

**Revisión sistemática de juegos serios para la educación médica.  
Rol del diseño en la efectividad**  
A Systematic Review about Serious Games for Medical Education.  
The Role of Effective Design

Sandra Agudelo-Londoño<sup>1\*</sup>

Rafael A. González<sup>1</sup>

Alexandra Pomares<sup>1</sup>

Vivian Delgadillo<sup>1</sup>

Óscar Muñoz<sup>1</sup>

Ariel Cortes<sup>1</sup>

*et col.* Iouri Gorbanev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

\*Correo electrónico: [sandra.agudelo@javeriana.edu.co](mailto:sandra.agudelo@javeriana.edu.co)

## RESUMEN

**Introducción:** La literatura pedagógica propone los juegos serios (*serious games*) como herramientas efectivas para el aprendizaje; sin embargo, los estudia como si fueran productos homogéneos que se diferencian solo por la temática. Así, sus diseños no se discuten y se dejan a la discreción de cada profesor-creador.

**Objetivo:** Establecer la relación entre la efectividad en los resultados de aprendizaje y los criterios de diseño de los juegos para la educación médica.

**Métodos:** Revisión sistemática de la literatura de juegos médicos, publicados entre 2011 y 2015 en inglés, español y portugués, siguiendo pautas de la Colaboración Cochrane. Sobre la base de la literatura, se construyó un sistema con 15 criterios de diseños para evaluar los juegos y se estableció una comparación con la efectividad reportada.

**Resultados:** En los 26 artículos finales revisados los resultados de aprendizaje fueron positivos, en general, y los criterios de diseño de los juegos sí afectaron la efectividad en

los resultados de aprendizaje. El grado de estos efectos y el nivel de evidencia científica variaron según los criterios de diseño.

**Conclusiones:** La relación encontrada entre el diseño del juego y la efectividad en el aprendizaje debe conducir a desarrollos de juegos serios que potencien las propuestas ludificadas con un uso consciente de los criterios técnicos.

**Palabras clave:** juegos de video; educación médica; diseño de programas informáticos; práctica clínica basada en la evidencia.

## ABSTRACT

**Introduction:** The pedagogical literature proposes serious games as effective tools for learning; however, it studies them as if they were homogeneous products that differ only by theme. Thus, their designs are not discussed and are left to the consideration of each teacher-creator.

**Objective:** To establish the relationship between effectiveness in learning outcomes and the criteria for the design of games for medical education.

**Methods:** Systematic review of the literature about medical games and published between 2011 and 2015, in English, Spanish and Portuguese, following the Cochrane Collaboration guidelines. Based on the literature, a system was constructed with 15 design criteria for assessing the games, and a comparison was established with the reported effectiveness.

**Results:** In the 26 final articles that were reviewed, the learning outcomes were generally positive, and the game design criteria did affect the effectiveness of the learning outcomes. The degree of these effects and the level of scientific evidence varied according to the design criteria.

**Conclusions:** The relationship found between game design and learning effectiveness should lead to developments of serious game that enhance the proposals made with a conscious usage of technical criteria.

**Keywords:** video games; medical education; computer programs design; evidence-based clinical practice.

Recibido: 31/08/2018

Aprobado: 23/03/2019

## INTRODUCCIÓN

La educación médica se encuentra en un cambio continuo. Esta ha apropiado la discusión sobre si poner el énfasis en la enseñanza y en el rol del profesorado, o en el aprendizaje centrado en el estudiante. También ha tenido un impulso con la difusión de las tecnologías de la información, pues los computadores han permitido crear materiales didácticos diferentes y, en sinergia con la ludificación del aprendizaje, han devenido en los juegos serios (*serious games*).<sup>(1,2)</sup>

De acuerdo con *Bergeron*<sup>(3)</sup> “entendemos los juegos serios (en lo sucesivo, juegos) como “una aplicación informática interactiva, con o sin un componente de hardware significativo, que tiene un objetivo desafiante, es divertida de jugar, incorpora algún mecanismo de puntuación y enseña alguna habilidad, conocimiento o actitud que se pueda aplicar en el mundo real”. Además, la literatura sobre los juegos en la educación médica los propone como herramientas efectivas para el aprendizaje. Si bien este juicio anima a los profesores a seguirlos diseñando, la literatura guarda silencio sobre un punto fundamental: ¿qué tipo de juegos son más adecuados para el aprendizaje de conceptos o habilidades, y cuáles generan una mayor motivación en los alumnos?

