virtuales facilita el adiestramiento en diferentes técnicas médicas; así, se adquieren habilidades básicas en distintas exploraciones clínicas, como por ejemplo la auscultación cardiopulmonar, la exploración ecográfica, etc., o bien sirven incluso para la adquisición de habilidades más complejas como la endoscopia, la laparoscopia, etc. En esta línea de adiestramiento tecnológico, nuestro grupo de investigación reconocido, VisualMed Systems, está desarrollando aplicaciones tecnológicas para el aprendizaje de habilidades prácticas mediante la utilización de dispositivos de control manual, como el Leap Motion (fig. 3), el cual, conectado al ordenador mediante un cable USB, es capaz de capturar los movimientos de nuestras manos y dedos con una alta precisión, lo que nos permite desarrollar herramientas de trabajo con tecnologías de última generación para practicar procedimientos clínicos que requieran de ejecuciones manuales para adquirir habilidades mediante un entrenamiento continuo, como por



Figura 2 Gafas de visión estereoscópica para entornos virtuales de aprendizaje médico.



**Figura 3** Aplicación del dispositivo tecnológico de control manual Leap Motion para la simulación de una intervención con la técnica laparoscópica.

ejemplo una intervención con la técnica de la laparoscopia. Estos dispositivos de interacción con nuestras manos cuentan con cámaras monocromáticas y unos ledes infrarrojos que nos permiten interactuar con el ordenador de forma intuitiva y simple mediante el uso de nuestras manos. Una experiencia virtual, cuidadosamente diseñada, puede aproximar a proporcionar al usuario (estudiante, residente, especialista) un sentido de control sobre el entorno, aunque sea ficticio, y facilitar, en gran medida, los procesos de aprendizaje y entrenamiento en el ámbito médico. Sin duda, estos desarrollos tecnológicos de simulación proporcionan un acceso a recursos singulares de aprendizaje en el proceso de la formación médica y para la práctica clínica diaria. La incorporación de estos procedimientos tecnológicos de simulación virtual en la formación médica persigue reproducir el entorno real con el que se va a encontrar en un futuro, así se consigue un aprendizaje más activo y efectivo.

La generación tecnológica de un buen entorno clínico virtual, bien enfocado, permite realizar actividades difícilmente viables, en ocasiones, en una clase presencial, fomentando el pensamiento crítico por parte del alumno, y este se participe, de una forma muy activa, de su proceso de aprendizaje.

La transmisión del conocimiento médico utilizando para ello tecnologías informáticas y sistemas de simulación con recursos virtuales constituye, hoy en día, una de las grandes revoluciones tecnicocientíficas y culturales en nuestros sistemas docentes, y el campo de la medicina ha sabido obtener un excelente aprovechamiento de estos recursos tecnológicos.

En la actualidad vivimos unos momentos de grandes cambios en la formación médica, que evoluciona al mismo tiempo que se desarrollan nuevas tecnologías de la comunicación y de la información en nuestra sociedad. En este sentido, las necesidades formativas se incrementan, se diversifican y la actualización de información médica se convierte en factor esencial para el proceso de aprendizaje continuo. La formación médica bajo entornos tecnológicos puede ofrecer al estudiante de medicina y al facultativo médico una serie de ventajas, como su aplicación en el lugar de trabajo, la inmediatez de respuesta, la flexibilidad horaria y espacial, la aplicabilidad a su trabajo diario y, probablemente, pueda responder de manera más rápida y efectiva que otros sistemas tradicionales de enseñanza<sup>5</sup>.

Es evidente que, en un futuro, la tecnología aplicada a la formación en ciencias de la salud sufrirá grandes cambios a lo largo del tiempo, paralelos siempre a la evolución tecnológica de nuestra sociedad. El incremento acelerado de diferentes dispositivos que la industria tecnológica desarrolla cada año conlleva una incorporación y utilización, en nuestra sociedad, de forma plena y cotidiana. Estos avances tecnológicos modificarán, sin duda alguna, las formas de enseñanza y de aprendizaje de los universitarios en las ciencias de la salud<sup>6,7</sup>.

Uno de los grandes retos en cualquier área del saber, dentro de un mundo inmerso en la tecnología de la información y el conocimiento, es la búsqueda de soluciones a problemas que se presentan en la práctica clínica diaria; por ello, el uso de las tecnologías informáticas de simulación constituye un gran canal para formar y presentar la información de una forma atractiva y cercana a la realidad a la que el universitario y el facultativo se van a enfrentar.

Es evidente que los avances tecnológicos definen la base de la educación moderna y nos brindarán la posibilidad de utilizar los diferentes recursos técnicos en la docencia de la medicina. Sin lugar a dudas, los nuevos recursos tecnológicos que irán apareciendo en el mercado nos ofrecerán una estrategia más versátil para la representación del conocimiento médico. Las tecnologías aplicadas a la enseñanza de la medicina empiezan a ser el soporte de la formación y aprendizaje de los estudiantes, empleando aquellos recursos tecnológicos más idóneos y adecuados para la consecución de los objetivos docentes marcados<sup>6,7</sup>. La formación mediante el uso de tecnologías, la interacción entre los participantes y las funciones del tutor que diseña su aplicación tienen un papel clave y determinante para el éxito de la actividad docente y la obtención de resultados positivos.

## Bibliografía

1. Briz Ponce L, Juanes Méndez JA. Mobile Devices and Apps, Characteristics, and Current Potential on Learning. *Journal of Information Technology Research (JITR)*. 2015;8:26-37.
2. Briz Ponce L, Juanes Méndez JA, García-Peñalvo FJ. Dispositivos móviles y apps: Características y uso actual en educación médica. *Novática. Revista de la Asociación de Técnicos en Informática*. 2015;231:86-91.

3. Juanes Méndez JA. Using Smartphones as tools for teaching innovation and training support. 2nd ed. JID. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2013. p. 111-6.
4. Juanes JA, Ruisoto P. Computer Applications in Health Science Education. *Journal of Medical System*. 2015;39:97-101.
5. Juanes Méndez JA. Nuevos entornos tecnológicos para la simulación en educación médica. *Educ Med*. 2011;14:18-20.
6. Nieto J, Juanes JA, Alonso P, Curto B, Hernández F, Moreno V, et al. Computerized-Aid Medical Training: Ecographic Simulator for Echo-Guided Infiltration Of Botulinic Toxin. *Journal of Information Technology Research*. 2014;7:36-51.
7. Juanes JA, Gómez JJ, Peguero PD, Ruisoto P. Digital Environment for Movement Control in Surgical Skill Training. *Journal of Medical Systems*. 2016;40:133.