Una revisión del tema evidenció que los juegos en medicina se abordan como productos estandarizados homogéneos, diferenciados solo por tema y que el asunto del diseño no se estudia ni discute, por lo que se deja a la discreción de cada autor;<sup>(4)</sup> aunque estudiosos como *Bedwell*<sup>(5)</sup> reportan hasta 9 o más características de diseño en un juego serio. Así de complejo puede ser diseñarlos. De modo que, a partir de los estudios existentes, se dificulta saber las características del diseño que hacen los juegos más atractivos para los usuarios o que estos resulten o no adoptados por una población.<sup>(6)</sup>

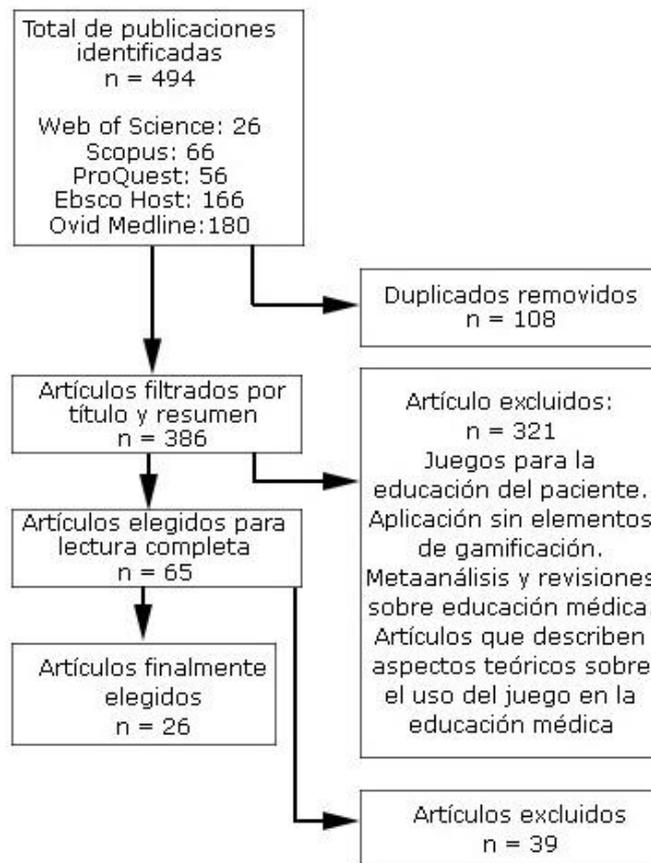
Surgieron así las preguntas de investigación que orientaron este trabajo: ¿qué características de diseño presentan los juegos en educación médica? y ¿cuáles son las características de los juegos para la educación médica que resultan más efectivas para el aprendizaje? Para contestar estos interrogantes, se revisó la literatura sobre los criterios de diseño en los juegos serios publicados en medicina en los últimos cinco años.<sup>(4,7,8,9)</sup> Los juegos encontrados fueron categorizados a partir de las características lógicas y técnicas incorporadas en su diseño. Dado que las evaluaciones de los juegos son diversas en alcance y rigor, se intentó mediar esta relación a partir de la calidad del estudio empleado para estimar su efectividad. Finalmente, este estudio se propuso como objetivo establecer

la relación entre la efectividad en los resultados de aprendizaje y los criterios de diseño de los juegos en la educación médica.

## MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de acuerdo con las pautas de la Colaboración Cochrane con un equipo multidisciplinario de investigadores, que incluyó Medicina, Gestión, Educación, Sistemas de información de salud e Ingeniería de sistemas.

Se incluyeron artículos revisados por pares que describieron juegos serios o aplicaciones gamificadas en la educación médica, con énfasis en aquellos que se soportaban en tecnologías o dispositivos móviles. Se definió la educación médica como aquella exclusivamente orientada a los estudiantes de pregrado, posgrado y posdoctorados médicos, excluyendo a las enfermeras, los fisioterapeutas, los farmacólogos y otros profesionales involucrados en el cuidado del paciente. Según este alcance, los criterios de exclusión se aplicaron para: juegos para educación del paciente, aplicaciones no gamificadas o meta-análisis y revisiones sistemáticas de los juegos (Fig. 1).



**Fig. 1** - Proceso de selección de los artículos.

En la estrategia de búsqueda fueron consultadas las bases de datos Web of science, Scopus, ProQuest, Ebsco Host y OvidMedline. Los criterios construidos utilizaron términos DeCs y MeSh, que fueron refinados mediante palabras clave de artículos publicados y un proceso iterativo guiado.

La búsqueda incluyó las palabras clave: *computer-based, medical education, technology-enhanced, medical students, learning, physicians, e-learning, education, m-learning, mobile phone, smartphone, mobile app, app\$; game\*, serious games, gamification.*

El período de tiempo para la búsqueda en inglés, español y portugués correspondió desde enero de 2011 hasta diciembre de 2015. Este marco de 5 años se estableció debido a la alta velocidad de la innovación y la obsolescencia en los juegos.

Inicialmente se identificaron los trabajos que abordaban el uso de juegos en la educación médica a partir del análisis de los títulos. Se excluyeron los duplicados. Los investigadores formaron pares de revisores. Ambos miembros leyeron por separado los resúmenes de los artículos y discutieron sus hallazgos. Donde hubo acuerdo, el artículo continuó el proceso; si no, este se presentó a los investigadores para discusión y decisión. Luego fueron leídos de manera completa los documentos seleccionados.

Para recolectar y analizar la información primero se creó un formulario de extracción de datos que se dividió en: 1) identificación del estudio, 2) características técnicas del diseño del juego y 3) resultados del aprendizaje. La primera sección indicaba las referencias bibliográficas de los artículos, el país donde se usó el juego y una breve descripción demográfica de los participantes (datos no mostrados). El segundo componente analizó los criterios de caracterización técnica del juego. Estos resultaron del análisis de taxonomías de juegos y trabajos de revisión sistemática de juegos serios o aplicaciones móviles ludificadas. La tabla 1 los presenta con su descripción, desagregación y autor de referencia para cada artículo incluido en la revisión.

**Tabla 1** - Distribución de los artículos según criterios técnicos de diseño del juego

Criterio	Definición y fuente	Opciones	Referencia	No. de artículos (%)
Tipo de juego o aplicación	Aproximación global del desarrollo. <sup>(14)</sup>	Simulación para entrenamiento	(15,16,17,18,19,20,21,22,23,24)	10 (38)
		Simulación con elementos de juego	(25,26,27,28)	4 (15)
		Juego serio	(29)	1 (4)
		Quiz	(30,31,32,33,34,35,36,37,38,39)	10 (38)
		Juego de aventura	(40)	1 (4)
Plataforma	Dónde puede ser	Aplicación de	(16,17,19,21,24,27,31,38,40)	9 (35)

	ejecutado el juego. <sup>(14)</sup>	computadora		
		Basado en Web	(15,18,20,22,25,26,28,29,30,33,37)	11 (42)
		Aplicación Móvil	(23,32,34,35,36,39)	6 (23)
Jugadores o multijugador	Criterio para identificar el número de jugadores. <sup>(14)</sup>	Un jugador humano	(17,18,20,21,23-42)	24 (92)
		Varios jugadores humanos	(19,22)	2 (8)
Interacción social	Actividad interpersonal mediada por la tecnología. <sup>(4)</sup>	Competitivo	(15,16,19,21,24,25,26,27,28,29,30,33,34,35,36,37,38,39,40)	19 (73)
		Cooperativo	(17,20)	2 (8)
		No dice	(18,22,23,31,32)	5 (19)
Animación y perspectiva	Tiene animación y de qué tipo. <sup>(7)</sup>	2D	(40)	1 (4)
		3D-primer persona	(20,22,24,26)	4 (15)
		3D-tercera persona	(15,18,21,25,28,29)	6 (23)
		3D-realidad virtual o aumentada	(17,19,23)	3 (12)
		No	(16,27,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39)	12 (46)
Humor	Incluye aspectos de humor. <sup>(7)</sup>	Sí	(24,28)	2 (8)
		No	(15,16,17,19,20,22,23,32,33,34,35,36,38,39)	14 (54)
		No dice	(18,21,25,26,27,29,30,31,37,40)	10 (38)
Libertad de error	Permite múltiples intentos. <sup>(9)</sup>	Sí	(15,16,17,19,25,26,33,34,35,36,39)	11 (42)
		No	(17,24,30,32,38)	5 (19)
		No dice	(18,21,22,23,27,28,29,31,37,40)	10 (38)
Adaptación	El nivel de dificultad del juego se adapta al nivel de habilidad del jugador. <sup>(4)</sup>	Sí	(19,30,34,40)	4 (15)
		No	(16,17,20,21,25,26,27,28,29,33,35,36)	12 (46)
		No dice	(15,18,22,23,24,31,32,37,38,39)	10 (38)
Narrativa	Incorpora elementos narrativos. <sup>(7)</sup>	Narrativa basada en el mundo real	(16,17,18,24)	4 (15)
		Narrativa fantástica	(40)	1 (4)
		No hay narrativa	(15,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,38,39)	19 (73)
		No dice	(31,37)	2 (8)
Misterio / Sorpresa	El juego incluye información desconocida o elementos aleatorios. <sup>(4)</sup>	Sí	(24,40)	2 (8)
		No	(15,16,17,18,19,20,21,23,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38,39)	22 (85)
		No dice	(22,31)	2 (8)
Valoración	Medición de logros dentro del juego. <sup>(4)</sup>	Puntos	(21,22,23,24,26,27,28,29,30,31,32,34,35,36,37,38,39,40)	17 (65)
		Otro tipo (medallas, tablas de posición)	(16,33,38)	3 (12)
		No	(17,18,19,25)	4 (15)
		No dice	(15,20)	2 (8)

La tercera sección fue creada con el fin de evaluar la calidad del diseño del estudio. Se buscó un instrumento internacionalmente aceptado para tal fin. Para evaluar la investigación en educación médica se eligió la escala *Medical Education Research Study Quality Instrument (MERSQI)*<sup>(10,11)</sup> porque permitía establecer el rigor metodológico de los artículos, incluyendo una lista completa de ítems para revisar en estos y un creciente

número de pruebas de validez.<sup>(12)</sup> MERSQI adoptó el modelo de cuatro niveles de *Kirkpatrick*<sup>(13)</sup> para acercarse al constructo de efectividad. Así, para evaluar la efectividad de los juegos revisados de manera integral, se acudió a una triangulación de criterios.

Primero, se indicó el puntaje MERSQI, es decir, la calidad del estudio. Segundo, se clasificaron los artículos con base en las pruebas de significación estadísticas aplicadas. Y tercero, se ordenaron los artículos según la magnitud del efecto pedagógico reportado sobre “percepción o usabilidad” y “conocimiento o habilidad”. De acuerdo con estos tres criterios se construyó una categorización triangulada de la efectividad de los juegos en alta, media y baja.

Vale aclarar que la clasificación propuesta debe ser leída con cautela por las dificultades para la comparabilidad de los resultados. Cada autor midió diferentes temáticas, con intervenciones diferentes y metodologías diversas. Por lo tanto, el sistema de valoración cualitativo propuesto para la efectividad (alto, medio y bajo) fue la mejor combinación posible para evaluarla como un *proxy*. Todo este proceso resultó de no haber hallado un ejercicio similar en la literatura, por lo que se consideró un avance en la materia.

El formulario de extracción de datos se probó con tres artículos al azar; posteriormente, se extendió a los 26 estudios seleccionados. La práctica de la lectura por pares se aplicó a los resúmenes y los artículos de texto completo en todo el proceso de lectura y extracción. En Microsoft Excel® se obtuvieron estadísticas descriptivas. Se calculó la puntuación de MERSQI para cada artículo y se cruzó con los criterios de diseño de los juegos identificados.

El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de investigación en la Universidad de los autores.

## RESULTADOS

En general, los 26 artículos evaluados informaron algún efecto positivo de los juegos en el aprendizaje (conocimiento y habilidades) y en la motivación de los estudiantes. El grado de estos efectos y el nivel de evidencia científica variaron según los criterios de diseño.

En la tabla 1 (véase antes) se presentaron los hallazgos de la caracterización de los juegos. Se eliminaron las características de “Música/Sonido” y “Restricción de tiempo: elementos de cuenta regresiva o límite de tiempo”, identificados también en la literatura,<sup>(1)</sup> puesto que no se pudo encontrar evidencia sobre su presencia en los artículos sobre los juegos.

Los tipos de juegos más frecuentes fueron la simulación y los test de conocimientos ludificados, cada uno con 38 %. Esto evidenció que las simulaciones son herramientas llamativas para el sector. No sorprende encontrar tantos test que, aunque estrictamente no se consideran juegos, constituyen una manera natural de integrar una herramienta clásica del contexto educativo, al incorporar principios de ludificación y relativamente poco esfuerzo en su desarrollo tecnológico. Además, tienen otra ventaja, pues los resultados del juego se pueden usar directamente como resultados de valoración del aprendizaje. Solo un desarrollo se autorreconoció como “juego serio”.<sup>(29)</sup>

En términos de plataforma de acceso, el 23 % fueron aplicaciones móviles nativas (apps), aunque a la mayoría (42 %), en principio, se puede acceder también por web desde un teléfono inteligente. Vale mencionar que, pese a la tendencia hacia teléfonos inteligentes y soluciones Web o “en la nube”, sigue habiendo desarrollos nativos para PC (35 %), donde probablemente todavía hay capacidades más generalizadas de desarrollo ingenieril.

Pese a la tendencia multiusuario en el mundo comercial de los videojuegos, el 92 % de los artículos fueron para un solo usuario-jugador. Esto probablemente se deba al esfuerzo de desarrollo, sumado al control sobre el diseño de los escenarios y a la utilización de los resultados individuales directamente como incentivo o como valoración de desempeño. Además, el 73 % de los juegos se basaron en lógicas de competencia y solo el 8 %, en perspectivas colaborativas.

Resulta usual pensar en representaciones gráficas muy detalladas al hablar de videojuegos; y, efectivamente, la mitad de los artículos reportaron algún tipo de animación en dimensiones 3D o 2D. Sin embargo, un 46 % no tenía animación.

En términos de la valoración del desempeño del jugador, el 65 % utilizó puntos y un 12 % acudió a otros reconocimientos lúdicos como: tabla de posiciones, trofeos, medallas, entre otros. La mayoría de los trabajos incorporaron estos rankings como mecanismos de retroalimentación pedagógica; acompañados, a veces, de explicaciones sobre las fallas cometidas por el usuario. Además, menos de la mitad (42 %) de los juegos permitían repetir los intentos o guardar para continuar luego. Solo dos artículos explícitamente incorporaron el humor en los juegos que presentaron. En cuanto a narrativa y misterio, solo se encontraron en el 15 % y el 8 % de los artículos, particularmente en simulaciones.

Dado que un juego, especialmente uno educativo, debe permitir distintos niveles de conocimiento o habilidad, así como la evolución de las destrezas del jugador, los juegos suelen adaptarse aumentando su dificultad o permitiendo elegirla. Tan solo un 15 % de

estos en la revisión lo permitieron explícitamente, lo cual es sorprendente en principio; aunque en un 38 % no se pudo determinar.

En la tabla 2 se resume la efectividad de los juegos (según la triangulación propuesta) y se analizan sus diseños, presentados inicialmente en la tabla 1. Los resultados fueron ordenados para mostrar los juegos más efectivos al principio. Aunque un alto puntaje MERSQI tendió a estar correlacionado con un mejor efecto en el aprendizaje, se encontraron casos de menor calidad en MERSQI con alta efectividad,<sup>(22,33,34,35,36)</sup> así como de baja efectividad, pese a la alta calidad en el estudio.<sup>(25)</sup>

**Tabla 2 - Resultados de las características de los juegos y la valoración de la efectividad**

Ref.	Efectividad cualitativa	MERSQI	Aprendizaje evaluado: percepción o conocimiento	Descripción narrativa de los criterios de diseño evaluados
(40)	Alta	15,5	Percepción o usabilidad	Juego de aventura para computador. Perspectiva uni-jugador competitivo. Animación 2D con narrativa fantástica. Los logros se valoran con puntos a partir de la superación de retos.
(16)	Alta	12,5	Percepción o usabilidad	Simulación de computador. Perspectiva uni-jugador competitivo. Sin animación y narrativa basada en mundo real. Los logros se valoran con base en criterio de expertos.
(17)	Alta	12,5	Percepción o usabilidad	Simulación de computador. Perspectiva cooperativa de varios jugadores humanos. Animación 3D en realidad virtual o aumentada con narrativa basada en mundo real. No se evidencia valoración de logros.
(18)	Alta	12,5	Ambas	Simulación basada en Web. Perspectiva uni-jugador sin indicación de la interacción. Animación 3D con narrativa de mundo real. No se evidencia valoración de logros.
(19)	Alta	12,5	Conocimiento o habilidad	Simulación de computador. Perspectiva uni-jugador competitivo. Animación 3D en realidad virtual o aumentada sin indicación narrativa. No se evidencia valoración de logros.
(26)	Alta	12,5	Conocimiento o habilidad	Simulación basada en Web. Perspectiva uni-jugador competitivo. Animación 3D en primera persona sin indicación de narrativa. Los logros se valoran con puntos en la cirugía simulada.
(29)	Alta	12,5	Ambas	Juego serio Web. Perspectiva uni-jugador competitivo. Animación 3D sin indicación de narrativa. Los logros se valoran con puntos por acciones precisas.
(30)	Alta	11,5	Percepción o usabilidad	Quiz basado en Web. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni indicación de narrativa. Puntos por respuestas correctas.
(20)	Alta	10,5	Conocimiento o habilidad	Simulación Web. Varios jugadores humanos cooperando. Animación 3D sin indicación de narrativa. No se evidencia valoración de logros.

(21)	Alta	10,5	Conocimiento o habilidad	Simulación de computador. Uni-jugador competitivo. Animación sin indicación de narrativa. Puntaje por desempeño.
(32)	Alta	10	Percepción o usabilidad	Quiz en aplicación móvil. Uni-jugador sin indicación de interacción. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(33)	Alta	9,5	Ambas	Quiz Web. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño con tabla de posiciones y medallas.
(34)	Alta	9	Conocimiento o habilidad	Quiz en aplicación móvil. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(35)	Alta	8	Percepción o usabilidad	Quiz en aplicación móvil. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(36)	Alta	6	Percepción o usabilidad	Quiz en aplicación móvil. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(22)	Alta	5,5	Percepción o usabilidad	Simulación Web. Uni-jugador sin indicación de interacción. Animación 3D sin identificación de narrativa. Puntaje por desempeño al finalizar.
(15)	Media	13,5	Percepción o usabilidad	Simulación Web. Uni-jugador competitivo. Animación 3D sin identificación de narrativa. No se evidencia valoración de logros.
(31)	Media	11,5	Conocimiento o habilidad	Quiz en computador. Uni-jugador sin indicación de interacción. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(27)	Media	11	Ambas	Simulación ludificada para computador. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(28)	Media	11	Ambas	Simulación ludificada para computador. Uni-jugador competitivo. Animación 3D sin identificación de narrativa. Puntaje por desempeño según cronometro.
(37)	Media	4,5	Percepción o usabilidad	Quiz Web. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.
(25)	Baja	12,5	Conocimiento o habilidad	Simulación ludificada para computador. Uni-jugador competitivo. Animación 3D sin identificación de narrativa. Puntaje por desempeño según cronometro.
(38)	Nula	1	No se reportó	Quiz en computador. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por medallas.
(23)	Nula	1	No se reportó	Simulación en aplicación móvil. Uni-jugador sin indicar interacción. Animación 3D en realidad virtual o aumentada sin claridad de narrativa. Puntaje por desempeño.
(24)	Nula	0,5	No se reportó	Simulación de computador. Uni-jugador competitivo. Animación 3D con narrativa de mundo real. Puntaje por desempeño.
(39)	Nula	0,5	No se reportó	Quiz en aplicación móvil. Uni-jugador competitivo. Sin animación ni narrativa identificables. Puntaje por desempeño.

El estudio que demostró mayor efectividad y calidad fue el juego para computador Uro-Island,<sup>(40)</sup> lo que implicó un alto esfuerzo de desarrollo, ganancias en realismo y actualidad tecnológica. Este era un juego de aventura que, con el desarrollo de una narrativa fantástica animada en 2D, recreaba elementos del mundo real y los situaba en un espacio “relajante” como la playa. Además, presentaba elementos adicionales de misterio y/o sorpresa, y alguna dosis de humor gráfico. También acudía a sistemas de puntaje, medallas y ranking que animaban a los estudiantes-jugadores a que superaran diversos retos.

En posición le siguieron las simulaciones, que demostraron mayor efectividad en la adquisición de habilidades prácticas. Resalta del ranking que los dos primeros desarrollos en este listado son ambos para apoyar formación en laboratorio clínico. Ya en términos de las plataformas y, pese a ir en obsolescencia, las aplicaciones nativas para PC fueron las más efectivas; en tanto, las aplicaciones nativas para móviles, las menos. Esto último puede ser indicio de falta de madurez en el desarrollo tecnológico, así como una oportunidad para explorar con mayor detalle el efecto de las aplicaciones móviles en la educación médica.

Como se mostró en la tabla 1, la mayoría de los juegos fueron para un solo usuario; no obstante, esta característica no era comúnmente indicada en los artículos ni fácilmente identificable en los juegos que se lograron rastrear. Si bien algunos sin animación fueron efectivos,<sup>(16)</sup> en general, los animados resultaron mejores. Aquellos desarrollos que contenían narrativas explícitas evidenciaron una mejor efectividad que los que no. Los juegos que permitieron libertad de fallar y adaptación estuvieron mejor posicionados.

Los trabajos analizados demostraron el alto potencial de utilizar juegos y simulaciones para fortalecer la educación médica. Los juegos, sin duda, actúan mejor como complemento de la formación tradicional y no como único elemento de aprendizaje; de modo que, su incorporación es esencial como estrategia para un aprendizaje más activo y permanente.<sup>(41)</sup>

La relación entre las características del diseño del juego y la efectividad del aprendizaje, objeto de este trabajo, constituyen un aporte innovador para el desarrollo de juegos serios en el campo médico, al encontrarse que la efectividad de los juegos sí estuvo influenciada por las características del diseño y, como hipótesis futura, resulta posible que el diseño del juego influya también en su difusión entre usuarios y en la pervivencia en esta colectividad.

Así, el efecto de un buen diseño de los juegos en relación con la efectividad de estos, debería considerarse en detalle en las próximas inmersiones ludificadas en el sector de la salud, con la incorporación de elementos narrativos, de imagen y audio, de usabilidad, y en plataformas que potencien su ubicuidad y la continuación del enganche con el estudiante, si esto fuera lo deseado por los creadores. En todo caso, esta revisión sistemática evidenció el rol del diseño en la efectividad pedagógica de los juegos serios en salud.

Si bien no resulta común que los autores de los artículos incluidos en la revisión mencionen de manera explícita el posible efecto de los criterios de diseño de los juegos sobre los resultados de aprendizaje, pareciera, entonces, ya que no lo mencionan, que al diseñarlos acuden a marcos de trabajo preestablecidos o *frameworks*, que facilitan su construcción al privilegiar el contenido clínico sobre el fundamento técnico de diseño. Esto es, en una visión técnica de los juegos como elementos digitales donde se replican – sin la suficiente atención a su naturaleza digital y su potencia ludificada– los contenidos del mundo físico del papel al juego electrónico. Si bien los *frameworks* disponibles proporcionan funciones predefinidas para diseñar rápidamente el contenido del juego, sus limitaciones se convierten, entonces, en las restricciones de este. Por todo lo anterior, es necesario reflexionar sobre el asunto en los desarrollos ulteriores.

Finalmente, y dado que la mayoría de los juegos encontrados fueron competitivos, una línea futura de trabajo puede ser diseñar juegos colaborativos que aprovechen el potencial de internet y la dinámica relacional de los usuarios contemporáneos como una forma de crear redes de conocimiento y colaboración en un mundo cada vez más conectado.

### **Agradecimientos**

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a los profesores Francisco José Yepes y Yaneth Lizarazo por su invaluable apoyo en el desarrollo del proyecto marco CODIFICO y por sus recomendaciones, que han dado fruto como uno de sus productos a este artículo. Igualmente, esta investigación fue posible gracias al apoyo financiero de la Pontificia Universidad Javeriana en el marco del Proyecto “APP CODIFICO-Aplicación didáctica móvil para desarrollar capacidades de codificación diagnóstica en profesionales de medicina. Bogotá D.C, Colombia 2015”. Número de proyecto IDPPTA 6891/IDPRY 7020.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Frehywot S, Vovides Y, Talib Z, Mikhail N, Ross H, Wohltjen H *et al.* E-learning in medical education in resource constrained low-and middle-income countries. *Hum Resour Health.* 2013;11(1):1-15.
2. Kapralos B, Fisher S, Clarkson J, Oostveen R. A course on serious game design and development using an online problem-based learning approach. *Interactive Technology and Smart Education.* 2015;12(2):116-36.
3. Bergeron B. *Developing Serious Games.* Hingham, Mass.: Cengage Learning Publication; 2006.
4. Kelle S, Klemke R, Specht M. Design patterns for learning games. *Int J Technol Enhanc Learn.* 2011;3(6):555-69.
6. Bedwell W, Pavlas D, Heyne K, Lazzara E, Salas E. Toward a taxonomy linking game attributes to learning: An empirical study. *Simul Gaming.* 2012;43(6):729-60.
7. Thampy S, Ashman A, Gleaves X, Thampy H. The role of mobile technology in clinical learning. *Educ Prim Care.* 2017;28(1):50-3.
8. Starks K. Cognitive behavioral game design: a unified model for designing serious games. *Front Psychol.* 2014;5(28):1-10.
9. Wang R, DeMaria S, Goldberg A, Katz D. A systematic review of serious games in training: Health care professionals. *Simul Healthc.* 2016;11(1):41-51.
10. Dicheva D, Dichev C, Agre G, Angelova G. Gamification in education: A systematic mapping study. *J Educ Techno Soc.* 2015;18(3): 75-88.
11. Reed D, Beckman T, Wright S. An assessment of the methodologic quality of medical education research studies published in *The American Journal of Surgery.* *Am J Surg.* 2009;198(3): 442-4.
12. Reed D, Beckman T, Wright S, Levine R, Kern D, Cook D. Predictive validity evidence for medical education research study quality instrument scores: quality of submissions to JGIM's Medical Education Special Issue. *J Gen Intern Med.* 2008;23(7):903-7.
13. Sullivan G. Deconstructing Quality in Education Research. *J Grad Med Educ.* 2011; p. 121.
14. Kirkpatrick D, Kirkpatrick J. *Implementing the four levels: a practical guide for effective evaluation of training program* San Francisco: Berrett-Koehler; 2007.

15. Graafland M, Schraagen J, Schijven M. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *BJS*. 2012;99(10):1322-30.
16. Cendan J, Johnson T. Enhancing learning through optimal sequencing of web-based and manikin simulators to teach shock physiology in the medical curriculum. *Adv Physiol Educ*. 2011;35(4):402-7.
17. Kreiter C, Haugen T, Leaven T, Goerdt C, Rosenthal N, McGaghie W, et al. A report on the piloting of a novel computer-based medical case simulation for teaching and formative assessment of diagnostic laboratory testing. *Med Educ Online*. 2011;16:1-8.
18. Creutzfeldt J, Hedman L, Medin C, Heinrichs W, Fellander-Tsai L. Exploring Virtual Worlds for Scenario-Based Repeated Team Training of Cardiopulmonary Resuscitation in Medical Students. *J Med Internet Res*. 2010;12(3):1-22.
19. Stirling A, Birt J. An enriched multimedia eBook application to facilitate learning of anatomy. *Anat. Sci. Educ*. 2014;7(1):19-27.
20. Gasco J, A. P, Ortega J, Branch D, Desai S, Kuo Y, et al. Virtual reality spine surgery simulation: an empirical study of its usefulness. *Neurol Res*. 2014;36(11):968-73.
21. Creutzfeldt J, Hedman L, Fellander L. Effects of pre-training using serious game technology on CPR performance - an exploratory quasi-experimental transfer study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20(79):1-9.
22. Silvennoinen M, Helfenstein S, Ruoranen M, Saariluoma P. Learning basic surgical skills through simulator training. *Instr Sci*. 2012;40(5):769-83.
23. Schmeling A, Kellinghaus M, Schulz R, Pfeiffer H, Becker J, Schäfer A. A web-based e-learning programme for training external post-mortem examination in curricular medical education. *Int J Legal Med*. 2011;125(6): 857-61.
24. Albrecht UV, Häussermann B, Matthies H, Von Jan U. Mobile augmented reality apps for teaching ethically sensitive topics in medicine. In *IADIS International Conference Mobile Learning; 2012; Berlin: IADIS*. p. 247-52.
25. Swarz J, Ousley A, Magro A, Rienzo M, Burns D, Lindsey A. CancerSpace: A simulation-based game for improving cancer-screening rates. *IEEE Comput Graph Appl*. 2010;30(1):90-4.
26. McGrath J, Kman N, Bahner D, Khandelwal S, Martin D, Way D, et al. Virtual alternative to the oral examination for emergency medicine residents. *West J Emerg Med*. 2015;16(2):336-43.

27. Holloway T, Lorsch Z, Chary M, Sobotka S, Moore M, Costa A, et al. Operator experience determines performance in a simulated computer-based brain tumor resection task. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2015;10(11):1853-62.
28. Yu C, Straus S, Brydges R. The ABCs of DKA: Development and Validation of a Computer-Based Simulator and Scoring System. *J Gen Intern Med.* 2015;30(9):1319-32.
29. Moreno-Ger P, Torrente J, Bustamante J, Fernández-Galaz C, Fernández-Manjón B, Comas-Rengifo M. Application of a low-cost web-based simulation to improve students' practical skills in medical education. *Int J Med Inform.* 2010;79(6):459-67.
30. Knight J, Carley S, Tregunna B, Jarvis S, Smithies R, de Freitas S, et al. Simulation and education: Serious gaming technology in major incident triage training: A pragmatic controlled trial. *Resuscitation.* 2010;81(9):1175-9.
31. Kanthan R, Senger J. The impact of specially designed digital games-based learning in undergraduate pathology and medical education. *Arch Pathol Lab Med.* 2011;135(1):135-42.
32. Rondon S, Sassi F, Andrade C. Computer game-based and traditional learning method: a comparison regarding students' knowledge retention. *BMC Med Educ.* 2013;13(30):1-9.
33. Shaw C, Tan S. Integration of Mobile Technology in Educational Materials Improves Participation: Creation of a Novel Smartphone Application for Resident Education. *J Surg Educ.* 2015;72(4):670-3.
34. Nevin C, Westfall A, Rodriguez J, Dempsey D, Cherrington A, Roy B, et al. Gamification as a tool for enhancing graduate medical education. *Postgrad Med J.* 2014;90(1070):685-93.
35. Lameris A, Hoenderop J, Bindels R, Eijsvogels T. The impact of formative testing on study behavior and study performance of (bio)medical students: A smartphone application intervention study. *BMC Med Educ.* 2015;15(1):1-8.
36. Sánchez-Rola I, Zapirain B. Mobile NBM - Android medical mobile application designed to help in learning how to identify the different regions of interest in the brain's white matter. *BMC Med Educ.* 2014;14(1):1-22.
37. Longmuir K. Interactive computer-assisted instruction in acid-base physiology for mobile computer platforms. *Am J Physiol.* 2014;38(1):34-41.
38. Boeder N. Mediman-The smartphone as a learning platform? *Med. Ausbildung.* 2013;30(1):1-5.

39. Schlegel E, Selfridge N. Fun, collaboration and formative assessment: Skinquization, a class wide gaming competition in a medical school with a large class. *Med Teach*. 2014;36(5):447-9.
40. Oladosu J, Adigun M, Emuoyibofarhe J. A mobile virtual patient for medical learning. In *PACT*; 2013; Lusaka: IEEE. p. 74-9.
41. Boeker M, Andel P, Vach W, Frankenschmidt A. Game-based e-learning is more effective than a conventional instructional method: A randomized controlled trial with third-year medical students. *PLOS ONE*. 2013;8(12):1-11.
42. Gorbanev I, Agudelo-Londoño S, González R, Cortes A, Pomares A, Delgadillo V *et al*. A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. *Med Educ online*. 2018 Jan;1(23:1438718).

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

### **Contribución de los autores**

*Sandra Agudelo-Londoño, Rafael A. González, Alexandra Pomares, Vivian Delgadillo, Óscar Muñoz, Ariel Cortes y Iouri Gorbanev: Conceptualización, búsqueda, revisión, evaluación y escritura del artículo.*